Статьи и прочие информационные материалы
по канализации и очистке сточных вод

1. Латыпов В.М. – Обеспечение долговечности самотечного коллектора.

2. Золотова Л.Н. и др. – Опыт применения пневматических пробок при эксплуатации канализационных сетей.

3. Зенитов Н.А. – Система машин для прочистки трубопроводов водосточных и канализационных сетей.

4. Зенитов Н.А. и др. – Гидродинамические корнерезы для очистки канализационных и водосточных труб.

5. Радке М. и др. – Влияние геометрической формы рабочего колеса канализационных насосов на их эксплуатационную надежность и срок службы.

6. Лезнов Б.С. – Современные проблемы использования регулируемого электропривода в насосных установках.

7. Медведев Г.П. и др. – Анализ работы песколовок.

8. Гришин Б.М. и др. – Вихревые гидродинамические устройства для интенсификации работы городских КОС.

9. Посупонько С.В. и др. – Водосливные аэраторы – решение проблем малых и средних станций аэрации.

10. Куликов Н.И. и др. – Трехстадийная технология биологической очистки городских сточных вод.

11. Дзиминскас Ч.А. и др. – Опыт эксплуатации и реконструкции очистных сооружений канализации в Нижнем Новгороде.

12. Храменков С.В. и др. – Итоги первого десятилетия работы инженерно-технологического центра по проблемам канализации МГУП «Мосводоканал».

13. Крючихин Е.М. и др. – Технические инновации в области очистки сточных вод.

14. Беляев А.Н. и др. – Удаление азота и фосфора на канализационных очистных сооружениях.

15. Загорский В.А. и др. – Анализ промышленного применения технологий удаления фосфора из городских сточных вод.

16. Ягов Г.В. – Контроль содержания соединений азота при очистке сточных вод.

17. Пахомов А.Н. и др. – Применение приборов непрерывного контроля основных технологических параметров на московских станциях аэрации.

18. Пономарева Л.С. – Практика нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

19. Лелин С.В. и др. – Гидроботаническая доочистка поверхностного стока в прудах с эйхорнией.

20. Подковыров В.П. и др. – Опыт МГП «Мосводоканал» по реконструкции объектов, использующих жидкий хлор.

21. Костюченко С.В. – УФ-технология в практике обеззараживания питьевых и сточных вод.

22. Храменков С.В. и др. – Обеззараживание очищенных сточных вод ультрафиолетовым излучением на московских станциях аэрации.

23. Кудрявцев Н.Н. и др. – Опыт и перспективы практического применения обеззараживания сточных вод УФ-излучением.

24. Фесенко Л.Н. и др. – Опыт эксплуатации электролизных установок для получения гипохлорита натрия.

25. Похил Ю.Н. и др. – Ускоренное обезвоживание осадков сточных вод на иловых площадках.

26. Иванова М.Г. и др. – Простой, эффективный и экономичный способ обеззараживания осадков сточных вод на иловых площадках.

27. Staţii de epurare compacte.

28. Оборудование и технологии для очистки канализационных сетей (нем.).

29. Устойчивая санитария в странах Центральной и Восточной Европы.

30. Временные ТУ на использование осадка сточных вод.

31. Epurarea apelor (articul de privire generală).

32. Вторичное использование сточных вод (обзорная статья).

33. Методические указания (регламент) по сертификации водоочистного оборудования.

34. Отбор проб воды и их консервация (ознакомительная статья).

35. Пояснительная записка по вопросам контроля загрязнения.

36. Положение о порядке ведения государственного учета вод (в ПМР).

37. Справка о порядке проведения количественного химического анализа сточных вод в г.Москве.

38. Ультразвуковые и электромагнитные расходомеры, включенные в Государственный реестр приборов учета Республики Молдова.

39. Учет сточных вод в Санкт-Петербурге.

40. Политика проведения оценки воздействия на окружающую среду в Европейском Союзе.

В. М. ЛАТЫПОВ, д-р техн. наук; Т. В. ЛАТЫПОВА, Р. Р. АХМАДУЛЛИН, кандидаты техн. наук (Уфимский государственный нефтяной технический университет);
В. С. ГОРДИЕНКО, генеральный директор; Л. И. КАНТОР, канд. техн. наук, технический директор;
В. В. ДОМНИЦКИЙ, главный специалист по канализации (МУП «Уфаводоканал»)

Обеспечение долговечности самотечного коллектора

В г. Уфе на крупном самотечном коллекторе протяженностью 8,5 км, состоящем из двух ниток диаметром 1000 мм, в 1985 и 2005 годах произошли аварии из-за коррозии сводовой части труб. В связи с сильным коррозионным износом руководство МУП «Уфаводоканал» приняло решение о реконструкции этого коллектора путем замещающей прокладки. Для разработки мероприятий по обеспечению работоспособности существующего коллектора проводилось его обследование, подготовлены рекомендации для проектирования нового коллектора. Расчетный срок строительства коллектора – 6–7 лет.

По данным научно-технической литературы, подтвержденным результатами многочисленных обследований, скорость коррозии бетона зависит от большого числа факторов, решающим из которых является концентрация сероводорода, выделяющегося из сточных вод. Однако предугадать концентрацию сероводорода не представляется возможным. С технической точки зрения коррозия до настоящего времени является практически неуправляемым процессом. При разработке проекта реконструкции коллектора необходимо было максимально использовать результаты оценки технического состояния существующих коллекторов, рассматривая эти данные как длительный натурный эксперимент (нитка № 1 построена в 1969 г.; нитка № 2 – в 1975 г.), в котором учтены все специфические особенности конкретного участка и факторы, влияющие на скорость коррозии. Основанием для этого стало практически полное совпадение плана и профиля трассы проектируемого коллектора с действующим.

При разработке защитных мероприятий принципиальными являются два параметра: нормативный срок службы конструкций; критерии технического состояния конструкций, определяющие допускаемую скорость коррозии бетона.

Нормативный срок службы коллекторов $T_н$, согласно нормам амортизационных отчислений, составляет 20 лет (для туннельных коллекторов 50 лет). Однако с учетом высокой стоимости и значимости этих сооружений при разработке проекта реконструкции коллектора срок службы должен быть принят не менее 50 лет [1].

Критерием технического состояния труб коллектора может служить допускаемая глубина их коррозии L за нормативный срок эксплуатации $T_н$, что в конечном счете определяет безопасную (допускаемую) скорость коррозии бетона. Зависимость глубины коррозии L от срока эксплуатации t при воздействии на бетон кислых сред определяется следующими уравнениями:

при разрушении буферного (корродированного) слоя бетона

$$L = \mathrm{k}t; \qquad (1)$$

при сохранении на поверхности конструкции этого слоя

$$L = \sqrt{\mathrm{k}t}. \qquad (2)$$

При воздействии кислот низкой концентрации буферный слой сохраняется. Однако в коллекторах на поверхности сводовой части труб и перекрытий камер и колодцев (особенно в камерах гашения напора) образуется серная кислота высокой концентрации (до 5%). Корродированный слой бетона представляет собой несвязную массу и, как правило, удаляется с поверхности за счет сползания или смыва потоком. При оценке скорости коррозии бетона в коллекторе необходимо пользоваться уравнением (1), что реализуется практически всеми исследователями (рис. 1) [1–3]. Допускаемая к концу нормативного срока $T_н$ глуби-

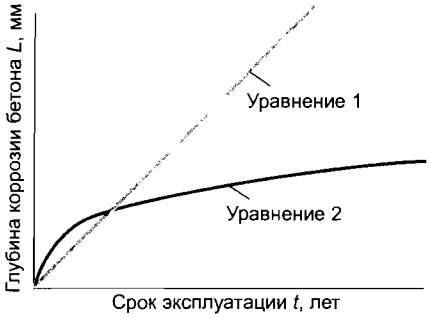


Рис. 1. График зависимости глубины коррозии бетона от времени

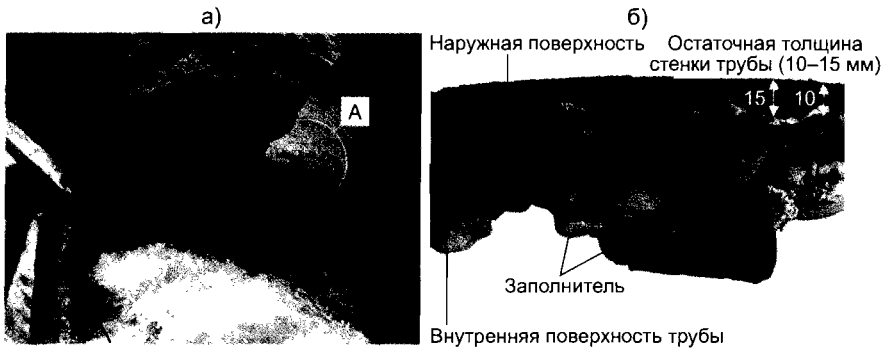


Рис. 2. Вид коллектора из железобетонных труб диаметром 1000 мм при аварии (*а*); сечение сводовой части трубы – фрагмент А (*б*)

на коррозии бетона $L_{доп}$ может быть принята равной 0,5δ, где δ – толщина стенки труб [2]. По результатам обследования коллектора выяснилось, что авария в 2005 г. произошла при уменьшении толщины стенки трубы с 10 см до 1 см, т. е. глубина коррозии составляла L = = 0,9δ (рис. 2). Еще на одном участке, ныне эксплуатирующемся, глубина коррозии L = = 0,8δ, а на 12 участках – 0,7δ. С учетом этого допускаемая скорость коррозии бетона труб диаметром 1000 мм с толщиной стенки δ = 100 мм может быть принята $k_{доп} = L_{доп}/T_н$ = = 0,5×100 мм/50 лет = 1 мм/год (рис. 3). Для труб диаметром 1200 и 1400 мм, имеющих толщину стенки δ = 110 мм, с некоторым запасом также может быть принято данное значение допускаемой скорости коррозии.

При обследовании коллекторов приняты категории технического состояния конструкций согласно СП 13-102-2003 [4]. Установленные с учетом допускаемой глубины коррозии критерии технического состояния труб коллектора приведены в табл. 1. Здесь также указана зависимость степени агрессивного воздействия среды от выявленной при обследовании скорости коррозии бетона k. Результаты обследования труб коллектора приведены на рис. 4.

Из данных рис. 4 следует, что большая часть труб (90,3%) коллектора нитки № 1 (1969 г.) имеет достаточную долговечность (более 50 лет) и лишь для 9,7% труб долговечность не обеспечена (составляет менее 50 лет). Для большей части труб коллектора нитки № 2 (1975 г.), наоборот, требуемая долговечность не обе-

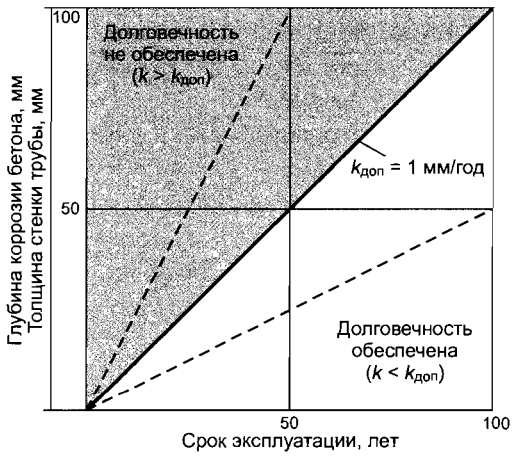


Рис. 3. Допускаемая скорость коррозии бетона труб коллектора

Таблица 1

Категория технического состояния коллектора	Глубина коррозии бетона в верхней части свода, мм	Остаточная толщина бетона в верхней части свода, мм	Скорость коррозии, мм/год	Признаки микробиологической коррозии	Степень агрессивного воздействия среды
Аварийное	> 50	< 50	> 1,67	Очень сильные	Сильная
Недопустимое	30–50	50–70	1–1,67	Сильные	Средняя
Ограниченно работоспособное	10–30	70–90	0,33–1	Средние	Слабая
Работоспособное	< 10	> 90	< 0,33	Слабые или отсутствуют	Отсутствует

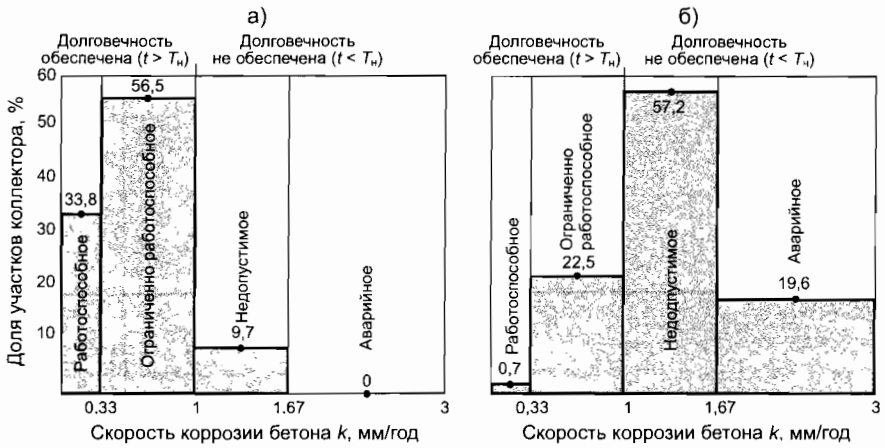


Рис. 4. Техническое состояние труб коллектора
а – нитка № 1 (1969 г. – бетон W6); *б* – нитка № 2 (1975 г. – бетон W4)

спечена, и лишь для 23,2% срок эксплуатации превышает 50 лет. Основной причиной данного различия является то, что трубы коллектора нитки № 2 были изготовлены из бетона недостаточной плотности (марка по водонепроницаемости W4), трубы нитки № 1 – из более плотного бетона (W6). Наибольшая скорость коррозии бетона труб коллектора составляет $k_{макс}$ = = 1,4 мм/год (для нитки № 1) и $k_{макс}$ = 3 мм/год (для нитки № 2). Сопоставление этих значений с данными [2] свидетельствует о том, что агрессивность среды в обследованном коллекторе достаточно умеренная, поскольку на других коллекторах хозяйственно-бытовых сточных вод скорость коррозии достигает 8 мм/год и более.

В табл. 2 приведены данные о техническом состоянии участков коллектора, имеющих повороты и перепады. В целом эти результаты обследования хорошо согласуются с данными, приведенными в [1], т. е. на данных участках среда, как правило, сильноагрессивная или среднеагрессивная.

При разработке проекта реконструкции коллектора решались главные вопросы: выявление потенциально опасных участков; выбор материала труб.

Местоположение потенциально опасных участков целесообразно принять на основе результатов обследования с учетом данных табл. 2.

Выбор материала для труб коллектора определяется степенью агрессивности среды и

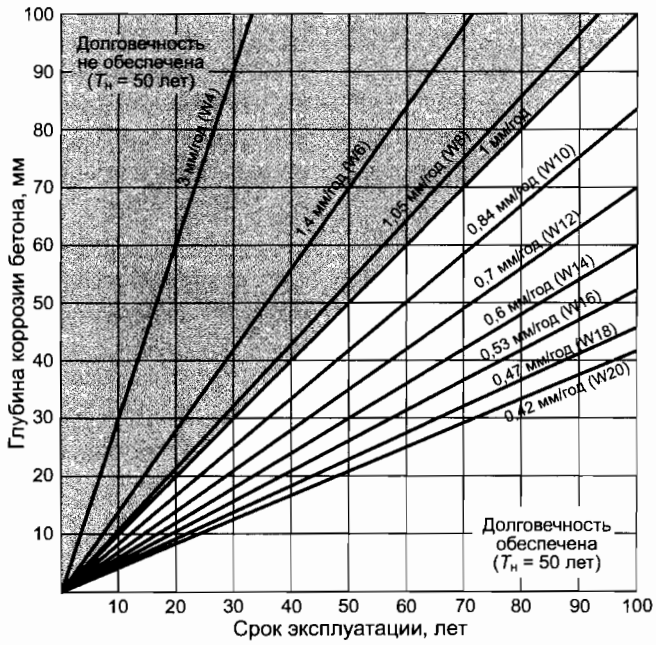


Рис. 5. Долговечность железобетонных труб коллектора в зависимости от скорости коррозии бетона, определяемой его плотностью (маркой по водонепроницаемости W)

Таблица 2

Тип участка		Количество участков по категориям технического состояния				Общее количество участков
		аварийное	недопустимое	ограниченно работоспособное	работоспособное	
Поворотный участок в плане	$\alpha > 90°$	3 / 11,5	4 / 15,4	11 / 42,3	8 / 30,8	26 / 100
	$\alpha = 90°$	3 / 27,3	7 / 63,6	0 / 0	1 / 9,1	11 / 100
Изгиб в плане (в пределах ширины дороги)		2 / 100	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 100
Вертикальные водосбросы		1 / 12,5	3 / 37,5	1 / 12,5	3 / 37,5	8 / 100

Примечание. В знаменателе – %.

Таблица 3

Водопроницаемость бетона	Марка бетона по водонепроницаемости W	Заполнитель	Добавки
Нормальная	W4	Природная песчано-гравийная смесь двух фракций или ее комбинация с щебнем	Без добавок
Пониженная	W6		Пластификаторы
Низкая	W8		Суперпластификаторы (С-3 и др.)
Особо низкая	W10–W20	Мытый фракционированный заполнитель (три фракции и более)	Гиперпластификаторы (Sika, Глениум и др.)

необходимостью минимизации затрат. На участках с сильноагрессивной средой должны применяться коррозионностойкие трубы (стеклопластиковые, полимербетонные, чугунные, железобетонные с внутренней изоляцией из полиэтилена), имеющие высокую стоимость. На участках со средней и слабой агрессивностью могут быть использованы более дешевые железобетонные трубы со средствами их первичной защиты (плотный бетон) и вторичной защиты (покрытие внутренней поверхности) [5].

В качестве материалов для защитных покрытий целесообразно использовать составы на цементной основе (специальные сухие смеси типа «Канадихт», «Конусит КК 10»), поскольку полимерные лакокрасочные материалы (в том числе эпоксидные) отслаиваются от бетона в течение первых лет эксплуатации, а разного рода пропитки оказывают слабое защитное действие. Долговечность железобетонных труб определяется главным образом плотностью бетона. По результатам обследования максимальная скорость коррозии бетона труб существующего коллектора составляла 3 мм/год – для бетона W4 и 1,4 мм/год – для бетона W6. Для такой же агрессивности среды скорость коррозии бетона большей плотности будет значительно меньше (рис. 5). Скорость коррозии защитных покрытий из специальных цементных материалов составляет менее 0,5 мм/год, т. е. соответствует скорости коррозии бетона марки по водонепроницаемости W16–W18 (рис. 6).

Из расчетных данных рис. 5 следует, что требуемая долговечность коллектора может быть обеспечена при условии применения для изготовления труб бетона с маркой по водонепроницаемости W10 и ниже. Если учесть, что при существующей технологии получение бетона такой плотности не всегда возможно (таблицы 3 и 4), то для обеспечения требуемой долговечности труб из бетона с маркой по водонепроницаемости W6 и W8 могут быть применены защитные покрытия на цементной основе. Схема обеспечения долговечности труб из бетона W6 и W8 с помощью таких покрытий приведена на рис. 7.

При строительстве нового коллектора по трассе действующего возможно повышение степени агрессивного воздействия среды по сравнению с существующим уровнем. Кроме того, при обследовании ряда других объектов на коллекто-

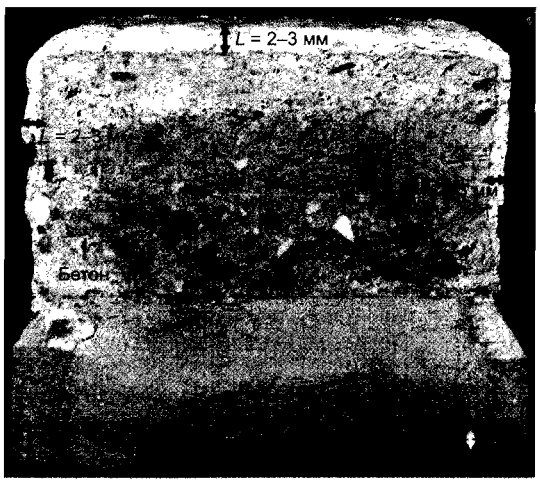


Рис. 6. Поверхность скола образца бетона с покрытием «Конусит КК 10» после 7 месяцев экспозиции в камере гашения (*L* – глубина коррозии)

Таблица 4

Марка бетона по водонепроницаемости W	Класс бетона по прочности, МПа
2	25
4	30
6	35
8	40
10	45
12	55
14	60
16	65
18	70
20	80

Таблица 5

Степень агрессивного воздействия среды	Материал труб и вид защиты	
	рекомендуемые	допускаемые
Сильная	Полимербетон Стеклопластик Чугун С облицовкой из полиэтилена	Железобетон (бетон W10–W12 с покрытием толщиной 10 мм)
Среднеагрессивная	Чугун Железобетон (бетон W10)	Железобетон (бетон W8 с покрытием толщиной 5 мм; бетон W6 с покрытием толщиной 10 мм)
Слабоагрессивная	Железобетон (бетон W8)	Железобетон (бетон W6 с покрытием толщиной 5 мм)
Неагрессивная	Железобетон (бетон W6)	Железобетон (бетон W6)

ре в г. Уфе была зафиксирована скорость коррозии бетона W4, достигающая 5–7 мм/год. В связи с этим целесообразно ввести некоторый коэффициент запаса к расчетным данным рисунков 5 и 7, например, путем повышения на одну ступень требуемой марки бетона по водонепроницаемости. С учетом этого рекомендуются материалы и изделия для проектирования участков коллектора с различной степенью агрессивного воздействия среды, представленные в табл. 5.

Нанесение защитных цементных покрытий на готовые трубы может быть осуществлено по технологии оштукатуривания, набрызга или кистью на том же заводе железобетонных изделий, где изготавливаются трубы. Удорожание железобетонных труб за счет применения средств первичной защиты (добавок) и вторичной (покрытий из смесей «Канадихт» или «Конусит КК 10») составит от 300 до 2300 руб. на 1 м трубы.

В проекте реконструкции коллектора также рекомендуется:

использовать для изготовления бетона сульфатостойкий цемент и карбонатный заполнитель;

принять диаметр труб на 10% больше расчетного с целью обеспечения возможности через нормативный срок $T_н$ выполнения ремонта труб изнутри коллектора (с использованием облицовки из полимербетона, стеклопластика или полиэтилена);

предусмотреть устройство лестниц и площадок в камерах и колодцах для обеспечения возможности периодической диагностики состояния конструкций.

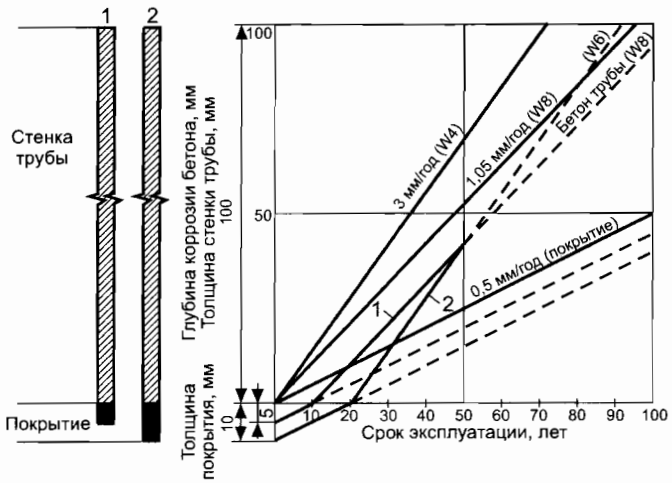


Рис. 7. Обеспечение требуемой долговечности (50 лет) труб коллектора из бетона W6 и W8 за счет применения покрытий

1 – бетон W8 с покрытием δ = 5 мм; *2* – бетон W6 с покрытием δ = 10 мм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О необходимости совершенствования строительных норм и правил / Г. Я. Дрозд, Н. В. Сытниченко, Я. А. Гусенцова и др. // Водоснабжение и сан. техника. 2002. № 1.
2. Иванов Ф. М., Дрозд Г. Я. О сроках службы железобетонных коллекторов / Бетон и железобетон. 1992. № 2.
3. Розенталь Н. К., Чехний Г. В. Проблема защиты железобетонных конструкций коллекторов сточных вод / Долговечность железобетонных конструкций: Науч. тр. 2-й Всеросс. конф. «Бетон и железобетон – пути развития». – М.: Дипак, 2005.
4. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – М., ГУП ЦПП Госстроя России, 2003.
5. Подмазова С. А. Обеспечение качества бетона монолитных конструкций / Строительные материалы. 2004. № 6.

Л. Н. ЗОЛОТОВА, директор; И. И. ДЖУРКО, заместитель директора по ВКХ;
Л. В. ТАРАСОВ, начальник участка (МП «Жилкомсервис», г. Буй Костромской области)

Опыт применения пневматических пробок при эксплуатации канализационных сетей

В настоящее время в состав МП «Жилкомсервис» входят: отдел теплосетей, ЖЭУ, отдел благоустройства, водопроводно-канализационное хозяйство. ВКХ занимается очисткой природных и сточных вод, эксплуатацией сетей водопровода и канализации. Канализационные самотечные сети имеют протяженность 29 км, диаметр коллекторов 200–600 мм, залегают на глубине 1,5–5 м, большая часть находится в грунтах с высоким уровнем подземных вод – «плывунах». Эксплуатация канализационных сетей включает: периодический осмотр всех сооружений сети, контроль ее технического состояния, профилактическую очистку и промывку, устранение засоров, ликвидацию аварий, текущий ремонт.

Две канализационные насосные станции работают с подпором в самотечных линиях, так как производительность станций меньше притока сточных вод, а разгрузочные линии расположены выше дна лотков основных самотечных линий (рис. 1). Сформировавшийся режим работы указанных линий приводит к пониженным скоростям течения. В результате тяжелые примеси сточных вод – песок, мелкие камни, уголь, стекло, шлак оседают и образуют в трубах отложения. Для уменьшения количества засоров самотечные линии промываются два раза в год: весной после паводка с помощью каналопромывочной машины КО-502, зимой с помощью пневматических пробок, применяемых в хозяйстве с 90-х годов. Промывка осуществляется в ночное время при отсутствии подпора (рис. 2) со стороны насосной станции.

Пневматическая пробка имеет оболочку из специального материала. Оболочка крепится на воздуховоде, служащем одновременно рукоятью для установки устройства в колодце. Перед установкой эластичной оболочке придают компактную форму, с помощью воздуховода-рукоятки пробку опускают в лоток колодца, передвигая по лотку, вводят в трубу. Слесарь, устанавливающий пробку, находится на поверхности земли независимо от глубины колодца и диаметра трубы, не контактируя со стоками. Воздух через воздуховод подается в оболочку, которая, раздуваясь, перекрывает коллектор. Для извлечения пробки избыточное давление воздуха сбрасывают в течение нескольких секунд через вентиль, затем устройство быстро извлекают из колодца. Поток воды интенсивно промывает трубу, удаляя не слежавшиеся осадки.

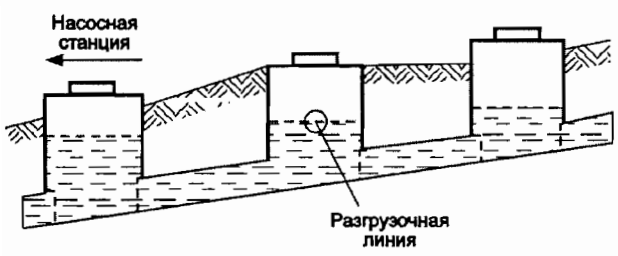


Рис. 1. Схема канализационной сети

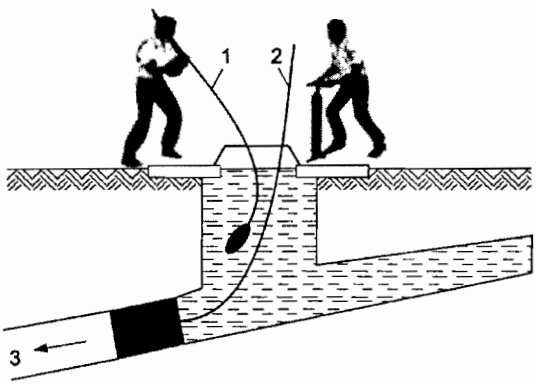


Рис. 2. Промывка сети
1 – извлекаемая пробка; *2* – установленная пробка для создания подпора жидкости; *3* – поток промывочной воды после извлечения пробки

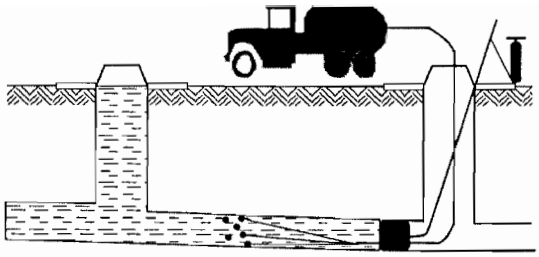


Рис. 3. Устранение засоров «продувкой»

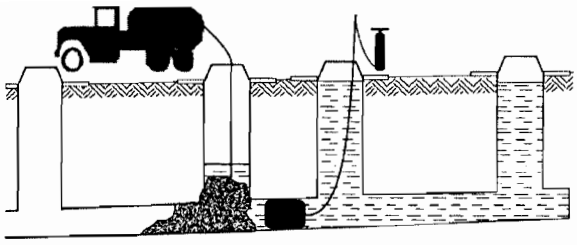


Рис. 4. Устранение засоров в колодце

Двухразовая промывка в течение года позволяет поддерживать коллекторы в надлежащем состоянии, при этом резко сокращается количество засорений. Промывка водой применима для любого диаметра труб. Основной техникой для промывки коллекторов служит машина КО-502. В зимнее время наиболее сложные засорения устраняются с помощью машины КО-503 (рис. 3) и пневматической пробки, размер которой больше, чем диаметр трубопровода. Шланг вакуум-машины опускают в колодец, заправляют в трубу со стороны свободного колодца. В трубу вставляют пневматическую пробку. В оболочку пробки подают воздух, который расширяясь заполняет пространство между шлангом и трубой, герметизируя трубу и одновременно прижимая шланг к стенке коллектора. Жидкость из бочки под избыточным давлением подается в трубу и пробивает засор.

В процессе эксплуатации канализационных сетей довольно часто возникают засоры по причине попадания в колодец посторонних предметов или обвала колодца (рис. 4). Ликвидировать засор зачастую можно только после разбора завала в колодце, заполненном стоками. Обычно в подобных случаях устанавливают мощный насос, перекачивающий стоки из вышерасположенного колодца в нижерасположенный, помогая вакуум-машинами. Этот процесс требует значительного времени и материальных ресурсов. С использованием пневматических пробок сточные воды из колодца удаляются в течение десяти минут. Пробку устанавливают в вышерасположенном колодце, конструкция пневматического устройства позволяет устанавливать его через колодцы, наполненные водой (рис. 4). В обрушенном колодце откачивают воду, разбирают завал. Аварийная ситуация устраняется за короткий период времени. Расположение канализационных сетей города в «плывунах» вызывает просадки труб, отдельных участков сети, нарушение герметичности стыков. Образуются завалы или разрушения труб, что в свою очередь приводит к нарушению работы сети и необходимости полной или частичной ее замены.

Аварийный участок отделяют от сети пневматическими пробками, устанавливая их через колодцы, заполненные сточной жидкостью (рис. 5). Отключение участка сети занимает 10–30 мин в зависимости от диаметра труб. Для понижения уровня грунтовых вод используется водопонижающее оборудование ЛИУ-3, в состав которого входят вакуум-насосный агрегат с электродвигателем мощностью 10 кВт, иглофильтры, состоящие из фильтрового звена и надфильтровых труб, сборные коллекторы фильтрованной воды. Применение пневматических пробок и водопонижающего оборудования создает условия для эффективной замены участков трубопроводов, быстрой ликвидации аварийных ситуаций на самотечных канализационных сетях.

При замене запорной арматуры на самотечных линиях в

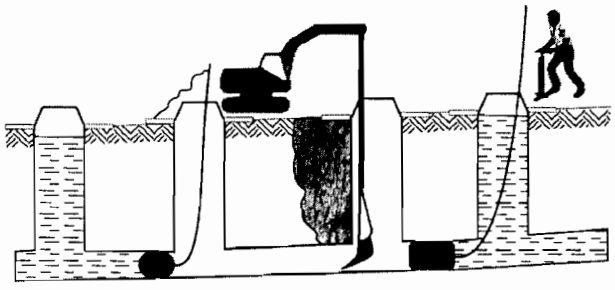


Рис. 5. Замена участка труб

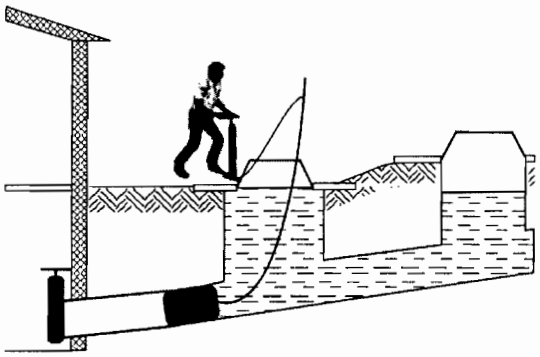


Рис. 6. Замена арматуры в приемном резервуаре

приемном резервуаре насосной станции (рис. 6) возникают значительные трудности: постоянно поступающие сточные воды создают тяжелые антисанитарные условия труда; существует вероятность затопления приемного резервуара сточной жидкостью; отключение водоснабжения района, сбрасывающего сточные воды в коллектор.

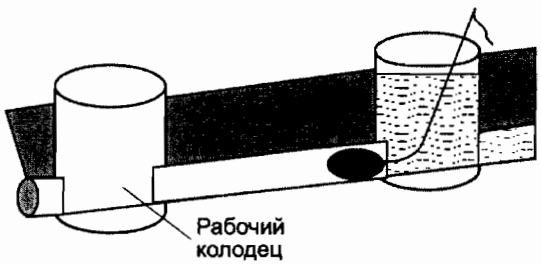
Применение пневматических пробок данной конструкции позволяет сократить время замены запорной арматуры, улучшить условия труда.

Выводы

Применение пневматических пробок запатентованной конструкции, современных технологий при эксплуатации канализационной сети позволяет сократить эксплуатационные затраты, улучшить условия труда, содержать канализационные сети, находящиеся в грунтах – «плывунах», на необходимом техническом уровне.

Пневматические пробки с уникальными возможностями!

- Облегчают условия труда обслуживающего персонала: при установке люди находятся на поверхности земли
- Отсутствует необходимость в дополнительных лебедках, тросах для удержания в трубе
- Легко устанавливаются через колодец, наполненный жидкостью, а также в труднодоступных местах через узкие отверстия
- Удобно осуществлять промывку в любое время года
- Возможна герметичная установка в трубе, имеющей отложения
- Устройство защищено патентом
- Пробки для перекрытия напорных трубопроводов, продувки самотечных коллекторов



Тел./факс: (49435) 472-27. Тел.: (49435) 440-48
157040, г. Буй Костромской обл., ул. Ленских Событий, д. 57, к. 49. ПК Родник

**Н. А. ЗЕНИТОВ, канд. техн. наук, заведующий отделом дорожной и коммунальной техники;
М. Г. БУТОВЧЕНКО, канд. техн. наук; С. С. КУЛАГИНА, инж.
(Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова)**

Система машин для прочистки трубопроводов водосточных и канализационных сетей

В 2004–2005 годах по заданию Департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства Москвы в АКХ им. К. Д. Памфилова была выполнена научно-исследовательская работа по определению потребности в машинах для прочистки водосточной сети города.

В результате анализа состояния и состава самой большой в России водосточной сети (протяженность более 5,5 тыс. км), технологии работ по ее содержанию, а также фактического состава парка машин была разработана классификация трубопроводов по их основному параметру – диаметру. Для трех типов машин (каналопромывочных, илососных и комбинированных), используемых для прочистки водостоков в Москве, предложена классификация по основному параметру – суммарной вместимости емкостей для воды и ила. Также была обоснована перспективная система машин для выполнения разнообразных работ при эксплуатации сети.

Каналопромывочные, илососные и комбинированные машины, имеющие как каналопромывочное, так и илососное оборудование, подразделяются на три класса: малой, средней и большой вместимости. Вместимость емкостей определяется в первую очередь диаметрами трубопроводов, которые подвергаются прочистке, так как от этого в значительной мере зависят объемы работ.

Полная система предполагает наличие всех трех типов машин в каждом из трех классов, т. е. девять машин. За рубежом помимо просто комбинированных машин применяются машины с регенерацией воды. Однако для водостоков Москвы и многих других российских городов их применение невозможно, так как извлекаемые загрязнения содержат недостаточное для регенерации количество воды.

По функциональному назначению и особенностям конструкции машины, объединенные в перспективную систему, предназначены для прочистки водосточной и канализационной сетей Москвы с учетом разных условий эксплуатации: обслуживание трубопроводов и коллекторов диаметрами до 1200 мм; необходимость работы как в условиях интенсивного движения транспорта на основных магистралях города, так и в труднодоступных местах дворов и улиц старой застройки; разные расстояния удаляемых загрязнений; разнообразие применяемых технологий; ликвидация аварий в зимнее время и многое другое.

Для включения в перспективную систему были выбраны машины: современные, хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации; требующие модернизации с целью расширения возможностей их применения; вновь разрабатываемые ранее не выпускавшихся типоразмеров большой вместимости, а также малой вместимости с целью дополнительного уменьшения габаритов.

Хотя система машин была разработана для водосточной сети, она полностью подходит и для оснащения предприятий Водоканалов. Отличие состоит лишь в количественном соотношении машин разного назначения, связанном с особенностями технологии, применяемой в Водоканалах.

В комплекс включены восемь машин различных типоразмеров. В классе машин малой вместимости отсутствует комбинированная (в нашей стране не выпускается). Опыт применения двух немецких комбинированных машин этого типоразмера показал их малую эффективность в эксплуатации.

Как показали расчеты, создание комбинированной машины малой вместимости нецелесообразно, так как объ-

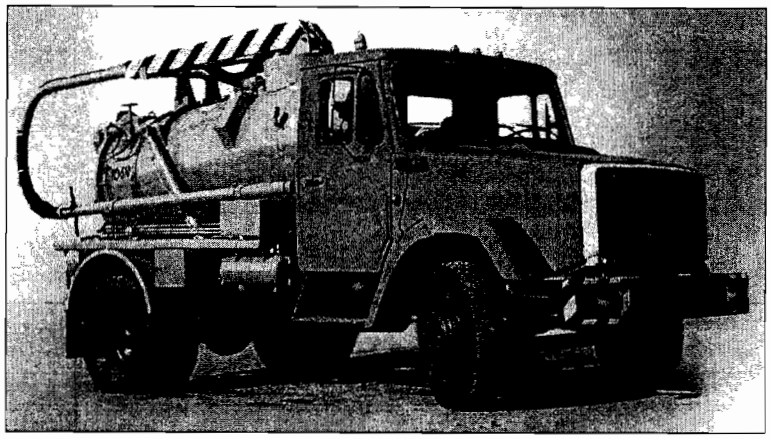


Рис. 1. Илососная машина КО-510М

емы сезонных работ, которые она могла бы выполнять, ничтожны и не оправдывают затрат на ее эксплуатацию.

Машины малой вместимости (рис. 1) из-за низкой технической производительности применяются лишь в труднодоступных местах, где машины двух других классов не могут работать из-за своих габаритов и значительно меньшей маневренности. Применение машин малой вместимости ограничивается участками сети с минимальными диаметрами труб. По экономическим соображениям на участках, где есть условия размещения и подъезда, следует использовать машины средней вместимости. Машины большой вместимости предназначены для выполнения больших объемов работ (как правило, в крупных городах, где значительную часть сети составляют трубопроводы диаметром более 600 мм). Самыми распространенными, необходимыми в любом городе с достаточно развитой канализационной или водосточной сетью, являются машины средней вместимости.

В табл. 1 приводятся характеристики перспективной системы машин. Основные отличия от других машин, выпускаемых в настоящее время, выводят их на новый качественный уровень.

Каналопромывочную ДКТ-275-02 и комбинированную ДКТ-245-01 машины предполагается оснащать водяными насосами высокого давления KD716 фирмы «URACA» (Германия) или насосами SLR фирмы HPP (Италия). Обе машины по желанию заказчика комплектуются набором каналопромывочных насадков, использование которых позволяет: производить первоначальный проход в полностью заиленной трубе; ликвидировать аварийные засоры реверсивным насадком, размывая и вынося загрязнения в сторону колодца путем попеременного дистанционного переключения с мониторной на боковые или задние струи; удалять жировые отложения со стенок труб; с помощью донных насадков прочищать коллекторы диаметром до 1200 мм; с помощью корнереза на ротационном насадке разрушать проросшие в трубу корни и другие препятствия.

На каналопромывочной машине ДКТ-275 установлены пластмассовые баки для воды вместо подверженной коррозии металлической цистерны. Также она имеет следующие особенности (рис. 2): компактная конструкция на короткобазовом шасси, обеспечивающая хорошую маневренность в стесненных городских условиях; поворотный барабан повышенной прочности для рукава высокого давления; надежные элементы водяной и масляной гидросистемы отечественного и импортного производства.

В заднем отсеке машины по желанию заказчика устанавливается электронный блок контроля и изменения параметров работы оборудо-

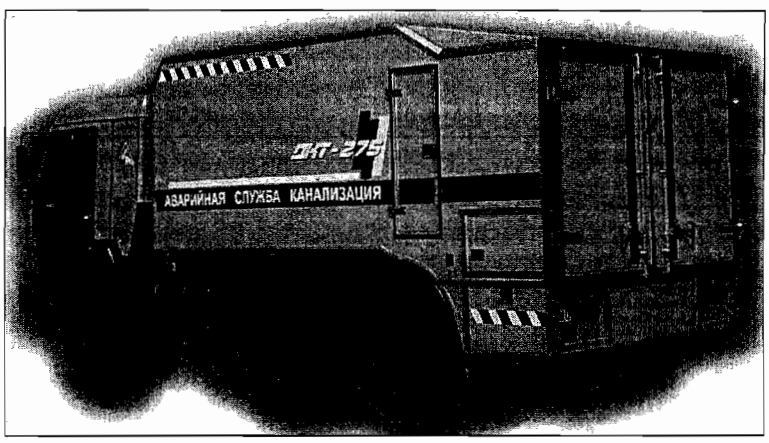


Рис. 2. Каналопромывочная машина ДКТ-275

Таблица 1

Машина	Основные перспективные технические показатели	Этапы разработки и производства	Изготовитель
Машины малой вместимости			
Каналопромывочная машина ДКТ-265 с пластиковыми баками для воды на шасси автомобиля МАЗ-437040	Объем воды в баке 4 м^3; производительность насоса 8 м^3/ч; давление насоса до 16 МПа	Ведется разработка машины с освоением серийного производства в 2006 г.	ЗАО «Доркомтехника»
Илососная машина КО-510М на шасси автомобиля ЗИЛ-433362	Объем цистерны для ила 3,25 м^3; производительность вакуумного насоса 396 м^3/ч; производительность размывочного оборудования 2,5 м^3/ч	Требуется модернизация серийной машины КО-510 с целью установки размывочного оборудования	Арзамасский завод «Коммаш»
Машины средней вместимости			
Каналопромывочная машина ДКТ-275-01	Объем баков для воды 8 м^3; производительность насоса 12,5 м^3/ч; давление насоса до 16 МПа	Организовано серийное производство	ЗАО «Доркомтехника»
Каналопромывочная машина ДКТ-275-02	Объем баков для воды 8 м^3; производительность насоса 16 м^3/ч; давление насоса до 16 МПа		
Илососная машина КО-507А2-01	Объем цистерны для ила 6,5 м^3; объем дополнительных баков для воды 2 м^3; размывочное оборудование с насосом высокого давления производительностью 3,5 м^3/ч	Модернизация размывочного оборудования серийной машины КО-507А2 с целью увеличения производительности с 1,2 до 3,5 м^3/ч. Организовано серийное производство	ЗАО «Доркомтехника» и Арзамасский завод «Коммаш»
Комбинированная машина ДКТ-245-01 на шасси автомобиля КамАЗ-53229 (патент России)	Суммарный объем емкостей для ила и воды 11 м^3; производительность водяного насоса высокого давления 16 м^3/ч; давление насоса до 16 МПа; вакуумный насос заменен водовоздушным эжектором производительностью 1600 м^3/ч	Организовано серийное производство	
Машины большой вместимости			
Каналопромывочная машина ДКТ-280 с диагностическим оборудованием	Объем баков для воды 12 м^3; производительность насоса 16 м^3/ч; давление насоса до 16 МПа	Освоено серийное производство	ЗАО «Доркомтехника»
Илососная машина на шасси автомобиля КамАЗ-6540 (четырехосный, грузоподъемность 22 т)	Объем цистерны для ила 15 м^3	Необходимы разработка машины и освоение серийного производства	–
Комбинированная машина ДКТ-255 на шасси автомобиля КамАЗ-6540 (четырехосный, грузоподъемность 22 т)	Объем цистерны с разделительным поршнем для ила и воды 13 м^3; производительность водяного насоса высокого давления фирмы URACA 20 м^3/ч; давление насоса до 16 МПа	Начата разработка опытного образца машины. Серийное производство планируется в 2006 г.	ЗАО «Доркомтехника» и фирма «I.Hvidtved Larsen A/S» (Дания)

вания. Теплозащитная облицовка и отопительная установка обеспечивают возможность работы при температуре окружающего воздуха до минус 25 °С. С помощью водо-жидкостного эжектора можно откачивать загрязненную жидкость с глубины до 15 м.

Комбинированная машина ДКТ-245-01 (рис. 3) отличается следующим: вакуум в иловой цистерне создается высокопроизводительным водо-



Рис. 3. Комбинированная машина ДКТ-245-01

воздушным эжектором, обеспечивающим непрерывный процесс всасывания; поворотный барабан для рукава высокого давления имеет повышенную прочность; теплозащитная облицовка и отопитель позволяют использовать каналопромывочное оборудование машины при отрицательной температуре окружающего воздуха до минус 15 °С; применение водо-жидкостного эжектора производительностью до 160 $м^3$/ч позволяет перекачивать загрязненные жидкости с глубины до 20 м; при заполнении водой иловой цистерны машина может использоваться как каналопромывочная с объемом перевозимой воды 11 $м^3$ (вместо 5 $м^3$); при работе только илососным оборудованием можно эффективно размывать плотные слежавшиеся отложения в колодцах, используя размывочный монитор-пистолет.

Новая каналопромывочная машина большой вместимости ДКТ-280 (рис. 4) на шасси КамАЗ-53229 оснащается водяным насосом KD-716 фирмы «URACA» (Германия) или насосами SLR фирмы HPP (Италия). Ее особенности: шесть пластмассовых баков для воды вместо цистерны, подверженной коррозии; между баками размещен обогреваемый технологический отсек с оборудованием; по желанию заказчика машина комплектуется телевизионной установкой с видеокамерой, смонтированной на донном насадке; телевизионное изображение передается без кабеля посредством радиосигнала; оператор отслеживает процесс прочистки по монитору, расположенному в заднем технологическом отсеке; по желанию заказчика в заднем технологическом отсеке размещается электронный блок контроля и изменения параметров работы гидродинамического оборудования; поворотный барабан рукава высокого давления располагается сзади машины в технологическом отсеке; теплозащитная облицовка и отопительная установка в центральном отсеке обеспечивают возможность работы зимой при температуре окружающего воздуха до минус 15 °С; машина по желанию заказчика комплектуется тем же набором насадков, что и машины средней вместимости; откачивает жидкости с глубины до 15 м, так как укомплектована водо-жидкостным эжектором.

Эта машина сможет оперативно производить прочистку коллекторов с диаметрами труб более 600 мм. По своему технико-экономическому уровню она занимает промежуточное место между серийными отечественными и зарубежными каналопромывочными машинами, причем по эффективности проведения работ не уступает лучшим зарубежным образцам. Телевизионная установка, помимо наблюдения за качеством каналопромывочных работ, может использоваться для диагностики технического состояния водосточной сети.

Основной особенностью вновь разрабатываемой совместно с датской фирмой

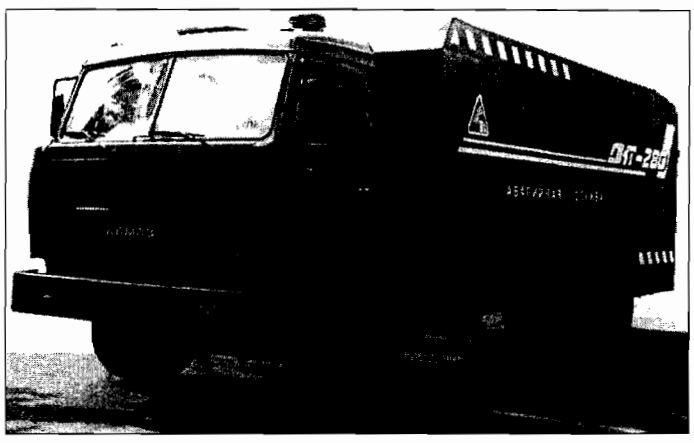


Рис. 4. Каналопромывочная машина ДКТ-280

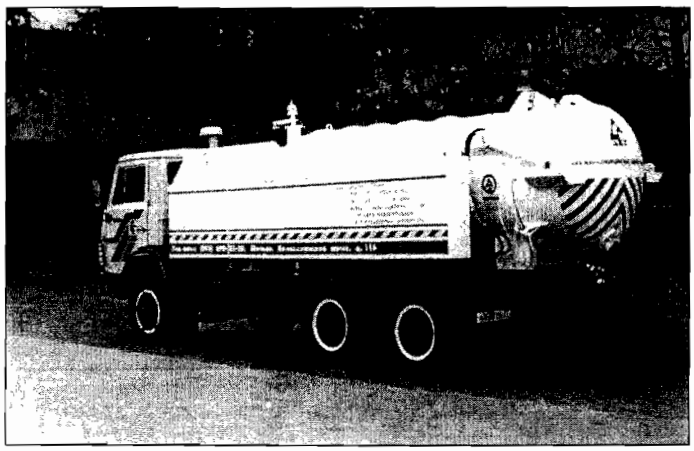


Рис. 5. Илососная машина КО-507А2-01

«I.Hvidtved Larsen» комбинированной машины большой вместимости ДКТ-255 на шасси КамАЗ-6540 является цистерна с перемещающимся поршнем, что позволит оперативно менять размеры емкостей для чистой воды и ила, добиваясь оптимальных результатов, а также обеспечит выгрузку ила без подъема цистерны.

В машине будут использованы все разработки фирмы «Доркомтехника»: эжекторы, насадки различного назначения и другое оборудование, позволяющее значительно повысить производительность машины и расширить возможности ее применения.

Модернизированная илососная машина КО-507А2-01 (рис. 5) отличается следующим: помимо самосвальной цистерны с открывающейся задней крышкой имеет два водяных бака; оборудована вакуумным и водяным насосами и эффективным размывочным оборудованием; наличие двух шиберов: нижнего на задней крышке и верхнего на цистерне улучшает процесс наполнения цистерны и слива отстоявшейся иловой воды; размещение конического насадка и шарового крана на рукоятке размывочного устройства дает возможность концентрированной водяной струей удобно размывать плотные иловые отложения на расстоянии до 4 м, не спускаясь в колодец или отстойник; обеспечивает совместную работу вакуумного и размывочного оборудования; наличие дистанционного управления верхним шибером позволяет производить работы одним оператором.

Таблица 2

Марка машины	Объемы сезонных работ на трубопроводах разных диаметров, км		
	до 400 мм	от 400 до 600 мм	от 600 до 1200 мм
ДКТ-275 + КО-507А2	24,7	52	47
ДКТ-245	22	26,4	25,2
КО-560	18,8	21,4	20,3
ДКТ-280 + КО-507А2	–	55,5	54
«Водяной мастер»	–	–	40,2

Полностью перспективная система машин может быть использована лишь в крупных городах с миллионным населением и развитой водосточной сетью. В различных по населенности городах при условии выбора машин подходящего класса их можно использовать при всех основных неисправностях городских сетей, учитывая объемы работ на различных участках сети и многообразие условий их выполнения. В большинстве городов возможно ограничиться машинами малой и средней вместимости, отдавая предпочтение последним, так как машины малой вместимости из-за низкой эксплуатационной производительности предназначаются преимущественно для работы в стесненных условиях.

В табл. 2 приведены объемы сезонных работ, которые могут быть выполнены звеньями из машин разных типоразмеров и комбинированными машинами только средней и большой вместимости. В соответствии с наиболее распространенной технологией прочистки водосточной сети у колодца должно работать либо звено из каналопромывочной и илососной машин, либо только комбинированная машина. Потребность в машинах, техническая производительность и сезонные объемы выработки (годовая эксплуатационная производительность) при расчетах определялись для звена машин, а не отдельно для каждой машины.

Анализируя объемы сезонных работ, выполняемых различными машинами, мож-

но сделать следующие выводы:

для трубопроводов диаметрами до 400 мм объемы сезонных работ звеньев и комбинированных машин различаются меньше, чем для трубопроводов больших диаметров. Это объясняется значительным снижением технической производительности машин из-за применения ручного труда в больших объемах при прочистке дождеприемных колодцев. Поэтому для прочистки этих трубопроводов целесообразно использовать вместо звеньев машин комбинированные машины ДКТ-245, так как их техническая производительность мало отличается от производительности звена машин (ДКТ-275 + илосос КО-507А2), что позволит существенно уменьшить общее количество машин и снизить эксплуатационные расходы;

для трубопроводов диаметрами более 400 мм по объемам сезонных работ выгоднее применять звенья машин по сравнению с комбинированными машинами, поскольку их производительность существенно выше (примерно в два раза).

В зарубежной практике большинство применяемых машин – комбинированные. В России до недавнего времени их не было. За последние 10 лет на основе опыта эксплуатации первой комбинированной машины КО-560 создана современная, хорошо зарекомендовавшая себя в эксплуатации машина ДКТ-245-01. Однако, как видно из табл. 2, в российских условиях не всегда выгодно применять комбинированные машины, во многих случаях целесообразнее использовать звенья машин. Это объясняется запущенностью водостоков, большими объемами ручных работ в приемных колодцах. По мере дооснащения предприятий недостающими машинами положение должно измениться, а потребность в комбинированных машинах – увеличиться.

Как уже отмечалось, предлагаемая система машин пригодна и для сетей Водоканалов. В отличие от водосточной сети в канализационном хозяйстве, как правило, используются в основном каналопромывочные машины, при этом засоры размываются, а загрязнения перемещаются потоком в сторону очистных сооружений. Однако и здесь не обходятся без илососов с размывом для очистки колодцев и отстойников.

Существуют общесплавные сети, объединяющие водосточные и канализационные стоки (как в С.-Петербурге), где могут широко применяться комбинированные машины различной вместимости.

В небольших городах, использующих для питьевых целей воду из скважин, а также отстойники, например для обезжелезивания воды, откачка осадка из них представляет сложность, и здесь подходит илосос с размывом. Еще лучше иметь комбинированную машину ДКТ-245-01, способную выполнять весь комплекс работ, связанных с прочисткой канализационной сети.

Сравнительный анализ выпускаемой в настоящее время отечественной и зарубежной каналопромывочной техники показал, что разрабатываемую по заказу правительства Москвы фирмой «Доркомтехника» систему машин необходимо дополнить недостающими машинами большой и малой вместимости.

С новыми включенными в перспективную систему машинами Вы сможете ознакомиться на выставке «ЭКВАТЭК–2006», стенд Е2.8, которая будет в Москве с 30 мая по 2 июня. Приглашаем посетить открытую площадку выставки, стенд 04, где будут выставлены эти машины.

ФГУП
«НИИ ВОДГЕО»

приглашает

руководящих специалистов Водоканалов, работников служб охраны природы, промышленных предприятий, проектных и иных организаций принять участие в научно-практическом семинаре, посвященном выходу в свет новой редакции **«Рекомендаций по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты».**

Руководитель семинара – доктор технических наук, профессор В. Н. Швецов (ФГУП «НИИ ВОДГЕО»).

Семинар состоится 17 мая 2006 г. в Москве, в НИИ ВОДГЕО. Тел.: (495) 245-9740, 245-9787, 245-9627

Н. А. ЗЕНИТОВ, канд. техн. наук, руководитель отдела дорожной и коммунальной техники (ГУП «Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова», Москва)

Гидродинамические корнерезы для прочистки канализационных и водосточных труб

Настоящим бедствием для канализационных и водосточных труб, проложенных на озелененных территориях, является прорастание корней деревьев во внутреннюю полость труб. Вследствие изношенности в стенках трубопроводов и на их стыках возникают трещины и щели, куда проникают корни деревьев, прорастая глубоко внутрь труб. Переплетаясь в клубки, корни улавливают почти все загрязнения, перемещающиеся по трубе. В связи с образованием нежелательного «корневого фильтра» водоотводящая способность труб нарушается, возникают засоры.

Решение этой проблемы путем ремонта или перекладки труб, особенно в центральной части города, не всегда возможно и связано с большими затратами, что не под силу бюджетам большинства российских городов. В этой связи большое значение приобретает повышение эффективности работ по сохранению пропускной способности сетей, основными направлениями которых являются инспекция и очистка трубопроводов от корневых образований.

Традиционный метод борьбы с корнями в трубах – механическая прочистка. Между двумя колодцами протаскивается стальной трос, на котором закрепляется механический корнерез с острыми кромками (рис. 1). При помощи двух лебедок, установленных над колодцами, и поворотных роликов такой снаряд перемещают по трубе, подрезая корни. Как правило, сначала через засоренный участок труб проходит снаряд малого диаметра, затем – снаряд большего диаметра (до 70–80% величины внутреннего диаметра трубы). Такое оборудование, включающее лебедки с тяговым усилием 5000 Н и трос длиной 120 м, различные прочистные снаряды и механические корнерезы, выпускает фирма «Доркомтехника».

Недостаток метода заключается в невысокой производительности рабочего процесса. Кроме того, из-за ограниченных тяговых характеристик ручных лебедок их применение для труб диаметром более 500 мм практически исключено.

В 1970-х годах в мировой практике появились ротационные насадки-корнерезы, используемые с гидродинамическими каналопромывочными машинами. Первопроходцами в этой области стали европейские компании «KEG», «ENZ», разработавшие и выпускающие ротационные корнерезы различных конструкций.

Корнерез (рис. 2) состоит из корпуса *2*, опорной системы *3*, центрирующей корпус корнереза в трубе, ротора *4* (установленного на корпусе через подшипниковый узел) с рабочими органами *6* и двух групп струеформирующих сопел – задних тяговых *1* и поперечных *5*, раскручивающих ротор. К корнерезу, помещенному через колодец внутрь трубы, по рука-

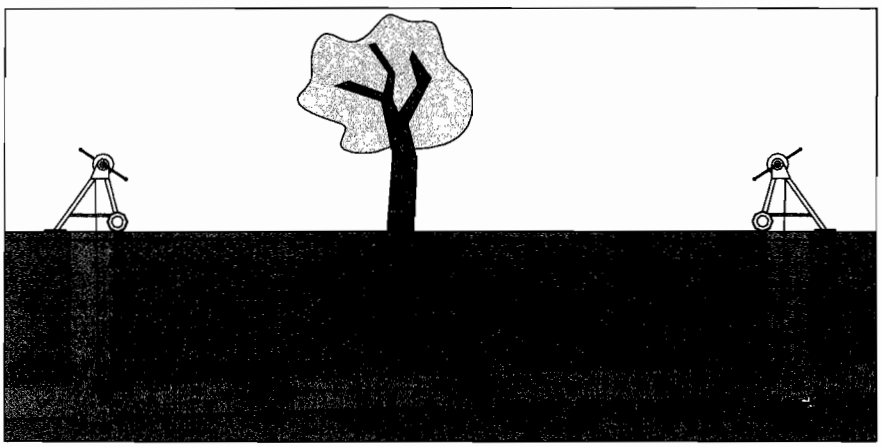


Рис. 1. Механический корнерез

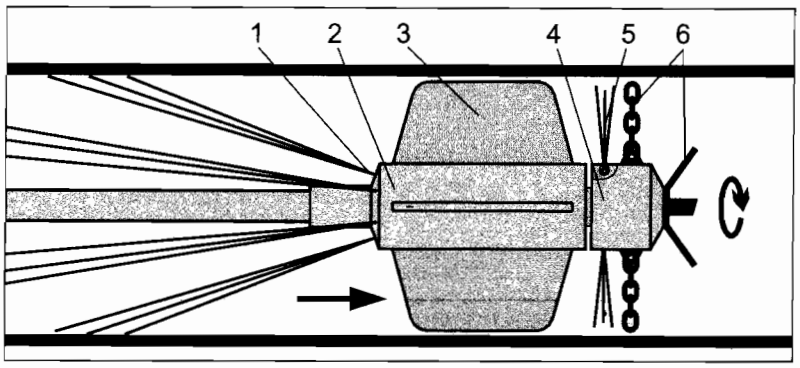


Рис. 2. Гидродинамический корнерез
1 – задние тяговые сопла; *2* – корпус; *3* – опорная система; *4* – ротор; *5* – поперечные сопла; *6* – рабочий орган

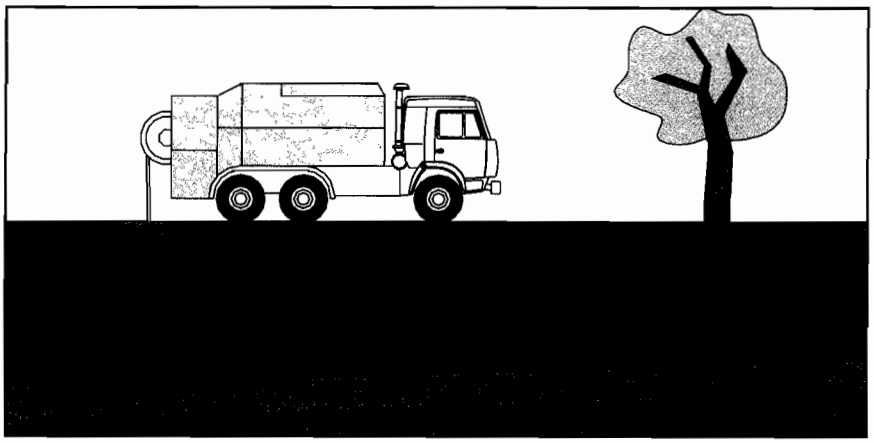


Рис. 3. Технология работы

ву подводится вода от плунжерного насоса высокого давления каналопромывочной машины (рис. 3). Вода подается как к задним соплам, создающим струи воды, которые перемещают корнерез вместе с рукавом вдоль трубы и смывают загрязнения к колодцу, так и к поперечным соплам, расположенным на роторе. К ротору крепятся рабочие органы, непосредственно осуществляющие разрушение корневых и иных образований в трубе. Поперечные струи раскручивают ротор с рабочими органами с частотой вращения 4–8 тыс. мин$^{-1}$. При наезде корнереза на препятствие в трубе рабочие органы за счет ударного воздействия постепенно его разрушают.

Как правило, корнерезы центрируются в трубе при помощи направляющих полозьев с возможностью регулировки под различные диаметры труб (рис. 4). В некоторых моделях корнерезов полозья оснащаются колесиками для снижения силы трения о стенки труб. Важнейшей частью устройства является подшипниковый узел, обеспечивающий вращение ротора на корпусе корнереза. Кроме высокой частоты вращения этот узел предназначен для восприятия значительных ударных нагрузок, а также для передачи от корпуса корнереза к поперечным соплам ротора воды под давлением 10–16 МПа.

Для предотвращения попадания в подшипники воды под высоким давлением многие фирмы используют в этом узле шариковые или роликовые подшипники со смазкой и уплотнениями в виде манжет. Однако такие конструктивные решения приводят к необоснованному увеличению габаритов корнереза и малому ресурсу подшипникового узла (из-за частых ударных нагрузок при встрече рабочих органов с препятствием).

Гораздо практичнее и надежнее применять в этих узлах подшипники трения, использующие металлофторопластовые втулки в паре с металлом. Такие конструкции подшипниковых узлов используют фирмы «KEG», «ENZ», «Доркомтехника». Металлофторопластовые пары трения – вращения не требуют специальной смазки (в этом качестве выступает вода). Они не заклинивают при попадании в зону трения мелких твердых частиц, проходящих через фильтры плунжерных насосов высокого давления. Металлофторо-

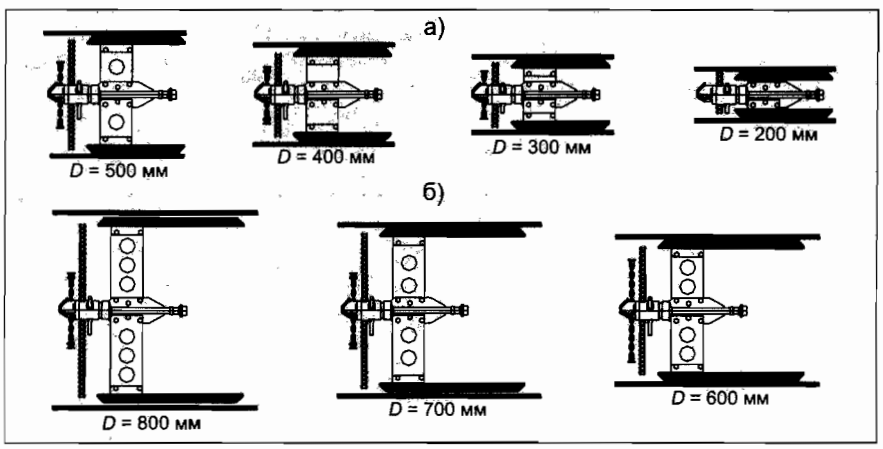


Рис. 4. Регулировка опорной системы
а – стандартный комплект; *б* – дополнительный комплект

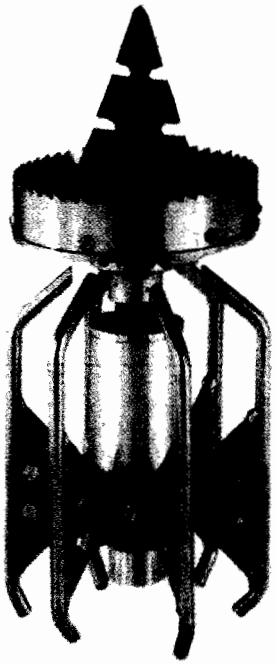


Рис. 5. Ленточные пилы фирмы «Nuova»

пластовые подшипники хорошо выдерживают радиальные ударные нагрузки от рабочих органов. При этом зазоры в парах трения могут выполнять роль щелевого гидравлического сопротивления для ограничения утечек воды, подводимой под высоким давлением к поперечным соплам.

На практике применяются ротационные насадки с рабочими органами преимущественно двух типов: фрезерные и молотковые. Редко встречаются насадки с рабочими органами пильного типа (рис. 5) с пильными цилиндрическими лентами (фирма «Nuova»). Фрезерные рабочие органы (рис. 6) в первую очередь предназначены для разрушения крупных твердых образований в трубах, например, донных цементных отложений. Специальные фрезерные рабочие органы могут удалять торчащие врезки труб из различных материалов. Для их надежной работы требуются опорные системы повышенной прочности и точность фиксации насадка относительно стенок обрабатываемой трубы.

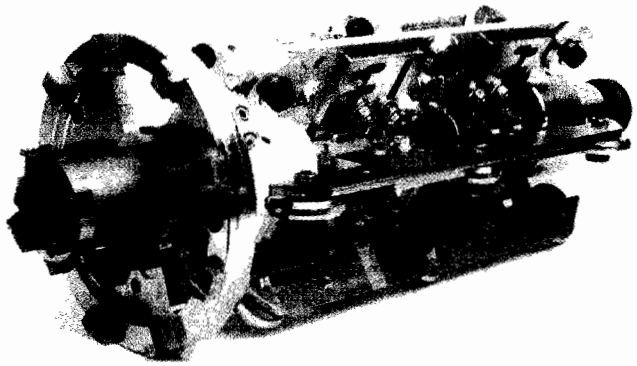


Рис. 6. Фрезерный насадок фирмы «ENZ»

Молотковые рабочие органы распространены гораздо больше, чем фрезерные. Это объясняется их сравнительной простотой, универсальностью и дешевизной. В качестве «молотков», наносящих удар по препятствию, используют различные твердые бойки, закрепленные с различной степенью свободы относительно ротора. Наиболее распространены цепи. Так, немецкая фирма «KEG» впервые применила в конструкциях корнерезов роликовые цепи (рис. 7). Роль «молотков» в таких рабочих органах выполняют периферийные звенья цепи. Все звенья могут вращаться только в одной плоскости. По мере износа периферийных звеньев цепь заменяется новой. Изношенную цепь можно использовать для труб меньшего диаметра.

Такие рабочие органы в различных модификациях встречаются в конструкциях многих фирм. Например, вместо однорядной роликовой цепи применяется двухрядная (фирма «IBG»). Часто на последнем звене цепи крепится ударный боек – «молоток» (фирма «ENZ»). На насадках ставят по две, а иногда по три роликовые цепи различной длины (фирма «KEG»). Как правило, передние цепи имеют меньшую длину, чем задние, что позволяет снижать ударные нагрузки. Широко распространены обычные круглозвенные цепи (рис. 8), к звеньям которых крепятся «молотки» различных типов. Цепи без «молотков» применяют в основном для борьбы с жировыми отложениями.

Специалисты российской фирмы «Доркомтехника» применяют комбинированный вариант молоткового рабочего органа (рис. 9). Роликовая однорядная цепь сочетается с круглозвенной, снабженной четырехгранными бойками и расположенной перед роликовой цепью. При этом достига-

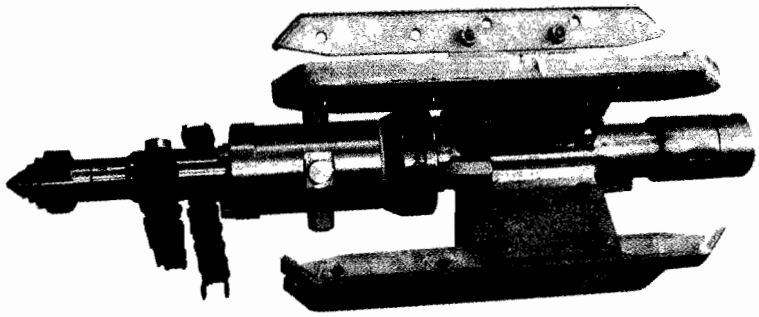


Рис. 7. Корнерез фирмы «KEG»

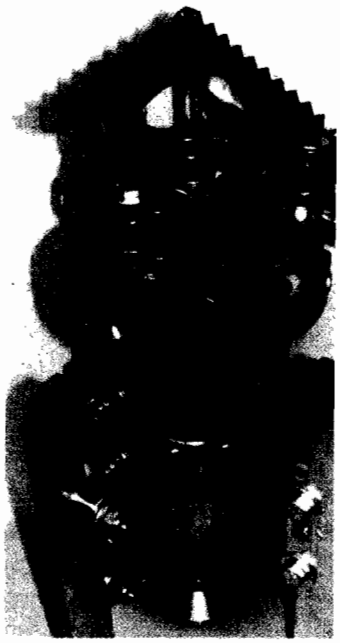


Рис. 8. Цепной насадок фирмы «ENZ»

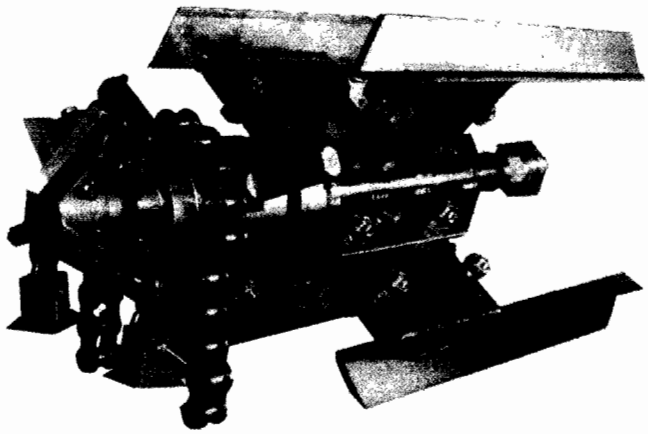


Рис. 9. Корнерез ДКТ-252 фирмы «Доркомтехника»

ется эффективное разрушение преград различной формы и твердости. В передней части корнереза по оси, где окружные скорости невелики, устанавливают наконечники, как правило, конической формы. Для преодоления различных преград их снабжают износостойкими зубцами (рис. 7–9), режущими пластинами (конструкции фирмы «Доркомтехника») или сверлами.

Большое значение для эффективного разрушения препятствий имеет правильный выбор диаметра окружности, описываемой ударными элементами цепей при вращении. При слишком большом диаметре могут повредиться стенки обрабатываемой трубы, а при малом – остаться неразрушенные образования. Выбор оптимального размера рабочего органа зависит также от возможностей настройки опорной системы ротационного насадка относительно внутреннего диаметра трубы. Опорные системы колесного типа или в виде полозьев должны обеспечивать поступательное движение насадка вдоль труб различных диаметров под действием реактивных сил толкающих водяных струй. Кроме того, они должны ориентировать рабочие органы относительно стенок труб так, чтобы в процессе перемещения по трубе и при ударах о препятствия рабочие органы не повреждали ее стенки. Ударные реактивные силы, возникающие при контактах рабочих органов с препятствиями, также должны восприниматься опорной системой и передаваться на стенки труб, не повреждая их.

Настройка и фиксация опорной системы под конкретный диаметр трубы на различных ротационных насадках производятся либо плавно с помощью рычажно-шарнирных механизмов (рис. 10), либо дискретно (рис. 9). Рычажно-шарнирные опорные системы позволяют выставлять и фиксировать опорные элементы относительно стенок труб с любым зазором, а дискретные опорные системы допускают регулировку зазоров с шагом 5–10 мм на диаметр трубы. Такой точности вполне достаточно для эффективной работы ротационных насадков. Кроме того, опорные системы с дискретной регулировкой отличаются простотой и надежностью. Такими же качествами обладают бесколесные опорные системы с элементами в виде полозьев с отогнутыми к центру трубы концами. Встречаются опорные системы с числом элементов от 2 до 6, равномерно распределенных по сечению трубы. Лучшие показатели обеспечивают опорные системы с 3, 4 или 5 опорными элементами.

На рис. 4 показаны различные варианты установки опорной системы корнереза ДКТ-252 фирмы «Доркомтехника». Для каждого диаметра

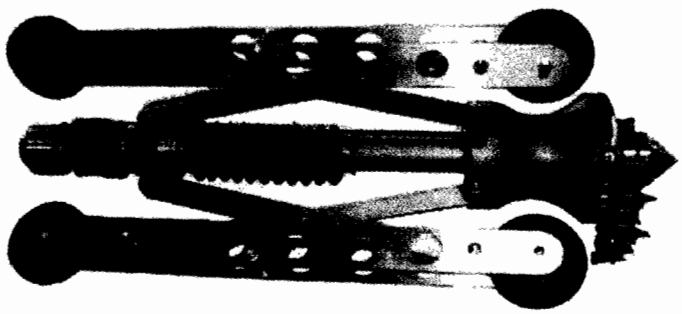


Рис. 10. Рычажно-шарнирная опора

обрабатываемых труб из диапазона 200–800 мм в комплекте корнереза имеется соответствующий набор опорных пластин различной длины. Более точная установка четырех опорных элементов под конкретный диаметр трубы производится путем выбора соответствующих групп крепежных отверстий на опорных пластинах. Размер между внешними кромками противоположных опорных элементов устанавливается на 8–20 мм меньше внутреннего диаметра трубы. Соответственно диаметр окружности вращения ударного элемента рабочего органа на 20–40 мм меньше диаметра трубы.

Раскрутка ротора до рабочей частоты вращения производится поперечными (тангенциальными) струями воды. Сопла, формирующие эти струи, располагаются или непосредственно в роторе (рис. 8), или в специальных «струйниках», радиально закрепленных на нем (рис. 7 и 9).

Для обеспечения нормальной работы насадка в трубе необходимо выполнить два условия:

момент реактивных сил поперечных струй должен превышать момент трения покоя и скольжения подшипникового узла ротора при подаче воды высокого давления внутрь ротора;

суммарная реактивная сила тяговых струй должна быть больше суммарной силы трения опорной системы насадка и рукава высокого давления по стенкам трубы.

Оба условия должны выполняться с некоторым запасом, учитывающим различные эксплуатационные условия в трубах, например, наличие воды в донной части трубы, рельеф поверхности трубы и т. п. Кроме того, тяговые и поперечные сопла должны быть тщательно подобраны под режимы работы насосной установки высокого давления каналоочистительной машины с учетом длины и сечения рукава высокого давления. Большинство фирм предлагают использовать корнерезы с машинами, водяные насосы которых обеспечивают расход более 10 м^3/ч и давление более 12 МПа.

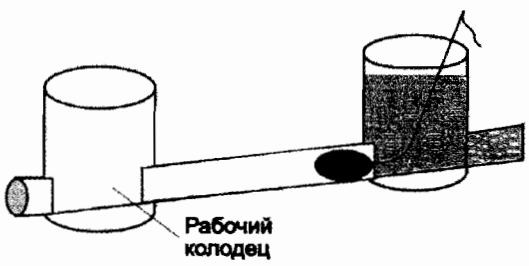
Более подробную информацию о ротационном оборудовании каналоочистительных машин можно получить на сайте фирмы «Доркомтехника» www.dkt.ru.

Выводы

При профилактической и аварийной очистке каналоочистительными машинами канализационных и водосточных труб, имеющих внутри корневые образования, рационально использовать специальные гидродинамические корнерезы. Наряду с ликвидацией корневых образований ротационные насадки-корнерезы могут эффективно устранять засоры и удалять различные твердые отложения в трубах. Опыт фирмы «Доркомтехника» показывает, что наилучшие результаты использования корнерезов для труб диаметром до 800 мм достигаются при расходах воды 12,5 м^3/ч и выше.

Пневматические пробки с уникальными возможностями!

- Облегчают условия труда обслуживающего персонала: при установке люди находятся на поверхности земли
- Отсутствует необходимость в дополнительных лебедках, тросах для удержания в трубе
- Легко устанавливаются через колодец, наполненный жидкостью, а также в труднодоступных местах через узкие отверстия
- Удобно осуществлять промывку в любое время года
- Возможна герметичная установка в трубе, имеющей отложения
- Устройство защищено патентом
- Пробки для перекрытия напорных трубопроводов, прочистки самотечных коллекторов



Тел./факс: (49435) 472-27. Тел.: (49435) 440-48
157040, г. Буй Костромской обл., ул. Ленских Событий, д. 57, к. 49. ПК Родник

М. РАДКЕ; Ш. БРОСС; Т. ПЕНСЛЕР; П. ШПРИНГЛЕР, инженеры (фирма KSB AG, Германия)

Влияние геометрической формы рабочего колеса канализационных насосов на их эксплуатационную надежность и срок службы

Стремление к экономии энергии и реализации, по возможности, равномерного проведения технологических процессов в очистных сооружениях приводит к необходимости применения насосов с регулированием частоты вращения их рабочих колес. Однако при слишком малой частоте вращения возможно закупоривание как рабочего колеса, так и вертикальных трубопроводов, если не учитываются предельные значения скорости потока в сечении трубы.

Расширение *канализационных сетей,* особенно в Германии, требует перекачивания на большие расстояния сточных вод от мелких поселков или фермерских хозяйств до ближайшей главной насосной станции или очистного сооружения. В напорных канализационных системах под большим давлением перекачиваются небольшие количества жидкости. Для исключения засорения и закупоривания канализационных насосов с небольшими геометрическими размерами проточной части требуются специальные технические решения.

Необходимость сокращения затрат на техническое обслуживание все чаще приводит к отказу от применения сороудерживающих решеток, что предъявляет весьма высокие требования к канализационным насосам. Различные мероприятия по экономии воды и изменившиеся санитарно-гигиенические условия в цивилизованных промышленно развитых странах значительно повысили содержание твердых и волокнистых частиц в сточных водах и, соответственно, потребовали более высокую защиту насосов от засорения.

В Германии состав сточных вод изменился в связи со значительным уменьшением потребления воды. Если в 1991 г. расход воды составлял 186 л/(чел·сут), то к 1998 г. он сократился до 128 л/(чел·сут). Это означает, что доля воды в транспортирующей среде значительно уменьшилась относительно содержания волокнистых и твердых частиц. Особенно серьезной эта проблема становится после засушливых летних периодов. Волокна и твердые частицы могут осаждаться в коллекторах и сточных трубах и при последующем ливне смываться в виде комков на насосную станцию. В этом случае при неправильном выборе геометрической формы рабочего колеса возникает полное закупоривание насосов.

Различают два типа засорения насосов:

твердыми включениями – нередко в насосы попадают твердые предметы: древесные отходы, игрушки или другие бытовые отходы. Примерно такие же твердые образования могут возникать в результате *конгломерации* мелких твердых частиц в крупные образования;

волокнистыми включениями – образующимися, прежде всего, из бытовых отходов, предметов гигиены и промышленных отходов любого рода. Они скапливаются в зазоре между рабочим колесом и корпусом у входной части диска рабочего колеса или во всасывающем патрубке рабочего колеса. На рис. 1 показано сечение типичной проточной части канализационного насоса.

При сильном абразивном износе щелевого кольца корпуса увеличиваются утечки с напорной стороны в сторону

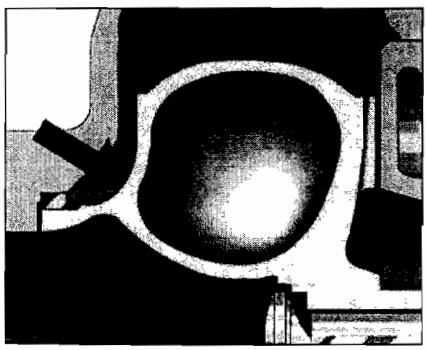


Рис. 1. Критические для волокон места проточной части канализационного насоса с рабочим колесом закрытого типа

всасывания, что приводит к проникновению волокон в зазор между корпусом и рабочим колесом. В экстремальных случаях эти скопления волокон в зазоре могут привести к торможению рабочего колеса. Нередко волокна кратковременно отлагаются на входной кромке рабочего колеса. При правильной геометрической форме входной кромки эти волокна вскоре смываются с рабочего колеса и выносятся из насоса. Если же форма входной кромки другая, то скопления волокон могут привести к засорению и полной закупорке всасывающего патрубка. Даже современные насосы могут оказаться ненадежными при неправильно выбранной геометрической форме рабочего колеса, не соответствующей конкретному случаю применения или специфическому составу сточных вод. Геометрические формы рабочих колес канализационных насосов представлены на рис. 2 и второй странице обложки журнала. Нередко состав коммунальных сточных вод заранее

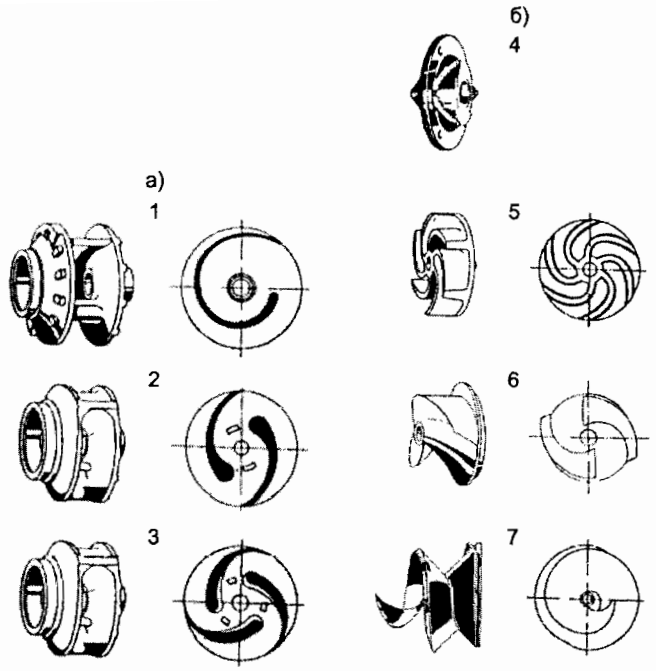


Рис. 2. Рабочие колеса для загрязненных вод и шламов
а – закрытого типа; *б* – открытого типа; *1, 6* – одноканальные; *2, 7* – двухканальные; *3* – многоканальное; *4* – с режущим устройством; *5* – свободновихревое

не известен и может измениться после подключения к канализационной сети нового пользователя.

Сточные воды подразделяются на дождевую воду, загрязненную воду и шлам. Для перекачивания шламов с содержанием сухого остатка более 5 % на очистных сооружениях в настоящее время применяются преимущественно объемные, например эксцентриковые шнековые насосы.

Центробежные насосы используются, как правило, для перекачивания загрязненных вод – коммунальных, бытовых и промышленных, а также сельскохозяйственных. Однако для этих видов сточных вод точно не определены измеряемые параметры. Они

Таблица 1

Сточные воды	Газосодержание, %	Содержание волокон	Размер твердых частиц	Сухой остаток, %	Содержание песка, г/л
Дождевые и поверхностные	–	Низкое	Небольшой	–	0-3
Коммунальные: бытовые предприятий бытового обслуживания	 0–2 0–2	 Среднее Высокое	 Средний Большой	 – –	 0–3 0–3
Промышленные	–	Низкое	Небольшой	–	0–3
Сельскохозяйственные	0–2	Высокое	Большой	0–5	0–3
Осадки из песколовок	–	–	–	–	8–10
Активный ил	2–4	Низкое	Небольшой	1–2	–
Осадок из первичных отстойников	2–4			2–6	–
Осадок из вторичных отстойников	2–4			2–3,5	–
Уплотненный осадок	3–6			2–5	0–2
Стабилизированный осадок	–			5–10	–
Обезвоженный осадок	–			20–30	–

различаются разным содержанием газа, волокон, сухой субстанции и песка. Поэтому условия перекачивания сточных вод должны тщательно анализироваться для каждого отдельного случая. Общие указания или универсальные рекомендации возможны лишь в ограниченной степени. В табл. 1 приведены основные параметры перекачиваемых сточных вод и шламов.

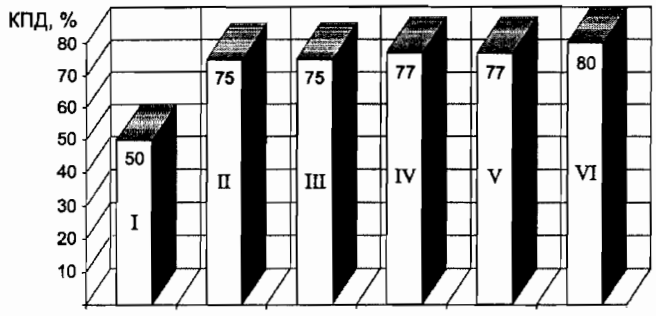


Рис. 3. Средние значения КПД различных типов рабочего колеса (Q = 80 л/с, H = 13 м, n = 1450 об/мин, nq = 60 об/мин)
I – свободновихревое; *II* – закрытое одноканальное; *III* – открытое одноканальное; *IV* – закрытое двухканальное; *V* – открытое двухканальное; *VI* – многоканальное

На рис. 3 представлены значения КПД различных типов рабочих колес для одного расчетного режима. Видно, что между открытыми и закрытыми однолопастными рабочими колесами, так же как между открытыми и закрытыми двухканальными рабочими колесами различия несущественны (3–5 %). Применение двухканальных рабочих колес дает незначительное увеличение КПД – порядка 2 %.

Для определения максимально достижимого КПД были проведены всесторонние сравнения известных проточных частей канализационных насосов. Диаграммы на рис. 4 показывают наилучшие значения КПД насосов наиболее часто применяемых типоразмеров с условным проходом DN 80, DN 100 и DN 150. У насосов со свободновихревыми рабочими колесами при всех типоразмерах максимально достижимый КПД составляет 55 %.

Значения КПД однолопастных и двухканальных рабочих колес закрытого или открытого типа находятся в диапазоне от 75 до 85 %. Только при относительно высокой быстроходности и сравнительно больших расходах (типоразмер DN 150), с открытым однолопастным рабочим колесом можно достичь повышения КПД на 3 %. Путем направленной гидравлической оптимизации закрытого двухканального рабочего колеса удалось получить очень высокий КПД – более 80 %.

КПД закрытых двухканальных рабочих колес имеют те же значения, что и у многоканального рабочего колеса. КПД открытых двухканальных рабочих колес, например, рабочего колеса типа N одного из шведских производителей, почти на 5 % ниже, чем того же колеса в закрытом исполнении. Очевидно, что потери в щели между корпусом и лопастями рабочего колеса и в специально устроенном пазу для отклонения волокон значительно выше, чем потери в диске и щелевом уплотнении закрытого колеса.

Столь же важным, как КПД в оптимальной точке характеристики, является КПД в диапазоне неполных нагрузок. Здесь можно обнаружить существенное влияние геометрической формы рабочего колеса. Для детального анализа на рис. 5 показан характер изменения КПД в зависимости от подачи для рабочих колес различной геометрической формы. Зависимости $\eta = f(Q)$ построены в относительных единицах по отношению к подаче $Q/Q_{опт} = 1$. Свободновихревое рабочее колесо имеет в широком диапазоне подачи насоса постоянный, но небольшой КПД.

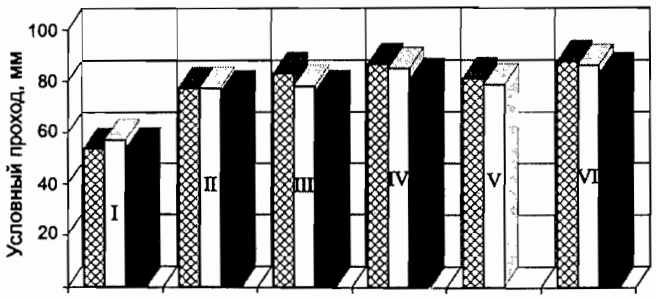


Рис. 4. Сравнение достижимых КПД различных геометрических форм рабочего колеса
I – свободновихревое; *II* – закрытое одноканальное; *III* – открытое одноканальное; *IV* – закрытое двухканальное; *V* – открытое двухканальное; *VI* – многоканальное; ▨ DN 150; □ DN 100; ■ DN 80

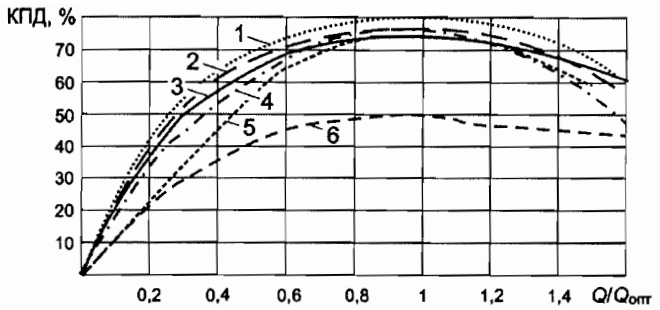


Рис. 5. Значения КПД для различных типов рабочего колеса
1 – многоканальное; *2* – закрытое двухканальное; *3* – закрытое одноканальное; *4* – открытое двухканальное; 5 – открытое одноканальное; *6* – свободновихревое

Низкий КПД обусловлен гидродинамическими условиями и может быть улучшен лишь в узких пределах. Многоканальные рабочие колеса благодаря большему числу лопастей наиболее эффективно преобразуют энергию во всем диапазоне нагрузок, но они пригодны для перекачивания предварительно очищенных стоков.

Рабочие колеса закрытого типа отличаются более плоской кривой КПД и, таким образом, более высоким КПД в режиме неполных нагрузок, чем рабочие колеса открытого типа. Например, в диапазоне неполных нагрузок КПД закрытого одноканального рабочего колеса может отличаться от КПД открытого одноканального рабочего колеса на 10 %, хотя в оптимальной точке характеристики их КПД одинаков. Это положение справедливо также и для двухканальных рабочих колес. Поэтому при оценке энергетических параметров насосов необходимо учитывать не только КПД в оптимальной точке характеристики, но и КПД в режимах неполных нагрузок, в которых канализационные насосы работают очень часто.

В течение эксплуатационного периода происходит изменение КПД и зависимости $P = f(Q)$. Это обстоятельство следует обязательно учитывать при проектировании насосной станции для перекачки сточных вод. На рис. 6 показано влияние износа щелевого зазора на рабочие характеристики открытого однолопастного рабочего колеса. Хорошо видно, что снижение КПД в оптимальной точке характеристики может достигать до 10 %.

По мере абразивного износа изменяется и напорная характеристика насоса. Для приведенной на рис. 6 характеристики сети примерно на 8 % уменьшается подача. Однако этот эффект не заметен при повседневной работе канализационной насосной станции, так как в общем случае расходомеры не устанавливаются, а количество потребляемой энергии остается примерно постоянным из-за уменьшения подачи. На рис. 7 показано, как непрерывно снижается величина КПД в зависимости от увеличения зазора. Хорошо видно, что у рабочего колеса открытого типа, например типа N, КПД снижается значительно быстрее, чем у колеса закрытого типа.

Важным критерием оценки вероятности засорения рабочих колес насосов является

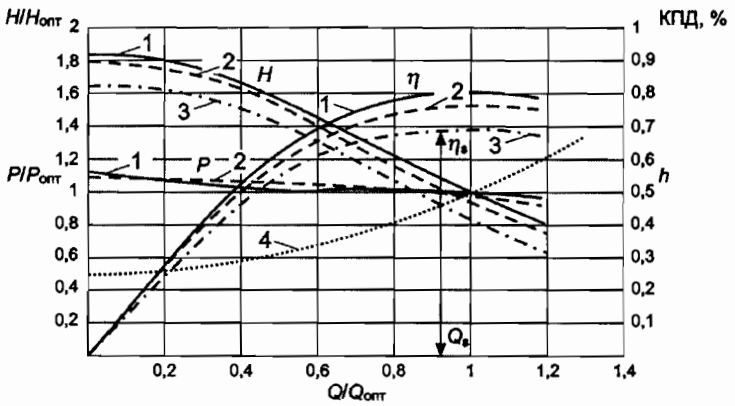


Рис. 6. Влияние износа щелевого зазора на характеристики открытого одноканального рабочего колеса
1 – номинальный зазор; *2* – расширение зазора s = 1 мм; *3* – расширение зазора s = 2 мм; *4* – $H_{гео}/H_{опт}$ = 0,5



Рис. 7. Обусловленное износом снижение КПД в зависимости от расширения щели уплотнения
1 – закрытое колесо (N_q = 60 об/мин); *2* – открытое колесо (N_q = 60 об/мин)

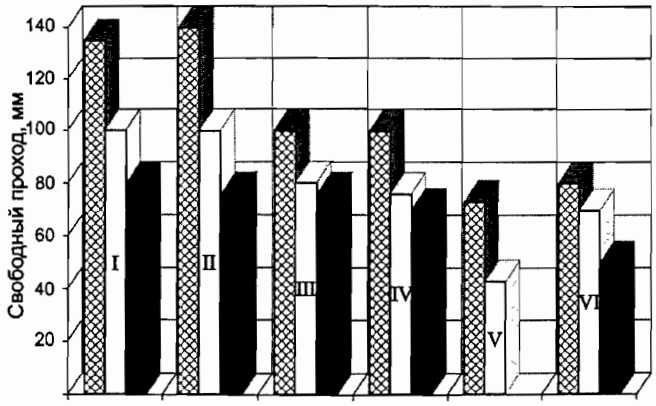


Рис. 8. Максимальные свободные проходы различных типов рабочего колеса

I – свободновихревое; *II* – закрытое одноканальное; *III* – открытое одноканальное; *IV* – закрытое двухканальное; *V* – открытое двухканальное; *VI* – многоканальное; ▨ DN 150; □ DN 100; ■ DN 80

свободный проход, определяемый диаметром шара, который может пройти через рабочее колесо. На рис. 8 показано сравнение максимального свободного прохода различных рабочих колес.

Свободный проход зависит от типоразмера и числа лопастей рабочего колеса. Требуемые потребителями для перекачки неочищенных сточных вод свободные проходы минимум 80 мм или даже 100 мм могут быть обеспечены только определенными типами рабочих колес. Как свободновихревые, так и однолопастные рабочие колеса имеют относительно большие свободные проходы и в течение многих лет оправдывают себя при перекачивании неочищенных сточных вод с крупными твердыми частицами. Для открытых однолопастных рабочих колес характерны несколько меньшие свободные проходы, но все же при всех типоразмерах не менее 75 мм. При DN 150 свободный проход составляет даже 100 мм. У закрытых двухканальных рабочих колес свободный проход находится на том же уровне, что и у открытых однолопастных.

Однако открытые двухканальные и многоканальные рабочие колеса имеют более узкий, зависимый от конструкции, свободный проход и поэтому не могут обеспечить работу без засорений и закупорки в присутствии крупных твердых примесей. У двухканальных рабочих колес свободный проход ограничен. Это относится также и к рабочему колесу типа N. Только при специальном оформлении в виде так называемого колеса горшкового типа закрытое двухканальное рабочее колесо может иметь свободный проход более 75 мм при DN 80 и DN 100 и более 100 мм начиная с DN 150. Для обеспечения надежного перекачивания неочищенных сточных вод и надежной работы насосов свободный проход должен быть не менее 100 мм. Такое требование содержится в новых нормативах по выбору канализационных насосов ATV-134 немецкого объединения специалистов по очистке сточных вод.

При выборе канализационных насосов все более важным критерием становятся эксплуатационные затраты за полный срок их службы (жизненный цикл). При работе в периодическом режиме, характерном для канализационных насосных станций, стоимость энергии составляет около 50 % затрат за срок службы.

При непрерывном режиме, в котором часто работает водоприемная станция очистного сооружения, расходы на энергию превышают 80 % общих затрат. Это положение справедливо, естественно, только для безотказной работы канализационного насоса и без его засорений и полных закупорок. При закупорках насоса (рис. 9) прямые расходы, связанные с устранением неполадки, и косвенные затраты из-за простоя насоса являются решающим фактором издержек. Эти затраты могут превысить стоимость насоса. По этой причине организации, эксплуатирующие канализационные насосные



Рис. 9. Типичная картина повреждения при закупорке канализационного насоса

Таблица 2

Тип рабочего колеса	Характеристика перекачиваемой среды				
	газосодержание, %	содержание волокон	размер твердых частиц	сухой остаток, %	содержание песка, г/л
С режущим устройством		Среднее	–	2	–
Свободновихревое	8	Высокое	Большой	6	6–10
Закрытое однолопастное	2	Среднее	Большой	6	4
Открытое однолопастное	4	Высокое	Большой	6	6
Закрытое двухканальное	–	Низкое	Средний	4	4
Открытое двухканальное	4	Высокое	Средний	6	6
Многоканальное	–	Отсутствуют	Небольшой	4	4

станции, придают первоочередное значение эксплуатационной надежности и лишь во вторую очередь – коэффициенту полезного действия. Выбор рабочего колеса насоса всегда означает компромисс между вероятностью засорения и закупорки насоса, КПД в рабочей зоне и характеристикой износа. Выбирать форму рабочего колеса можно только с учетом специфического состава сточных вод. Поэтому не может быть универсального рабочего колеса, как это пропагандируется одним из крупных шведских производителей насосов.

Некоторые рекомендации по выбору оптимальной формы рабочего колеса приводятся в табл. 2. При высоком содержании газовых включений свободновихревое рабочее колесо, как и прежде, является наилучшим решением. При высоком содержании волокнистых веществ получены хорошие результаты с открытыми однолопастным и двухканальными рабочими колесами. При среднем содержании волокон, характерном для коммунальных сточных вод, предпочтение отдается закрытым однолопастным и двухканальным рабочим колесам вследствие их высокой эксплуатационной надежности. При экстремальной загрязненности промышленными отходами или бытовым мусором применяется свободновихревое рабочее колесо, несмотря на неудовлетворительную эффективность использования энергии. Это в особой мере относится к небольшим типоразмерам – DN 80 и DN 100.

Это было подтверждено многочисленными экспериментами с различными видами и концентрациями волокнистых материалов на испытательном стенде фирмы KSB, моделирующем условия перекачивания сточных вод.

Выводы

Для экономичной транспортировки сточных вод необходимо выбирать геометрические формы рабочих колес канализационных насосов в соответствии с составом перекачиваемой среды.

Статья подготовлена по материалам, предоставленным представительством фирмы KSB AG в Москве.

ЗАО «ВОДОПРОЕКТ-ГИПРОКОММУНВОДОКАНАЛ. Санкт-Петербург»

Предлагает сертифицированные очистные сооружения:

СТОК *– глубокая биологическая очистка сточных вод.*
Производительность 1,5–300 м³/сут

ЛИВЕНЬ *– очистка ливневых и нефтесодержащих сточных вод до требования водоемов рыбохозяйственного назначения и повторного использования.*
Производительность 1,5–50 м³/ч
Модульное исполнение, подземные и наземные варианты

- Стандартное и нестандартное водоочистное оборудование из металла с антикоррозионным покрытием и нержавеющей стали
- Обследование очистных сооружений, разработка технологических регламентов, проектирование, изготовление оборудования, строительство, комплектация, монтаж и пусконаладка



75 лет успешной работы на рынке

Приглашаем деловых партнеров к сотрудничеству в регионах

198096, Санкт-Петербург, ул. Кронштадтская, д. 8
Тел.: +7 (812) 783-15-55, 783-16-44
Факс: +7 (812) 783-32-37
E-mail: vodoproekt@waterandecology.ru
www.WATERandECOLOGY.ru/VODOPROEKT

Современные проблемы использования регулируемого электропривода в насосных установках

Впервые в практике отечественного водоснабжения регулируемый электропривод (РЭП) был использован в насосной установке на станции подкачки № 2 Московского водопровода в 1962 г., а в канализационной насосной установке – в 1984 г. В этих установках регулируемый привод имел мощность 160 кВт на базе электромагнитной муфты скольжения. Позднее в отечественных насосных установках систем водоснабжения, водоотведения и оборотного водоснабжения нашли применение другие виды РЭП: по схеме асинхронного вентильного каскада, с частотными тиристорными преобразователями, на базе «вентильного двигателя», с использованием гидравлических вариаторов и др. Регулируемыми электроприводами стали оснащать не только низковольтные (380 В) насосные агрегаты относительно небольшой мощности (до 160–250 кВт), но и высоковольтные (6–10 кВ) мощностью от 400–630 до 3200–5000 кВт.

В 80-х годах создаются энергосберегающие автоматизированные системы управления (САУ) режимами работы не только отдельных агрегатов и небольших насосных установок, но и крупных насосных установок (производительностью 1–1,5 млн. $м^3$/сут), оснащенных большим количеством (10–15) регулируемых и нерегулируемых разнотипных агрегатов большой мощности (1250–1600 кВт).

В 2001–2005 годах на основе использования РЭП создана объединенная автоматизированная система управления несколькими насосными установками, подающими воду в общую водопроводную сеть и стабилизирующую напоры в диктующих точках. Таким образом, на базе регулируемого электропривода, микропроцессорной и компьютерной техники была автоматизирована не отдельная насосная установка, а система подачи и распределения воды (СПРВ), состоящая из нескольких насосных установок, водоводов, резервуаров и водопроводной сети. Приведенные выше сведения показывают, что за 40–45 лет регулируемый электропривод получил широкое распространение в водопроводно-канализационном хозяйстве.

В настоящее время энергосберегающие САУ в насосных установках, оснащенных РЭП, обеспечивают существенный экономический эффект (экономия энергии 5–20 %, сокращение расхода чистой воды на 3–5 %, уменьшение сброса сточных вод в канализацию на 2–4 %), улучшают технологический процесс водоподачи и водоотведения, предотвращают возникновение гидравлических ударов, повышают уровень эксплуатации СПРВ и систем водоотведения.

Однако широкое применение регулируемого электропривода выявило новые проблемы, препятствующие повышению его эффективности в водном хозяйстве. К их числу относятся: расхождение мировых цен на энергосберегающее оборудование и отечественных цен на электроэнергию; недостаточная квалификация специалистов, внедряющих РЭП в насосные установки; отсутствие единых для водопроводно-канализационного хозяйства методик оценки эффективности РЭП в насосных установках; отсутствие законодательных и нормативных актов, поощряющих энерго- и ресурсосберегающие мероприятия предприятий водного хозяйства; недостаточное оснащение насосных установок контрольно-измерительными приборами.

Расхождение мировых цен на энергосберегающее оборудование и отечественных цен на электроэнергию. Экономическая целесообразность применения РЭП в насосных установках в значительной мере определяется соотношением цен на оборудование энергосберегающих САУ и тарифами на электроэнергию. В настоящее время в России энергосберегающие системы оснащаются преобразователями как зарубежных фирм, так и отечественных предприятий, изготовленными с использованием комплектующих изделий, поставляемых также зарубежными производителями. Микропроцессорная и компьютерная техника, датчики и другие приборы также поставляются преимущественно зарубежными фирмами («Prosoft», «Endress & Hauser» и др.). Использование преобразователей и комплектующих изделий, приобретаемых по мировым ценам, делает энергосберегающее оборудование дорогостоящим. В то же время средняя стоимость электроэнергии в России, как и в СНГ, значительно ниже мировых цен (в 2–3,5 раза). В таблице приведены данные Института проблем естественных монополий о стоимости электроэнергии в различных странах мира.

Существующее расхождение **отечественных** цен на электроэнергию и **мировых** цен на энергосберегающее оборудование отрицательно влияет на показатели, характеризующие экономическую эффективность РЭП в насосных установках (капитальные затраты, эксплуатационные расходы). Сроки окупаемости РЭП в энергосберегающих системах в ряде случаев возрастают до неприемлемых значений (6–10 лет), а иногда превышают сроки службы оборудования (11–12 лет). Нельзя добиться оптимального решения проблемы, покупая оборудование по высоким мировым ценам, а электроэнергию – по низким отечественным. Такое положение усугубляется использованием большинством крупных Водоканалов двухставочного тарифа на электроэнергию, который характеризуется довольно низкой ставкой за 1 кВт·ч энергии и наличием ставки на заявленную мощность в период времени, совпадающий с пиком нагрузки в энергосистеме. Ставка за 1 кВт·ч потребляемой энергии в двухставочном тарифе примерно в два раза ниже, чем в одноставочном.

Двухставочный тариф обычно используется в крупных насосных установках (присоединенная мощность более 750 кВ·А), т. е. там, где применение РЭП может дать наибольшую экономию. Однако из-за низкой ставки – 0,5–0,6 руб/(кВт·ч), даже при значительной (10–15 %) экономии энергии, в денежном выражении экономия в отдельных случаях оказывается низкой, а сроки окупаемости – высокими. Объясняется это тем, что применение регулируемого электропривода значительно снижает потребление электроэнергии и не влияет на заявленную мощность. В этих условиях регулируемый электропривод не всегда может окупиться в приемлемые сроки (2–3 года). Радикальное решение рассматриваемой проблемы заключается в нормализации отечественной экономики, когда стоимость всех составляющих технологического процесса (оборудования, энергии, оплаты труда) будет приведена к единому масштабу цен – мировому или отечественному. Однако этот вопрос находится вне нашей компетенции и далее не рассматривается.

Частичное улучшение экономических показателей может быть достигнуто переходом с двухставочного тарифа оплаты электроэнергии на одноставочный, т. е. с 0,5–0,6 на 1–1,2 руб/(кВт·ч). По результатам расчетов одноставочный тариф выгоден Водоканалам, ведущим энергосберегающую политику. Для предприятий, пренебрегающим энергосберегающими технологиями, более выгодным является двухставочный тариф. Постановлением Совета Министров РФ от 28 февраля 2004 г. № 109 предприятиям предоставлено самостоятельное право выбора тарифа с заблаговременным уведомлением о принятом решении энергоснабжающей организации, что дает возможность Водоканалам создавать экономически более выгодные условия для использования РЭП в насосных установках.

Недостаточная квалификация специалистов, внедряющих РЭП в насосные установки. Целесообразность или нецелесообразность применения регулируемого электропривода определяется главным образом характером технологического процесса подачи воды или водоотведения и несущественно зависит от вида регулируемого электропривода. Следовательно, решение об использовании РЭП на объекте должны принимать специалисты-технологи. Но если они недостаточно разбираются в оборудовании и аппаратуре энергосберегающих систем (преобразователях, электродвигателях, трансформаторах, коммутационных аппаратах, приборах и средствах автоматизации), а специалисты-энергетики – в режимах работы насосных установок водопроводных и канализационных сетей, то из-за этого целесообразность использования РЭП очень часто решается поставщиками энергосберегающего оборудования. Специалисты, работающие в фирмах и на предприятиях, изготавливающих и поставляющих частотные преобразователи и другое энергосберегающее оборудование, с одной стороны, заинтересованы (в том числе материально) в сбыте этого оборудования, а с другой стороны, не знают специфики использования РЭП в насосных установках.

Поэтому часто принимаются решения об установке РЭП на объектах, где оно принципиально не может быть эффективным, например, на канализационных станциях, оборудованных большими приемными резервуарами. Иногда решают использовать РЭП на агрегатах, характеристики которых не соответствуют режиму работы системы подачи воды, пытаясь привести их в соответствие изменением частоты вращения рабочего колеса, тогда как для обеспечения энергосберегающего режима работы в первую очередь следует заменить насос или уменьшить диаметр рабочего колеса. Очень часто, чтобы оправдать установку РЭП, ожидаемая экономия энергии искусственно завышает-

Страна	Стоимость электроэнергии		
	долл/(кВт·ч)	руб/(кВт·ч)	% относительно России
США	0,076	1,824	245
Турция	0,11	2,64	355
Польша	0,1	2,4	322
Италия	0,06	1,44	194
Украина	0,037	0,888	119
Россия	0,031	0,744	100

ся до 50–60 %, хотя при правильно выбранных насосах экономия энергии не превышает 20–25 %. При этом для оправдания завышенных значений экономии энергии используются весьма примитивные методики, не апробированные должным образом на действующих предприятиях.

Невысокая квалификация специалистов отчасти объясняется тем, что регулируемый электропривод в насосных установках стал использоваться сравнительно недавно. Поэтому в учебные планы высших и средних учебных заведений не были внесены необходимые изменения и дополнения. Для повышения квалификации специалистов необходимо:

технологам и энергетикам действующих предприятий водопроводно-канализационного хозяйства и работникам фирм и предприятий, поставляющих энергосберегающее оборудование Водоканалам, ознакомиться с методиками и разработками НИИ ВОДГЕО, в которых подробно рассматриваются особенности использования РЭП в насосных установках систем водоснабжения и водоотведения. НИИ ВОДГЕО периодически проводит семинары по этой тематике и снабжает слушателей семинара соответствующей литературой;

в учебные планы средних и высших учебных заведений, готовящих техников и инженеров по специальности «Водоснабжение и водоотведение», включить краткий курс, посвященный использованию РЭП в насосных установках систем водоснабжения и водоотведения;

в учебные планы средних и высших учебных заведений, готовящих техников и инженеров по специальности «Электропривод», «Электрооборудование промышленных предприятий», включить раздел, посвященный специфике использования РЭП в насосных установках систем водоснабжения и водоотведения.

В качестве пособия для повышения квалификации специалистов, работающих в области создания и эксплуатации энергосберегающих систем насосных установок, может быть рекомендована книга «Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных и воздуходувных установках»[1], обобщающая многолетний опыт разработки и внедрения РЭП в энергосберегающие системы насосных установок. Из этой книги специалисты-технологи получат сведения о наиболее распространенных регулируемых электроприводах и системах автоматизации, а специалисты по электроприводу и автоматизации – о насосных установках систем водоснабжения и водоотведения. Те и другие познакомятся с методиками прогнозирования эффективности РЭП в энергосберегающих системах насосных установок.

Методики оценки эффективности использования РЭП в насосных установках. В настоящее время существует целый ряд методик, методических рекомендаций, инструкций, разработанных различными организациями, в которых рассматриваются способы определения эффективности использования РЭП в насосных установках. Многие предприятия, организации и фирмы, причастные к разработке и поставке частотных преобразователей и другого энергосберегающего оборудования, имеют свои методики. Часть из них носит откровенно рекламный характер и сулит небывалую экономию энергетических ресурсов. Другие недостаточно апробированы на реально внедренных системах. Некоторые из них составлены в 80-х годах прошлого века и требуют переработки в соответствии с существующим техническим уровнем и состоянием современной экономики. Наиболее подходящей основой для создания такой методики могли быть «Рекомендации по применению регулируемого электропривода в системах автоматического управления водопроводных и канализационных насосных установок»[2]. После переработки они должны быть утверждены на государственном уровне, чтобы действовать на всей территории Российской Федерации, независимо от ведомственной принадлежности предприятий и организаций.

Законодательство и нормативная база в области энерго- и ресурсосбережения. Статьей 14 действующего закона Российской Федерации «Об энергосбережении» декларируется предоставление льгот предприятиям, осуществляющим мероприятия по энергосбережению в порядке, определяемом правительством Российской Федерации. Статьей 18 того же закона предусматривается ответственность лиц, виновных в нарушении этого закона, в соответствии с законодательством Российской Федерации. Однако до настоящего времени никому не известны льготы, предоставляемые предприятиям, экономящим энергию, и не ясно, какая ответственность лежит на предприятиях и лицах, нерационально расходующих энергию. Очевидно, назрела необходимость в разработке подзаконных нормативных актов, конкретизирующих льготы, предоставляемые предприятиям, ведущим энергосберегающую политику. Наряду с экономией энергии применение регулируемого электропривода обеспечивает сокращение расхода чистой воды (3–5 %) за счет стабилизации давления в системе водоснабжения и соответственного уменьшения утечек и непроизводительных расходов воды. При этом уменьшается (на 2–4 %) сброс стоков в канализацию.

В советское время, в соответствии с методическими рекомендациями, сокращение расхода чистой воды и сброса стоков учитывалось при выполнении технико-экономического обосно-

[1] Лезнов Б. С. – М.: Энергоатомиздат, 2006.

[2] М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1987.

вания использования РЭП. При этом имелось в виду, что вода является общенародным природным ресурсом, который необходимо беречь. В условиях рыночной экономики некоторые Водоканалы, рассматривая воду как продаваемый товар, не считают нужным уменьшать непроизводительные расходы воды, обусловленные низким качеством водоразборной арматуры и повышенными напорами в сети, так как их наличие увеличивает количество проданной воды и соответственно прибыль Водоканала. Эта проблема может быть решена только на общегосударственном уровне путем принятия соответствующих законодательных и нормативных актов, поощряющих бережное отношение к воде и повышающих ответственность, в том числе материальную, за ее нерациональное использование.

Оснащение насосных установок контрольно-измерительными приборами. Многие водопроводные и канализационные насосные станции не имеют расходомеров. Из-за этого подача воды насосными станциями оценивается приблизительно, по числу часов работы насосных агрегатов и характеристикам насосов, указанных в каталогах. Многие насосные установки, особенно канализационные, не имеют манометров на напорных патрубках насосов и напорных коллекторах; обслуживающий персонал работает «втемную», не зная ни степени дросселирования насосов, ни значения напоров, развиваемых насосами. В этих условиях определение подачи насосов по их характеристике (само по себе неточное) становится невозможным.

Отсутствие расходомеров и манометров не позволяет технически грамотно регулировать режимы работы насосных агрегатов при изменении режимов работы водопроводных и канализационных сетей. Многие насосные установки не имеют счетчиков электроэнергии, учет которой часто ведется для нескольких разнородных объектов (насосных станций первого и второго подъемов, очистных сооружений, мастерских и хозяйственно-бытовых помещений) совместно. Для надежного анализа режимов работы насосных установок каждая группа насосов (подающая воду или перекачивающая стоки по своим направлениям) должна быть оснащена комплектом контрольно-измерительных приборов, в том числе счетчиками электроэнергии, все отходящие водоводы – расходомерами, оборудованными интегральными счетчиками подачи воды.

Манометры, оснащенные трехходовыми кранами, должны быть установлены на всасывающих и напорных линиях насосов, а также на напорных и всасывающих коллекторах. При пуске насосов манометры, во избежание их повреждения, должны быть отключены. Кроме того, манометры канализационных насосных станций должны быть оснащены устройствами, изолирующими их от сточных вод. Все резервуары должны иметь надежные уровнемеры. Каждая группа насосов, подающих воду в свой район водоснабжения, должна быть оборудована счетчиками электроэнергии. Это относится и к канализационным насосным станциям, перекачивающим стоки по разным направлениям.

Для достоверного анализа режима работы насосной установки необходимо знать давление в наиболее характерных точках водопроводной сети, особенно в диктующих, поэтому персонал насосных станций должен иметь постоянную информацию о напорах в контрольных и диктующих точках водопроводной сети. Недостаточное оснащение насосных установок контрольно-измерительными приборами исключает принятие обоснованного, объективного решения о целесообразности или нецелесообразности использования на них регулируемого электропривода, не обеспечивает выполнение необходимых технико-экономических расчетов, не позволяет создать эффективно работающую энергосберегающую систему, наладить и ввести ее в эксплуатацию, а также организовать ее надежную работу.

Изложенные положения не являются новыми. Они повторяют требования, содержащиеся в нормативных документах по проектированию и эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений. К сожалению, эти требования не всегда соблюдаются, поэтому приходится напоминать о них в связи с рассматриваемыми проблемами. Эффективное управление системами водоснабжения и водоотведения без знания основных технологических и энергетических параметров невозможно, независимо от использования регулируемого электропривода в насосной установке. Для повышения эффективности его применения в насосных установках систем водоснабжения и водоотведения необходимо: совершенствовать законодательную и нормативную базу в области энерго- и ресурсосбережения для стимулирования предприятий и их сотрудников в создании энергосберегающих систем и технологий, для поддержания их в работоспособном состоянии в течение всего срока службы оборудования (10–12 лет); нормализовать состояние отечественной экономики; сократить расхождение мировых и отечественных цен на электроэнергию и энергосберегающее оборудование; оказывать содействие отечественным производителям энергосберегающего оборудования, приборов и средств автоматизации; разработать общероссийские методики оценки эффективности энергосберегающих систем для водопроводно-канализационного хозяйства.

Б. С. ЛЕЗНОВ, д-р техн. наук
(ГНЦ РФ «НИИ ВОДГЕО»)

Г. П. МЕДВЕДЕВ, канд. техн. наук; А. В. МАЛЫШЕВ, инж. (ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»);
Б. Г. МИШУКОВ, д-р техн. наук (СПбГАСУ)

Анализ работы песколовок

Действующие песколовки, спроектированные и построенные в соответствии с требованиями СНиП [1–3], удаляют из сточных вод примерно 65–70 % песка [4]. Основная масса незадержанного песка выпадает в осадок в первичных отстойниках, что негативно влияет на работу последующих сооружений очистки сточных вод. Осадок вызывает преждевременный износ насосов и шнеков центрифуг, накапливается в метантенках, снижая их полезную емкость. Задержанный в песколовках осадок помимо песка включает нерастворенные минеральные и органические примеси. Согласно обобщенным данным [1; 4], в осадке аэрируемых песколовок содержится 90–95 % песка, 2–5 % других минеральных примесей, остальное – органические вещества; в осадке горизонтальных песколовок – 55–60 % песка, примерно до 7–10 % других минеральных веществ и до 30–40 % органических примесей.

Для получения осадка с минимальным содержанием органических примесей необходимо соблюдение оптимальных гидравлических условий работы песколовок: для горизонтальных песколовок – поддержание оптимальных скоростей (0,3 м/с) протока воды, равномерное распределение скоростей по ширине и глубине песколовки; для аэрируемых песколовок – обеспечение вращательных скоростей движения воды (у наклонного днища), равных 0,2 м/с.

Исследования, проведенные на сточных водах раздельной системы водоотведения [5], показали, что содержание песка в стоках значительно изменяется во времени. Это обусловлено колебаниями расходов воды, выпадением песка в осадок в водоотводящих сетях, последующим его размывом и транспортированием. В то же время отмечается [6], что фракционный состав песка остается сравнительно постоянным.

Объективная оценка эффективности работы песколовок до сих пор не проведена из-за сложности определения содержания песка в сточных водах. Способ, применяемый для выявления в воде нерастворенных взвешенных веществ, в данном случае неприемлем, так как песок в потоке воды, даже весьма турбулизированном, рассредоточен неравномерно. В прямолинейных потоках он накапливается у дна. На поворотах потока значительная часть песка под действием центробежной силы концентрируется у внешней стенки русла, затем под действием поперечной циркуляции потока он перемещается к внутренней стенке за поворотом. Концентрация песка в пробе воды, взятой в определенной точке потока, не является средней для всего потока [6].

На практике эффективность работы песколовок определяют по содержанию песка в осадке первичных отстойников, а иногда – по содержанию мелких фракций песка (диаметром 0,25 мм и менее) в осадке из песколовок.

На станциях аэрации С.-Петербурга и пригородов построены и эксплуатируются горизонтальные и аэрируемые песколовки, спроектированные и построенные в соответствии с требованиями СНиП [2; 3]. Согласно СНиП [1], длина песколовок L, м, рассчитывается по формуле

$$L = 1000KHV/u_0, \qquad (1)$$

где K – коэффициент, учитывающий влияние на эффект осаждения песка турбулентности потока и неравномерности распределения скоростей по ширине и глубине песколовки; H – расчетная глубина песколовки, м (для аэрируемых песколовок равна половине общей глубины проточной части); V – скорость движения сточных вод, м/с; u_0 – гидравлическая крупность песка, назначаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка, мм/с.

Величина коэффициента K принимается равной: для горизонтальных песколовок 1,3–1,7, для аэрируемых 2,08–2,62 в зависимости от диаметра задерживаемых частиц песка и соотношения ширины B к глубине H аэрируемых песколовок; скорость движения сточных вод V: для горизонтальных песколовок 0,15 м/с (при минимальном расходе) и 0,3 м/с (при максимальном расходе), для аэрируемых 0,08–0,12 м/с. Песколовки при общесплавной системе водоотведения рассчитываются на максимальный суммарный приток производственно-бытовых и дождевых вод.

При наличии на очистных станциях цехов обезвоживания осадка на центрифугах эффективное улавливание песка из сточных вод имеет большое значение: повышенное содержание песка в осадках первичных отстойников приводит к быстрому износу шнеков центрифуг, что резко снижает эффективность работы последних и требует дорогостоящего ремонта. При эффективной же работе песколовок центрифуги служат дольше; например, на Красносельской станции аэрации центрифуга проработала без ремонта 19,5 тыс. ч.

В проекты Северной и Юго-Западной очистных станций С.-Петербурга были внесены изменения, связанные с увеличением длины аэрируемых песколовок соответственно до 56 и 41 м. Исходили из зарубежного опыта проектирования и эксплуатации песколовок [7], согласно которому принимаемая величина коэффициента K для горизонтальных песколовок более чем в 2 раза превышает ту, что приведена в СНиП [1], длина аэрируемых песколовок на крупных станциях достигает 50–60 м, а расчетная продолжительность пребывания в них сточных вод составляет 10–13 мин в сухую погоду. Расчетную эффективность задержания песка крупностью 0,2 мм принимают 96–100 %. Согласно исследованиям немецких специалистов, аэрируемые песколовки задерживают и более мелкие фракции песка – крупностью 0,125–0,16 мм. Удельный (на 1 м^3 вместимости песколовки) расход воздуха, м^3/(м^3·ч), может определяться как по данным, приведенным в [7], так и по формуле

$$q = 7/H^{1,625}, \qquad (2)$$

где H – глубина погружения крупнопузырчатых аэраторов в песколовке, принимаемая равной 1–3,5 м. Соотношение ширины песколовки B к ее глубине H (B:H) предпочитают принимать равным 0,8–1.

Отечественные специалисты стали склоняться к необходимости более полного улавливания песка с повышенным содержанием органических примесей в осадке, но с обязательной отмывкой песка из выгруженного осадка. В аэрируемых песколовках минимальную поступательную скорость движения сточных вод предлагается принимать 0,05 м/с, максимальную – 0,1 м/с [4], что ниже значений скоростей, предусмотренных СНиП [1].

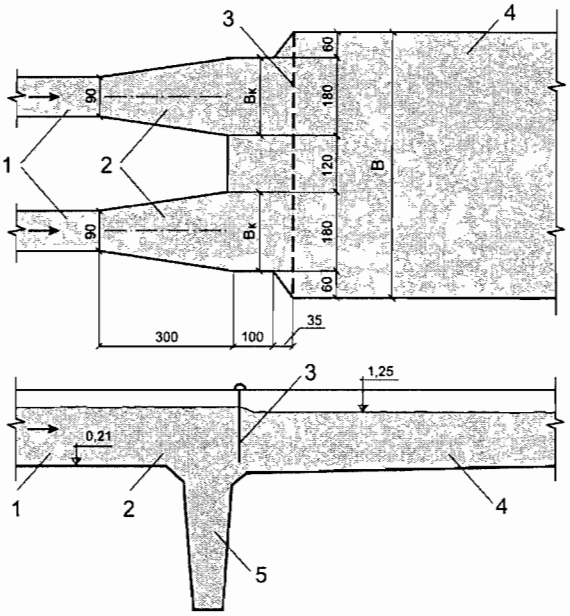


Рис. 1. Схема установки плоской водораспределительной решетки в горизонтальной песколовке на Люберецкой станции аэрации в Москве
1 – подводящие каналы; *2* – плоские диффузоры; *3* – плоская водораспределительная решетка; *4* – песколовка; *5* – приямок для сбора осадка (размеры указаны в см, отметки – в м)

В работе [8] показано, что необходимо «более полное извлечение песка из сточных вод, вплоть до фракций 0,05–0,1 мм». Однако при расчете песколовок на задержание таких мелких частиц песка следует учитывать, что расчетная величина их гидравлической крупности не должна быть меньше значения вертикальной составляющей скорости турбулентного потока. Отмывка песка от органических примесей сточных вод может производиться либо путем аэрации (аэрируемые песколовки), либо возмущением потока жидкости. Перемешивание сточных вод мешалками, насосами, в том числе водоструйными, обеспечивает отмывку песка. Такой же результат может дать гидродинамическое возмущение потока в ершовых смесителях, распределительных чашах, в зазорах полупогруженных щитов и других запорно-регулирующих устройствах. Длительность воздействия возмущения, как и в аэрируемых песколовках, должна быть не менее 90–150 с [8].

Для станций аэрации С.-Петербурга рекомендованы следующие способы реконструкции песколовок, обеспечивающие повышение эффективности их работы: для горизонтальных песколовок – установка в начале проточной части плоских водораспределительных решеток; для аэрируемых песколовок недостаточной длины – секционирование их по длине за счет устройства направляющих плоских решеток; для песколовок с круговым движением воды – монтаж аэраторов в круговом лотке и использование для задержания песка центральной части песколовки.

Установка в горизонтальных песколовках плоских водораспределительных решеток (рис. 1) обеспечивает выравнивание скоростей потока на входе в песколовку, что значительно увеличивает количество задержанного осадка и улучшает его качество. Требуемый коэффициент сопротивления решетки ξ, обеспечивающий выравнивание скорости потока в сечении непосредственно за плоскостью решетки, определяется по формуле

$$\xi = 3,5\,(N_0\,\omega_n / \omega_g - 1), \qquad (3)$$

где N_0 – коэффициент кинетической энергии потока в выходном сечении подводящего канала; ω_n и ω_g – площадь живого сечения потока соответственно в песколовке и в выходном сечении подводящего канала.

Исследования, выполненные впервые на Люберецкой станции аэрации Москвы, подтвердили достоверность теоретических расчетов и показали, что при впуске сточных вод в песколовку по двум расширяющимся каналам – диффузорам (рис. 1) распределение скорости движения сточных вод весьма неравномерно, а процесс выпадения песка в осадок неэффективен. Для условий N_0 = 3,7, ω_n/ω_g = = 1,96 коэффициент ξ равен 21,8. Полученному значению ξ соответствует отношение ширины

прозора a к ширине d вертикального плоского стержня по фронту решетки, равное 0,4.

Плоские решетки изготавливают из досок или швеллеров шириной 12–15 см, ширина прозора в этом случае составит 4,8–6 см. После установки плоских решеток на Люберецкой станции аэрации обеспечивалось относительно равномерное распределение скоростей потока в песколовках, водоворотные зоны не возникали, объем задержанного осадка увеличился в 1,89 раза, зольность – на 2,7 %, содержание песка в осадке – на 4,1 %, влажность понизилась на 11,9 % [9].

Плоские решетки были установлены и дали положительный эффект на Пушкинской и Центральной станциях аэрации в С.-Петербурге. Отношение ширины прозора a к ширине d стержня (пластины) решетки (a:d) принималось равным 0,4. На ЦСА в аэрируемых песколовках длиной 21 м с рабочей длиной 18 м [10] были смонтированы четыре плоские решетки, которые делили рабочую зону песколовки на ряд последовательно сообщающихся секций, что способствовало упорядочению потока, снижало продольные составляющие турбулентных пульсаций [11]. В результате содержание песка в осадке, поступавшем на центрифуги, уменьшилось, но оставалось все еще высоким. Из-за недостаточной длины песколовок значительное количество песка проскакивало их, осаждалось и накапливалось в подводящих каналах, первичных отстойниках.

В связи с этим был внедрен режим очистки каналов грейферами, а не дававшие эффекта и ставшие ненужными аэраторы демонтированы. Скребковые механизмы песколовок заменили гидромеханической системой удаления осадка, работающей достаточно эффективно при небольшой длине песколовок. В результате содержание песка в осадке первичных отстойников снизилось и в последние годы составляло в среднем 4,5 % (по сухому веществу), при этом содержание песка крупностью менее 0,25 мм в осадке из песколовок и каналов не превышало 30–40 %. Аэрируемые песколовки, секционированные по длине с помощью плоских направляющих решеток, предусмотрены в проекте строящихся Юго-Западных очистных сооружений города.

Аэрируемые песколовки на Северной станции аэрации (рис. 2) спроектированы и построены с учетом зарубежного опыта [7]. Они имеют длину 56 м, отношение B:H = 1 (при B = 3,8 м). Содержание песка в осадке этих песколовок составляет 95,5 %, в осадке первичных отстойников – 3,1 % (по сухому веществу), зольность осадка в песколовках – 97,7 %.

Первоначально запланированная к применению технология удаления и обработки осадка песколовок: откачка осадка из приямка песковым насосом с предварительным взмучиванием, отмывка песка от органических загрязнений в напорном гидроциклоне, накопление в бункере с челюстными затворами, выгрузка из автомашины с последующим складированием или утилизацией – оказалась неработоспособной (в основном из-за постоянной закупорки песковых насадок гидроциклонов) еще в период пусконаладочных работ. Использовавшееся в ней оборудование было демонтировано.

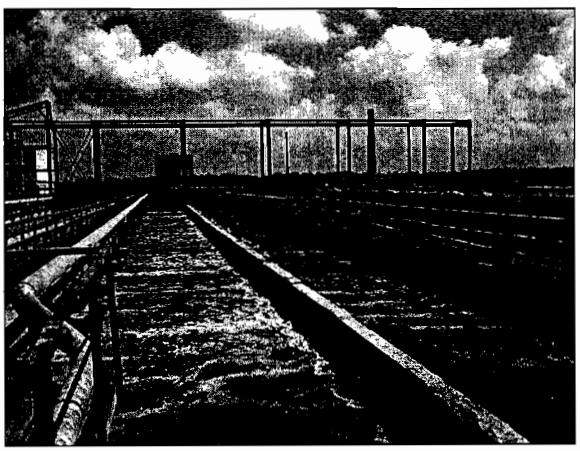


Рис. 2. Аэрируемые песколовки на Северной станции аэрации С.-Петербурга

Отечественный опыт эксплуатации аэрируемых песколовок позволяет сделать ряд рекомендаций по их реконструкции. Продолжительность пребывания сточных вод в песколовках в периоды поступления дождей и снеготаяния должна составлять 2–4 мин, а в сухую погоду – 5–10 мин. Длина таких песколовок при соотношении геометрических размеров B:H от 1:1 до 1,5:1 будет составлять несколько десятков метров, что создаст затруднения в системе гидросмыва песка. Рационально применение двухкоридорных песколовок (рис. 3) и определение соответствующих задач для каждого коридора [11]. В первом коридоре должны быть созданы условия для более интенсивной аэрации с целью отмывки агрегатно связанного песка, скорость движения воды вдоль пляжа должна составлять не менее 0,35–0,3 м/с, а угол наклона пляжа необходимо увеличивать для обеспечения сползания песка в песковой лоток. В песковом лотке также должна быть увеличена скорость вертикального движения воды с целью достижения режима ожижения пескопульпы. Из первого коридора во второй сточные воды поступают через придонное окно, что предотвращает попадание плавающих веществ во второй коридор. Плавающие вещества потоком воды сносятся в карман в конце коридора, из которого направляются в резервуар для отделения нефти, масел, жира. Во втором коридоре условия для осаждения мелких частиц песка лучше – снижаются интенсивность аэрации, скорость движения воды в придонном слое над пляжем (до 0,2–0,15 м/с) и угол наклона пляжа. Поскольку в песковом лотке задерживаются более мелкие частицы песка, уменьшаются

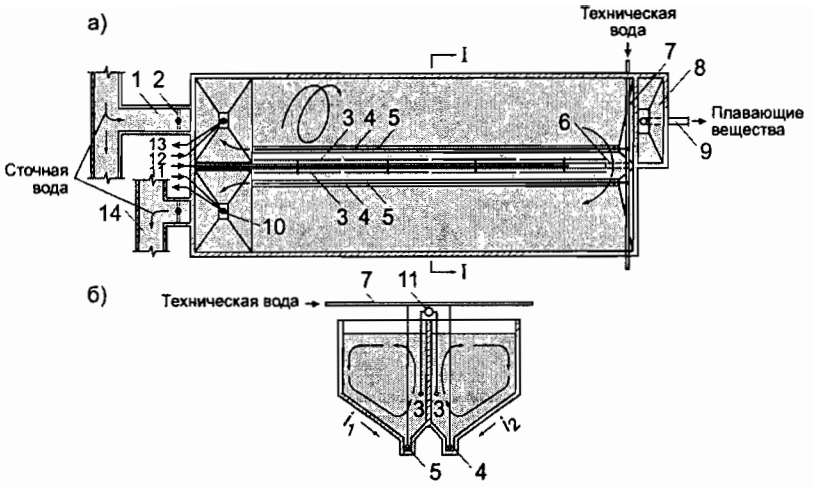


Рис. 3. Аэрируемая двухкоридорная песколовка

а – план; *б* – разрез по I–I; i_1, i_2 – углы наклона пляжей первого и второго коридора; *1* – входной лоток; *2* – шибер; *3* – аэраторы; *4* – песочный лоток; *5* – труба технической воды для гидросмыва песка; *6* – окно для перехода воды из первого коридора во второй; *7* – трубопровод технической воды для гидросмыва песка; *8* – карман для плавающих веществ; *9* – трубопровод для отвода плавающих веществ; *10* – гидроэлеваторы, *11* – воздуховод; *12* – трубопровод технической воды; *13* – трубопровод пескопульпы; *14* – лоток отвода сточных вод из песколовки

скорость ожижения и расход промывной воды. В песколовках имеются два песковых приямка, благодаря чему вынос песка в коридоры обработанным током воды сокращается. Над песковыми приямками желательно установить жалюзийную решетку из досок с целью снижения влияния встречных потоков воды при промывке песковых лотков.

Рекомендации по реконструкции типовых песколовок с круговым движением воды, имеющие целью повышение эффективности их работы, заключаются в следующем: в круговом щелевом лотке вдоль наклонной стенки устанавливаются аэраторы (рис. 4), при этом в лоток монтируются радиально плоские вертикальные решетки, делящие его на ряд последовательно сообщающихся секций. В каждой секции кругового лотка есть самостоятельный аэратор, отношение длины секции к длине кругового лотка по его оси составляет 0,2–0,5.

В центральной зоне песколовки устанавливается вертикальная отводная труба, затопленная под уровень жидкости на глубину, обеспечивающую отведение соответствующего расхода сточных вод и достаточную для образования вихревой водяной воронки. Для возможности изменения глубины погружения трубы последняя выполняется телескопической. Сточная жидкость поступает в круговой лоток, из него часть ее через щель направляется в центральную зону песколовки, откуда отводится по переливной трубе в сборный канал за песколовками. Движение потока жидкости в центральной зоне песколовки – поступательно-вращательное: радиальное от периферии к центру и тангенциальное, обусловленное направлением скорости струи при выходе ее из щели кругового лотка и влиянием подсасывающего действия вихревой водяной воронки. Такое движение потока обеспечивает достаточно хорошие условия для выпадения песка в осадок. Аэрация и разделение кругового щелевого лотка песколовки с помощью вертикальных решеток на секции, каждая из которых снабжена самостоятельным аэратором, позволяют исключить продольный перенос частиц песка крупных фракций элементами потока воды с повышенными скоростями, уменьшить пульсацию скоростей в лотке и взаимное воздействие аэраторов.

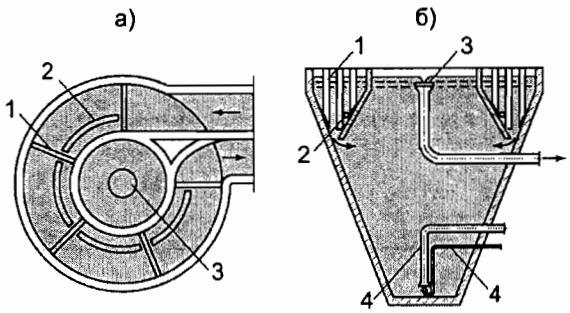


Рис. 4. Схема песколовки с аэрируемым круговым лотком и используемой для осаждения песка центральной частью

а – план; *б* – разрез; *1* – плоские вертикальные решетки; *2* – аэраторы; *3* – отводная телескопическая труба; *4* – гидроэлеватор

Песколовка рекомендуемой конструкции надежно задерживает частицы песка крупностью 0,15–0,2 мм [10]. Эффективность улавливания песка на 30–60 % выше по сравнению с песколовкой типовой конструкции. Производственные испытания песколовки, в круговом лотке которой были установлены аэраторы и поперечные решетки, показали, что зольность осадка в ней возрастала с 48 до 72 %. Дополнительную отмывку от органических веществ песка, выпавшего в осадок в центральной части песколовки, предлагается производить методом барботирования осадка воздухом, подаваемым по опускной трубе в течение нескольких минут перед его выгрузкой. На это время пропуск сточных вод через песколовку прекращается.

Суммарная пропускная способность песколовки Q, л/с, складывается из пропускной способности кругового лотка $Q_л$ и пропускной способности центральной части $Q_ц$. Величина Q рассчитывается по уравнению [11]:

$$Q = Q_л + Q_ц = (2{,}3r_0B + 1{,}7r^2)u_0, \qquad (4)$$

где r_0 – радиус средней линии кругового лотка песколовки, м; B – ширина кругового лотка, м; u_0 – расчетная гидравлическая крупность песка, мм/с.

По уравнению (4) решается и обратная задача: исходя из заданного расхода определяется наименьшая расчетная крупность задерживаемых частиц песка для выбранного типоразмера песколовки. Поступательная скорость движения сточных вод в круговом лотке переменна по его длине. В качестве расчетной берется осредненное значение скорости V_s, равное 0,08–0,12 м/с при максимальном притоке. Указанные величины V_s и существующая длина кругового лотка песколовки принимаемого типоразмера определяют и ограничивают задаваемую величину расчетной гидравлической крупности частиц песка u_0, значения которой для песколовок диаметром 6 м следует принимать в пределах, приведенных в таблице (d – диаметр задерживаемых частиц песка).

Указанные значения u_0 соответствуют расчетному диаметру частиц улавливаемого песка 0,15–0,21 мм при температуре сточных вод 11–15 °С. Выпадению в осадок частиц песка диаметром менее 0,14–0,15 мм будет препятствовать вертикальная составляющая скорости турбулентного потока. Песколовки с аэрируемыми круговыми лотками и центральной частью, используемой для осаждения песка, предусмотрены в проекте расширения станции аэрации г. Петродворца.

B, м	u_0, мм/с	d, мм
1	12	0,15
1,4	12–14,6	0,15–0,17
1,5	12,2–17	0,15–0,19
1,8	14,8–20,5	0,17–0,21

Выводы

1. Спроектированные и построенные в С.-Петербурге в соответствии со СНиП (1974, 1985 гг.) песколовки не обеспечивали выделение песка из сточных вод в необходимом количестве, что потребовало разработки и реализации рекомендаций по интенсификации их работы.
2. На очистных станциях, где обезвоживание осадков сточных вод производится на центрифугах или центрипрессах, песколовки должны обеспечивать максимально возможное изъятие песка из сточных вод, в связи с чем необходимы разработка рекомендаций по расчету и проектированию песколовок и соответствующая корректировка действующих норм и правил.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985.
2. СНиП II-32–74. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1975.
3. СНиП II-6–62. Канализация. Нормы проектирования. – М.: Госстройиздат, 1962.
4. Водоотведение и очистка сточных вод / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, В. И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1996.
5. Яковлев С. В., Калицун В. И. Механическая очистка сточных вод. – М.: Стройиздат, 1972.
6. Калицун В. И., Николаев В. Н. Новые методы удаления и обработки осадка из песколовок. – М.: Стройиздат, 1976.
7. Медведев Г. П. Канализация городов ФРГ. – Л.: Стройиздат, 1982.
8. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов. – М.: АСВ, 2002.
9. Медведев Г. П., Эль Ю. Ф., Попов Г. В. Интенсификация работы горизонтальных песколовок изменением гидравлического режима выпуска воды в них // Технология очистки сточных вод г. Москвы. – М.: Стройиздат, 1973.
10. Евельсон Е. А., Малышев А. В., Никитин В. В. Интенсификация работы песколовок // Опыт внедрения безотходной технологии обработки сточных вод, утилизация осадков. – Л.: ЛДНТП, 1989.
11. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / Под общ. ред. Ф. В. Кармазинова. – СПб: Изд-во «Новый журнал», 2002.



ПОЗДРАВЛЯЕМ ЮБИЛЯРА!

3 мая 2004 г. исполнилось 70 лет старейшему сотруднику НИИ ВОДГЕО, кандидату технических наук, руководителю лаборатории технологии химической очистки и анализа промышленных сточных вод **АЛЕКСЕЮ НИКИТОВИЧУ БЕЛЕВЦЕВУ.**

Алексей Никитович работает в институте с 1957 г. после окончания Московского института тонкой химической технологии им. М. В. Ломоносова. В НИИ ВОДГЕО он прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией. В 1973 г. Алексей Никитович защитил кандидатскую диссертацию по теме «Применение двуокиси хлора для окисления загрязнений в природных и сточных водах».

Алексея Никитовича отличает огромная трудоспособность и большая преданность делу, которому он служит. Под его руководством и при непосредственном участии разработаны технологические схемы очистки сточных вод обогатительных фабрик цветной металлургии, гальванических производств предприятий машиностроения и приборостроения, пивоваренной промышленности, производства красителей и ПАВ и др.

А. Н. Белевцевым опубликовано более 90 печатных работ. В настоящее время без отрыва от основного производства он преподает в Институте стали и сплавов, передавая свои знания молодому поколению.

Алексей Никитович Белевцев добр, отзывчив и внимателен к окружающим. Он пользуется большим уважением специалистов, с которыми сотрудничает.

Редакция журнала и коллектив НИИ ВОДГЕО сердечно поздравляют Алексея Никитовича с его славным юбилеем, желают доброго здоровья, больших успехов и творческих удач.

Б. М. ГРИШИН, д-р техн. наук; С. Ю. АНДРЕЕВ, канд. техн. наук
(Пензенский государственный университет архитектуры и строительства)

Вихревые гидродинамические устройства для интенсификации работы городских КОС

Сброс бытовых и промышленных сточных вод, отводимых с территорий населенных пунктов в открытые водоемы, является существенным фактором ухудшения их состояния. Предотвращение дальнейшего развития процессов антропогенного загрязнения и эвтрофирования водных объектов требует решения сложной и дорогостоящей проблемы – повышения эффективности работы городских очистных сооружений. Актуальность этой проблемы связана не только с природоохранными и рыбохозяйственными целями, но и с необходимостью преодоления больших трудностей, возникающих в процессе водоподготовки для питьевого и промышленного водоснабжения из загрязненных водоемов.

Повышение эффективности станций биологической очистки городских сточных вод за счет строительства дополнительных сооружений, работающих по традиционной схеме, требует вложения значительных капитальных затрат, и как правило, не может быть осуществлено из-за ограниченности финансовых возможностей. Это обстоятельство обусловливает необходимость применения принципиально новых технологических и конструктивных решений, не требующих для своей реализации проведения крупномасштабных строительных работ.

Одним из таких решений является разработанная в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства технология предварительной обработки сточных вод в вихревых гидродинамических устройствах (ВГДУ). Аппаратурное оформление этой технологии не требует серьезных изменений схемы очистки городских сточных вод. Устройство может быть изготовлено и встроено в существующие типовые станции биологической очистки без больших капитальных и эксплуатационных затрат. Внедрение этой технологии проводилось на канализационных очистных сооружениях (КОС) г. Сердобска производительностью 17 тыс. $м^3$/сут.

ВГДУ, общий вид которого представлен на рисунке, состоит из трех соосно соединенных камер (входной, вихревой и смешения) и устанавливается над резервуаром гашения напора. Характеристики ВГДУ на КОС г. Сердобска следующие: давление на входе 1 м вод. ст.; диаметр



Общий вид вихревого гидродинамического устройства

Таблица 1

Показатель	Характеристика осадка из песколовок			Фракционный состав песка, %, при диаметре песка, мм			
	плотность, т/м^3	влажность, %	зольность, %	более 1	0,5–1	0,25–0,5	менее 0,25
До внедрения ВГДУ	1,3	52	74	10	25	40	25
После внедрения ВГДУ	1,7	32	92	7	22	40	31

подающего патрубка 300 мм, входной камеры 900 мм, вихревой камеры 300 мм, камеры смешения 400 мм; высота ствола 2 м; производительность до 500 м^3/ч.

Сточные воды, перекачиваемые на КОС под избыточным напором, подаются через патрубок, тангенциально присоединенный к камере входа, в которой создается вращательное движение жидкости. Угловая скорость закрутки потока при переходе в вихревую камеру увеличивается прямо пропорционально отношению диаметров входной и вихревой камер. По оси вихревой камеры создается область с пониженным давлением, в которую подсасывается атмосферный воздух, причем 1 м^3 сточных вод эжектирует до 0,4 м^3 атмосферного воздуха. Вследствие интенсивного перемешивания сточных вод с воздухом в вихревой камере происходят насыщение сточных вод кислородом и отмывка мелких зерен песка от налипших органических загрязнений.

С целью проведения биокоагуляции в сточные воды перед ВГДУ подавался избыточный активный ил. Содержащиеся в флокулах активного ила биополимеры (полисахариды, протеины, РНК и ДНК) обеспечивают образование мостиковых связей с содержащимися в сточных водах дисперсными частицами и служат флокулянтами. Поскольку избыточный активный ил представляет собой естественную биофлокулирующую добавку, образующуюся в процессе биологической очистки, биофлокуляция является одним из самых экономичных методов физико-химического воздействия на формирование агломераций взвеси в сточных водах перед отстаиванием.

До установки ЭГДУ в осадке, задерживаемом в песколовках КОС г. Сердобска, содержалось большое количество органических веществ. Осадок песколовок был склонен к загниванию, плохо отдавал воду и был непригоден для проведения планировочных работ на территории населенных пунктов. Мелкие фракции песка крупностью зерен 0,25 мм и менее вместе с налипшими на них органическими частицами «проскакивали» через песколовки и выпадали в первичных отстойниках. При этом уменьшалась текучесть сырого осадка в первичных отстойниках, вследствие чего на откосах илосборников образовывались залежи загнивающего осадка.

Обработка сточных вод в ВГДУ позволила отмыть мелкие фракции песка от налипших на них органических загрязнений и устранить «проскок» песка через песколовки. Внедрение технологии предварительной обработки сточных вод на КОС г. Сердобска привело к повышению удельного объема улавливаемого в песколовках песка с 0,024 до 0,028 м^3 на 1000 м^3 сточных вод. Изменение характеристик осадка из песколовок и его фракционного состава после внедрения ВГДУ представлено в табл. 1.

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что содержащиеся в сточных водах органические вещества и избыточный активный ил, добавляемый в ВГДУ, не выпадают в песколовках. Зольность осадка из песколовок увеличилась с 74 до 92 %, что обеспечило его высокую стабильность и возможность использования при планировочных работах.

Насыщение сточных вод и избыточного активного ила кислородом воздуха при их обработке в ВГДУ обеспечивает жизнедеятельность микроорганизмов и достижение высоких сорбционных свойств ила. Хорошо сфлокулированные частицы органических веществ и ила формируются в

Таблица 2

Показатель	Концентрация в сточных водах, мг/л						Эффективность очистки сточных вод на КОС, %		
	поступающих на КОС	на выходе из первичных отстойников		на выходе из вторичного отстойника					
		до реконструкции	после реконструкции	до реконструкции	после реконструкции с 50-процентной регенерацией активного ила	после реконструкции без регенерации активного ила	до реконструкции	после реконструкции с 50-процентной регенерацией активного ила	после реконструкции без регенерации активного ила
Взвешенные вещества	70–180 / 110	42–72 / 54	21–38 / 28	10–16 / 12	7–12 / 8	6–10 / 7	89,1	92,7	93,4
$БПК_5$	160–220 / 180	136–179 / 144	104–132 / 110	19–25 / 21	10–14 / 12	9–12 / 10	88,3	93,3	94,4
ХПК	300–420 / 350	264–340 / 294	228–241 / 237	78–104 / 87	58–80 / 61	55–76 / 58	75,1	82,6	83,4
NH_4^+	12–28 / 22	11,5–25 / 20,5	10–23 / 18	2,5–5,1 / 3,4	0,8–2,1 / 1,6	0,6–1,9 / 1,2	84,6	92,7	94,6
PO_4^{3-}	3,1–8,2 / 5,4	3–8 / 5,3	3–7,8 / 5,1	2,9–3,6 / 3,2	2,4–3,2 / 2,9	2,1–3 / 2,8	40,7	46,3	48,2

Примечание. В знаменателе дано среднее значение показателя.

прошедших песколовки сточных водах, поступают в первичные отстойники, где происходит их интенсивное отделение. Эффект задержания взвешенных веществ в первичных отстойниках в результате обработки сточных вод в ВГДУ увеличился в 1,4–1,8 раза, эффективность удаления органических загрязнений при этом повысилась в 1,8–2 раза.

Снижение количества органических загрязнений в форме мелкодисперсных частиц в сточных водах, поступающих на аэротенк, позволило не только существенно снизить нагрузку на аэротенк, но и улучшить качество поступающих на него сточных вод. Также повысилась удельная скорость биохимического окисления, так как скорость биохимической деструкции активным илом органических загрязнений, находящихся в форме взвешенных веществ в 4 раза, а в форме коллоидных частиц – почти в 2 раза ниже, чем скорость окисления загрязнений, находящихся в форме истинных растворов. Результаты внедрения технологии предварительной обработки сточных вод на КОС г. Сердобска представлены в табл. 2.

В течение четырех месяцев после проведения реконструкции блок аэротенков работал в прежнем режиме 50-процентной регенерации возвратного активного ила. Затем блок аэротенков был переведен на режим работы без регенерации активного ила. Качество сточных вод на выходе с очистных сооружений при этом не ухудшилось. Увеличение возраста активного ила с 6–8 до 12–14 суток в результате повышения эффективности первичного отстаивания и снижения прироста активного ила позволило снизить содержание аммонийного азота на выходе из аэротенка с 2,5–5 до 0,6–1,9 мг/л.

Выводы

Внедрение технологии предварительной обработки сточных вод в ВГДУ на КОС г. Сердобска обеспечило повышение эффективности очистки в первичных отстойниках по органическим загрязнениям ($БПК_5$) с 15–20 до 30–39 %; по взвешенным веществам с 41–52 до 70–75 %. В результате снижения нагрузки на аэротенк снизилась концентрация загрязнений на выходе с очистных сооружений: взвешенных веществ в 1,4–1,7 раза; $БПК_5$ в 1,9–2,2 раза; ХПК в 1,4–1,5 раза; NH_4^+ в 1,7–3,9 раза; PO_4^{3-} в 1,2–1,4 раза.

С. В. ПОСУПОНЬКО, канд. техн. наук (Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону);
Н. С. СЕРПОКРЫЛОВ, д-р техн. наук; И. В. КЛИМУХИН, бакалавр
(Ростовский государственный строительный университет);
В. Д. КЛИМУХИН, канд. техн. наук; С. Ф. БОЯРЕНЕВ, инж. (ООО «Ростовагропромпроект»)

Водосливные аэраторы – решение проблем малых и средних станций аэрации

Основная роль в процессах обработки сточных вод отводится сооружениям биологической очистки, значительная часть эксплуатационных затрат на которые обусловлена расходами на аэрацию иловой смеси в аэротенках. В связи с этим разработка надежных и высокоэффективных конструкций аэраторов является актуальной задачей. Аэрационные системы призваны выполнять две основные функции: перемешивание иловой суспензии, предотвращающее выпадение из нее твердой фазы, и внесение кислорода воздуха в жидкость для обеспечения его концентрации, благоприятно влияющей на процессы биохимической деструкции. В практике очистки используются аэраторы: пневматические [1], водоструйного типа [2], эжекторные [3], гидравлические эрлифтные [4].

В настоящее время применение новых материалов и современного оборудования для диспергирования воздуха позволило повысить надежность известных конструкций аэраторов, но не исключить в полной мере имеющиеся у них недостатки. Пневматическим мелкопузырчатым аэраторам свойственно засорение, увеличение сопротивления выходу воздуха и соответственно росту давления в системе, необходимого для диспергирования одного и того же количества воздуха. Кроме того, низкая надежность воздуходувного оборудования, сложность эксплуатации и высокая стоимость ремонта ограничивают область применения и снижают привлекательность использования данного оборудования. Системы аэрации, относящиеся к средне- и крупнопузырчатым, имеют более низкие показатели растворения кислорода воздуха в сточной жидкости. Механические аэраторы подвержены повышенному износу мотор-редукторов, коррозии, вибрации, что существенно снижает показатели их надежности. Эжекторные и водоструйные аэраторы имеют ограниченную зону обслуживания и вследствие этого могут быть эффективно использованы только для станций малой производительности. Разработанные во ВНИИ ВОДГЕО гидравлические эрлифтные аэраторы обеспечивают большую (на 10–15 %) эффективность аэрации, но также требуют установки воздуходувных устройств.

В последние годы широкое применение нашли конструкции биореакторов с иммобилизованной микрофлорой, которая закрепляется на различных погружных насадках. Внутри насадок необходимо создавать условия для интенсивной подачи питательных веществ, притока кислорода и постоянного отвода продуктов метаболизма. Это может быть достигнуто только увеличением кратности обмена содержимого биореактора, для чего необходимы дополнительные энергозатраты.

Водосливной аэратор (ВАр), конструкция которого разработана впервые, защищена патентом Российской Федерации [5] и имеет технические условия [6], лишен вышеперечисленных недостатков. Исследования массообменных свойств аэратора ВАр проводились по известной методике переменного дефицита кислорода [1].

Опыты выполняли на экспериментальной установке (рисунок), состоящей из аэрационного резервуара *1*, к торцу которого прикреплена колонна *2* с водосливным отверстием и присоединенным к ней водобойным лотком и водосливом *4*. Для перемешивания содержимого резервуара и подачи воды в колонну установлен насос *5*, расход которого определяется при помощи водомера *7*. Задвижка *6* служит для гидравлического пе-

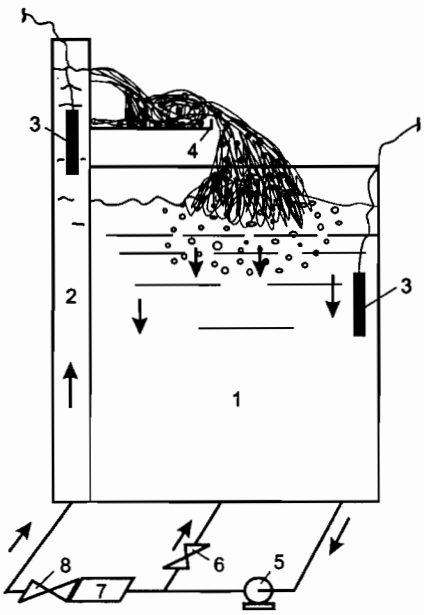


Схема экспериментальной установки
1 – аэрационный резервуар; *2* – подающая колонна; *3* – датчики кислородомера «AQUAOXYMER»; *4* – водобойный лоток и водослив; *5* – насос; *6*, *8* – запорные устройства; *7* – водомер

ремешивания емкости резервуара, а задвижка *8* – для установки заданного расхода воды. Измерение концентрации растворенного кислорода в аэрационном резервуаре и в колонне осуществляется при помощи датчиков *3* кислородомера «AQUAOXYMER». Переливаясь через водослив колонны *2*, вода поступает в водобойный лоток *4*, где насыщается кислородом воздуха в водоворотной зоне [1] гидравлического прыжка. Затем водовоздушная смесь переливается через второй водослив – подпорную стенку и падает в резервуар *1*, где дополнительно происходит насыщение ее кислородом. Далее вода поступает в нижнюю часть резервуара и забирается насосом *5*, который осуществляет ее циркуляцию.

Анализ данных предварительных экспериментальных исследований показывает, что объемный коэффициент массопередачи k_v зависит от объема зоны обслуживания $W_р$, циркуляционного расхода $Q_ц$, эквивалентного диаметра аэрационного резервуара $D_{экв}$, диаметра $d_{экв}$ полой колонны *2*, высоты расположения водослива колонны *2* над водосливом подпорной стенки водобойного лотка Z, длины водобойного лотка $L_к$, числа Рейнольдса в сжатом сечении $Re_{сж}$ и напора воды H на водосливе колонны *2*.

Применение метода размерностей и π-теоремы [7] позволило предположить наличие регрессионной зависимости для объемного коэффициента массопередачи k_v, используемой впоследствии в практических расчетах для описания процесса внесения кислорода с помощью аэраторов ВАр:

$$k_v \frac{W_p}{Q_ц} = A(Re_{сж})^b (D_{экв}/d_{экв})^c \times \times (Z/H)^d (Z/L_к)^e, \qquad (1)$$

где A, b, c, d, e – коэффициенты уравнения регрессии; $W_р$ – объем зоны обслуживания, принимаемый в опытах равным 3 м^3; $Q_ц$ – циркуляционный расход, м^3/ч; $D_{экв}$, $d_{экв}$ – эквивалентные диаметры зоны обслуживания реактора и колонны, м; Z – высота расположения водослива колонны *2* над водосливом подпорной стенки водобойного лотка, м; H – напор воды над водосливом, м, определяемый по известному уравнению для вычисления расхода через водослив с тонкой стенкой [8]; $L_к$ – длина водобойного лотка, определяемая по известным уравнениям гидравлики [8]; $Re_{сж}$ – число Рейнольдса в сжатом сечении на водосливе колонны *2*, определяемое

$$Re_{сж} = (V_{сж}h)/\upsilon, \qquad (2)$$

где $V_{сж}$ – скорость в сжатом сечении, м/с; h – толщина струи в сжатом сечении, м (расчетные параметры, определяемые в зависимости от нагрузки воды на 1 м водослива по известным формулам гидравлики [8]); υ – кинематический коэффициент вязкости, м^2/с.

Влияние каждого из описанных критериальных безразмерных комплексов на объемный коэффициент массопередачи в опытах оценивалось при изменении независимых переменных, образующих эти комплексы. Независимые переменные и интервалы их изменения в каждом опыте приведены в табл. 1.

Рабочий объем аэрационного резервуара $W_р$ в опытах равен 3 м^3, а высота водосливной кромки водобойного колодца *4* над поверхностью воды в аэрационном резервуаре *1* была принята равной 0,47 м как оптимальная по аналогии с эрлифтными аэраторами [4]. Ширина водослива B_1 в опытах была постоянной. Каждый опыт повторялся дважды, и полученные значения коэффициентов массопередачи усреднялись. После выполнения серии опытов (табл. 1) были проведены дополнительные, в которых величины циркуляционных расходов были увеличены от 0,0091 до 0,0097–0,011 м^3/с, а длина водобойного колодца оставалась постоянной величиной. Для каждого усредненного значения определяли объемный коэффициент массопередачи k_v, окислительную способность аэратора *ОС*, г/(м^3·ч), эффективность аэрации *Е*, кг/(кВт·ч). Результаты основных и дополнительных экспериментов и расчетные критерии приведены в обобщенной табл. 2.

Таблица 1

Z, м	$Q_ц$, м^3/с	$q_{уд}$, м^3/(с·м)	H, м	$L_к$, м
0,2	0,0042	0,069	0,12	0,7
	0,0062	0,104	0,15	1,1
	0,0091	0,152	0,188	1,5
0,4	0,0042	0,069	0,12	0,7
	0,0062	0,104	0,15	1,1
	0,0091	0,152	0,188	1,5
0,6	0,0042	0,069	0,12	0,7
	0,0062	0,104	0,15	1,1
	0,0091	0,152	0,188	1,5

Примечание. Ширина водослива B_1 – величина постоянная, равная 0,06 м.

Анализ данных табл. 2 показывает, что все величины, входящие в критериальные комплексы уравнения (1), оказывают существенное влияние на значение объемного коэффициента массопередачи. Величина k_v повышается с увеличением Z от 0,2 до 0,6 м. Однако при увеличении Z от 0,4 до 0,6 м величина k_v либо повышается незначительно, либо даже снижается. Это подтверждает вывод об оптимальной величине Z ~ 0,47–0,5 м [4]. Наибольшие значения $Q_ц$, при которых получены макси-

Таблица 2

Z, м	$Q_ц$, м³/с	$q_{уд}$, м³/(с·м)	$V_{сж}$, м/с	$h_{сж}$, м	t, °С	$Re_{сж}$	H, м	Z/H	$L_к$, м	$Z/L_к$	k_{v20}	$(k_v*W_р)/Q_ц$	OC, г/(м³·ч)	$N_{пол}$, Вт	E, кг/(кВт·ч)
Первая серия опытов															
0,2	0,0042	0,069	0,91	0,08	11,7	58710	0,12	1,62	0,7	0,29	2,64	0,52	23,37	38,3	1,83
0,4					11,7			3,24		0,57	3,64	0,72	32,27	46, 6	2,08
0,6					11,8			4,86		0,86	4,05	0,8	35,92	54,8	1,97
Вторая серия опытов															
0,2	0,0062	0,104	0,97	0,11	13	88000	0,15	1,31	1,1	0,18	2,12	0,29	18,79	56, 6	0,99
0,4					15,1	92111		2,61		0,36	3,44	0,46	30,55	67,7	1,35
0,6					15,1	92111		3,92		0,55	4,21	0,57	37,36	82, 9	1,35
Третья серия опытов															
0,4	0,0091	0,152	1,05	0,15	7,3	108142	0,22	1,82	1,1	0,36	6,48	0,59	57,48	83	2,08
0,4	0,0101	0,168	1,08	0,16	7,7	122056	0,21	1,89	1,5	0,27	11,11	0,92	98,55	112	2,64
0,6	0,0097	0,162	1,07	0,15	7,5	116223	0,2	2,94	1,5	0,4	6,62	0,57	58,72	126,6	1,39
Четвертая серия опытов															
0,2	0,0104	0,174	1,08	0,16	8,4	140571	0,25	0,82	1,5	0,13	4,94	0,4	43,82	94,9	1,39
0,4	0,0101	0,168	1,08	0,16	7,7	122056	0,21	1,89		0,27	7,27	0,6	64,49	112	1,73
0,6	0,0097	0,162	1,07	0,15	7,5	116223	0,2	2,94		0,4	6,62	0,57	58,72	126,6	1,39
Пятая серия опытов															
0,2	0,011	0,183	1,09	0,17	7,8	110958	0,26	0,77	1,5	0,13	3,6	0,27	31,93	100,3	0,96
0,4					7,4	112291		1,54		0,27	10,45	0,79	92,65	121,4	2,29
0,6					7,8	110958		2,31		0,4	9,67	0,73	85,74	143,5	1,79

Примечание. Постоянные величины: ширина водослива B_1 = 0,06 м, эквивалентные диаметры зоны обслуживания колонны $d_{экв}$ = 0,131 м и реактора $D_{экв}$ = 1,194 м

мальные коэффициенты массопередачи, составляют 0,01–0,011 м³/с, удельная нагрузка на 1 м водослива 0,168–0,183 м³/(с·м). Значения k_v при дальнейшем увеличении нагрузки на 1 м водослива практически не меняются. Необходимо отметить значительное влияние на процесс массопередачи длины водобойного колодца, которая совместно с величиной $q_{уд}$ характеризует тип гидравлического прыжка. Наилучшие результаты получены при стабильном совершенном прыжке, незначительно худшие – при затопленном прыжке и значительно худшие – при прыжке–волне (пятая серия опытов).

Обработка результатов опытов выполнялась с использованием программы СТАТИСТИКА 6.0. Для подбора математической модели, наиболее адекватно описывающей эксперимент, были определены коэффициенты регрессии шести различных зависимостей. Наилучшие статистические показатели получены для уравнения:

$$[(\lg(k_v W_р/Q_ц)]^2 = A + b_1 \lg Re_{сж} + b_2 \lg(D_{экв}/d_{экв}) + b_3 \lg(Z/L_к) + b_4 [\lg(Z/H)]^2. \quad (3)$$

Обработка результатов позволила определить значения коэффициентов регрессии уравнения (3):

$A = -11{,}6345$; $b_1 = -0{,}2051$; $b_2 = 12{,}8858$; $b_3 = -0{,}5065$; $b_4 = 0{,}4101$.

Величина коэффициентов множественной регрессии и детерминации $R_{мн}^2$, равная 0,917, близка к единице, что говорит о хорошем приближении линии регрессии к наблюдаемым данным и о возможном построении качественного прогноза с использованием уравнения (3). Уровень значимости всего уравнения $p = 0{,}0373 < p = 0{,}05$ также подчеркивает значимость получаемых результатов. Все величины коэффициентов регрессии важны на уровне значимости 0,05, за исключением коэффициента b_1, имеющего 12-процентный уровень значимости. Одновременно была определена статистика Дарбина-Уотсона, позволяющая исследовать зависимость между остатками, характеризующую независимость ошибок в регрессионной модели. Величина статистики Дарбина-Уотсона, равная 1,56, меньше табличного значения 1,96, при 5-процентном уровне значимости свидетельствует об отсутствии автокорреляции и некоррелированности остатков принятой модели.

Параметры работы любого аэратора считаются наилучшими при одновременно высоких значениях трех основных критериев систем аэрации OC, k_v и E. Анализ табл. 2 показывает привлекательность использования конструкции ВАр для внесения кислорода воздуха в сточную жидкость, так как: величины OC = 60–98 г/(м³·ч) и k_v = 7–11 1/ч

превышают аналогичные для мелкопузырчатой пневматической системы аэрации [9]; значения E = 2,2÷2,6 кг/(кВт·ч) высоки и характерны только для механических аэраторов [9].

Выводы

Водосливной аэратор ВАр рекомендуется использовать на станциях аэрации малой и средней производительности в качестве системы аэрации, а также на станциях любой производительности в качестве оборудования для насыщения воды кислородом. Его оптимальными конструктивными параметрами являются: Z = 0,4–0,5 м, q = 0,168–0,183 м^3/(м·с). Уравнение регрессии при данных параметрах адекватно описывает эксперимент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худенко Б. М., Шпирт Е. А. Аэраторы для очистки сточных вод. – М.: Стройиздат, 1973.
2. Исследование окислительной способности эжекторных аэраторов на крупномасштабной установке / А. Я. Карелин, Б. Н. Репин, А. Ф. Афанасьева, В. В. Пономарев // Водоснабжение и сан. техника. 1981. № 6.
3. Семеновский Ю. В., Акульшин В. А., Пыжиков В. С. Эжекционная система аэрации в установках для очистки малых количеств сточных вод // Водоснабжение и сан. техника. 1986. № 9.
4. Яковлев С. В., Скирдов И. В., Сальников Б. Ф. Исследование работы гидравлического эрлифтного аэратора // Водоснабжение и сан. техника. 1984. № 1.
5. Пат. 2220113 РФ, МКИ^5 С 02 F 3/24. Устройство для аэрации жидкости / С. В. Посупонько, В. Д. Климухин, И. В. Климухин и др. // Изобретения, полезные модели. 2003. № 36.
6. ТУ 4859-002-48268309-2003. Аэратор водосливной типа ВАр. – Ростов н/Д: ООО «Ростовагропромпроект», 2003.
7. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1979.
8. Чугаев Р. Р. Гидравлика: Учеб. для вузов. – 4-е изд., доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат, 1982.
9. Ленский Б. П. Проектирование и расчет очистных сооружений канализации (сооружения биологической очистки сточных вод): Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Ростовский инж.-строит. ин-т, 1988.

УДК 628.356.63

Н. И. КУЛИКОВ[1], Д. Н. КУЛИКОВ[2]

Трехстадийная технология биологической очистки городских сточных вод

Повсеместное ухудшение экологической ситуации привело к ужесточению требований к качеству очищенной воды, которые в традиционных сооружениях биологической очистки полностью удовлетворить невозможно. Это вызывает необходимость разработки новых направлений интенсификации биологических процессов с целью повышения степени очистки и расширения спектра удаляемых загрязнений. Большое внимание уделяется развитию технологий с использованием прикрепленных микроорганизмов и различного рода инертных носителей, с помощью которых может быть увеличена доза ила в сооружении.

Все более широкое применение находят очистные комплексы, в которых основными сооружениями являются биореакторы с прикрепленными к волокнистому наполнителю микроорганизмами и гидробионтами. Комбинация пространственной сукцессии прикрепленных микроорганизмов – деструкторов и трофической цепи зоопланктона позволяет полностью утилизировать органические загрязнения и осуществлять глубокую очистку сточных вод от биогенных элементов, СПАВ и нефтепродуктов на уровне современных требований.

Идея пространственной сукцессии микроорганизмов была положена в основу разработанного на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» Ростовского государственного строительного университета (РГСУ) метода трехступенчатой биологической очистки городских сточных вод, которая предполагает разделение процесса на три основные стадии [1].

Сущность метода состоит в последовательно-параллельном проведении процессов денитрификации, нитрификации и окисления органических соединений в биореакторах с волокнистой насадкой с комбинацией свободноплавающего активного ила, прикрепленных микроорганизмов и гидробионтов в определенном соотношении. Пространственное распределение сообществ микроорганизмов достигается специфическим конструктивным оформлением аппаратов для проведения процесса биологической очистки, в которых на различных участках создаются условия с определенными параметрами среды обитания [1; 2].

Конструктивные решения, реализующие предлагаемый способ, обеспечивают возможность эффективного удаления органических соединений и биогенных элементов в соответствии с нормативными требованиями для водоемов рыбохозяйственного назначения.

На первой стадии очистки осуществляется развитие гетеротрофных бактерий – денитрификаторов и их сообществ с простейшими.

На второй стадии преимущественное развитие претерпевают автотрофные бактерии – нитрификаторы в сообществе с простейшими и мелкими животными. Биомасса свободноплавающего активного ила приблизительно равна массе прикрепленных микроорганизмов.

На третьей стадии – глубокой очистки сточных вод – процесс ведется исключительно биоценозом фиксированных микроорганизмов, наличие которых позволяет увеличить общую биомассу аэробного ила в системе и сократить объем аэробных биореакторов более чем на 50%.

[1] *Куликов Николай Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры водных ресурсов, Южно-Российский государственный технический университет*
354000, г. Сочи, ул. Северная, 10, офис 407, тел.: 8 (8622) 901-165, e-mail: unpc23@rambler.ru
[2] *Куликов Дмитрий Николаевич, главный инженер ООО «Управляемые Экотехнологии»*
354000, г. Сочи, ул. Северная, 10, офис 407, тел.: 8 (8622) 901-165, e-mail: eco_tech@mail.ru

Экспериментальные исследования проводились на пилотной установке трехступенчатого биореактора производительностью 15 м³/сут на реальной сточной воде Центральной канализационной очистной станции г. Сочи. Установка включала биореакторы первой и второй ступеней с волокнистой насадкой (ерши) и самостоятельными илоотделителями, биореактор третьей ступени. Соответствующие кислородные условия обеспечивались с помощью мешалки и системы аэраторов. Установка работала в непрерывном режиме. Биоценозы всех ступеней очистки оценивались по показателям ферментативной активности (оксидазной, дегидрогеназной и т. п.), видовой состав индикаторных групп фиксировался при регулярном микроскопировании образцов свободноплавающего и прикрепленного ила.

В частности было установлено, что биоценоз первой иловой системы чрезвычайно разнообразен, хлопья свободноплавающего ила светло-серого цвета, умеренно плотные, крупные, хорошо оседают, надосадочная жидкость содержит разнообразные бактериофаги. Прикрепленная биомасса по морфологии практически не отличается от свободноплавающего ила.

Активный ил второй системы характеризуется наличием светло-коричневых, хорошо оседающих, небольших, умеренно плотных хлопьев. Осаждение хлопьев ила происходит равномерно с четкой границей иловой смеси, без флотации и зависания хлопьев.

В третьей иловой системе доминирует биоценоз, типичный для систем с продленной аэрацией: в местах скрутки волокон в ерше располагаются водные клещи, черви, в слабопроточных зонах обнаруживаются дафнии, имеется множество моллюсков *Aplexa hipnorum*.

Насадка в биореакторах выполняется из полимерного волокнистого материала в виде ершей, на которых удерживается активная биомасса микроорганизмов по беззольному веществу (от 50 до 120 г/м длины). В результате пилотных исследований было установлено, что концентрация биомассы прикрепленных микроорганизмов 0,5 г/л может быть достигнута при средней плотности размещения насадки 10–20 м/м³, или не более 1,5 кг/м³ объема насадки.

Аналитический контроль проб исходной и очищенной воды по стадиям обработки проводился по основным показателям с использованием стандартных методик. Результаты работы пилотной установки представлены в табл. 1. Анализ данных таблицы показывает, что предлагаемые конструктивные решения, реализующие трехстадийную очистку, обеспечивают возможность эффективного удаления взвешенных веществ, органических загрязнений и соединений азота в соответствии с нормативными требованиями для водоемов рыбохозяйственного назначения. Содержание в очищенной воде СПАВ и нефтепродуктов также не превышает нормативных значений. Эффективность снижения БПК составляет 98,3%. Величина илового индекса свободно плавающего ила первой и второй систем колеблется в диапазоне 68–75 и 70–80 см³/г соответственно.

На пилотной установке не удалось достичь требуемой эффективности по снижению фосфатов, которая не превышала 30,7%.

Повышение производительности аэрационных сооружений, обеспечиваемое при увеличении дозы активного ила, требует в свою очередь интенсификации процессов разделения концентрированных иловых смесей. Реализация этого направления исследований позволила разработать и внедрить тонкослойные регенерируемые илоотделители оригинальной

Таблица 1

Показатель	Исходная вода	Очищенная вода на выходе из иловой системы		
		первой	второй	третьей
Взвешенные вещества, мг/л	138	47	16	2,1
$БПК_{полн}$, мг/л	154	53	13,8	2,6
Азот аммонийный, мг/л	16,9	10,4	1,3	0,3
Азот нитритов, мг/л	0	0	0,9	0,004
Азот нитратов, мг/л	0	0	5,8	6,1
Фосфор общий, мг/л	3,1	2,4	2,7	2,15
Растворенный кислород, мг/л	0	1,9	5,4	8,2
Концентрация свободноплавающего активного ила в системе, г/л	–	1,24	2,09	–
СПАВ, мг/л	4,3	2,6	0,18	0,02
Нефтепродукты, мг/л	1,96	0,84	0,11	0,01
Жиры, мг/л	2,82	1,39	0,08	0
Железо общее, мг/л	0,31	0,23	0,14	0,06
pH	6,9	7,1	7,3	7,34

конструкции для свободноплавающей микрофлоры [3]. Время пребывания иловой смеси в илоотделителе не превышает 10 минут, что исключает возникновение застойных зон. Тонкослойные илоотделители снабжены также системой барботеров, которые обеспечивают периодическую регенерацию межполочного пространства.

Производственная апробация предлагаемого способа очистки была выполнена на реконструированной секции аэротенков Центральной городской станции аэрации г. Сочи производительностью 2000 м³/сут. Три зоны, выделенные в секции аэротенка, выполняли функции ступенчатых биореакторов. Вторичный вертикальный отстойник был переоборудован в тонкослойный регенерируемый илоотделитель. Результаты работы производственной установки представлены в табл. 2.

Таблица 2

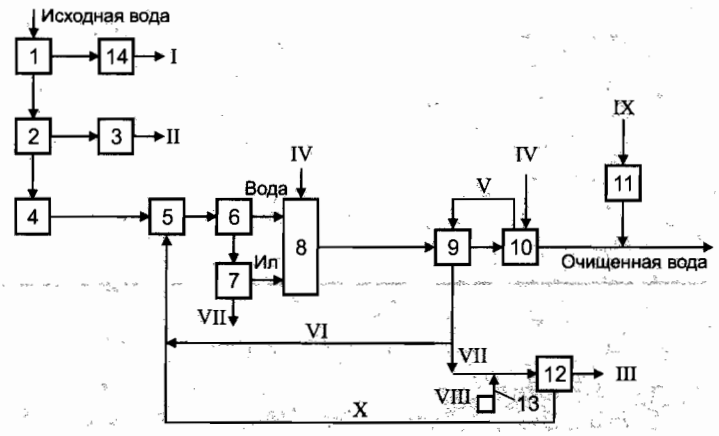
Показатель	Исходная вода	Очищенная вода на выходе из иловой системы		
		первой	второй	третьей
ХПК, мг/л	186	94,4	31,6	24,3
$БПК_5$, мг/л	122,5	26,8	8,7	3,1
$БПК_{полн}$, мг/л	174,9	43,7	11,8	3,5
Азот аммонийный, мг/л	24,3	20,4	0,72	0,42
Нитриты, мг/л	0,1	0,16	0,08	0,04
Нитраты, мг/л	0,29	0,29	14,4	14,6
Взвешенные вещества, мг/л	138	32,6	11	3,3
Зольность ила, %	–	20,1	22,9	38,5
Сухой остаток, мг/л	449	436,2	439	441
Фосфор общий, мг/л	2,73	2,30	2,39	2,37
СПАВ, мг/л	3,01	0,74	0,07	0,04
Нефтепродукты, мг/л	0,96	0,13	0,02	0,01
Иловый индекс, мг/л	–	78,8	77,6	–
Концентрация свободноплавающего ила, г/л	–	1,48	2,08	–

Эффективность снижения концентрации органических загрязнений по $БПК_{полн}$ в целом по системе составляла 98% при соответствующем времени пребывания в первой, второй и третьей ступенях биореакторов 1; 2 и 1,5 ч.

Предлагаемая технология трехстадийной очистки может быть реализована при блочно-модульном исполнении очистных сооружений, производительность которых может варьироваться в широком диапазоне от 500 до 20 000 м³/сут. В зависимости от производительности блок-модуль состоит из нескольких секций, каждая из которых в свою очередь включает усреднитель расхода с узлом механической очистки стоков (процеживатели, песколовки, при необходимости – первичные отстойники), трехступенчатые биореакторы с илоотделителями на первой и второй ступенях и узел дефосфотации сточных вод.

Блок-модули компонуются с воздуходувной станцией, вспомогательными производственными помещениями, цехом механического обезвоживания осадков сточных вод и узлом обеззараживания очищенной воды в виде отдельно стоящих сооружений, которые могут быть рассчитаны на несколько блок-модулей очистки сточных вод.

Технологическая схема комплектно-блочной модульной очистной станции представлена на рисунке. Станция работает следующим образом. Неочищенная сточная вода поступает на фильтрующие самоочищающиеся установки, где освобождается от отбросов крупностью более 2 мм. Отбросы собираются в контейнеры и вывозятся на полигон твердых бытовых отходов или мусороперерабатывающие предприятия. Процеженная сточная вода проходит песколовки и стекает в усреднители расхода сточных вод, откуда в напорном режиме подается в биореакторы первой ступени (денитрификаторы) со встроенными тонкослойными илоотделителями. Сюда же направляется нитрифицированная иловая смесь из илоотделителя второй ступени. Осветленная вода из денитрификатора направляется в биореактор второй ступени. Уплотненная иловая смесь из илоотделителя первой ступени выводится в анаэробный биореактор, где осуществляется реагентное выделение фосфатов. После этого она также направляется в биореактор второй ступени с прикрепленной и свободноплавающей биомассой, где происходит окисление остаточных органических веществ и аммонийного азота. Для предотвращения заиливания насадки и возникновения анаэробных зон аэраторы располагаются под кассетами. Разделение нитрифицированной смеси осуществляется в тонкослойных илоотделителях второй ступени. Осветленная вода направляется в биореактор третьей ступени для глубокой очистки, уплотненный ил возвращается в денитрификатор.



Технологическая схема блок-модуля трехстадийной глубокой очистки городских сточных вод

I – отбросы с фильтрующей установки на вывоз; *II* – песок на вывоз; *III* – кек на переработку и обеззараживание; *IV* – воздух; *V* – регенерационная вода из биореакторов доочистки; *VI* – возвратный активный ил; *VII* – избыточный активный ил; *VIII* – раствор флокулянта; *IX* – раствор поваренной соли; *X* – фугат от центрифуги; *1* – фильтрующие самоочищающиеся установки; *2* – песколовки; *3* – песковый бункер; *4* – усреднитель; *5* – биореактор первой ступени (денитрификатор); *6* – тонкослойный регенерируемый илоотделитель первой ступени; *7* – анаэробный реактор для выделения фосфатов; *8* – биореактор второй ступени; *9* – тонкослойный регенерируемый илоотделитель второй ступени; *10* – биореактор третьей ступени (глубокой очистки); *11* – электролизер для приготовления раствора гипохлорита натрия из поваренной соли; *12* – центрифуга для избыточного активного ила; *13* – реагентное хозяйство; *14* – накопитель отбросов

Доочищенная сточная вода обеззараживается гипохлоритом натрия, получаемым непосредственно электролизом на станции очистки из раствора поваренной соли, и отводится в водоприемник. Регенерация ершовой насадки в биореакторах доочистки сточных вод производится с помощью барботеров, расположенных непосредственно под кассетами, с одновременным опорожнением емкостей в илоотделителе второй ступени. Избыточный активный ил уплотняется, обрабатывается флокулянтом, обезвоживается на центрифуге и подвергается биокомпостированию в смеси с измельченными растительными отходами и готовым биокомпостом.

Оснащение блок-контейнера очистной станции системой по сбору и очистке отходящего воздуха способствует сокращению санитарно-защитной зоны, что связано с отсутствием свободных площадей как внутри границ городов, так и с ограничением площадей для размещения очистных сооружений на внегородских селитебных территориях.

Воздух, выходящий из биореакторов очистки сточных вод и производственных помещений, где размещены усреднители, а также устройства для механической очистки, обработки и обеззараживания осадков сточных вод, забирается и пропускается через биофильтры, орошаемые активным илом, а затем перед выпуском обеззараживается ультрафиолетовым облучением.

Башенное исполнение биореакторов высотой до 8,5 м позволяет сократить площадь зеркала воды в сооружениях на 40–60%. Снижение удельных затрат электроэнергии на единицу объема очищаемых сточных вод и переработку осадков достигается за счет рационального использования тепла, выделяющегося при работе воздуходувок, тепловой энергии сжатого воздуха, а также за счет уменьшения удельного расхода воздуха на единицу объема биореакторов при увеличении в них слоя воды.

Выводы

Технология трехстадийной глубокой биологической очистки городских сточных вод реализуется в виде ступенчатой биологической очистки с процессами нитри-денитрификации в биореакторах с комбинированной свободноплавающей и прикрепленной микрофлорой на первой и второй ступенях и исключительно фиксированной биомассой на третьей ступени. Трехстадийная биологическая очистка обеспечивает качество очищенной воды в соответствии с ПДК рыбохозяйственных водоемов и снижает прирост активного ила в системе на 50% по сравнению с традиционной схемой биологической очистки городских сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2264354 РФ, МПК C02 F3/02. Биореактор для трехиловой системы биологической очистки сточных вод / Н. И. Куликов, Д. Н. Куликов, Е. Н. Куликова // Открытия. Изобретения. 2005. № 32.
2. Пат. 2264353 РФ, МПК C02 F3/02. Способ трехиловой биологической очистки сточных вод / Н. И. Куликов, Д. Н. Куликов, Е. Н. Куликова // Там же.
3. Пат. на полезную модель 65493 РФ, МПК C02 F3/02. Блок тонкослойных илоотделителей / Н. И. Куликов, Д. Н. Куликов, Е. Н. Куликова // Открытия. Изобретения. 2007. № 22.

УДК 628.32.004.1.69

Ч. А. ДЗИМИНСКАС[1], М. С. ШМЕЛЕВ[2], Е. А. ГОРБАЧЕВ[3]

Опыт эксплуатации и реконструкции очистных сооружений канализации в Нижнем Новгороде

До 1973 г. в Нижнем Новгороде сточные воды отводились без очистки в реки Оку и Волгу по открытым выпускам. Для улучшения состояния водоемов и санитарно-эпидемиологической обстановки в городе с 1968 по 1974 г. была построена так называемая «Большая канализация», включающая в себя канализационные коллекторы большого диаметра, в том числе два дюкерных подводных перехода через р. Оку, тоннельный коллектор глубокого заложения, ряд крупных насосных станций и канализационные очистные сооружения полной биологической очистки – Нижегородскую станцию аэрации.

Станция аэрации представляет собой комплекс сооружений для биологической очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод Н. Новгорода и г. Бора. Технология очистки включает следующие основные этапы: механическую очистку, биологическую очистку, доочистку, обеззараживание хлором, обработку осадков. Проектная производительность сооружений 1,2 млн. м^3/сут [1].

Согласно технологической схеме, для удаления грубых примесей сточные воды проходят через пять решеток РМУ-7 (высота B = 3450 мм, длина L = = 4000 мм, прозор 18 мм) производительностью 400 тыс. м^3/сут каждая (три рабочие, две резервные). Для удаления песка применяются две щелевые горизонтальные песколовки производительностью 600 тыс. м^3/сут каждая.

Первичное отстаивание производится в восьми радиальных отстойниках (диаметр D = 54 м, высота H = 5,7 м) со встроенными преаэраторами с подачей избыточного активного ила. Биологическая очистка осуществляется в двенадцати аэротенках-смесителях (объем каждого 22 464 м^3, высота H = = 5,2 м). Согласно проекту, аэротенки оснащены мелкопузырчатыми керамическими аэраторами.

Вторичное отстаивание осуществляется в десяти радиальных отстойниках (диаметр D = = 54 м, высота H = 5,7 м) с гидравлическим удалением ила эрлифтными насосами. После вторичных отстойников сточные воды поступают на доочистку в биологические пруды (площадь F = 40 га, глубина H = 3,2 м) с естественной аэрацией.

Сырой осадок первичных отстойников и избыточный активный ил после уплотнения в двух радиальных илоуплотнителях (D = 33 м, H = 4 м) подаются на сбраживание в три метантенка объемом 7500 м^3 каждый (D = 22 м, H = 24 м), после чего направляются на обезвоживание на иловые площадки каскадного типа (F = 100 га, глубина H = 2,5 м) с поверхностным удалением иловой воды в голову очистных сооружений.

В процессе эксплуатации очистных сооружений выявлены неэффективные технологические узлы и начаты работы по их модернизации. На сооружениях механической очистки сточных вод в 1975–1976 годах произведена реконструкция решеток. Прутья круглого сечения в полотне решеток заменены натяжными пластинами

[1] *Дзиминскас Чесловас Александро, первый заместитель генерального директора ОАО «Нижегородский Водоканал» 603950, Нижний Новгород, ул. Керченская, 15, тел.: (831) 246-79-30, e-mail: info@vodokanal.sinn.ru*

[2] *Шмелев Михаил Станиславович, начальник управления водоотведения ОАО «Нижегородский Водоканал» тел.: (831) 246-14-63, e-mail: info@vodokanal.sinn.ru*

[3] *Горбачев Евгений Алексеевич, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета 603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65, тел.: (831) 430-54-87, e-mail: nir@nngasu.ru*

(δ = 6 мм, B = 90 мм, L = = 4000 мм).

В связи с неэффективной работой горизонтальных щелевых песколовок (содержание песка в сыром осадке первичных отстойников достигало 30%) к 1986 г. введены в эксплуатацию два блока горизонтальных аэрируемых песколовок. Последующая эксплуатация песколовок подтвердила правильность принятого решения (содержание песка в сыром осадке не превышает 15%).

Использование в работе встроенных в радиальные отстойники преаэраторов с подачей избыточного активного ила для биокоагуляции приводило к увеличению количества взвешенных веществ в отстоянной воде по сравнению с количеством загрязнений в сточной жидкости, поступающей на отстаивание. Исключение из технологической схемы преаэрации с биокоагуляцией позволило обеспечить работу первичных отстойников с проектными параметрами: задержание взвешенных веществ 40–50%; $БПК_5$ 10–20%; содержание взвешенных веществ в осветленной воде ≤ 100 мг/л.

При эксплуатации блока сооружений «аэротенки – вторичные отстойники» выявлены следующие недостатки: недолговечность керамических аэраторов; сложность и трудоемкость ремонта аэрационной системы; недостаточная конструкционная прочность эрлифтных насосов, выполненных из листовой стали. Постоянные «вырывания» керамических пластин не позволяли достичь требуемой интенсивности аэрации, что приводило к появлению в аэротенках застойных зон и резкому ухудшению качества активного ила (в отдельные периоды иловый индекс достигал значений 500–700 см^3/г). Поэтому в 1985–1988 годах были изготовлены и установлены эрлифтные насосы из стальных труб с толщиной стенки δ = 8–10 мм, диаметром 400–800 мм. Количество насосов в каждой эрлифтной камере было увеличено с одного до трех.

Проведенная модернизация позволила довести возврат активного ила до 30%. Одновременно производилась замена пластинчатых керамических аэраторов мелкопузырчатыми дисковыми аэраторами (изготовитель «Патфил», Казань) и трубчатыми аэраторами конструкции «Экополимер» (Белгород). С 1995 по 2005 г. произведена реконструкция аэрационных систем всех аэротенков. Модернизация эрлифтных насосов и реконструкция аэрационных систем аэротенков позволила обеспечить качество биологически очищенной воды выше проектных показателей: $БПК_5$ на сооружениях первой очереди 2,7 мг/л (по проекту 9,2 мг/л); взвешенные вещества 7,9 мг/л (по проекту 15 мг/л); $БПК_5$ на сооружениях второй очереди 2,6 мг/л; взвешенные вещества 8 мг/л. Также на 20% снизилось количество воздуха, подаваемого на блок сооружений биологической очистки (отключен один воздухонагнетатель мощностью 1250 кВт, производительностью 750 м^3/мин).

Дальнейшая эксплуатация показала, что стабильную и эффективную работу всех сооружений механической очистки (песколовок, первичных отстойников), обработки осадков (метантенков, илоуплотнителей) и биологической очистки можно обеспечить только при удалении на первой ступени механической очистки (решетки) грубых включений размером свыше 16 мм. При несоблюдении этого условия возникали трудности с выгрузкой и транспортированием сырого осадка с первичных отстойников, увеличивался износ рабочих колес насосов, происходило засорение гидроэжекторов песколовок и эрлифтных насосов, а также образование корки

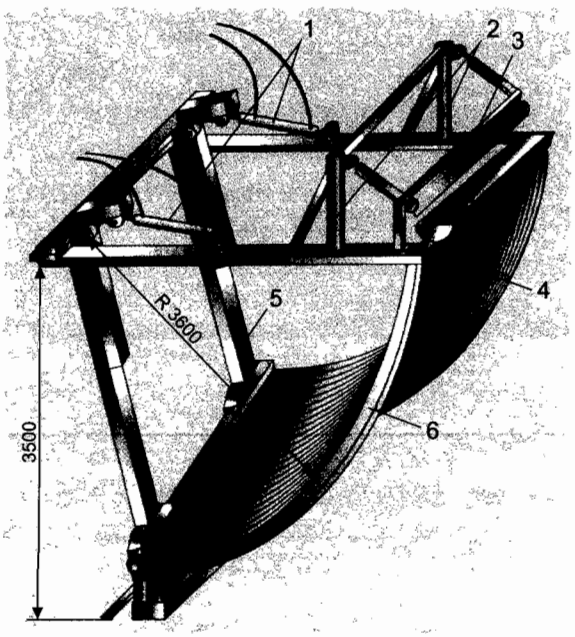


Рис. 1. Решетка механизированная дуговая с гидравлическим приводом

1 – гидроцилиндр; *2* – стойка; *3* – скребок; *4* – рама; *5* – граблина; *6* – решетка

в метантенках, что затрудняло их опорожнение и прокачку.

Из-за низкого качества изготовления, громоздкости и сложности конструкции механических граблей эксплуатируемые механические решетки РМУ-7 (изготовитель «Водмашоборудование», Воронеж) не позволяли обеспечить бесперебойную и стабильную работу по извлечению осадка из сточной жидкости на этапе механической очистки. В результате необходимость очистки метантенков от отбросов возникала каждые три-четыре года, постоянно происходили засоры гидроэлеваторов, насосов по откачке сырого осадка.

Поскольку модернизация решетки РМУ-7 была невозможна, для решения проблемы задержания грубых включений были привлечены специалисты НИИ КВОВ и ПКБ АКХ им. К. Д. Памфилова. Перед разработчиками была поставлена задача сконструировать решетку, при работе которой зубья граблины постоянно находились бы в зацеплении с пластинами решетки, что изначально исключило бы основную причину их поломок. В 1994 г. был пущен в работу опытный образец дуговой решетки с гидроприводом. Основное отличительное свойство дуговой решетки – зубья граблины всегда находятся в прозорах решетки как направляющих. Конструкция дуговой решетки (рис. 1) запатентована [2].

В последующие годы на очистных сооружениях канализации был установлен комплект оборудования для задержания, транспортирования и отжима сырого осадка: пять механизированных дуговых решеток с гидроприводом; траспортер-питатель; отжимное устройство – гидропресс; гидростанция производительностью 14 л/мин; пульт управления, контроля и сигнализации. Опыт эксплуатации оборудования показал следующие преимущества: долговременная работа без поломок (не отмечено ни одного случая заклинивания граблины в решетке); более высокая надежность гидравлического привода по сравнению с электромеханическим (из-за отсутствия

Таблица 1

Показатель, мг/дм³	Исходная вода	Очищенная вода	Эффективность очистки, %
Взвешенные вещества	170	6,3	96
$БПК_5$	102	2	98
ХПК	272	34,3	87
Растворенный кислород	–	6,1	–
Сухой остаток	513	491	4
Хлориды	78	69	12
Сульфаты	108	96	11
Фосфор фосфатов	2,93	1,43	51
Азот аммонийных солей	20,8	9,43	55
Азот нитритов	0,1	0,08	20
Азот нитратов	0,15	1,94	–
Алюминий	0,381	0	100
Железо	4,09	0,393	90
Кадмий	0,0031	0	100
Кобальт	0,00011	0	100
Марганец	0,2	0,116	42
Медь	0,065	0,0046	93
Никель	0,033	0,0107	68
Ртуть	0	0	–
Свинец	0,0041	0	100
Хром трехвалентный	0,031	0	100
Хром шестивалентный	00	0	–
Цинк	0,314	0,0283	91
Цианиды	0	0	–
Роданиды	0,013	0	100
Фенол	0,0075	0	100
Фториды	0,41	0,23	44
Жиры	12,52	0,34	97
Нефтепродукты	5,55	0,18	97
СПАВ анионоактивный	1,53	0,104	93
Сульфиды + H_2S	4,8	0	100
Хлороформ	–	0,005	–
Четыреххлористый углерод	–	0,00027	–
Тетрахлорэтилен	–	0	–
Остаточный хлор	–	1,92	–
ОКБ, КОЕ/100 мл	$24,6 \cdot 10^6$	19	~100
ТКБ, КОЕ/100 мл	–	16	–
Колифаги, БОЕ/100 мл	$5,8 \cdot 10^3$	87	99
Яйца гельминтов и цисты патогенных кишечных простейших, экз/дм³	0,5	0	100

Таблица 2

Показатель, мг/дм³	2006 г.		2007 г.	
	створ № 1 фоновый (0,5 км выше выпуска)	створ № 2 контрольный (0,5 км ниже выпуска)	створ № 1 фоновый (0,5 км выше выпуска)	створ № 2 контрольный (0,5 км ниже выпуска)
Взвешенные вещества	10	7,3	6,9	5
$БПК_5$	4,2	3,1	3,4	2,4
ХПК	32,5	29,2	36,2	31,5
Растворенный кислород	9,6	9,6	8,7	8,8
Сухой остаток	207	189	250	233
Хлориды	12	10	11	9
Сульфаты	33	29	42	34
Фосфор фосфатов	0,06	0,06	0,08	0,08
Азот аммонийных солей	0,61	0,52	0,54	0,5
Азот нитритов	0,01	0,01	0,02	0,02
Азот нитратов	0,47	0,41	0,56	0,47
Алюминий	0	0	0	0
Железо	0,6	0,54	0,45	0,38
Кадмий	0	0	0	0
Кобальт	0	0	0	0
Марганец	0,05	0,04	0,04	0,03
Медь	0,0048	0,0032	0,0032	0,0018
Никель	0,0014	0,0008	0,0008	0,0008
Ртуть	0	0	0	0
Свинец	0	0	0	0
Хром трехвалентный	0	0	0	0
Хром шестивалентный	0	0	0	0
Цинк	0,0127	0,0103	0,0198	0,0117
Цианиды	0	0	0	0
Роданиды	0	0	0	0
Фенол	0,0006	0,0003	0	0
Фториды	0,23	0,22	0,2	0,18
Нефтепродукты	0,22	0,17	0,3	0,2
СПАВ анионоактивный	0,038	0,034	0,034	0,025
Сульфиды + H_2S	0	0	0	0
Хлороформ	0	0	0,0008	0,0008
Четыреххлористый углерод	0,00005	0,00005	0,00007	0,00007
Тетрахлорэтилен	0	0	0	0
ОКБ КОЕ/100 мл	2055	570	703	125
ТКБ КОЕ/100 мл	1760	127	620	87
Колифаги, БОЕ/100 мл	0	0	4	1
Яйца гельминтов и цисты патогенных кишечных простейших, экз/дм³	Не обнаружено		Не обнаружено	

цепей, звездочек, электромагнитных тормозов).

Одновременно с основными сооружениями по технологической цепочке очистки воды производилась реконструкция и модернизация сооружений обработки и обезвоживания осадков. Эксплуатация шести иловых площадок каскадного типа (площадью 1 га в одном каскаде) с поверхностным удалением иловой воды показала, что время обезвоживания осадка до транспортабельного состояния (80% влажности) в климатических условиях Н. Новгорода составляет от 2 до 5 лет. Очистка иловых площадок является трудоемким процессом, требует содержания целого парка транспорта и механизмов (экскаваторы, бульдозеры, самосвалы).

В 1997 г. введена в эксплуатацию первая очередь цеха механического обезвоживания осадка, состоящая из двух ленточных фильтр-прессов производства фирмы «Андритц», общей производительностью 71 м³/ч (по осадку влажностью 97%). Работа фильтр-прессов показала, что данный комплект оборудования обеспечивает обезвоживание до 50% термофильно сброженного осадка станции аэрации и заменяет 30 га иловых площадок. Обезвоженный кек влажностью 73–80% вывозится на полигон хранения. При этом количество самосвалов для обслуживания цеха механического обезвоживания сокращается до двух. На полигоне требуется всего один бульдозер для планировки осадка. Инвестиционной программой развития до 2010 г. предусматривается монтаж и пуск в эксплуатацию аналогичной по производительности линии фильтр-прессов. Это позволит обеспечить механическое обезвоживание до требуемых параметров всех осадков, образующихся на сооружениях, и отказаться от эксплуатации иловых площадок.

Для утилизации осадков на Нижегородской станции аэрации аварийные иловые площадки (30 га) были отведены под полигон для хранения обезвоженного осадка. За 35 лет экс-

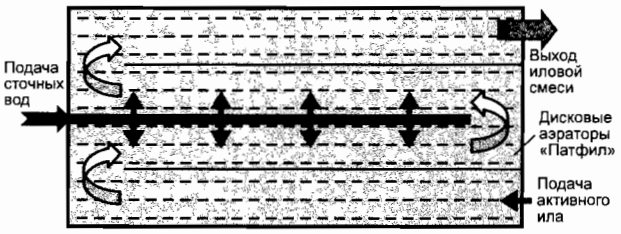


Рис. 2. Технологическая схема работы аэротенка-смесителя

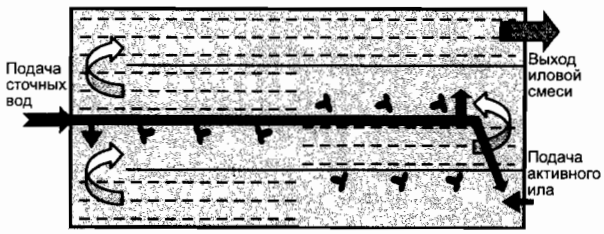


Рис. 3. Технологическая схема работы аэротенка-смесителя с применением трубчатых аэраторов АКВА-ПРО-М и механических мешалок RW

плуатации для хранения осадка занято 30% площади полигона. В дальнейшем предусмотрена его реконструкция с целью обеспечения экологической безопасности: укладка противофильтрационного экрана по днищу полигона; устройство по его периметру скважин для наблюдения за состоянием грунтовых вод.

Реконструкция и модернизация очистных сооружений канализации Н. Новгорода производилась постоянно в течение 35-летнего срока их эксплуатации. Реализованные в процессе этих работ технические решения позволили обеспечить нормативное качество очищенных сточных вод в пределах временно согласованного сброса и эффективную работу сооружений в рамках заложенных проектом технологических возможностей.

Основные показатели работы очистных сооружений Нижегородской станции аэрации за 2007 г. приведены в табл. 1, влияние очищенных сточных вод на водоем (р. Волга) и его характеристика в створах – в табл. 2. Технологические схемы работы аэротенков-смесителей очистных сооружений станции аэрации до и после модернизации приведены на рис. 2 и 3.

Однако новые требования к качеству очистки от соединений азота и фосфора, а также необходимость обеспечения нормативных требований предельно допустимого сброса загрязняющих веществ в р. Волгу (по классификации Росприроднадзора – водоем рыбохозяйственного значения высшей категории) обусловили принятие решения о дальнейшей реконструкции сооружений биологической очистки города. Нормативы предельно допустимого сброса требуют довести качество очищенных вод до следующих параметров: $БПК_5 \leq 2$ мг/л, содержание взвешенных веществ ≤ 6,8 мг/л, аммонийного азота ≤ 0,39 мг/л, фосфора фосфатов ≤ 0,2 мг/л.

Биологический метод глубокого удаления биогенных веществ (азота и фосфора) из сточных вод на реальных сооружениях (при организации аноксидной и аэробной зон) позволяет снизить содержание общего фосфора в очищенных водах до 1–1,5 мг/л, а общего азота до 8–10 мг/л (включая белковый, аммонийный, нитритный и нитратный). Глубокое удаление фосфора до 0,5 мг/л достигается при дополнительном использовании реагентов.

В 2007 г. по заказу ОАО «Нижегородский водоканал» научно-производственной фирмой «Экополимер-М» выполнен проект «Модернизация аэротенков очистных сооружений с заменой системы подачи активного ила». Проектом предусматривается четырехкоридорные аэротенки с рассредоточенным впуском сточной жидкости перевести в режим нитри-денитрификации и биологического удаления фосфора.

Основным технологическим приемом денитрификации является создание в сооружениях биологической очистки условий, при которых бактерии активного ила в качестве окислителя используют кислород нитратов (NO_3^-), а инертный газообразный азот высвобождается в атмосферу. Для эффективного биологического удаления фосфатов требуется организация аэробных или бескислородных зон. Реализация проекта модернизации аэротенков намечена на 2008 г.

Выводы

Реконструкция и модернизация очистных сооружений канализации Нижнего Новгорода проводится постоянно (в течение всего срока эксплуатации) по мере выявления «узких» мест в технологической цепочке. Обеспечение бесперебойной работы сооружений механической очистки сточных вод (решеток) является определяющим фактором для нормальной эксплуатации всего технологического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзиминскас Ч. А., Луков А. Н., Голубев Н. В. и др. Опыт работы Нижегородского водоканала по водоснабжению и водоотведению. – Киров: КОГУП «Кировская областная типография», 2002.
2. Пат. 2086737 РФ, МПК[6] Е 03 F 5/14. Устройство для очистки сточных вод / Ч. А. Дзиминскас, В. П. Белов, И. К. Буряковидр.

Итоги первого десятилетия работы Инженерно-технологического центра по проблемам канализации МГУП «Мосводоканал»

В мае 2007 г. исполнилось 10 лет со дня образования в структуре МГУП «Мосводоканал» Инженерно-технологического центра по проблемам канализации (ИТЦ). Это подразделение было создано для разработки и внедрения на сооружениях московской канализации новейших технологий очистки городских сточных вод и обработки осадка.

При создании ИТЦ был намечен основной круг проблем, требующих незамедлительного решения: удаление биогенных элементов из сточных вод, обеззараживание очищенных вод, совершенствование технологий обработки осадка. Дальнейшее развитие предприятия выдвинуло такие важные задачи, как сбор и анализ информации по технологиям и оборудованию, мониторинг водных объектов, автоматизация технологического контроля, разработка технологических нормативов для служб эксплуатации, обработка осадка станций водоподготовки, борьба с выделением запахов, обработка возвратных потоков от очистных сооружений, совершенствование аэрационных систем аэротенков и технологий глубокой доочистки сточных вод, предпроектные технико-экономические проработки и др.

ИТЦ располагается в отдельном здании на территории Курьяновских очистных сооружений, имеет оснащенные современным оборудованием модельный зал и химико-аналитическую лабораторию, помещения для камеральных работ (рис. 1). Поскольку практически все выполняемые работы проходят пилотную и опытно-промышленную стадии отработки и внедрения, ИТЦ располагает комплексом исследовательских установок различного масштаба (рис. 2).

Удаление из сточных вод соединений азота и фосфора

Главная задача этого направления – разработка технологий удаления соединений азота и фосфора на московских очистных сооружениях при минимальных дополнительных затратах на реконструкцию и эксплуатацию сооружений. Проведенные в ИТЦ лабораторные и пилотные эксперименты, технологические расчеты с применением современных программ моделирования позволили выбрать для производственных испытаний несколько альтернативных схем реконструкции действующих сооружений. Все схемы основаны на процессах биологической нитри-денитрификации и дефосфотации, осуществляемой путем поглощения фосфатов отдельной группой фосфораккумулирующих бактерий. Исследования были ориентированы на безреагентное удаление фосфора как наиболее экономичный процесс.

Отработка данных схем была осуществлена на крупномасштабном промышленном полигоне старого блока Люберецких очист-

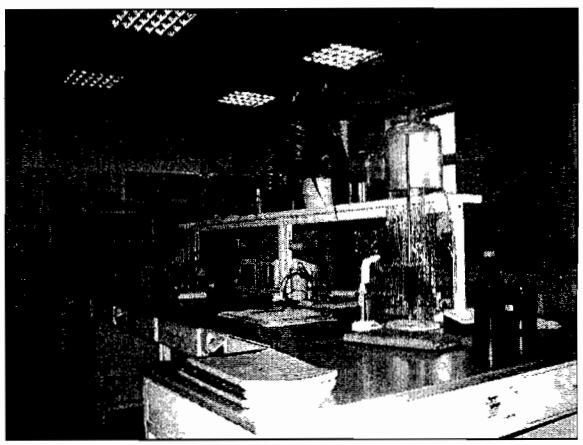


Рис. 1. Химическая лаборатория ИТЦ на Курьяновских очистных сооружениях



Рис. 2. Пилотная установка для исследования технологических схем удаления биогенных элементов

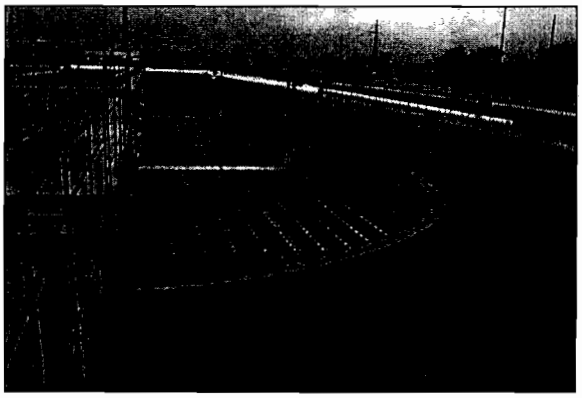


Рис. 3. Реконструкция опытно-промышленной технологической линии Люберецких очистных сооружений с внедрением биологического удаления азота и фосфора

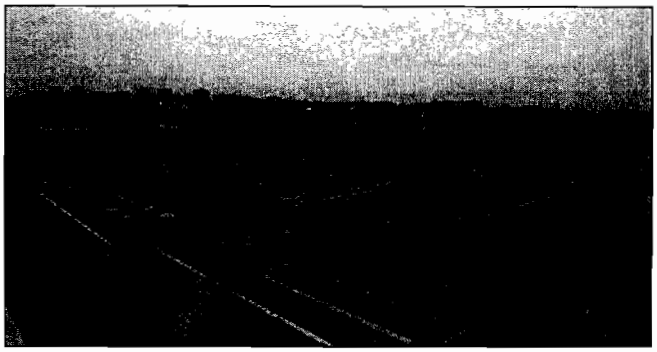


Рис. 4. Ново-Люберецкие очистные сооружения. Новый блок с удалением биогенных элементов

ных сооружений на базе трех реконструированных самостоятельных технологических линий производительностью 80 тыс. $м^3$/сут каждая (рис. 3). Аналогичная работа проводилась на технологической линии производительностью 50 тыс. $м^3$/сут Курьяновских очистных сооружений. Достигнутые показатели качества очистки приведены в таблице.

В результате производственных исследований установлено, что для очистки сравнительно низкоконцентрированных по органическим веществам городских сточных вод, характерных для российских городов, наиболее эффективной является технологическая схема с предварительной денитрификацией иловой смеси перед ее рециклом в анаэробную зону. Основными условиями для эффективного проведения процессов биологической очистки от азота и фосфора являются: поддержание аэробного возраста ила в заданных пределах, обеспечивающих одновременное протекание процессов нитрификации и дефосфотации; рациональное использование содержащегося в исходной сточной воде органического субстрата, необходимого для процессов денитрификации и дефосфотации.

Результаты проведенных исследований позволили создать и успешно ввести в эксплуатацию один из крупнейших в мире блоков производительностью 500 тыс. $м^3$/сут на Ново-Люберецких очистных сооружениях (рис. 4).

Перспективным направлением повышения глубины и надежности удаления аммонийного и нитритного азота является применение технологии двухступенчатой биологической очистки с использованием на второй ступени биореактора с плавающей загрузкой – искусственным активным илом. Проведенные лабораторные и пилотные исследования загрузочного материала BioChip® (рис. 5) показали, что за 30 мин пребывания в биореакторе концентрация аммонийного азота может быть снижена с 4–6 до 0,2–0,8 мг/л. Данное технологическое решение использовано в проектах реконструкции блоков очистки сточных вод на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях.

Показатель, мг/л	Очищенная вода	$ПДК_{рыбхоз}$
$N–NH_4$	0,3	0,4
$N–NO_2$	0,02	0,024
$N–NO_3$	5,2	9,1
$P–PO_4$	0,15	0,2

Важнейшим компонентом сооружений биологической очистки являются аэрационные системы. ИТЦ на протяжении ряда лет проводит изучение эффективности использования подаваемого в них кислорода воздуха для различных диспергаторов воздуха методом определения массового баланса кислородпоглощающих загрязнений по аэротенку в целом, а также прямым измерением по методике «колокола» (рис. 6). Исследовались системы аэрации зарубежных фирм: «Флигт» (система «Санитер», Канада), «ОТТ» (Германия), «Аэрострип» (Австрия), а также отечественных производителей – «Патфил» (АР-300) и «Экополимер» («Аква-Тор»). Исследования влияния типа раскладки диспергаторов на эффективность аэрации, проведенные на опытно-промышленном сооружении, установили, что наибольшая эф-

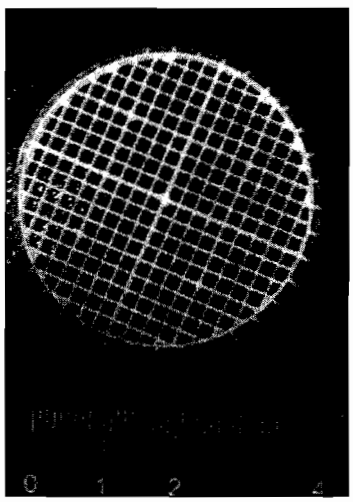


Рис. 5. Плавающий загрузочный материал BioChip®

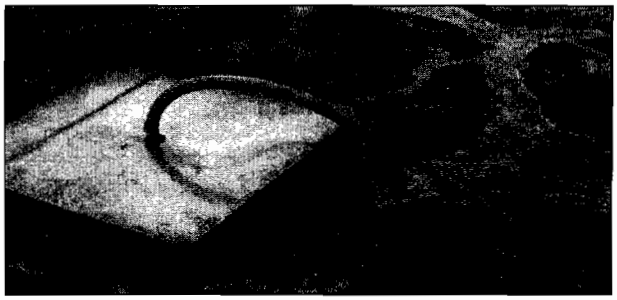


Рис. 6. Воздухозаборное устройство для определения фактической эффективности аэрационных систем

фективность для аэраторов «Аэростриn», имеющих форму пластин длиной 1,5–3 м, достигается при поперечной схеме раскладки. Для дисковых тороидальных мембранных аэраторов «Аква-Тор» наиболее эффективной является продольная укладка рядами.

Доочистка сточных вод

Применительно к большим расходам сточных вод использование скорых зернистых фильтров имеет ряд недостатков: кольматацию дренажной системы, вынос и истирание загрузки, недостаточную грязеемкость, частые энергоемкие промывки, высокий расход промывной воды. В ИТЦ разработан адгезионный фильтр доочистки с загрузкой из ребристых пластиковых шаров (рис. 7). По результатам пилотных испытаний на Курьяновских очистных сооружениях переоборудован один из фильтров площадью 113 м^2 и производительностью 30 тыс. м^3/сут. При удалении взвешенных веществ до концентрации 3–4 мг/л фильтроцикл увеличился до 14 сут (при 12–18 ч для скорых фильтров).

Обеззараживание очищенных сточных вод

Очищенные сточные воды подлежат обеззараживанию для удаления бактерий, вирусов и патогенных простейших. Однако в условиях крайне малого разбавления в р. Москве (1:1 после сбросов Курьяновских и Люберецких очистных сооружений) использование хлорирования привело бы к гибели биоценоза на десятки километров ниже сбросов. Накопленный экспериментальный и теоретический материал, проведенная ранговая экспертная оценка и технико-экономические расчеты позволили выбрать УФ-обеззараживание как основное направление дезинфекции очищенных вод. Проведенный совместно с НПО «ЛИТ» цикл лабораторных и пилотных исследований показал, что УФ-облучение эффективно обезвреживает не только бактерии, но и вирусы и цисты патогенных простейших. Развитие систем обеззараживания в МГУП «Мосводоканал» показало правильность намеченного направления. Построены и успешно эксплуатируются станции УФ-обеззараживания в Зеленограде и Южном Бутове, в августе 2007 г. будет введен в эксплуатацию крупнейший в мире блок УФ-обеззараживания на Люберецких очистных сооружениях производительностью 1 млн. м^3/сут.

Метановое сбраживание осадка

Основным звеном обработки осадка на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях являются метантенки, в которых осуществляется процесс термофильного метанового сбраживания. Многие годы слабым местом метантенков являлось недостаточное перемешивание, приводившее к заполнению большей части его объема песком и коркой. В мировой практике для перемешивания используются различные инженерные решения –

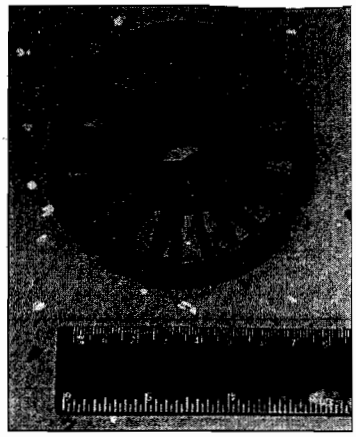


Рис. 7. Элемент пластиковой загрузки адгезионного фильтра доочистки

высоко- и низкооборотные мешалки, барботаж биогазом и др. По результатам технико-экономических и технологических разработок, выполненных ИТЦ, было выбрано оптимальное направление – использование низкооборотных мешалок с двумя рядами лопастей большого диаметра. После успешного проведения опытно-промышленных испытаний на Люберецких и Курьяновских очистных сооружениях внедрено 16 таких мешалок, работа которых обеспечивает устойчивое увеличение выхода биогаза на 20 %.

Для снижения нагрузки на метантенки в период их реконструкции было разработано и реализовано временное техническое решение – аэробная стабилизация части расхода избыточного активного ила в одном из аэротенков с последующим уплотнением и обезвоживанием стабилизированного ила совместно со сброженной смесью осадков.

Обработка осадка станций водоподготовки

Ежегодно на московских станциях водоподготовки образуется около 30 тыс. т водопроводного осадка по сухому веществу. До относительно недавнего времени осадок накапливался в прудах и карьерах и подсушивался на иловых площадках. Для экологически безопасной утилизации водо-

проводного осадка с учетом решения градостроительных задач в Московской области необходимо этот осадок обезвоживать.

ИТЦ был выполнен комплекс работ по исследованию процессов образования, уплотнения и обезвоживания осадка станций водоподготовки. В настоящее время с использованием этих данных завершается проектирование двух цехов механического обезвоживания на Восточной и Рублевской станциях водоподготовки. В качестве временной меры по результатам крупномасштабного промышленного эксперимента был выбран прием водопроводного осадка по канализационной сети в составе сточной воды на Люберецкие и Курьяновские очистные сооружения с его обработкой совместно с образующимся там осадком. При участии ИТЦ было определено влияние водопроводного осадка на работу очистных сооружений, установлены лимиты его поступления, не снижающие надежности эксплуатации.

Почвенная утилизация осадка

После значительного снижения концентрации тяжелых металлов обезвоженный сброженный осадок является ценным удобрением и рекультивантом. Однако неудовлетворительные механические и органолептические свойства осадка не позволяют использовать его для городского озеленения и затрудняют применение в питомниках декоративного садоводства. В ИТЦ разработан технологический процесс компостирования сброженного осадка, позволяющий достичь значительного улучшения его структуры и реологических свойств и снижения микробиологического загрязнения до уровня нормативных требований. Несмотря на то что содержание биоразлагаемого вещества осадка после сбраживания снижено, в процессе компостирования достигается автотермический разогрев осадка до 50–60 °С.

В связи с дефицитом в условиях города органических отходов разработан процесс совместного компостирования с применением оборотного пополняемого наполнителя, обеспечивающего необходимую начальную воздухопроницаемость компостируемой смеси. Полученный компост был использован в производственном эксперименте как удобрение под декоративные культуры на Волгоградском проспекте. Использование компоста многократно повысило выживаемость растений даже в условиях суровой зимы 2005–2006 годов и существенно улучшило их последующее развитие.

Оптимизация эксплуатации сооружений очистки сточных вод

В условиях эксплуатации на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях метантенков ограниченного объема большое значение имеет уменьшение расхода подаваемой в них смеси осадка первичных отстойников и избыточного активного ила. Исследования работы первичных отстойников позволили определить оптимальные технологические режимы их эксплуатации, обеспечивающие минимальный суммарный расход осадков. Это достигается путем поддержания минимального уровня стояния осадка и более гибкого контроля его влажности при выгрузке, что позволяет увеличить расход осадка первичных отстойников и уменьшить прирост и расход избыточного активного ила, имеющего более высокую влажность.

Реализация данного режима на Курьяновских очистных сооружениях, в том числе в условиях применения автоматизированной системы управления первичными отстойниками, позволила сократить общий расход смеси осадков на 20 %.

Уплотнение и сгущение сброженных осадков

Технология промывки и уплотнения термофильно сброженного осадка формирует возвратные потоки в головные сооружения. Они сильно загрязнены взвешенными веществами, аммонийным азотом и фосфатами. Рецикл взвешенных веществ в значительной степени определяется нагрузкой на радиальные уплотнители сброженного осадка. При чрезмерном увеличении этой нагрузки рецикл достигает 20 % по массе сброженного осадка, что приводит к увеличению расхода образующихся осадков до 25–30 %.

Для решения проблемы рецикла, в особенности в условиях приема водопроводного осадка, разработана и реализована технология двухступенчатого уплотнения и сгущения сброженного осадка с использованием ленточных сгустителей. Она позволила существенно повысить нагрузку на сооружения уплотнения без увеличения рецикла. Всего на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях установлено семь сгустителей сброженного осадка, что позволяет принимать на обработку до 200 т водопроводного осадка по сухому веществу.

Испытания и разработка новых приборов контроля качества очистки сточных вод, методик лабораторного контроля

Работоспособность приборов контроля имеет ключевое значение для эффективной эксплуатации современных очистных сооружений. На нашем предприятии большое внимание уделяется выбору эффективных и надежных контрольно-измерительных приборов. При выборе нового оборудования образцы предварительно проходят стендовые или производственные испытания с привлечением сотрудников

Центра. За годы работы ИТЦ испытаны десятки образцов приборов зарубежных и отечественных фирм.

В ИТЦ созданы уникальные для нашей страны лабораторные стенды, позволяющие определять основные биохимические характеристики активного ила – скорость потребления кислорода, нитри- и денитрификации. Ведется периодический контроль кинетики нитрификации активных илов различных блоков очистных сооружений, являющейся одним из индикаторов стабильности процессов биологической очистки на станциях аэрации.

Создана система микроскопического анализа активного ила, позволяющая получать четкие изображения активного ила и его микрофлоры с увеличением до 1500 раз, заносить их в базу данных персонального компьютера для хранения и обработки с помощью имидж-анализа. Отработана методика выявления в иловой смеси аэротенков нитчатых форм бактерий, вызывающих вспенивание и вспухание активного ила. Методика позволяет провести экспресс-диагностику ила, необходимую для принятия надлежащих мер по предотвращению массового развития этих процессов.

Совершенствование технологии рекультивации иловых площадок

В конце 90-х – начале 2000-х годов МГУП «Мосводоканал» по поручению правительства Москвы решило грандиозную задачу по ликвидации иловых площадок (около 800 га), находившихся в черте города (нынешний район «Марьино»). Для предотвращения выделения остаточного метана в сооружениях по захоронению обезвоженного осадка, удаленного с иловых площадок, по требованию природоохранных органов было предусмотрено перед процессом обезвоживания добавлять в осадок до 20 % извести (в виде известкового молока). Проведенными в ИТЦ исследованиями динамики реализации остаточного биогазового потенциала было установлено, что применение извести не уменьшает его величину, а лишь относительно ненадолго отодвигает процесс метаногенерации, который возобновляется после завершения самопроизвольно протекающего в осадке процесса биохимической нейтрализации гидроксида кальция. Данный вывод позволил отказаться от извести и сэкономить городскому бюджету сотни миллионов рублей (в сегодняшних ценах), а также ускорить проведение работ по рекультивации.

В начальный период освоения процесса механического обезвоживания с помощью флокулянта требовалось изучить свойства обезвоженного осадка как объекта депонирования. С этой целью в сотрудничестве со специалистами-геологами проведен промышленный эксперимент на иловой площадке № 13 Курьяновских очистных сооружений, где был создан опытный полигон наземной конструкции из трех слоев обезвоженного осадка мощностью 2–2,5 м с промежуточными слоями песка. Информация, полученная в ходе этого эксперимента, позволила разработать технологию депонирования обезвоженного осадка, являющуюся в настоящее время базовым методом его размещения.

Утилизация снежной массы, убираемой с городских территорий, с использованием тепла сточных вод

Проблема утилизации снега, убираемого с городских улиц, является чрезвычайно актуальной для Москвы. Начиная с 2000 г. МГУП «Мосводоканал» реализовало масштабную программу создания снегоплавильных пунктов, работающих с использованием тепла сточных вод. Эти сооружения должны улавливать оседающие грубодисперсные загрязнения, содержащиеся в снеге, и препятствовать их попаданию в канализационные каналы вместе с талой водой. При разработке исходных данных для проектирования в ИТЦ были изучены процессы плавления снега и льда, в том числе с учетом их плотности и гидравлических условий.

На Люберецких очистных сооружениях был проведен производственный эксперимент по плавлению снега, положивший начало созданию промышленных сооружений на канализационной сети.

После ввода в эксплуатацию первых снегосплавных пунктов ИТЦ были проведены исследования влияния приема снега на работу очистных сооружений. Работа охватывала как лабораторные исследования воздействия содержащихся в талой воде компонентов (нефтепродуктов и противогололедных реагентов) на биохимические свойства активного ила, так и детальный анализ работы московских очистных сооружений в зимний период. Полученное убедительное доказательство отсутствия значимого воздействия принимаемого снега на эффективность Работы очистных сооружений позволило принять решение о широкомасштабном внедрении в городе технологии плавления снега сточной водой.

Изучение состояния р. Москвы в среднем и нижнем течении

С 1998 г. в ИТЦ продолжились работы по экомониторингу р. Москвы, осуществлявшиеся службой московской канализации с конца XIX века. Оценка современной структуры экосистемы оценивалась по сезонной и суточной динамике гидрохимических свойств воды в постоянных створах наблюдений, по гидро-

биологическим наблюдениям за состоянием фито-, зоо- и бактериопланктона, зообентоса, которые стали регулярно проводиться в реке с 2003 г. Установлено, что экосистема реки функционирует как целостная, в ней представлены все трофические уровни. Влияние очищенных сточных вод Курьяновских очистных сооружений на структуру экосистемы выражается в повышении плотности биомассы рыб в районе выпуска и на участке, расположенном в 3–4 км ниже выпуска. По данным анализа содержимого желудков рыб было выявлено, что активный ил является предпочтительным кормом для большинства их видов. Не было выявлено ухудшения физиологических и морфологических параметров рыб, живущих около выпусков, по сравнению с ихтиофауной верховий р. Москвы.

Постоянный контроль, проводимый с 1999 г. на наиболее чувствительных биотестах (цериодафнии, инфузории, рыбы, моллюски), показал, что очищенная сточная вода не является токсичной. Основное влияние на речную воду по токсичности оказывают поверхностные воды, поступающие с городской территории выше выпуска Курьяновских очистных сооружений.

На новом блоке удаления биогенных элементов Ново-Люберецких очистных сооружений создан и с августа 2006 г. работает стенд производственного контроля токсичности очищенной воды с использованием в качестве тест-объектов стерляди.

По данным лабораторного моделирования и полевым наблюдениям, определены основные закономерности процессов самоочищения на разных участках реки и роль биологически очищенных вод в этих процессах. Выявлено, что роль очищенных вод в удалении азота проявляется в формировании особых нитри-денитрифицирующих сообществ на участке от выпусков до устья. За счет микробиологических процессов на этом участке реки удаляется более половины всего азота, поступающего со сточными водами города.

Очистка газовых выбросов от сооружений канализации

Канализационные сооружения являются потенциальным источником поступления в атмосферу загрязняющих веществ, прежде всего летучих органических соединений серы и азота, обладающих неприятным запахом. Первым шагом в решении этой проблемы стала разработка надежных методов измерения интенсивности потоков выделяющихся загрязнений, что позволило выявить наиболее значимые источники загрязнения. В сотрудничестве с отечественными организациями-разработчиками проведены испытания наиболее эффективных методов: биохимической очистки в орошаемом биофильтре, сорбционной очистки на различных типах углей и физико-химической очистки с использованием комплексного воздействия УФ-облучения, катализатора и озона.

В настоящее время с целью выбора оптимального решения осуществляется опытно-промышленное освоение этих технологий. В ближайших планах – разработка комплексного проекта по предотвращению дурнопахнущих выбросов от Курьяновских очистных сооружений.

Наряду с вышеописанными работами, вышедшими на промышленный уровень, большое внимание уделяется перспективным технологиям. Проводятся исследования в области очистки возвратных потоков от обработки осадка. Начались пилотные испытания процесса удаления азота и фосфора из возвратных потоков в виде струвита (магний – аммоний фосфата). Для удаления аммонийного азота с высокой концентрацией из таких сточных вод, обедненных органическим веществом, ведется отработка технологии, основанной на анаэробном окислении аммония (процесс АНАММОКС) автотрофными бактериями. Эта технология является альтернативой нитри-денитрификации, отличаясь от нее меньшими энергозатратами и высокой скоростью.

Широкие возможности открываются при использовании технологий со сверхвысокими (8–12 г/л) дозами ила, так как они позволяют существенно сократить площади, отводимые под очистные сооружения (аэротенки и вторичные отстойники). Для реализации таких технологий могут быть использованы как мем-

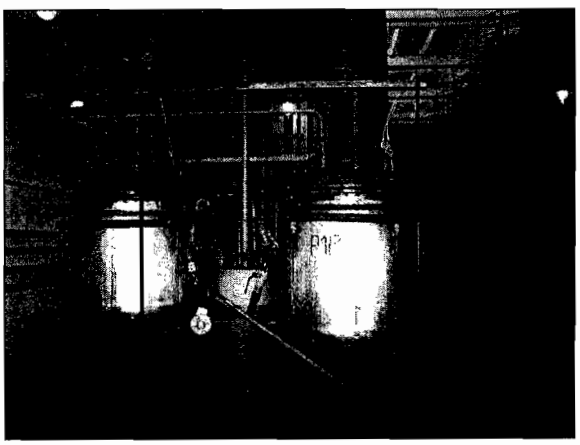


Рис. 8. Пилотная установка для отработки технологий метанового сбраживания осадков

бранные биореакторы, так и другие приемы, основанные на улучшении седиментационных свойств активного ила. На пилотной установке (рис. 8) отработаны различные варианты интенсификации процесса метанового сбраживания за счет разделения процесса на фазы. Планируется реализовать эту технологию при дальнейшей реконструкции метантенков.

По итогам 10 лет работы Инженерно-технологический центр по проблемам канализации МГУП «Мосводоканал» занял одно из ведущих мест среди отечественных отраслевых организаций, занимающихся исследованиями, разработками и промышленным внедрением передовых технологий. Все законченные этапы работ, выполненных сотрудниками Центра, публикуются в отечественных и зарубежных журналах, докладываются на конференциях и конгрессах.

Центр работает в тесном сотрудничестве со специалистами МГУ им. М. В. Ломоносова (факультеты: химический, биологический, почвоведения, геологический, Экоцентр), ГУП «МосводоканалНИИпроект», МГСУ, МГУИЭ, ОАО «НИИ ВОДГЕО», НИИ КВОВ, СПбГАСУ, ЭАА «Экоаналитика», ЗАО «Роса», институтов РАН: микробиологии им. С. Н. Виноградского, биохимии им. А. Н. Баха, ИПЭЭ им. А. Н. Северцова, почвенного им. В. В. Докучаева, общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова, института агрохимии РАСХН, многих отечественных и зарубежных фирм.

В ближайшие планы развития ИТЦ входит увеличение площадей для проведения экспериментов, создание исследовательских установок для работы по новым направлениям, совершенствование аналитической базы, расширение сотрудничества Центра с отечественными и зарубежными исследовательскими и инновационными организациями, учебными заведениями.

С. В. ХРАМЕНКОВ, канд. техн. наук, генеральный директор;
А. Н. ПАХОМОВ, первый заместитель генерального директора;
Д. А. ДАНИЛОВИЧ, канд. техн. наук, главный технолог Управления канализации;
М. Н. КОЗЛОВ, канд. техн. наук, начальник Управления новой техники и системного развития;
О. В. МОЙЖЕС, канд. техн. наук, руководитель Инженерно-технологического центра по проблемам канализации;
А. Г. ДОРОФЕЕВ, канд. биол. наук, главный специалист;
Н. М. ЩЕГОЛЬКОВА, канд. биол. наук, главный специалист
(МГУП «Мосводоканал»)

Е. М. КРЮЧИХИН, генеральный директор; Н. А. НИКОЛАЕВ, заместитель генерального директора по научной работе; Н. А. ЖИЛЬНИКОВА, начальник отдела маркетинга; Н. Ю. БОЛЬШАКОВ, инженер-технолог (ЗАО «КРЕАЛ», С.-Петербург)

Технологические инновации в области очистки сточных вод

Эвтрофикация природных водоемов, развивающаяся под воздействием сброса сточных вод, приобретает все более угрожающие размеры. В процессе эвтрофикации ухудшается цвет воды, появляются привкусы и запахи, усиливается развитие фитопланктона, особенно сине-зеленых водорослей, нарушается жизнедеятельность рыб. Бурное развитие фитосинтезирующих организмов происходит при сбросе соединений азота и фосфора, которые являются основными компонентами, лимитирующими рост цианобактерий, водорослей и водных растений в поверхностных водоемах.

Значимым источником сброса азота и фосфора являются хозяйственно-бытовые и городские сточные воды. Большинство действующих в России очистных сооружений таких вод применяют традиционную биотехнологию, которая обеспечивает удаление фосфатов на 20–30 %, но не гарантирует эффективное удаление нитратов, образующихся в процессе нитрификации. В результате на многих объектах соблюдение нормативов сброса азота и фосфора не выполняется. В С.-Петербурге, расположенном в бассейне Балтийского моря, наряду с российскими нормативами необходимо соблюдать рекомендации ХЕЛКОМ.

Эффективное удаление азота до нормативных требований достигается с помощью технологии нитри- и денитрификации. Наиболее остро стоит проблема обеспечения нормативов ХЕЛКОМ по сбросу фосфора. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что решить эту задачу можно тремя способами:

химическая очистка с применением реагентов для осаждения фосфатов в виде нерастворимых металлофосфатов (фосфат железа или фосфат алюминия);

очистка от фосфора по технологии биологической дефосфотации;

сочетание биологической очистки с химическим осаждением фосфатов.

Химическое осаждение фосфатов

Механизм этого процесса заключается в образовании нерастворимых металлофосфатов при взаимодействии фосфатов с солями металлов (Fe, Al, Mg, Ca):

$$Fe_2(SO_4)_3 + 2H_3PO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 2FePO_4\downarrow + 3H_2SO_4.$$

Согласно стехиометрии реакции, на один атом железа (56 г) осаждается один атом фосфора (31 г). Соответственно на удаление 1 г фосфора фосфатов (по стехиометрии) требуется 1,806 г железа или 6,45 г сульфата железа $Fe_2(SO_4)_3$. Фактическая дозировка всегда больше стехиометрической. Отношение фактической дозы реагента $Д_ф$ к стехиометрической $Д_с$ называется коэффициентом запаса $K_{зап}$:

$$K_{зап} = Д_ф/Д_с.$$

Необходимый коэффициент запаса возрастает с уменьшением остаточной концентрации фосфора фосфатов. Кроме того, $K_{зап}$ зависит от состава сточных вод, в частности, от соотношения между полифосфатами и ортофосфатами в общей массе фосфатов. Химическое осаждение полифосфатов протекает значительно хуже, чем осаждение ортофосфатов. Поэтому с увеличением доли полифосфатов коэффициент запаса резко возрастает. Высокий коэффициент запаса – это не только повышенный расход реагента (существенные затраты), но и значительное подкисление среды, а также вторичное загрязнение очищенных сточных вод металлами (железом при использовании реагента сульфата железа), увеличение количества образующегося осадка и снижение его теплотворной способности.

Для нейтрализации кислоты, образующейся при подаче реагента, необходимо добавлять щелочь (дополнительные затраты). Для снижения содержания железа (или другого металла) требуется доочистка

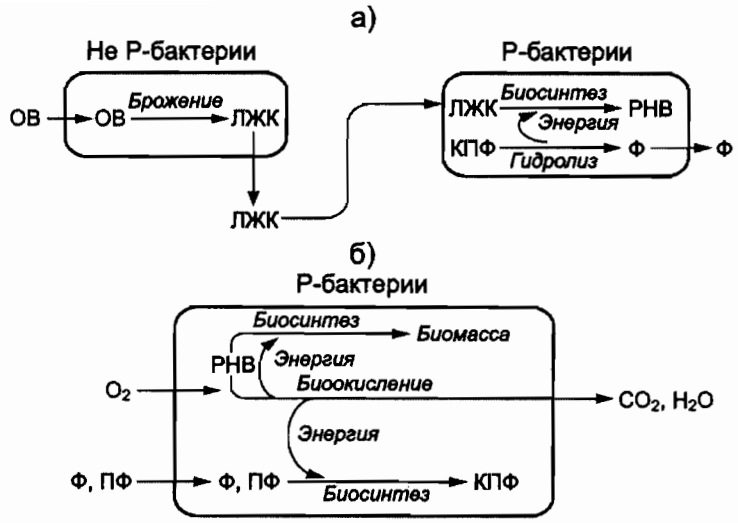


Рис. 1. Биологическая дефосфотация

а – анаэробные условия; *б* – аэробные условия; *ОВ* – органические вещества; *ЛЖК* – летучие жирные кислоты; *РНВ* – поли-β-гидроксибутират; *Ф* – ортофосфаты; *ПФ* – полифосфаты; *КПФ* – клеточные полифосфаты; *Р-бактерии* – фосфорнакапливающие бактерии; *Не Р-бактерии* – гетеротрофные бактерии кислотного сбраживания

или значительное сокращение гидравлической нагрузки на вторичные отстойники (строительство отстойников или сооружений доочистки – опять дополнительные затраты). Увеличение количества осадка влечет также затраты на обезвоживание, а с учетом снижения теплотворной способности возрастают затраты на сжигание (требуется больше газа). В отличие от Западной Европы в России, включая С.-Петербург, городские сточные воды содержат много полифосфатов (в основном от применяемых моющих средств), поэтому для их очистки требуются более высокие дозы реагента (высокий $K_{зап}$).

Биологическая очистка от фосфора

Принцип биологической очистки от фосфора (биологической дефосфотации) заключается в создании условий для развития в составе активного ила фосфораккумулирующих бактерий (Р-бактерий). Для этого в системе биологической очистки выделяют анаэробные и аэробные зоны, которые поочередно проходит активный ил (рис. 1).

В аэробных условиях фосфораккумулирующие бактерии поглощают из сточной воды повышенное количество фосфора в виде ***полифосфатов*** и ***ортофосфатов***. В клетках накапливается фосфор в количестве до 20 % сухого вещества биомассы. Фосфор откладывается в клетках в виде гранул полифосфатов, которые служат источником энергии, выделяющейся при гидролизе клеточных полифосфатов до ортофосфатов. Эта энергия используется фосфораккумулирующими бактериями в анаэробных условиях для потребления летучих жирных кислот (ЛЖК) и синтеза из них поли-β-гидроксибутирата (*PHB*). В аэробных условиях *PHB* идет на синтез биомассы, т. е. происходит рост и размножение фосфораккумулирующих бактерий. Параллельно происходит потребление из воды фосфатов, из которых синтезируются полифосфаты, запасаемые в клетках бактерий. Важно подчеркнуть, что, потребляя из воды поли- и ортофосфаты, фосфораккумулирующие бактерии выделяют в воду только ортофосфаты.

Летучие жирные кислоты, служащие источником питания фосфораккумулирующих бактерий, образуются в процессе анаэробного кислотного сбраживания органических веществ (ОВ) сточной воды. Их образование в анаэробных условиях идет значительно медленнее, чем потребление фосфораккумулирующими бактериями.

Общая скорость двустадийного процесса:

$$ОВ \xrightarrow{\text{брожение}} ЛЖК \longrightarrow PHB$$

определяется скоростью первой реакции. Поэтому для развития достаточного количества фосфораккумулирующих бактерий требуется выделение значительного объема анаэробной зоны в системе биологической очистки.

Объем анаэробной зоны можно значительно сократить двумя способами: сбраживание органических веществ до летучих жирных кислот еще до подачи сточных вод в аэротенк; интенсификация процесса кислотного сбраживания в аэротенке. По первому способу сбраживание следует проводить в специально реконструированных первичных отстойниках с выдерживанием первичного осадка в течение не менее 3–5 сут до степени сбраживания осадка не менее 3–5 %. Осадок необходимо периодически перемещать (4–7 раз в сутки) путем перекачки на вход отстойника с разбавлением

очищенной сточной водой (из вторичных отстойников). Поскольку уплотнение осадка угнетает процесс его брожения, концентрация сырого осадка должна поддерживаться на уровне 10–20 г/л [1]. Для обеспечения этих условий на большинстве действующих первичных отстойников требуются предварительные технологические исследования с последующей разработкой технических решений и проекта реконструкции.

Второй способ – интенсификация процесса кислотного сбраживания в аэротенке – лежит в основе новой технологии биологической очистки городских сточных вод, разработанной в 2005 г. в С.-Петербурге [2]. По данной технологии в бескислородных зонах (анаэробной и аноксидной) аэротенка размещается плоскостная загрузка. В анаэробной зоне на загрузке развивается биопленка специфического микробного ценоза, содержащая преимущественно анаэробные гетеротрофные бактерии, которые адаптированы к поступающим в анаэробную зону органическим веществам и обеспечивают их быстрое сбраживание. При этом (по сравнению с другими технологиями биологической очистки от фосфора) доля бактерий в активном иле, способных производить кислотное сбраживание органических веществ, уменьшается. Соответственно растет доля бактерий, участвующих в окислении азота. В результате интенсификация анаэробного сбраживания в анаэробной зоне вызывает увеличение скорости нитрификации в аэробной зоне аэротенка в расчете на 1 г активного ила.

В силу более высокой устойчивости прикрепленных микроорганизмов к неблагоприятным воздействиям, связанным с изменениями характеристик поступающих сточных вод, увеличивается стабильность процесса кислотного сбраживания и уменьшается риск нарушения процесса биологической дефосфотации. В целом повышаются скорость и стабильность биологических процессов очистки от фосфора и азота, что позволяет существенно (в 1,2–1,5 раза) увеличить производительность аэротенка по сравнению, например, с известной технологией Кейптаунского университета. Это особенно важно при реконструкции традиционных аэротенков, когда необходимо реализовать новую биотехнологию без строительства дополнительных сооружений.

Технологические схемы биологической очистки разрабатываются для каждого конкретного объекта на основе математического моделирования с учетом характеристик поступающей сточной воды, требований к качеству очищенных сточных вод, а также конструктивных особенностей аэротенка, подлежащего реконструкции [3; 4]. При лимитировании процессов денитрификации и биологической дефосфотации по концентрации в сточной воде органических веществ (БПК) используются схемы, где в начале аэротенка размещаются бескислородные (аноксидные и анаэробные) зоны. При избытке органических веществ по отношению к азоту и фосфору допустимы схемы, в которых в начале аэротенка располагается аэробная зона (зона нитрификации), а затем размещаются бескислородные зоны.

Новая технология биологической очистки сточных вод от азота и фосфора впервые была внедрена в 2005 г. на Центральной станции аэрации (ЦСА) С.-Петербурга в

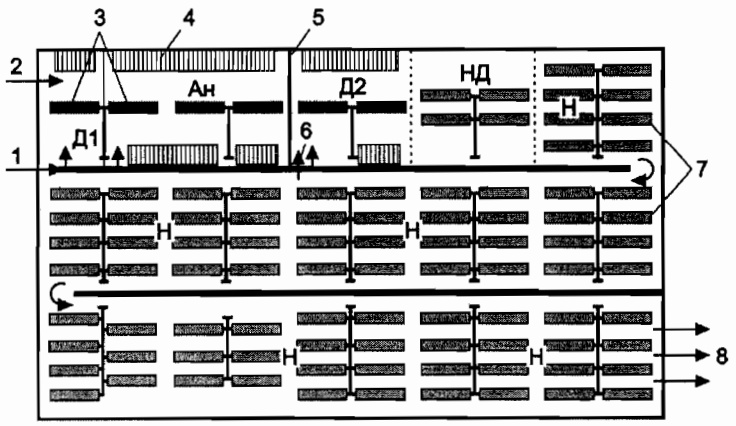


Рис. 2. Схема очистки воды от азота и фосфора во второй секции аэротенка первой очереди ЦСА

1 – сточная вода; *2* – возвратный ил; *3* – аэрационные модули с перфорированными аэраторами КРЕАЛ; *4* – блоки плоскостной загрузки КРЕАЛ; *5* – перегородка; *6* – эрлифт рецикла иловой смеси; *7* – аэрационные модули с пористыми аэраторами КРЕАЛ; *8* – иловая смесь на вторичные отстойники; *Д1, Д2* – аноксидные зоны (зоны денитрификации); *Ан* – анаэробные зоны; *Н* – аэробные зоны (зоны нитрификации); *НД* – переходные аэробно-аноксидные зоны

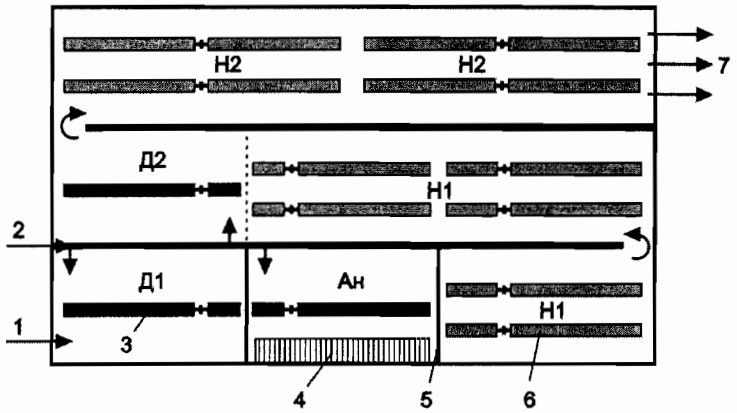


Рис. 3. Схема очистки воды от азота и фосфора в трех секциях аэротенка первой очереди КОС г. Пскова

1 – возвратный ил; *2* – сточная вода; *3* – аэрационные модули с перфорированными аэраторами КРЕАЛ; *4* – блоки плоскостной загрузки КРЕАЛ; *5* – перегородка; *6* – аэрационные модули с пористыми аэраторами КРЕАЛ; *7* – иловая смесь на вторичные отстойники; *Д1, Д2* – аноксидные зоны (зоны денитрификации); *Ан* – анаэробные зоны; *Н1, Н2* – аэробные зоны (зоны нитрификации)

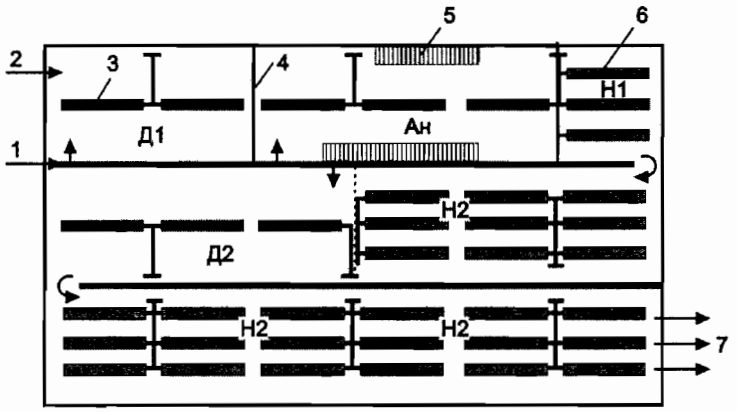


Рис. 4. Схема очистки воды от азота и фосфора в первой секции аэротенка второй очереди КОС г. Колпино

1 – сточная вода; *2* – возвратный ил; *3* – аэрационные модули с перфорированными аэраторами КРЕАЛ; *4* – перегородка; *5* – блоки плоскостной загрузки КРЕАЛ; *6* – аэрационные модули с пористыми аэраторами КРЕАЛ; *7* – иловая смесь на вторичные отстойники; *Д1, Д2* – аноксидные зоны (зоны денитрификации); *Ан* – анаэробные зоны; *Н1, Н2* – аэробные зоны (зоны нитрификации)

одной из шести секций аэротенка первой очереди (рис. 2). Даже такое частичное усовершенствование повысило степень очистки от фосфатов с 10 до 30–40 % на всех очистных сооружениях первой очереди ЦСА при обеспечении нормативного сброса азота и сокращении расхода воздуха на аэрацию более чем на 20 %.

В конце 2005 г. реконструирована еще одна секция аэротенка первой очереди ЦСА. Степень очистки сточных вод от фосфатов повысилась до 70–80 %.

В том же году реконструированы аэротенки очистных сооружений городов Колпино и Пскова (рис. 3, 4). Подтверждена высокая эффективность разработанной технологии, в частности, достигнуто устойчивое протекание процессов нитри-денитрификации и биологической дефосфотации даже при низких температурах сточной воды (до 10–12 °С).

На КОС г. Пскова в аэротенке первой очереди в январе–феврале 2006 г. при температуре сточной воды 12 °С эффективность удаления аммонийного азота превысила 95 %, выходная концентрация общего азота составила менее 4 мг/л, фосфора фосфатов – 1–1,8 мг/л (в среднем 1,4 мг/л), а общего фосфора в аэротенке – 1,6 мг/л (табл. 1).

В аэротенке второй очереди КОС г. Колпино за март 2006 г. достигнуто удаление фосфатов свыше 80 % при эффективности очистки от аммонийного азота 97–98 %. Качество очищенных сточных вод по соединениям азота и

Таблица 1

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л			Эффективность очистки, %
	на входе в аэротенк	после вторичного отстойнка	удаление	
$БПК_5$	72	6,4	65,6	91,1
Взвешенные вещества	38	12,3	25,7	67,6
Азот аммонийный	14,6	0,6	14	95,9
Азот нитратов	0,14	2,2	–	–
Азот нитритов	0,02	0,02	–	–
Азот общий	16,28	3,54	12,74	78,3
Фосфор фосфатов	2,8	1,4	1,4	50
Фосфор общий	3,37	1,65	1,72	51

фосфора отвечает требованиям ХЕЛКОМ и российским нормативам на сброс в водоем рыбохозяйственного назначения (табл. 2).

Сочетание биологической очистки с химическим осаждением фосфатов

При необходимости технология биологической дефосфотации может быть дополнена химическим осаждением фосфатов с подачей реагентов перед вторичными отстойниками и к иловым водам, образующимся на стадии обработки осадка (надиловая вода с илоуплотнителей, фугат или фильтрат от цеха механического обезвоживания). Наименьший расход реагента на единицу осаждаемого фосфора фосфатов наблюдается при реагентной обработке иловых вод, в которых присутствуют ортофосфаты. Так, для сточных вод С.-Петербурга дозировка реагента (сульфата трехвалентного железа) перед вторичными отстойниками требует коэффициента запаса на уровне 2,5–3, а при реагентном осаждении фосфатов из иловых вод он не превышает 1,1. При сочетании с биологической очисткой от фосфора подача реагента может производиться периодически (только при возможном снижении эффективности биологической очистки – быстрое таяние снега, обильные дожди и т. п.).

Проведенный анализ показывает, что ***для современных российских условий с экономических и экологических позиций наиболее предпочтительными являются методы, основанные на биологической очистке сточных вод от азота и фосфора.*** Применение реагентов оправдано только в сочетании с биологической очисткой при необходимости дополнительного удаления фосфора фосфатов. При этом введение реагентов целесообразно производить в иловые воды, образующиеся на стадиях обработки осадка и возвращаемые на вход очистных сооружений. Применение плоскостной загрузки решает задачу перевода традиционных аэротенков в режим нитри-денитрификации и биологической дефосфотации без сокращения гидравлической нагрузки.

Особенностью биотехнологий очистки от азота и фосфора является более высокий иловый индекс по сравнению с традиционными системами аэробной биологической очистки. Это может вызвать увеличение выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников. Так как указанная взвесь представляет собой активный ил с высоким содержанием фосфора (до 4–6 % в схемах биологической дефосфотации), с увеличением концентрации взвешенных веществ в очищенных сточных водах возрастает содержание общего фосфора, сброс которого нормируется по требованиям ХЕЛКОМ (не более 1 мг/л).

Эффективным решением задачи доочистки от взвешенных веществ является реконструкция вторичных отстойников в отстойники-фильтры [5]. Фильтр с плавающей зернистой загрузкой размещается в проточной зоне отстойника. Осветленная в отстойнике вода фильтруется снизу вверх в режиме медленного безнапорного фильтрования. Периодическая промывка загрузки производится ее ожижением эрлифтными потоками, создаваемыми подачей воздуха. В процессе промывки основная часть взвешенных веществ выносится из тела фильтра в проточную зону отстойника и оседает на его дно.

Совмещение процессов отстаивания и фильтрования в одном сооружении дает ряд преимуществ по сравнению с доочисткой на отдельных фильтрах: увеличивается коэффициент использования объема отстойника; возрастает эффективность осветления

Таблица 2

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л			Эффективность очистки, %
	на входе в аэротенк	после вторичного отстойника	удаление	
$БПК_5$	120,8	4,1	116,7	96,6
Взвешенные вещества	51,2	5	46,2	90,2
Азот аммонийный	27,7	0,36	27,34	98,7
Азот нитратов	0,22	6	–	–
Азот нитритов	0,09	0,004	0,086	95,6
Азот общий	30,6	6,8	23,8	77,8
Фосфор фосфатов	3,8	0,5	3,3	86,8
Фосфор общий	4,4	0,85	3,55	80,7

Таблица 3

Исходная концентрация взвешенных веществ, мг/л	Эффективность доочистки на фильтре, %
35–80	80–90
20–35	70–80
10–20	65–70

сточных вод; снижается массовая нагрузка на фильтр и увеличивается длительность фильтроцикла; повышается качество очищенных сточных вод (табл. 3); упрощаются промывка и автоматизация фильтра; существенно снижаются капитальные и эксплуатационные затраты.

Конструкция отстойника-фильтра успешно реализована в промышленном масштабе на очистных сооружениях производительностью 120 тыс. $м^3$/сут. Размещение во вторичных радиальных отстойниках диаметром 40 м фильтров с плавающей зернистой полимерной загрузкой позволило в пять раз снизить содержание взвешенных веществ в очищенных сточных водах без увеличения эксплуатационных расходов и при капитальных затратах в 10 раз ниже, чем при строительстве отдельной фильтровальной станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками.
2. Свид. на полезную модель № 29053. Установка для очистки сточных вод.
3. Большаков Н. Ю. Оптимизация технологического процесса в системе аэротенк – отстойник для минимизации сброса органических и биогенных элементов: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – СПб, 2005.
4. Николаев А. Н., Большаков Н. Ю., Фетюлина И. А. Исследование влияния возраста активного ила на эффективность биологической дефосфотации в системе аэротенк – вторичный отстойник // Вода и экология: проблемы и решения. 2002. № 2.
5. Пат. на полезную модель № 52397. Устройство для биологической очистки сточных вод.

УДК 628.35.004.1

А. Н. БЕЛЯЕВ[1], Б. В. ВАСИЛЬЕВ[2], С. Е. МАСКАЛЕВА[3], Б. Г. МИШУКОВ[4], Е. А. СОЛОВЬЕВА[5]

Удаление азота и фосфора на канализационных очистных сооружениях

В рамках международного сотрудничества России с Финляндией, Германией, Францией и Данией ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» введен в эксплуатацию ряд современных канализационных очистных сооружений (КОС) с биологическим удалением азота и фосфора [1]. Две близкие по существу схемы работы блоков биологической очистки, в которых применяется предварительная денитрификация возвратного активного ила, надежны и эффективны.

В технологии Кейптаунского университета (рис. 1) возвратный ил сначала направляется в аноксидную зону для денитрификации, далее подается в анаэробную зону биоблока, где происходит вытеснение фосфатов в иловую смесь, а затем потребление фосфора илом в аноксидных и аэробных зонах. Для данной схемы очистки характерно наличие маневренной зоны с мешалками и аэраторами, которая может служить продолжением денитрификатора либо началом аэробной зоны в зависимости от условий протекания процесса (усиление денитрификации или для глубокой нитрификации). Изменение показателей состава воды по длине биоблока Юго-Западных очистных сооружений [2; 3] показано на рис. 2, результаты очистки приведены в табл. 1 (2007 г.).

Другая технология, примененная на биоблоке станции аэрации г. Пушкина (рис. 3), включает предденитрификатор для возвратного ила. Циркулирующий активный ил и часть

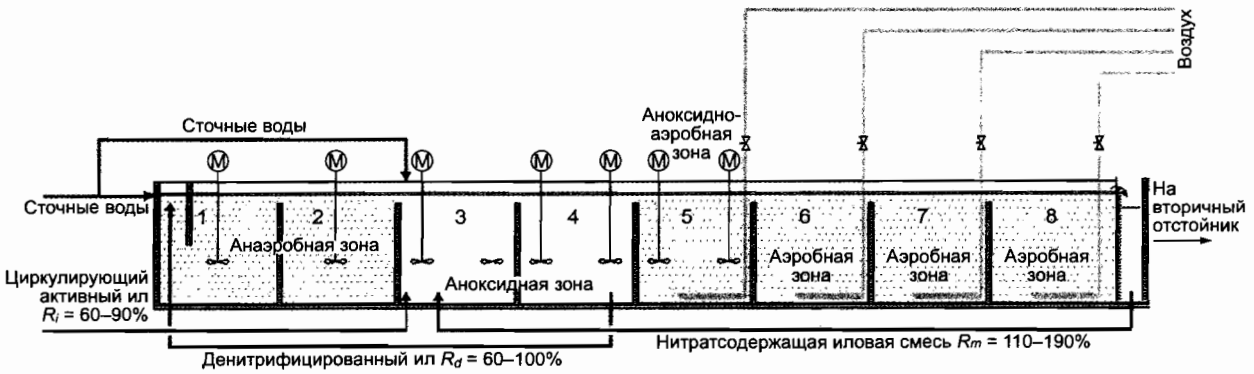


Рис. 1. Блок биологической очистки Юго-Западных очистных сооружений
1 – 8 – зоны биоблока

[1] *Беляев Анатолий Николаевич, директор филиала «Правобережный Водоканал», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 197229, Санкт-Петербург, пос. Ольгино, Коннолахтинский пр., 12, кор. 2, тел.: (812) 336-21-50, e-mail: Belyaev_AN@vodokanal.spb.ru*

[2] *Васильев Борис Викторович, советник первого заместителя генерального директора, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 191015, Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская, 42, тел.: (812) 326-53-30, e-mail: Vasilev_BV@vodokanal.spb.ru*

[3] *Маскалева Светлана Евгеньевна, начальник службы филиала «Левобережный Водоканал» Тел.: (812) 438-43-40, e-mail: Maskaleva_SE@vodokanal.spb.ru*

[4] *Мишуков Борис Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры водоотведения и экологии, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4, тел.: (812) 316-72-97*

[5] *Соловьева Елена Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры водоотведения и экологии E-mail: el-sol@yandex.ru*

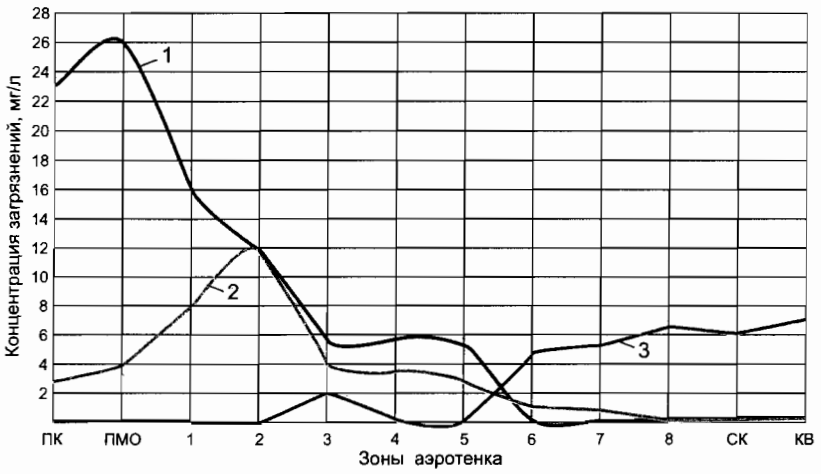


Рис. 2. Изменение показателей состава воды в процессе очистки на Юго-Западных очистных сооружениях

1 – аммонийный азот; *2* – фосфор фосфатов; *3* – нитратный азот; *ПК* – приемная камера; *ПМО* – после механической очистки; *СК* – сборная камера после вторичных отстойников; *КВ* – камера выпуска

Таблица 1

Показатель, мг/л	Исходная сточная вода	Очищенная вода
Взвешенные вещества	260	6,2
ХПК	400	26
$БПК_{полн}$	270	5,6
Азот общий	29	7,8
Азот аммонийный	16	1,2
Азот нитратный	0,1	5,2
Фосфор общий	5,1	0,83
Фосфор фосфатов	2,8	0,62

сточных вод (до 20–30% общего расхода) направляются в предденитрификатор, на выходе из которого в иловой смеси восстановлены нитраты. Далее следуют два отсека анаэробной зоны, а также два отсека аноксидной зоны (основного денитрификатора) [4]. Изменение показателей состава воды в процессе очистки приведено на рис. 4 и 5, а также в табл. 2.

Обе технологические схемы обладают достаточной надежностью и эффективностью при отсутствии значительных вторичных загрязнений от узла обезвоживания осадков. В очищенной воде Пушкинской и Сестрорецкой станций аэрации содержание общего азота составило менее 10 мг/л, а общего фосфора – менее 1 мг/л.

Увеличение концентрации биогенных элементов в очищенной воде происходит вследствие вторичных загрязнений, поступающих из узла обезвоживания осадков. Совместное обезвоживание осадка первичных отстойников и уплотненного избыточного ила при перемешивании и накоплении их в одном резервуаре равноценно процессам, происходящим в анаэробных условиях. При длительном хранении осадков (до 5 ч) происходит вытеснение фосфора фосфатов из клеток ила (до 250–300 мг/л). При кратковременном контакте ила и осадка количество вытесненного фосфора снижается до 20–30 мг/л, что незначительно отражается на общем содержании фосфора в очищенной воде. Несоблюдение технологического регламента приводит к увеличению выноса фосфора фосфатов до 100 мг/л. Уплотнение ила и осадка при раздельном их обезвоживании на очистной станции г. Сестрорецка позволило снизить загрязненность сливных вод и фугата до 10–20 мг/л, что не отражается на конечных результатах очистки.

Интенсифицировать процессы денитрификации и анаэробиоза можно за счет предварительного кислотного сбраживания загрязнений воды или осадка первичных отстойников. Возможно накопление осадка в первичных отстойниках слоем 1,2–1,5 м, в котором будут

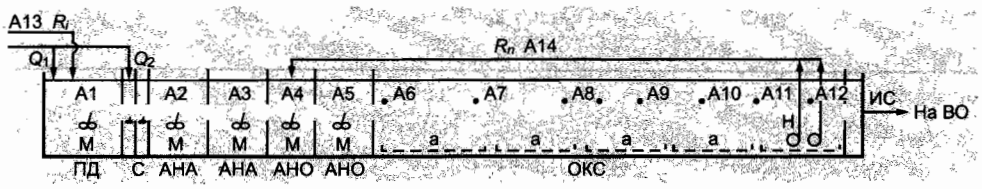


Рис. 3. Биоблок Пушкинской станции аэрации

A1–A14 – точки отбора проб; *ИС* – иловая смесь; *ВО* – вторичный отстойник; *Н* – насосы; *М* – мешалки; *а* – аэраторы; *ПД* – предденитрификатор; *С* – селектор; *АНА* – анаэробные отсеки; *АНО* – аноксидные отсеки; *ОКС* – оксидный отсек; R_i, R_n – рециркуляция ила и иловой нитратсодержащей смеси; Q_1 и Q_2 – подача сточных вод

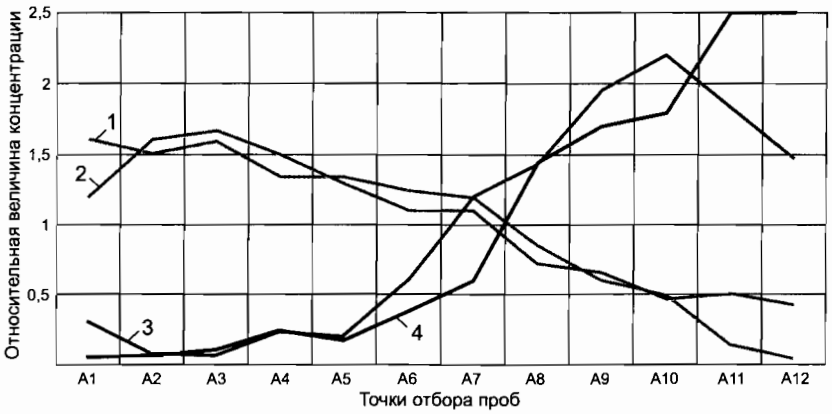


Рис. 4. Относительные изменения концентрации азота аммонийных солей (*1*), фосфора фосфатов (*2*), растворенного кислорода (*3*), и азота нитратов (*4*) по длине биоблока

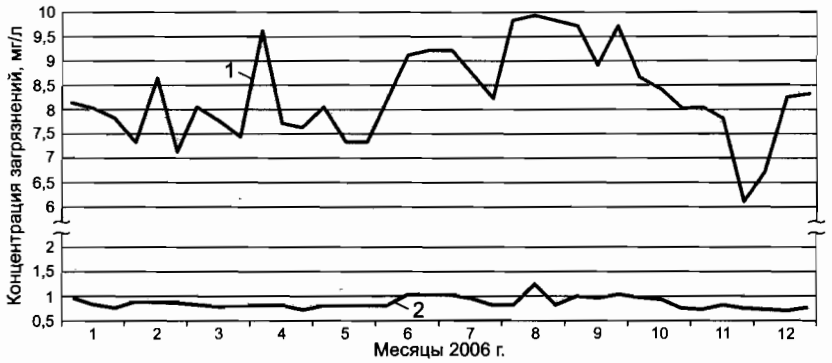


Рис. 5. Колебания (в годичном цикле) содержания общего азота (*1*) и фосфора (*2*) в очищенной воде Пушкинской станции аэрации

развиваться процессы кислотного брожения органических веществ. Более интенсивно гидролиз и сбраживание осадка протекают в отдельно расположенном сбраживателе (ферментаторе, ацидофикаторе) [5]. На Сестрорецкой станции аэрации один из первичных отстойников действовал в обычном режиме, пропуская 60–70% общего стока. Во второй отстойник, функционирующий в режиме сбраживателя, подавался весь осадок из первого отстойника и 30–40% сточных вод. Введение сбраживателя улучшило процесс денитрификации: содержание общего азота в очищенной воде снизился с 10–13 до 8–10 мг/л, общего фосфора с 1,1–1,5 до 0,8–1 мг/л (рис. 6, табл. 3).

Сочетание рациональной технологии работы биоблока, изменения условий обезвоживания осадка и избыточного ила, предварительное сбраживание органических веществ загрязнений в сточных водах требуют согласованности мероприятий в комплексном их взаимодействии. Становится актуальной задача перспективных разработок в направлении оптимизации технологических решений как по очистке сточных вод, так и по обработке осадков. Как известно, биологические методы позволяют снизить концентрацию азота и фосфора до 10 и 1 мг/л соответственно.

Реагентное химико-биологическое удаление фосфора усиливает и дополняет биологические процессы анаэробно-аноксидно-оксидной обработки. На КОС Санкт-Петербурга и пригородов проводятся испытания реагента: определяются места ввода и необходимые дозы (с целью снижения содержания общего фосфора до 0,3–0,7 мг/л) [6]. Обобщенная схема очистки сточных вод и обработки осадков показана на рис. 7. Добавка реагента – водного раствора Ferix-3 с 10%-процентным содержанием железа фирмы Kemira [7; 8] до первичных отстойников (точка *А*) дозой 90–120 г/м^3 позволяет снизить содержание фосфора фосфатов до 0,8–1,5 мг/л, а также на 15–20% увеличить задержание взвешенных веществ и снизить $БПК_5$ по сравнению с простым отстаиванием. Недостатком процесса являются увеличение зольности осадка, приводящее к нарушению автотермического режима в печах сжигания кека, и дефицит легкоокисляемой части органических веществ в сточных водах для денитрификации.

Введение реагента в иловую смесь перед вторичными от-

Таблица 2

Показатель, мг/л	Первый этап лабораторий		Второй этап лабораторий	
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода
Взвешенные вещества	37	10,6	36,2	10,8
$БПК_5$	72	3,4	64	3,4
ХПК	141	30,4	164	31,1
Азот общий	21,2	9,1	21,1	10,7
Азот аммонийный	19,7	1,8	20,9	8,1
Фосфор общий	3,6	1,33	2,8	0,85

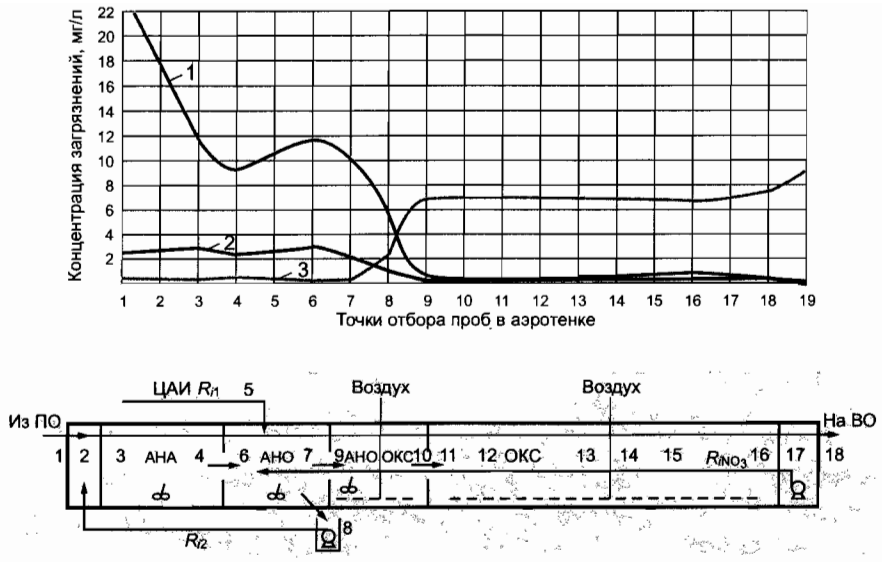


Рис. 6. Показатели работы биоблока Сестрорецкой станции аэрации
1 – аммонийный азот; *2* – фосфор фосфатов; *3* – нитратный азот; *АНА* – анаэробная зона; *ПО* – первичный отстойник; *ЦАИ* – циркулирующий активный ил; *ВО* – вторичный отстойник; *АНО* – аноксидная зона; *АНО/ОКС* – маневренная зона; *ОКС* – аэробная зона

Таблица 3

Показатель, мг/л (январь–август 2007 г.)	Исходная вода	Очищенная вода
Взвешенные вещества	140	5
ХПК	310	44
$БПК_5$	106	4,6
Азот общий	26	8
Азот аммонийный	18	0,3
Азот нитратный	0,083	5,4
Фосфор общий	3,6	0,8
Фосфор фосфатов	2,5	0,6

стойниками (точка *B*) позволяет практически вдвое снизить его дозу. При отсутствии в схеме очистки анаэробной зоны доза реагента колеблется в пределах 50–60 мг/л (например, для очистных сооружений Кронштадта), при наличии ее становится достаточной доза 30–40 г/м^3 (например, для очистных сооружений Сестрорецка). Существенное влияние оказывает остаточное содержание фосфора фосфатов в очищенной воде, так как низкая концентрация фосфатов позволяет гидроксилу OH^- вступать во взаимодействие с Fe^{+3} и перемещать процесс в область традиционной коагуляции воды. Соотношение Fe/P при этом увеличивается от 1 до 4–5 моль/моль. Появляется нежелательный перерасход реагента на побочные процессы.

С января 2006 г. на канализационных очистных сооружениях Кронштадта [9] началось стабильное дозирование реагента Ferix-3 в нижний канал аэротенков. Средняя доза составляла 48–50 г/м^3 сточных вод. В январе 2008 г. после реконструкции в работу введен аэротенк, и доза ила в аэротенках снизилась до 2 г/л, реагента Ferix-3 – до 30 г/м^3 сточных вод, концентрация общего фосфора в очищенной воде составляет 0,3–0,4 мг/л. Данные по работе канализационных очистных сооружений Кронштадта приведены в табл. 4.

Вторичные фосфатные загрязнения образуются также в сливных водах илоуплотнителей, резервуарах для осадков, фугате узла обезвоживания. Степень загрязнения сливных вод фосфором зависит от продолжительности уплотнения избыточного ила (8–10 мг/л при уплотнении в течение 8–12 ч и 15–20 мг/л при суточном хранении). Коагуляция осветлен-

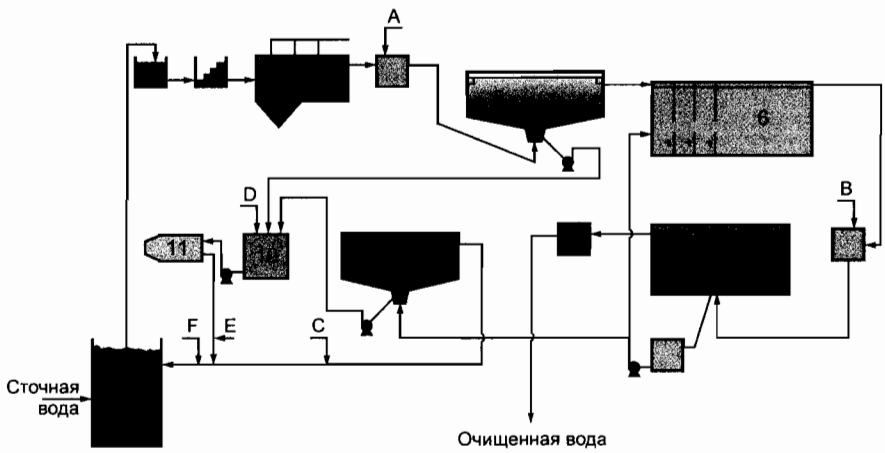


Рис. 7. Технологическая схема канализационной очистной станции
A, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* – возможные точки ввода реагента; *1* – насосная станция; *2* – приемный резервуар; *3* – решетки; *4* – песколовки; *5* – первичные отстойники; *6* – блок биологической очистки; *7* – вторичные отстойники; *8* – ультрафиолетовое обеззараживание; *9* – илоуплотнители; *10* – резервуары осадков; *11* – обезвоживание осадков

Таблица 4

Показатель, мг/л	2006 г.	2007 г.
Железо общее	0,59	0,39
Фосфор общий	1,25	0,88
Фосфор фосфатов	1,05	0,7
Азот аммонийный	0,65	0,65
Азот общий	10,9	10,2

ной воды может существенно отличаться от обработки иловой смеси перед вторичными отстойниками: для обработки сливной воды Северной станции аэрации потребовалась доза реагента 250 г/м³ при продолжительности уплотнения более одних суток. Сокращение выноса фосфора следует добиваться путем флокуляции избыточного ила и уменьшения продолжительности уплотнения.

Подача реагента в резервуар сбора и перемешивания осадков (точка *D*) показала неудовлетворительные результаты – низкая эффективность удаления фосфора (примерно 50%) и потребность в очень высокой дозе реагента (от 0,5 до 2,5 кг/м³). Реагентная обработка фугата центрифуг в значительной степени зависит от продолжительности контакта осадка первичных отстойников и избыточного ила.

Длительное хранение осадка и ила приводит к весьма нежелательным последствиям: содержание фосфора в фугате достигает 250–300 мг/л, при этом фосфаты плохо связываются железом. При минимальном времени контакта (смешивание осадков в трубе перед центрифугами) вытеснение фосфора из ила происходит менее интенсивно, содержание его в фугате снижается до 30–35 мг/л, и в этом случае возможно отказаться от реагентной обработки фугата. На Юго-Западных очистных сооружениях в бак смешения осадков подается 1,9 кг/м³ реагента, при этом содержание фосфора снижается с 300 до 50 мг/л. При добавлении реагента в ферментированную сточную воду дозой 45 г/м³ перед первичными отстойниками содержание фосфора снижается с 4 до 2,9 мг/л (до и после дозирования реагента соответственно).

Следующей точкой ввода реагента может быть внутренняя канализация, в которую отводятся дренажные, сливные воды и фугат. Коагуляция этого потока напоминает обработку исходной жидкости по дозе реагента и выносу фосфора. Анализ данных промышленных испытаний на Центральной станции аэрации [6] свидетельствует о неравнозначности различных решений (табл. 5).

Важным моментом является также вынос железа с очищенной водой (0,6–1,2 мг/л) при обработке всего стока. Концентрация железа повышается с ростом дозы реагента до 10 мг/л и более. На входе на очистные станции содержание железа достигает 2–5 мг/л, в очищенной воде остается 0,1–0,3 мг/л, поэтому содержание железа на выходе в случае реагентной обработки сточных вод увеличивается в 2 раза.

Выводы

1. При биологическом удалении биогенных элементов сбраживание осадка положительно отразилось на результатах очистки сточных вод. В анаэробной зоне блока происходит вытеснение фосфатов, в аноксидной – денитрификация, в оксидной – потребление фосфора и нитрификация.
2. Химико-биологическое удаление фосфора является достаточно эффективным способом очистки сточных вод, но огра-

Таблица 5

Показатель	Фугат		Резервуар смешения осадка		Внутренняя канализация	
	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода	исходная вода	очищенная вода
Доза реагента, гFe/м³	0	163	0	204	0	37
Отношение железо/фосфор фосфатов, моль/моль	0	1	0	1,2	0	1,9
Фосфор общий, мг/л	3,67	0,96	4,33	0,78	4,11	1,04
Фосфор фосфатов, мг/л	1,68	0,61	2,19	0,48	2,83	0,76
Азот общий, мг/л	22,8	9,8	23,67	10,07	22,11	7,99
Взвешенные вещества, мг/л	196	10,47	186	8,57	164	8,74
БПК, мг/л	109	5,31	116	4,45	108	4,15
Железо, мг/л	4,5	0,5	3,03	0,35	4,06	1,34

ничено условиями сжигания осадков на очистных станциях Санкт-Петербурга. Поэтому необходима оптимизация технологического режима работы узлов очистных станций, включая систему обработки и ликвидации образующихся осадков.

3. Химическое осаждение фосфора фосфатов позволяет обеспечить стабильные показатели очищенной воды (0,5–1 мг/л). Таким образом, химическое и биологическое удаление фосфора являются взаимодополняющими технологиями для очистных станций города и пригородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / Коллектив авторов под общей ред. Ф. В. Кармазинова. – СПб.: Новый журнал, 2002.
2. Большеменников Я. А., Маскалева С. Е., Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А. Технологическая схема работы Юго-Западных очистных сооружений города Санкт-Петербурга // Вода и экология. Проблемы и решения. 2006. № 1.
3. Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А., Маскалева С. Е. Схема очистки сточных вод на Юго-Западных очистных сооружениях при удалении азота и фосфора / Сб. докладов конф. «Чистая вода. Новейшие инженерные разработки в области водоподготовки и водоотведения. – СПб., 19–21 апреля 2006 г.
4. Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации // Прилож. к журналу «Вода и экология. Проблемы и решения». – СПб.: ЗАО «Водопроект-Гипрокоммунводоканал», 2004.
5. Сойфер В. Н. Молекулы живых клеток. – М.: Знание, 1975.
6. Отчет ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» о деятельности предприятия в 2007 г. – СПб., 2007.
7. Kemira Kemwater (2003) About water treatment / Ed. A. Lindquist. – Kemira Kemwater, Helsingborg.
8. Kiirikki M., Rantanen P., Varjopuro R., etc. (2003). Cost effective water protection in the Gulf of Finland – Focus on the St. Petersburg water sector. The Finnish Environment 632.
9. Реагентное осаждение фосфора на трех канализационных очистных сооружениях на территории, обслуживаемой ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Колпино, Металлострой, Кронштадт / Отчет фирмы Kemira. – СПб., 2006.

В. А. ЗАГОРСКИЙ, первый заместитель генерального директора; Д. А. ДАНИЛОВИЧ, главный технолог Управления канализации; М. Н. КОЗЛОВ, О. В. МОЙЖЕС, Ф. А. ДАЙНЕКО, кандидаты техн. наук (МГП «Мосводоканал»)

Анализ промышленного применения технологий удаления фосфора из городских сточных вод

Биологический метод удаления фосфора из городских сточных вод достаточно широко применяется в промышленно развитых странах[1]. В основе этого процесса лежит происходящее при создании определенных условий культивирования так называемое «жадное поглощение» фосфора микроорганизмами активного ила.

В конце 60-х – начале 70-х годов многие исследователи занялись проблемой повышенного потребления фосфора микроорганизмами активного ила. Было выявлено, что создание анаэробных и аэробных зон в аэротенках – это лишь одно из многих условий, необходимых для организации устойчивого ведения процесса биологического удаления фосфора.

Сегодня процесс биологического удаления фосфора (био-Р) достаточно хорошо изучен и с микробиологической точки зрения. В его основе лежит способность некоторых типов бактерий запасать большие количества растворимых ортофосфатов в клетках в форме нерастворимого полифосфата, который откладывается в клетках бактерий в виде гранул, выявляемых при микроскопии путем специфического окрашивания (метиленовым синим или по Несслеру). На рис. 1 представлена микроколония фосфатаккумулирующих организмов (PAO, био-Р бактерий) в активном иле [аэротенк № 15 Люберецкой станции аэрации (ЛбСА), работающий в режиме биологического удаления фосфора].

Согласно современным представлениям, для организации процесса биологического удаления фосфора из сточных вод одним из основных условий является последовательное прохождение активным илом анаэробных и аэробных зон (рис. 2). В анаэробной зоне происходит ферментативное разложение части органического вещества загрязнений с образованием легкодоступного субстрата – летучих жирных кислот (ЛЖК). Однако в анаэробных условиях отсутствие источника энергии не позволяет гетеротрофным бактериям активного ила (кроме PAO-бактерий) потреблять субстрат. У PAO-бактерий источником энергии служит расщепление запасенных в клетках полифосфатов (с выделением в жидкую фазу ортофосфатов). PAO-бактерии используют субстрат в анаэробных условиях в форме ЛЖК и преобразовывают в запасные вещества (PHB, гликоген и др.). В аэробных или аноксидных условиях органическое вещество, присутствующее в клетках в форме PHB, окисляется кислородом или нитратом. Выделенная энергия используется бактериями для поглощения ортофосфата из водной среды, преобразования его в полифосфат (для повторения цикла) и роста. Важным условием данного процесса является отсутствие в анаэробной зоне не только кислорода, но и нитратов, являющихся источником энергии для бактерий-денитрификаторов.

Поскольку в анаэробной зоне бактерии, не относящиеся к PAO, не получают достаточно субстрата для роста, использование описанного фосфатно-гликогенного цикла дает преимущество PAO-бактериям и позволяет им сформировать значительную часть биомассы ила. Запасенный в клетках полифосфат выводится из сооружений с избыточным илом.

В России, несмотря на чрезвычайно жесткие действующие нормативы содержания соединений азота и фосфора в очищенной воде, промышленное внедрение биотехнологий их удаления только начинается. В настоящее время в нашей стране



Рис. 1. Гранулы полифосфатов в клетках фосфатаккумулирующих бактерий (увеличение 1×40, окраска метиленовым синим)

[1] Первые целенаправленные исследования биологического удаления фосфора показали, что при последовательном помещении микроорганизмов активного ила в анаэробные и аэробные условия наблюдается высвобождение фосфора в анаэробных и поглощение в аэробных условиях, фосфаты запасаются в форме гранул.

накоплен достаточный опыт расчета, проектирования и (в меньшей степени) эксплуатации сооружений биологического удаления азота, однако освоение процесса биологического удаления фосфора находится в начальной стадии. С водой, очищенной на Московских станциях аэрации, в р. Москву (в ее нижнем течении) попадает около 80 % массового расхода фосфора, поэтому развитие и внедрение технологий удаления фосфора (наряду с удалением азота) является на сегодняшний день одной из наиболее актуальных задач.

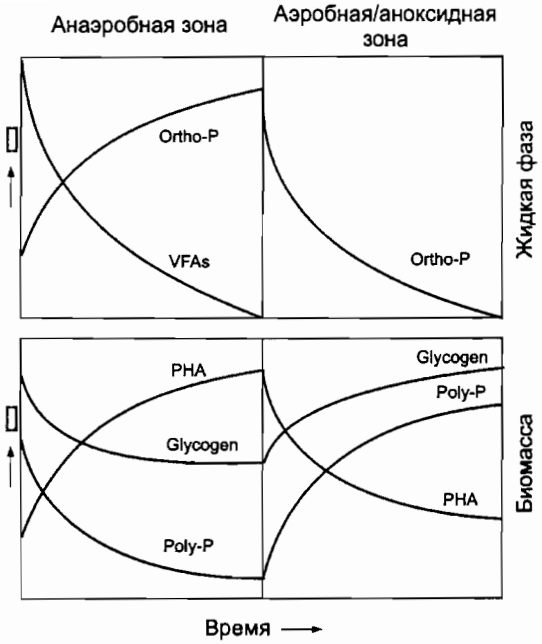


Рис. 2. Схемы метаболических процессов, протекающих при биологическом удалении фосфора

Первый опыт удаления фосфора был реализован по проекту датской фирмы «КОВИконсальт» в 1995 г. на опытной линии Курьяновской станции аэрации (КСА) производительностью 35 тыс. $м^3$/сут. Была использована известная технология симультантного осаждения фосфатов хлорным железом. Первое промышленное внедрение технологии удаления фосфора из сточных вод в Москве осуществлено немецкой фирмой «Хельтер Вассертехник ГмбХ» (в настоящее время WTE) на очистных сооружениях «Южное Бутово» (производительность 80 тыс. $м^3$/сут) и на Зеленоградской станции аэрации (производительность 140 тыс. $м^3$/сут). На этих станциях удаление фосфора запроектировано как реагентно-биологический процесс: неосветленная сточная вода, прошедшая решетки и песколовки, поступает в контактный анаэробный резервуар, куда подаются возвратный активный ил и реагент $FeCl_3$ дозой 15 мг/л. Поскольку средняя удельная доза хлорного железа составляет 2 мг/мг фосфора и близка к использованной на опытной линии КСА, роль биологических процессов в данной технологии следует оценивать как неосновную. Причины этого детально показаны ниже.

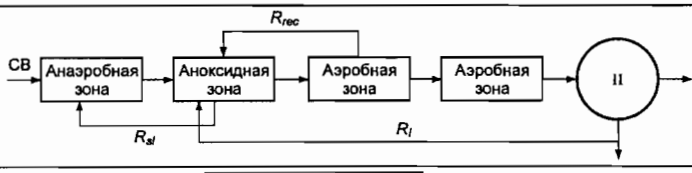
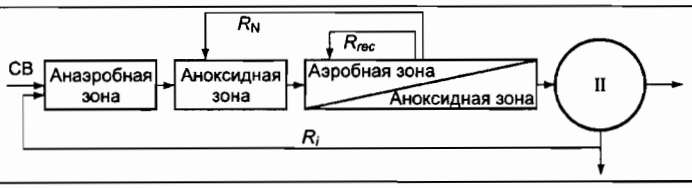
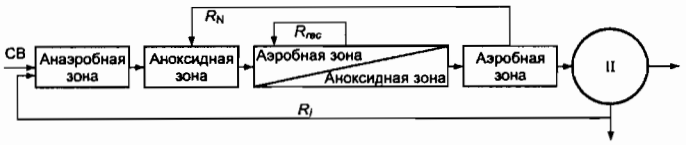
Использование реагентов на столь крупных станциях аэрации, как Курьяновская и Люберецкая, представляет собой весьма дорогостоящее мероприятие. Помимо затрат на реагенты необходимо учитывать и увеличение количества осадка, образующегося при использовании реагентного метода очистки. В целом эксплуатационные затраты на очистку сточной воды (включая обработку и удаление осадка) в результате внедрения реагентного метода удаления фосфора увеличиваются на 40 %.

Принципиальная возможность успешного одновременного проведения процессов биологического удаления азота и фосфора на сточных водах, поступающих на Московские станции аэрации, в середине 90-х годов подвергалась серьезным сомнениям. Объективной причиной для этих сомнений является существенное отличие состава сточной воды, поступающей на Московские станции аэрации, от стоков городов Западной Европы и Северной Америки, где реализованы технологии по удалению азота и фосфора. Низкие концентрации органических соединений в сточных водах российских городов при высоких значениях соотношений N/БПК и Р/БПК затрудняют организацию процессов биологического удаления азота и фосфора.

Принимая во внимание сложность проблемы и масштабность решаемой задачи (общая производительность подлежащих реконструкции КСА и ЛбСА превышает 6 млн. $м^3$/сут), в МГП «Мосводоканал» было принято решение об одновременной отработке нескольких вариантов технологических процессов биологического удаления азота и фосфора. В 1998–2001 гг. на КСА и ЛбСА были проведены работы по реконструкции очистных сооружений биологического удаления азота и фосфора по трем различным технологиям (табл. 1). Две установки были реализованы по проектам зарубежных фирм: «КОВИконсальт» и «WTE Хельтер Вассертехник ГмбХ», третья – по расчетам и проекту, выполненным специалистами МГП «Мосводоканал» на основании результатов лабораторных тестов, проведенных в Инженерно-технологическом центре по проблемам канализации (ИТЦ).

Опытно-промышленная эксплуатация аэротенка № 15 ЛбСА (проект МГП «Мосводоканал»), реконструированного под технологию удаления биогенных элементов, проводилась в течение трех лет. В данном сооружении процессы денитрификации организованы в аноксидной зоне «карусельного» типа, в которую подается возвратный активный ил. Денитрифицированная иловая смесь поступает в анаэробную зону сооружения, где смешивается с осветленной сточной водой, поступающей в аэротенк. Процессы нитрификации организованы в аэробной зоне «карусельного» типа и второй аэробной зоне. Следует отметить, что данный аэротенк и все опытные сооружения работали с

Таблица 1

Сооружение	Характеристика схемы	Принципиальная схема	Проект
Аэротенк № 15 ЛбСА	Подача в анаэробную зону проденитрифицированной иловой смеси, раздельное проведение нитри-денитрификации*		МГП «Мосводоканал»
Аэротенк № 13 ЛбСА	Подача в анаэробную зону неденитрифицированного активного ила, симультантное проведение нитри-денитрификации*		Фирма «WTE Хельтер Вассертехник ГмбХ»
Аэротенк № 3 КСА	Подача в анаэробную зону неденитрифицированного активного ила, проведение нитри-денитрификации с использованием периодической аэрации в зоне «карусельного» типа и постоянной – в последнем коридоре аэротенка**		Фирма «КОВИ-консальт»

* Работа на осветленной воде.
** Работа на неосветленной воде.

собственными илами, не смешивающимися с илом других аэротенков станции. Данные по эффективности работы аэротенка № 15 ЛбСА представлены в табл. 2.

Реконструкция аэротенка № 13 ЛбСА под технологию удаления биогенных элементов проводилась «под ключ» фирмой «WTE Хельтер Вассертехник ГмбХ». Сооружение реконструировано для биологического удаления фосфора и азота с анаэробной, аноксидной зонами и аноксидно-аэробной зоной «карусельного» типа с организацией в ней симультантной нитри-денитрификации. В отличие от аэротенка № 15 ЛбСА возвратный активный ил подавался в анаэробную зону без предварительной денитрификации. Совместные с немецким партнером промышленные испытания показали, что при высокой эффективности удаления азота добиться выраженного протекания биологического удаления фосфора не удалось. Причиной этого явилось ингибирование процесса нитратами, содержащимися в возвратном активном иле. Показатели качества очистки по общему фосфору в течение 80 % периода эксплуатации превышали 1 мг/л, по $P\text{-}PO_4$ в течение 85 % периода эксплуатации превышали ПДК (0,2 мг/л) для водоемов рыбохозяйственного назначения и составляли в среднем на различных этапах опытно-промышленной эксплуатации 0,6–1,1 мг/л. Отмеченное в течение 15 % периода эксплуатации более высокое качество очистки по $P\text{-}PO_4$ достигалось либо в периоды повышенного прироста активного ила, либо в периоды срыва процесса нитрификации. Эти выводы были подтверждены проведенными в ИТЦ тестами на активность фосфораккумулирующих микроорганизмов, показавшими весьма низкое ее значение для ила аэротенка № 13.

Аэротенк № 3 КСА был реконструирован по проекту фирмы «КОВИконсальт» под технологию глубокого удаления биогенных элементов. Как и в проекте аэротенка № 13 ЛбСА, возвратный активный ил подавался в анаэробную зону сооружения без предварительной денитрификации, биологическое удаление фосфора не происходило. Проведенный по предложению специалистов МГП «Мосводоканал» эксперимент по подаче в аэротенк неосветленной воды

Таблица 2

Гидравлическое время пребывания, ч	Рецикл возвратного ила R_i	Рецикл в зоне «карусельного» типа R_{rec}	Рецикл иловой смеси R_{sl}	Средние показатели, мг/л					
				$N\text{-}NO_3$		$N\text{-}NH_4$		$P\text{-}PO_4$	
				вход	выход	вход	выход	вход	выход
7	0,42	15	1,44	0,2	8,2	18,7	0,7	2,7	0,18
			0,7	0,2	8	18,4	0,5	2,4	0,2
8,6	0,53	18	1,8	0,1	8,2	17,9	0,4	2,5	0,15
			0,9	0,12	8,4	18,6	0,4	2,4	0,2

Таблица 3

Сточная вода	Гидравлическое время, ч	Рецикл возвратного ила R_i	Нитратный рецикл R_N	Средние показатели, мг/л					
				$N\text{-}NO_3$		$N\text{-}NH_4$		$P\text{-}PO_4$	
				вход	выход	вход	выход	вход	выход
Осветленная	7	0,6	1,2	0,1	4,5	17,5	1	2,3	0,6
				0,2	6,3	18,4	0,8	2,1	0,9
	8,6	0,75	1,5	Отсутствует	5,1	17,8	0,4	2,7	0,7
				0,1	6,6	18	0,5	2,5	1
Неосветленная	7,6	0,3	1,5	0,1	8,5	19,5	0,8	2,6	0,4
			2,5	Отсутствует	8,3	18,8	0,5	2,5	0,5

показал более высокое качество очистки по $P\text{-}PO_4$ (табл. 3).

Сравнение активности фосфораккумулирующих микроорганизмов, характеризующейся кинетикой высвобождения и поглощения фосфора, позволило получить следующее соотношение: активный ил аэротенков № 13 ЛбСА, № 3 КСА и № 15 ЛбСА – 1:3, 5:6 соответственно. Таким образом, наиболее высокие скорости высвобождения и потребления фосфора присущи активному илу аэротенка № 15 ЛбСА. Более высокие скорости процессов, полученные для активного ила аэротенка № 3 КСА, по сравнению с активным илом аэротенка № 13 ЛбСА объясняются тем, что активный ил аэротенка № 3 КСА культивировался на неосветленной воде.

Результаты сравнения различных технологических схем удаления биогенных элементов, проведенные МГП «Мосводоканал», показали возможность успешной организации процессов биологического удаления азота и фосфора из низкоконцентрированных сточных вод, характерных для городов России, и определения технологической схемы, позволяющей получать стабильное качество очистки по $N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$ и $P\text{-}PO_4$ на уровне ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Полученный авторами опыт эксплуатации сооружений, работающих по технологиям глубокого удаления биогенных элементов, показывает, что при отсутствии ошибок в проектировании процесс биологического удаления фосфора в натурных сооружениях идет достаточно устойчиво и не требует существенных затрат на автоматизацию. То же можно сказать и о ранее полученном опыте эксплуатации сооружений, работающих по технологии удаления азота.

Однако при совместном биологическом удалении азота и фосфора возникают две потенциальные опасности:

нехватка быстроразлагаемых субстратов для одновременного развития PAO-бактерий и денитрификаторов;

снижение аэробного возраста ила ниже критических значений, что приводит к вымыванию из ила нитрификаторов. Выбор технологической схемы и расчет конструктивных параметров сооружения должны производиться на основании значений кинетических констант биохимических процессов, присущих конкретным сточным водам, что требует проведения предварительных исследований на объекте.

Специалистами МГП «Мосводоканал» в настоящее время ведутся исследования, направленные на отработку оптимальных схем реконструкции типовых четырехкоридорных аэротенков, обеспечивающих, наряду с технологической эффективностью, минимальные затраты на реконструкцию, а также оптимальный энергобаланс процесса очистки. Начата модернизация трех опытно-промышленных линий очистки воды на ЛбСА (аэротенки № 13, 14 и 15), в 2003 г. проведены промышленные испытания перспективных конфигураций процесса. Кроме того, проводятся исследования, позволяющие обеспечивать повышение стабильности очистки сточных вод от биогенных элементов в реальных условиях нестационарности поступающей нагрузки.

Выводы

Результаты промышленных испытаний различных технологических схем биологического удаления биогенных элементов показали возможность организации на малоконцентрированных сточных водах биологических процессов удаления азота и фосфора до нормативов ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Различие качественного состава сточных вод городов России и Западной Европы не позволяет применять технологические и конструктивные решения по биологическому удалению азота и фосфора, положительно зарекомендовавшие себя за рубежом. Наиболее эффективной для низкоконцентрированных городских сточных вод является схема с денитрификацией возвратного ила, использованная на опытно-промышленной линии аэротенка № 15 ЛбСА (проект МГП «Мосводоканал»).

Авторы выражают глубокую признательность А. Н. Эпову, Н. А. Белову, А. М. Элю и другим нынешним и бывшим сотрудникам МГП «Мосводоканал», внесшим значительный вклад в постановку и реализацию задач, описанных в настоящей статье.

УДК 628.313:543.34

Г. В. ЯГОВ*

Контроль содержания соединений азота при очистке сточных вод

Биогенные вещества (соединения углерода, азота, фосфора), содержащиеся в сточных водах, при поступлении в поверхностные водоемы наносят значительный ущерб экологической системе любого региона. Поэтому проблема очистки сточных вод от этих соединений, в частности азота, с использованием химических методов контроля этого процесса особенно актуальна.

Соединения азота поступают на очистные сооружения преимущественно в виде аммонийного азота, азота нитратов, азота нитритов и азота, связанного в органических соединениях. В хозяйственно-бытовых сточных водах концентрация общего азота составляет от 50 до 60 мг/дм^3 и может изменяться в зависимости от происхождения сточных вод.

Соотношение массовых концентраций различных форм азота не является постоянным и зависит от стадии переработки сточных вод. Изменение состава начинается уже в процессе транспортировки сточных вод на городские очистные сооружения. В частности, органическое соединение карбамид (мочевина), содержащийся в хозяйственно-бытовых сточных водах, в результате взаимодействия с бактериями распадается с образованием аммоний-иона (процесс аммонификации). Соответственно, чем протяженнее канализационная сеть, тем глубже протекает данный процесс. Содержание аммоний-иона на входе в городские очистные сооружения может составлять от 20 до 50 мг/дм^3.

Содержание нитрат-ионов на входе в очистные сооружения невелико, большое количество нитратов (до 50 мг/дм^3 и выше) образуется за счет преобразования аммонийного азота в процессе нитрификации. В городских сточных водах содержание нитрит-ионов незначительно (в большинстве случаев менее 1 мг/дм^3), так как нитрит-ион обычно не образует стабильных азотных связей и появляется на канализационных очистных сооружениях в качестве «промежуточной фазы» при переходе к нитрат-иону.

Под «органическим» понимают азот, входящий в состав органических веществ, таких, как протеины и протеиды, полипептиды (высокомолекулярные соединения), аминокислоты, амины, амиды, карбамид (низкомолекулярные соединения). В сточные воды органические соединения (в том числе и азотсодержащие) попадают в составе либо хозяйственно-бытовых сточных вод, либо сточных вод предприятий пищевой промышленности. Содержание органического азота в сточных водах не является постоянной величиной. При поступлении сточных вод в канализационную сеть содержание органического азота может достигать 50–70% суммарного количества соединений азота, а в результате процессов аммонизации, протекающих при транспортировании, на входе в очистные сооружения доля органического азота снижается до 10–15%.

Процессы биологической очистки сточных вод. Одним из этапов биологической очистки сточных вод является нитрификация, т. е. преобразование соединений азота определенными видами микроорганизмов, окисляющими азот аммония в нитрит-ион и нитрат-ион. Нитрифицирующие бактерии весьма восприимчивы к внешним условиям, отличаются не-

* *Ягов Геннадий Васильевич, кандидат физико-математических наук, главный специалист, ООО «ИнформАналитика» 194223, Санкт-Петербург, а/я 4 (ул. Курчатова, 10), тел./факс: (812) 552-98-31, e-mail: yagov@yandex.ru*

значительным приростом и легко вытесняются другими бактериями.

Нитраты, образованные в процессе нитрификации, при попадании в водоем становятся питательной средой для микрофлоры, что может привести к эвтрофикации (гибели) водоема. Поэтому необходимо по возможности полное выведение нитратов из экосистемы. Это реализуется при взаимодействии углеродистых соединений, содержащихся в сырой сточной воде, с нитратсодержащим активным илом или нитратсодержащей водой. Разлагающие углерод бактерии, попадая в анаэробные (бескислородные) условия, начинают использовать кислородную составляющую нитратов и разлагают это соединение – процесс денитрификации. Азотистая составляющая при этом восстанавливается до газообразного соединения и удаляется в атмосферу.

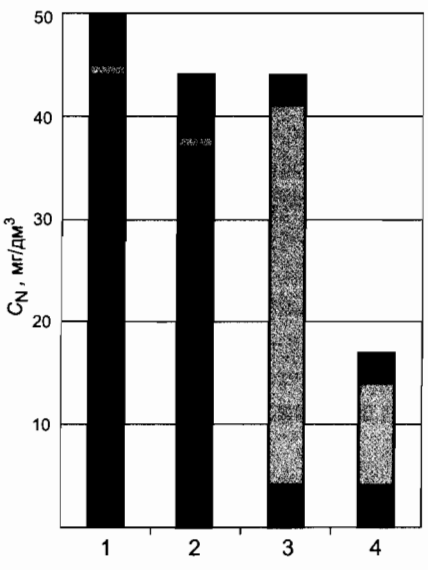


Рис. 1. Преобразование форм азота в сточных водах на биологических очистных сооружениях
1 – после механической очистки; *2* – простая биологическая очистка; *3* – очистка с нитрификацией; *4* – очистка с денитрификацией; ■ аммонийный азот; ▩ азот нитратов; ■ органический азот

Возможные соотношения различных форм азота в процессах преобразования, происходящих в канализационной сети и на очистных сооружениях, показаны на рис. 1 (для наглядности отдельные ступени баланса упрощены). При эксплуатации канализационных очистных станций необходимо предотвращать возникновение неконтролируемых процессов, для чего следует знать содержание общего азота и соотношение различных его форм в очищаемой сточной воде.

Методы выполнения аналитических определений. Для определения содержания аммонийного азота, как правило, применяется относительно недорогой, простой и доступный фотометрический метод с использованием реактива Несслера. С аналитической точки зрения метод не отличается селективностью, на результат анализа оказывает влияние состав пробы. В частности, присутствие органических соединений в некоторых случаях может дать вклад до 30–35% измеренной величины, что превышает допустимую погрешность измерения. Более совершенный, но и более затратный метод определения аммоний-иона предполагает использование капиллярного электрофореза. Этот метод обладает высокой селективностью и дает более достоверную информацию о содержании аммонийного азота в пробе.

В качестве метода технологического контроля содержания нитратов часто применяется фотометрическое определение (например, с салицилатом натрия). Для грубого определения обычно используется колориметрический метод с тестовым комплектом. В обоих случаях определению мешает присутствие в анализируемой пробе окрашенных веществ, а также нитрит-иона. Измерение нитрит-иона при технологическом контроле, как правило, не является обязательным, так как содержание его в городских сточных водах незначительно. При необходимости определение массовых концентраций нитрит-иона производят по методике с реактивом Грисса.

Общий азот (неорганический) определяется как сумма соединений азота в форме аммоний-, нитрат- и нитрит-иона. Химические методы определения неорганического азота отсутствуют, значение этого показателя рассчитывается математически как сумма азота аммонийного, азота нитратов и азота нитритов.

При выполнении анализа содержания общего азота по методу Къельдаля (сумма органически связанного азота и аммонийного азота) требуется длительное кипячение пробы в концентрированной серной кислоте, отгонка аммиака, а также титриметрическое и фотометрическое определение. Весь процесс достаточно длительный (3–4 часа) и трудоемкий. Использование этого показателя ограничено, так как он не дает полной характеристики нагрузки очистных сооружений по азоту (исключаются из рассмотрения азот нитратов и азот нитритов).

Для определения нагрузки на входе в очистные сооружения, а также на экосистему водоема, в который сбрасываются очищенные сточные воды, используется показатель «общий азот» – сумма содержания всех растворимых форм органического и неорганического азота. Общий азот аналитически определяется методом каталитического окисления различных форм азота до окислов.

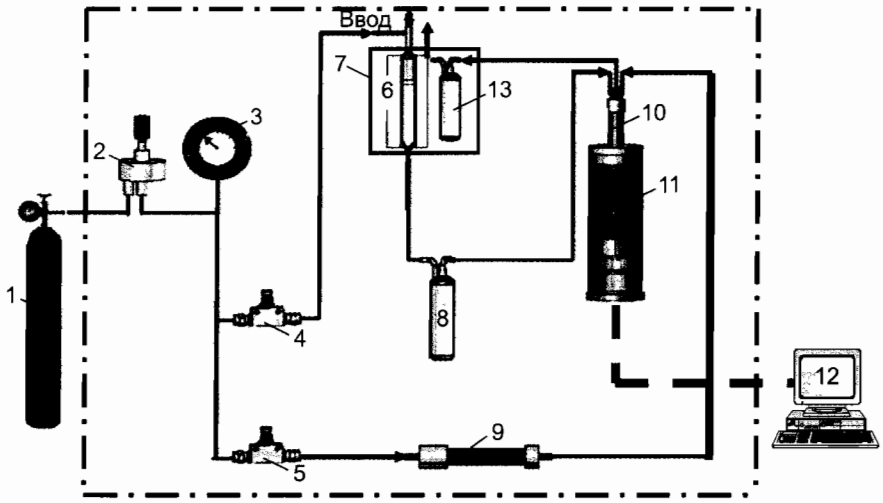


Рис. 2. Схема автоматизированного анализатора общего азота
1 – баллон с воздухом; *2* – регулятор давления; *3* – манометр; *4*, *5* – регуляторы расхода воздуха; *6* – реакционная трубка с катализатором; *7* – печь; *8* – патрон с осушителем; *9* – озонатор; *10* – реактор; *11* – хемилюминесцентный детектор; *12* – компьютер; *13* – поглотитель озона (скруббер)

Методика измерений изложена в ISO/TR 11905 «Качество воды. Определение содержания азота».

Ввиду разнообразия форм существования органического азота единого аналитического метода определения этого показателя не существует. Он рассчитывается математически как разность между величиной общего азота и неорганического азота. Эта же величина может быть определена как разность между величинами общего азота по Къельдалю и аммонийного азота.

Из рис. 1 видно, что для получения правильного представления о процессах удаления азота из сточных вод недостаточно определения какого-либо одного показателя, необходимо найти несколько независимых величин. Прежде всего следует определить валовое содержание всех форм азота, т. е. показатель «общий азот». Эта величина характеризует нагрузку по азоту на входе в очистные сооружения и нагрузку на окружающую природную среду на выходе из очистных сооружений.

Для контроля процессов нитри- и денитрификации необходимо дополнительно определять содержание аммонийного азота, которое совместно с показателем «общий азот» дает достаточно полное представление о характере протекающих процессов. Привлечение дополнительной информации (например, о содержании азота нитратов) будет не столь информативно.

Современные методы химического анализа. В основу работы автоматизированного анализатора общего азота, позволяющего определять в пробе валовое содержание всех форм азота, положен процесс термического окисления органических и неорганических форм азота на катализаторе и перевод их в форму монооксида азота (NO). На схеме, представленной на рис. 2, этот процесс протекает в реакционной трубке с катализатором. Реакционная трубка помещена в печь, которая обеспечивает нагрев до 800 °С. Продукты окисления соединений азота током воздуха переносятся в патрон-осушитель и далее в реактор блока детектирования. В реакторе монооксид азота вступает во взаимодействие с озоном, в результате чего образуется молекула диоксида азота в нестабильном возбужденном состоянии. Возбуждение молекулы снимается с испусканием кванта света. Данное явление носит общее название хемилюминесценции, так как свет возникает в результате протекания химической реакции. Процессы, протекающие в хемилюминесцентном реакторе, можно представить схематично:

$$NO + O_3 = > O_2 + NO_2 + h\nu.$$

Световой сигнал регистрируется хемилюминесцентным детектором и после преобразования поступает в компьютер. Компьютерная программа позволяет визуализировать процесс протекания хемилюминесцентной реакции и обрабатывать результаты измерений для расчета массовой концентрации общего азота.

Ввод пробы осуществляется хроматографическим шприцем через септу, перенос пробы и продуктов реакции осуществляется потоком воздуха, поступающим из внешнего баллона. Газораспределительная система прибора рассчитана на независимое регулирование потоков воздуха через реакционную трубку и озонатор. Основные узлы анализатора общего азота и дополнительные внешние устройства показаны на рис. 2. Необходимо отметить рациональное использование патрона с осушительной смесью: материал патрона поглощает пары влаги перед вводом продуктов каталитического окисления соединений азота в хемилюминесцентный реактор, а в скруббере аналогичный патрон помещен в печь, где за счет выделяю-

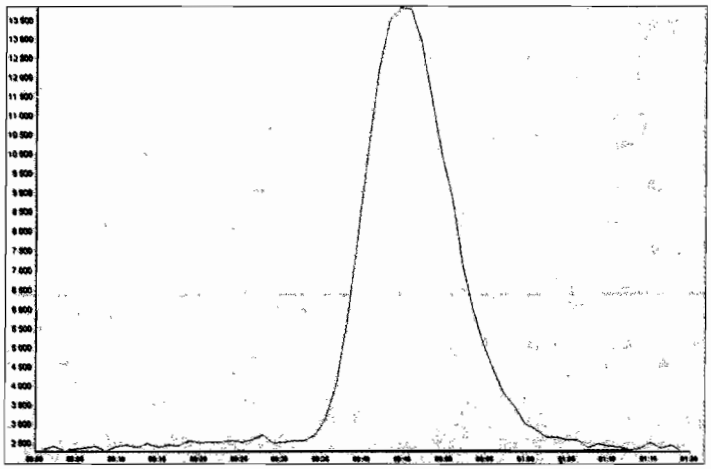


Рис. 3. Кривая хемилюминесценции при анализе общего азота

щегося тепла удаляется влага из сорбента. Одновременно в этом патроне происходит разрушение остаточного озона перед выбросом продуктов реакции в атмосферу.

Интенсивность хемилюминесценции, возникающей в результате реакции окислов азота с озоном, изменяется по мере прохождения продуктов разложения пробы через реактор. Зависимость интенсивности люминесценции от времени представляет собой колоколообразную кривую (рис. 3). Площадь под кривой является мерой содержания общего азота в исследуемой пробе воды. Если провести предварительную калибровку прибора, получив соответствующие сигналы от растворов стандартных образцов с заранее известной концентрацией общего азота, то можно определить содержание азота в неизвестной пробе.

Аналитический прибор «ТОПАЗ-N» для измерения массовых концентраций общего азота (в соответствии с ISO/TR 11905-2 «Качество воды. Определение содержания азота») представлен на рис. 4. Это первый отечественный прибор подобного класса, освоенный в серийном производстве. Анализатор «ТОПАЗ-N» выполнен в виде одного блока, имеющего в верхней части устройство для ввода пробы. Структурная схема прибора соответствует схеме на рис. 2. Управление процессом измерения и обработка полученной информации осуществляются персональным компьютером при помощи специально разработанной программы «NORMA-N».

Ввод пробы осуществляется вручную при помощи хроматографического шприца. После введения пробы автоматически начинается процесс измерения и регистрации результатов. По окончании процесса измерения на экране компьютера отображается значение массовой концентрации общего азота. Для серии из нескольких измерений (повторностей) рассчитывается среднее значение и среднеквадратичное отклонение. Результаты архивируются и сохраняются в памяти компьютера.

Для обеспечения работоспособности анализатора «ТОПАЗ-N» необходим баллон со сжатым воздухом, снабженный редуктором. На входе прибора устанавливается давление не менее 200 кПа. Поток воздуха используется в качестве газа-окислителя, а также обеспечивает перенос продуктов каталитического окисления пробы и озона, получаемого в озонаторе по измерительному тракту прибора. Сжатый воздух, используемый в приборе, не должен содержать значительного количества окислов азота или аммиака. Степень чистоты воздуха влияет на нижний предел определения содержания общего азота (как правило, чистота обычного сжатого воздуха бывает достаточной). Диапазон измерений массовой концентрации общего азота при объеме вводимой пробы от 10 до 100 мкл состав-

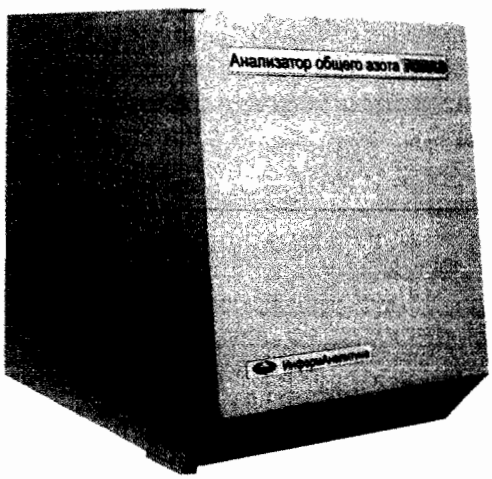


Рис. 4. Анализатор общего азота «ТОПАЗ-N»

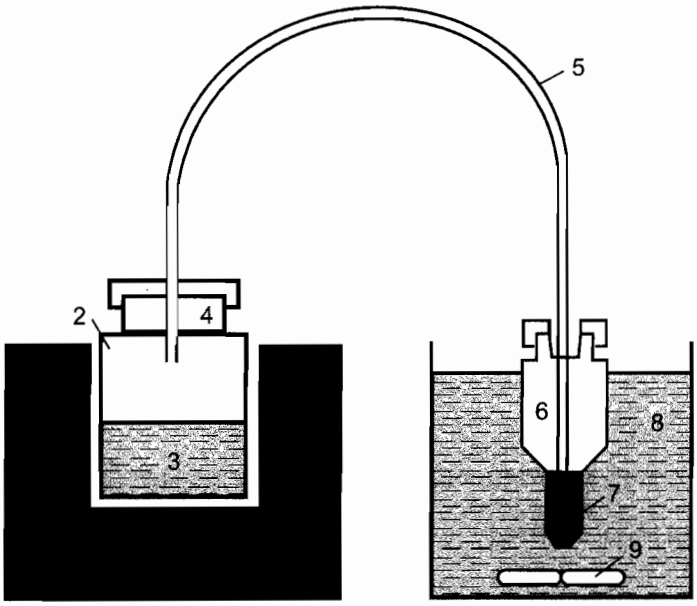


Рис. 5. Лабораторная установка для отгонки аммиака
1 – электропечь; *2* – сосуд для пробы; *3* – проба воды объемом 5 см³; *4* – крышка; *5* – кварцевый капилляр; *6* – приемная емкость (пробирка из полипропилена); *7* – поглотительный раствор (кислота); *8* – сосуд с холодной водой; *9* – магнитная мешалка

ляет от 0,2 до 100 мг/дм³ (без разбавления пробы).

Применение автоматизированного анализатора общего азота позволяет получить достоверный результат, свободный от субъективных ошибок при выполнении измерений. Процесс однократного измерения занимает не более 4 минут, что снижает трудозатраты при выполнении анализов и позволяет повысить частоту отбора проб для контроля за технологическим процессом очистки сточных вод.

Метод капиллярного электрофореза получил широкое распространение в российской аналитической практике в связи с освоением производства отечественных анализаторов «Капель» и разработкой соответствующего методического обеспечения. Методика определения аммонийного азота в пробах природных и сточных вод (ФР 1.31.2004.01229) позволяет исключить влияние факторов, искажающих результат (влияние органических соединений – за счет высокой селективности, субъективного фактора – за счет автоматизации процесса измерения).

В целом процесс проведения анализа не имеет существенных отличий от анализа других катионов, выполняемого методом капиллярного электрофореза, за исключением процедуры отгонки паров аммиака. Установка, с помощью которой производится отгонка аммиака, показана на рис. 5.

Отгонка аммиака обязательна при измерении содержания аммоний-иона в сточных водах, при этом одновременно решаются две задачи:

повышается селективность определения, так как катионы металлов нелетучие, а другие соединения не могут давать электрофоретического пика в месте выхода ионов аммония;

получается проба, свободная от посторонних веществ, которые могли бы при попадании в капилляр необратимо изменить свойства его поверхности.

Диапазон измеряемых концентраций аммоний-иона составляет от 0,1 до 200 мг/дм³ (без разбавления пробы). Процедура подготовки пробы и выполнения измерений занимает немного времени: отгонка аммиака 5 минут и непосредственно процесс электрофоретического анализа 5–6 минут. Обработка полученной информации выполняется на компьютере, который служит также для архивации и хранения результатов измерений.

Выводы

Процессы, протекающие при биологической очистке сточных вод, требуют постоянного контроля параметров, используемых для технологических целей, в том числе измерение содержания различных форм азота в процессе их трансформации. Традиционные методы измерений содержания различных форм азота не дают достоверной информации и, как правило, не позволяют получать необходимую информацию достаточно быстро.

Разработанные химико-аналитические методы (и освоенные к серийному выпуску приборы, реализующие эти методы) позволяют решить проблемы оперативного получения информации и повышения ее достоверности по сравнению с традиционными методами. Используемые в современных приборах компьютерные технологии позволяют автоматизировать управление процессом измерения и расчет получаемых данных, что снижает вероятность ошибок, связанных с субъективными факторами. В этом случае возможно архивирование и хранение полученной информации в электронном виде.

А. Н. ПАХОМОВ, первый заместитель генерального директора; Д. А. ДАНИЛОВИЧ, главный технолог Управления канализации; М. Н. КОЗЛОВ, руководитель Инженерно-технологического центра (ИТЦ) по проблемам канализации; А. Г. ДОРОФЕЕВ, главный специалист ИТЦ; А. Д. МАСТИКОВ, начальник отдела автоматизации и вычислительной техники КСА; О. А. СОРОКИН, начальник отдела автоматизации и вычислительной техники ЛСА; А. М. МЕЛКУМЯН, главный специалист ИТЦ (МГУП «Мосводоканал»)

Применение приборов непрерывного контроля основных технологических параметров на московских станциях аэрации

Надежное обеспечение высокого качества очистки сточных вод на станциях аэрации требует эффективного контроля основных технологических параметров процессов. В настоящее время в отечественной практике контроль этих параметров осуществляется с помощью лабораторного химического анализа сточной воды и осадков. Основными недостатками лабораторного контроля являются длительность и трудоемкость проведения анализов. Запаздывание результатов химических анализов лишает возможности оперативно управлять процессами, следствием чего могут явиться или избыточные производственные затраты или снижение надежности работы сооружений.

При переходе на использование современных технологий очистки сточных вод с удалением биогенных элементов введение непрерывного контроля процесса очистки сточной воды в режиме реального времени становится практически обязательным. Это связано с изменением во времени большинства технологически важных показателей. В качестве примера можно привести концентрацию кислорода в аэротенке, которая при отсутствии регулирования может изменяться достаточно быстро и в широких пределах (рис. 1).

Приборный контроль в режиме реального времени с централизацией всей получаемой информации позволяет решать основные задачи, стоящие перед службами эксплуатации очистных сооружений:

контроль качества поступающей на сооружения воды по основным физико-химическим параметрам – pH, температуре, ХПК, БПК, содержанию взвешенных веществ, аммонийного азота и фосфатов;

контроль качества очищенной воды по концентрации растворенного кислорода, взвешенных веществ, фосфатов, аммонийного и нитратного азота;

контроль технологических параметров с целью оптимизации их значений – поддер-

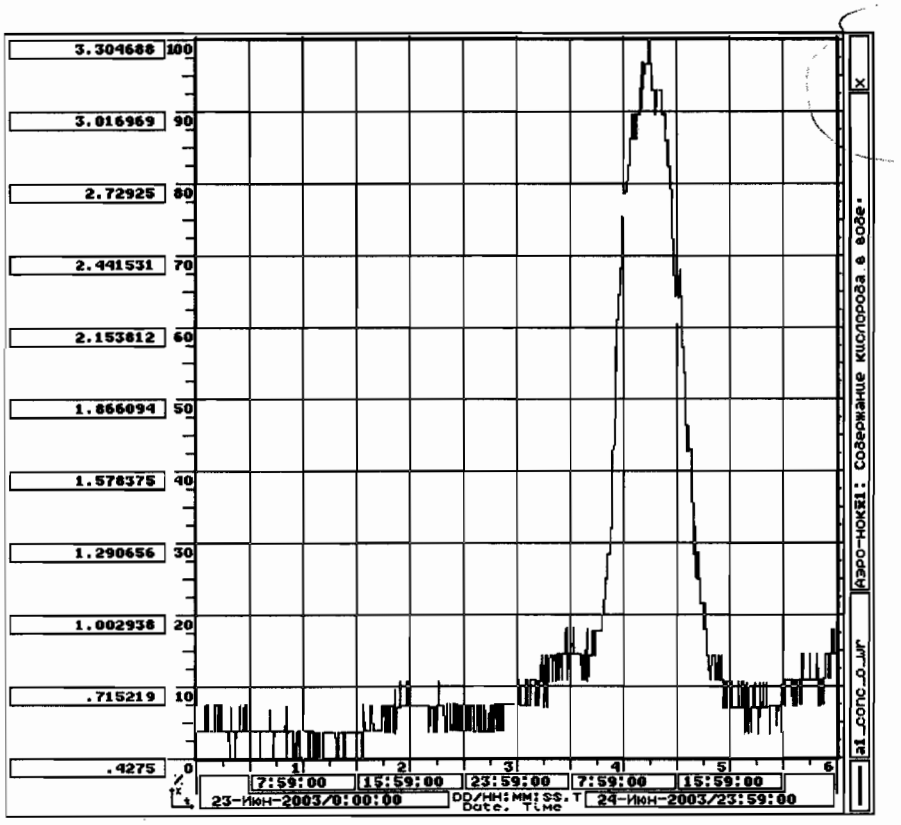


Рис. 1. Пример регистрации концентрации растворенного кислорода в аэротенке (по оси ординат – концентрация кислорода, мг/л)

жание оптимальной дозы ила и концентрации кислорода в аэротенках, уплотнение осадка в первичных отстойниках до необходимой концентрации и его автоматическая выгрузка, поддержание возраста ила на заданном уровне и т. п.;

расчет материального баланса по основным контролируемым параметрам – органическому веществу (ХПК, БПК), концентрации взвешенных веществ, соединений азота и фосфора. Для решения этой задачи необходимо непрерывное измерение как концентрации вещества, так и соответствующих расходов потоков сточной воды и осадка.

Успешное решение задачи обеспечения технологического контроля в режиме реального времени возможно лишь при наличии на станции необходимого минимума парка соответствующих приборов и оптимальном выборе точек контроля.

На крупнейших станциях аэрации МГУП «Мосводоканал» – Курьяновской и Люберецкой накоплен богатый опыт применения современных приборов технологического контроля. Их широкое использование началось с оснащения установок механического обезвоживания осадка, что было обусловлено, прежде всего, необходимостью точного дозирования флокулянта в обрабатываемый осадок. Начиная с 2001 г. и по настоящее время оснащение приборами носит массовый характер.

Основными критериями при выборе устанавливаемых на московских станциях аэрации приборов являются соотношение цены и качества продукции, а также максимальная унификация. В соответствии с этим и на основании результатов конкурса предпочтение было отдано продукции ведущих немецких фирм, специализирующихся на выпуске приборов контроля работы очистных сооружений. К сожалению, в списке основных поставщиков оборудования присутствует лишь одна отечественная фирма. Основными причинами такой ситуации являются узкий ассортимент предлагаемой продукции (как правило, одна фирма производит не более 1–2 типов приборов, потенциально пригодных для использования на очистных сооружениях) и несоответствие производимой продукции требованиям надежности.

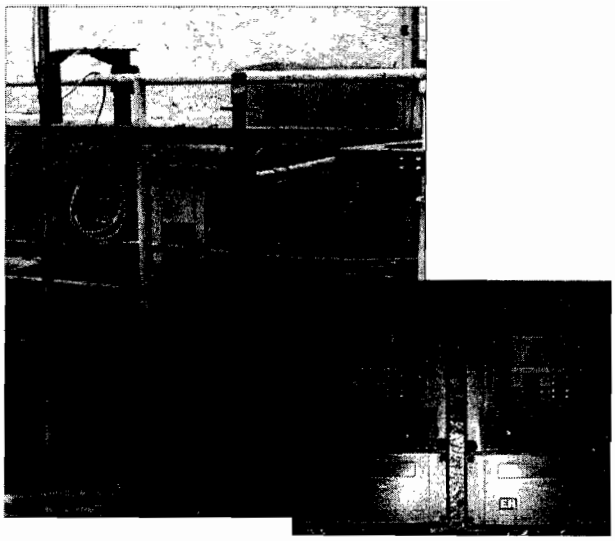


Рис. 2. Приборы непрерывного контроля кислорода в аэротенках (слева)

Приборы для определения концентрации кислорода (рис. 2). Эксплуатация стационарных кислородомеров, начатая в 90-х годах, показала бесспорное преимущество приборного метода перед традиционным методом химического анализа по Винклеру. В последнее время для определения растворенного кислорода в аэротенках на московских станциях аэрации полностью отказались от химического метода, так как он оказался не пригоден для измерения низких концентраций кислорода в иловой смеси.[1] В отличие от химического метода приборный позволяет быстро и точно определять кислород во всем диапазоне рабочих концентраций. С 2002 г. в коридорах аэротенков и канале очищенной воды устанавливаются преимущественно кислородомеры COM 253 с датчиком COS 41 (Германия), а также отечественные приборы АКПМ.

Испытания многоканального анализатора кислорода Марк 404 показали, что конструктивно датчики были недостаточно приспособлены для измерений концентрации кислорода в аэротенках: в

[1] Сравнительная оценка методов определения концентрации кислорода для контроля процессов биологической очистки сточных вод / А. Г. Дорофеев, М. Н. Козлов, Д. А. Данилович и др. // Вода: экология и технология. 2001. № 4.

иловой смеси происходило быстрое обрастание их рабочей поверхности и, как следствие, искажение результатов измерений. Вместе с тем кислородомеры Марк 404 могут успешно использоваться для измерения содержания кислорода в очищенной воде.

Отечественные приборы АКПМ, ранее хорошо известные специалистам как лабораторные, в ходе испытаний, проведенных в 2003–2004 годах в промышленных условиях, показали отсутствие сбоев в работе и технологически значимых расхождений в показаниях по сравнению с анализаторами зарубежного производства. Надежность и простоту эксплуатации приборов АКПМ также подтвердил опыт работы в течение одного года на лабораторных установках в Инженерно-технологическом центре по проблемам канализации МГУП «Мосводоканал».

Приборы для непрерывного контроля концентрации взвешенных веществ. В настоящее время для контроля концентрации взвешенных веществ в очищенной воде и на сооружениях биологической очистки установлены немецкие приборы (фирмы Endress & Hauser) CUM 253 с датчиками CUS 41 и CUS 31, снабженными системой автоматической очистки рабочей поверхности. Для определения низких концентраций взвешенных веществ предназначен датчик CUS 41 (поступающая, осветленная и очищенная вода); для более высоких концентраций взвеси и осадков – датчик CUS 31 (иловая смесь, уплотненный ил, сырой и сброженный осадки).

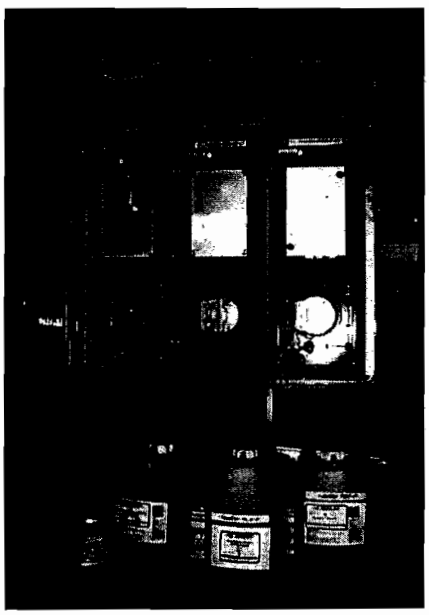


Рис. 3. Анализатор нитратов, аммония и фосфат-ионов Trescon

Оборудование для определения расхода воды и осадка. Для учета общего количества сточной воды и расхода осадков в трубопроводах широко используется электромагнитный расходомер Promag. На ряде каналов расход сточной воды и осадков измеряется уровнемерами: ультразвуковыми Prosonic и гидростатическими Waterpilot.

Измерение концентрации ионов аммония, нитратов и фосфатов. Имеется опыт эксплуатации мультипараметрического анализатора аммония, фосфат-ионов и нитрат-ионов Trescon (производства немецкой фирмы WTW) как в поступающей, так и в очищенной воде (рис. 3). Интервал между определениями параметров – от 5 мин.

Для непрерывного контроля концентрации нитратов в очищенной сточной воде также используются приборы с погружными оптическими зондами в ультрафиолетовой области спектра (УФ-зонды) Stamosens CNS 70 (Endress & Hauser). Погружные датчики приборов оснащены системой автоматической очистки оптических поверхностей и системой компенсирования мутности, что позволяет им работать не только в прозрачных средах, но и в присутствии взвешенных частиц и иловой смеси аэротенков.

Определение концентрации ХПК УФ-зондами. Современные методы автоматического определения ХПК базируются на способности органического вещества поглощать свет в ультрафиолетовой области. Измеряя спектральный коэффициент поглощения сточной воды, по калибровочному графику рассчитывают ХПК и концентрацию общего органического углерода. Для контроля содержания органических загрязнителей в сточной воде на московских станциях аэрации используются приборы UVAS (DrLange) и Stamosens CSS 70 (Endress & Hauser) с УФ-зондами. Как и зонды для определения содержания в сточной воде нитратов, УФ-зонды для определения органического вещества оснащены системой автоматической очистки, предотвращающей обрастание оптических поверхностей, а также системой компенсации мутности. Информация об измеряемых параметрах и приборах для их непрерывного контроля приведена в таблице.

Создание единой информационной системы. Параллельно с установкой приборов контроля on-line на станциях аэрации создается единая информационная система контроля, обеспечивающая воз-

Параметр	Прибор (производитель)	Диапазон измерений
Концентрация взвешенных веществ, г/л: в очищенной воде	CUM 253 с датчиком мутности CUS 31 в ИК-области (Endress & Hauser)	0–3
в иловой смеси и осадках	CUM 253 с датчиком мутности CUS 41 в ИК-области (Endress & Hauser)	0–300
Концентрация ионов аммония в поступающей и очищенной воде, мг/л	Trescon с модулем OA 110 с газовым аммонийным электродом (WTW)	0,1–1280
Концентрация нитратов в очищенной воде, мг/л	Trescon с модулем ON 210 в УФ-области (WTW)	0,1–250
	Stamosens с зондом CNS 70 в УФ-области (Endress & Hauser)	0–260
Концентрация фосфатов в очищенной воде, мг/л	Trescon с модулем OP 210 (WTW)	0,15–9
Концентрация кислорода в аэротенках и очищенной воде, мг/л	COM 253 с датчиком COS 41 с потенциостатическим кислородным сенсором (Endress & Hauser)	0–20
Концентрация органических веществ (ХПК) мг/л: в поступающей воде	UVAS с зондом в УФ-области (DrLange)	40–4000
в поступающей и очищенной воде	Stamosens с зондом CSS 70 в УФ-области (Endress & Hauser)	0,4–900
Расход поступающей сточной воды по уровню, мм	Уровнемеры Prosonic и Waterpilot (Endress & Hauser)	0–1600

можность мобильного управления процессом очистки воды. Информация о технологических показателях, ходе процессов и состоянии оборудования поступает, хранится и обрабатывается на Центральном диспетчерском пункте станций (рис. 4). Требуемая информация передается также и в Центральный диспетчерский узел МГУП «Мосводоканал». Следующим шагом автоматизации будет создание единой информационно-управляющей системы.

Контроль работы стационарных приборов. Эксплуатация большинства стационарных приборов предполагает наличие вспомогательного переносного оборудования, а также методик лабораторного анализа для регулярной проверки работы приборов и их калибровки, частота которых определяется типом прибора и конкретными условиями его эксплуатации. Проверка и калибровка осуществляются или по расширенной схеме «стационарные приборы – переносные приборы – лабораторный анализ» (мутномеры, кислородомеры), или по сокращенной схеме «стационарные приборы – лабораторный анализ» (приборы для измерения концентрации ионов и ХПК). Кроме того, переносные приборы незаменимы для разовых экспресс-

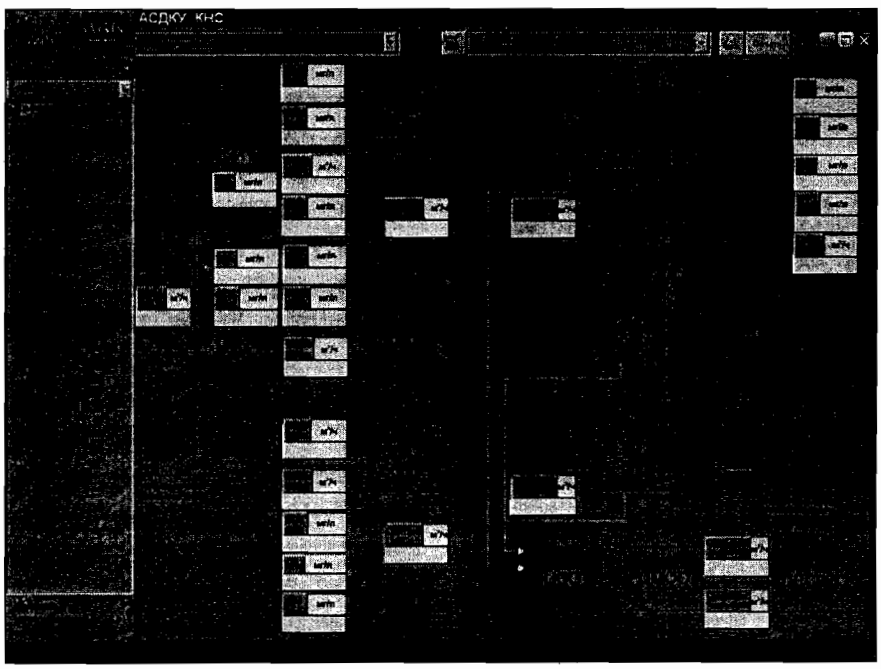


Рис. 4. Пример оформления вывода на ЦДП данных контроля очистных сооружений

анализов на участках технологического процесса, не оборудованных стационарными приборами, включая измерение профилей параметров по длине или радиусу сооружений. На московских станциях аэрации имеется парк переносных приборов, представленных главным образом кислородомерами и мутномерами (рис. 5).



Рис. 5. Переносные приборы (кислородомер и мутномер)

Периодическую проверку показаний стационарных кислородомеров и проведение измерений кислорода в тех местах, где они отсутствуют, проводят переносными кислородомерами Oxi 197 и Oxi 340 фирмы WTW, а также отечественными кислородомерами АКПМ. Приборы удобны в эксплуатации, быстро калибруются, а продолжительность анализа сокращается в десятки раз по сравнению с химическим методом Винклера.

Для регулярного контроля работы стационарных приборов, измеряющих содержание взвешенных веществ, на станциях аэрации в течение пяти лет используются переносные мутномеры DrLange (Германия) для измерения низких и высоких концентраций взвеси (с датчиками HT-1 и HS-1). Переносные приборы этого типа имеют важное преимущество перед другими переносными концентратомерами – помимо концентрации зонды измеряют глубину их погружения в водную среду, что дает возможность быстро определить концентрационный градиент взвешенных частиц и с точностью до 10 см измерить уровень залегания ила или осадка в отстойниках.

Лабораторный контроль стационарных приборов для измерения концентрации ХПК, фосфатов, нитратов и аммонийного азота осуществляется после отбора проб в лаборатории.

Для оптимального и последовательного решения задачи непрерывного контроля основных технологических параметров в МГУП «Мосводоканал» была разработана «Программа автоматизации станций аэрации». Приоритетную роль программа отводит входному и выходному контролю, а также контролю сооружений биологической очистки. Реализация программы по входному и выходному контролю запланирована на 2005–2006 годы. Будет создано 12 пунктов непрерывного контроля качества поступающей на очистку и сбрасываемой в водоемы очищенной сточной воды (6 пунктов – на входной и 6 – на выходной контроль).

Выводы

Суммируя опыт работы МГУП «Мосводоканал», можно рекомендовать следующую последовательность к переходу на автоматический технологический контроль работы очистных сооружений:

1. Создание парка переносных приборов, прежде всего кислородомеров и измерителей концентрации взвешенных веществ, позволяющих проводить регулярный экспресс-контроль работы сооружений и вновь приобретаемого стационарного оборудования.
2. Разработка оптимальной схемы расстановки и последовательности приобретения приборов в соответствии с технологической значимостью измеряемых параметров и стоимостью оборудования. Для сооружений очистки городских сточных вод рекомендуется следующая приоритетность (в порядке убывания): расход поступающих сточных вод; концентрация растворенного кислорода в иловой смеси и очищенной воде; концентрации взвешенных веществ в очищенной и поступающей воде; расходы осадков и их концентрации; концентрация в сточной воде соединений азота и фосфатов; концентрация ХПК.
3. Создание единой информационной системы с передачей всей поступающей информации на диспетчерский пункт.

Ситуация с нормированием сброса загрязняющих веществ в водные объекты в настоящее время доведена до абсурда, который, судя по всему, будет продолжаться и далее, если проблема не будет решена кардинальными действиями здравомыслящих людей в высоких инстанциях. Несправедливость, бесперспективность, неэффективность и даже порочность принятой системы нормирования воздействий на окружающую среду стали понятны всем и прежде всего производственникам. Огромные средства на разработку и согласование пресловутых ПДВВ, ПДС, ПДВ, равно как и платежи за загрязнение в пределах нормативов, могли бы быть затрачены на очевидные и неотложные нужды – хотя бы на замену труб. Нормирование давно превратилось в формальную процедуру, выгодную только избранным категориям лиц согласующих и утверждающих органов и не способствующую улучшению экологической обстановки.

В 2008 г. Министерство природных ресурсов РФ заключило государственный контракт № СЛ-12-03 по базовому проекту 08-М4-02, предусматривающему в том числе доработку Методики по разработке нормативов допустимых сбросов. Практический опыт водопользователей может внести наиболее значительный вклад в создание разумного и внятного документа. В этой связи редакция журнала просит высылать в ее адрес все замечания и предложения по изменению Методики, внесению в нее конкретных положений, включая предложения по принципиальным положениям нормирования сброса.

Редакция обязуется передавать все предложения исполнителям контракта.

Л. С. ПОНОМАРЕВА, главный специалист отдела обеспечения экологического надзора и научно-методической деятельности ФГУ Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия Ростехнадзора

Практика нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты

Система нормирования сброса веществ в составе сточных вод с использованием понятия предельно допустимого сброса (ПДС) оформилась с утверждением ГОСТ 17.1.1.01–77 «Использование и охрана вод. Основные термины и определения» [1], затем была обеспечена рядом методических документов, наиболее известной среди которых является методика ВНИИВО [2].

В 1999 г. Министерством природных ресурсов РФ выпущены и прошли процедуру правовой экспертизы в Минюсте РФ «Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты» [3], где были даны предпосылки более рационального подхода к установлению нормативов ПДС. Так, отсутствие в них формулы ПДС = $C^{ПДС}q$ давало возможность предложить в качестве ПДС величину привносимой массы сброса (т. е. ПДС = $\Delta C^{ПДС}q$), что делало величину годовой массы сброса сравнимой с данными формы № 2-ТП (водхоз), если форма составлялась в соответствии с пунктом 6.14 Инструкции [4]. Отсутствие в перечне нормативных документов Правил охраны поверхностных вод [5], а также утверждение, что ПДС устанавливается «исходя из условий недопустимости превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ (ПДК) в контрольном створе», позволяло отказаться от заведомо устаревших положений. Однако для практи-

ков так и осталось неясным, можно ли применять методику ВНИИВО [2], где в отличие от Методических указаний МПР [3] есть пояснения к оформлению документов (бланки форм), к составу материалов проектов и пр. Не отменив официально некоторые заведомо устаревшие положения методики ВНИИВО, не предложив новых форм бланков ПДС и т. д., поспешно сделанные Методические указания [3], несмотря на имеющиеся в них предпосылки разумных подходов, вынудили практиков использовать методику ВНИИВО.

Эта методика давала возможность устанавливать ПДС как с использованием бассейнового подхода, так и простейшим способом. Бассейновый подход нашел лишь ограниченное применение, так как даже при наличии приемлемых математических моделей и вычислительной техники требовал получения длинных рядов гидрохимических и гидрологических наблюдений для водных объектов и сточных вод, что в свою очередь требовало больших материальных затрат. Кроме того, наличие значительного диффузного загрязнения существенно снижало точность расчетов.

Простейший способ – установление ПДС на уровне ПДК и ниже – получил практически повсеместное распространение. Определенные в соответствии с ним нормы сброса зачастую противоречат не только справедливому принципу «загрязняющий платит», но и здравому смыслу. Известно, что от величины ПДС, установленной для городских выпусков, зависит величина допустимой концентрации для абонентов сетей водоотведения. Решая формально «обратную задачу», Водоканалы нередко предлагают абонентам абсурдные нормативы, требуя от них подачи на очистку воды по качеству выше, чем питьевая вода, поставляемая ими же [6; 7].

Подобная система нормирования для государственных контролирующих органов и Водоканалов оказалась выгодной, так как позволяла взимать плату не только за то, в чем «виноват» водопользователь, но и за вещества, поступившие с забранной водой, включая даже случаи, когда концентрации веществ составляли ПДК и доли ПДК.

В соответствии с Инструктивно-методическими указаниями [8] (в сопровождение постановления [9]), плата взимается за привнесенную массу сброса и должна быть основана на данных формы № 2-ТП (водхоз), пункт 5.2. Как видно, эта величина принципиально не сравнима с ПДС, рассчитанным в виде произведения концентрации на объем сброса ($ПДС = C^{ПДС}q$).

К сожалению, точное следование законодательству и положениям Методических указаний [3] не вошло в практику установления ПДС, что не может не вызывать удивления, так как прежде всего водопользователи должны быть заинтересованы в разумных подходах. После введения в действие Водного кодекса РФ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ и ряда правительственных постановлений по его реализации [10–12] ситуация с нормированием сброса становится все более озадачивающей.

Тенденции, которые можно проследить по Методике разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (утвержденной приказом МПР от 17 декабря 2007 г. № 333 и зарегистрированной Минюстом 21 февраля 2008 г. № 11198), разработанной во исполнение постановлений, заставляют предполагать, что нормирование допустимого сброса (названного НДС вместо ПДС) по-прежнему, по крайней мере в течение какого-то времени, будет базироваться в целом на старых положениях. Поэтому настоящий анализ может быть полезным для разработчиков нормативов допустимого сброса (НДС).

Ниже рассмотрены некоторые принципиальные погрешности, которые были допущены водопользователями и абонентами сетей водоотведения, приводящие и к абсурдным результатам, и к переплате за сброс веществ в составе сточных вод. Для иллюстрации приведены реальные данные по двум крупным индустриально развитым городам (табл. 1 и 2). Эти примеры свидетельствуют о том, что ни разработчики проектов ПДС, ни согласующие и утверждающие органы не обращали внимания на величины концентраций, а также на возможные последствия их использования в управлении, включая платежи и тарифы.

1. Перечень нормируемых веществ.

Опыт экспертизы проектов ПДС показал, что практически во всех случаях к ПДС относят все вещества, которые измеряются лабораториями. Очевидно, что работники организаций, связанных с анализом качества воды, должны знать, что незагрязненная природная вода содержит все металлы, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты (главные анионы в составе общей минерализации), биогенные вещества (соединения азота, фосфора, кремния), растворенные газы

и разнообразные органические вещества природного происхождения. Кроме того, они же обязаны знать и понимать положения законодательства.

Целью нормирования сброса является снижение и ликвидация **негативного воздействия**, которое в данном случае определяется сбросом загрязняющих веществ. Все законы и нормативные документы, прямо или косвенно связанные с нормированием сброса, регламентируют сброс или плату за сброс ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ веществ, иногда называемых вредными (второе название некорректно, так как практически все вещества, кроме ядов, становятся вредными, когда превышен их безопасный уровень, определяемый величиной ПДК). В подавляющем большинстве случаев при нормировании ПДС и допустимых концентраций при сбросе в сети коммунальной канализации понятием «загрязняющее вещество» пренебрегают.

Как видно из данных таблиц, более половины из нормированных веществ (18 из 33 по табл. 1 и 17 из 32 по табл. 2) не могут быть отнесены к загрязняющим. Следует заметить, что выделенные полужирным шрифтом в таблицах вещества являются большей частью такими же неотъемлемыми составляющими природного состава воды, как молекулярный азот и кислород – атмосферного воздуха, однако при расчетах предельно допустимых выбросов (ПДВ) для этих газов нормативы обоснованно не устанавливаются.

Таким образом, демонстрируется безразличие к определениям понятий, которые должны применяться при нормировании сброса:

негативное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды [13];

загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду [13];

загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду [13];

загрязняющее воду вещество – вещество в воде, вызывающее нарушение норм ее качества [1].

Формальные расчеты допустимых концентраций для абонентов сетей водоотведения (табл. 2), основанные на ошибочных величинах ПДС, привели к парадоксальным результатам: крайне жесткие нормативы допустимых концентраций для металлов (ниже самых жестких ПДК для водных объектов) и необоснованно завышенные допустимые концентрации для ионов основного состава (калий, кальций, натрий, хлориды, сульфаты, сумма которых намного больше, чем норматив по минерализации) и нитратов. Небезынтересно, обратив внимание на цифры, оценить последующие процессы при очистке и результаты сброса. Что будет на выходе из очистных сооружений, если на биологическую очистку подается вода с высокой концентрацией нитратов, которая не только не уменьшится, но и возрастет при очистке от органического и аммонийного азота? Как абоненты ухитрятся соблюдать величину минерализации при разрешенных допустимых концентрациях по ее составляющим и что будет на выходе, если от солей вода в принципе не может очищаться на городских биологических очистных сооружениях, не говоря о механических?

Причиной сложившейся ситуации, возможно, является положение методики ВНИИВО [2] о том, что если расчетная концентрация больше фактической, то ПДС устанавливается на уровне фактического содержания. Очевидно, что это положение разработчиками ПДС понимается неверно. Так, прежде всего оно должно относиться только к веществам, содержащимся в сточных водах, по крайней мере, на уровне, превышающем ПДК, т. е. к загрязняющим. При наличии ассимилирующей способности реки и возможности использовать расчет на смешение могут быть получены расчетные концентрации загрязняющих веществ, значительно превышающие фактические. И только в этом случае ПДС должен устанавливаться на фактической основе.

Формальная трактовка вышеуказанного положения методики ВНИИВО приводит к необоснованному требованию устанавливать ПДС на все компоненты химического состава воды, контролировать и оплачивать его. Кроме того, определяя список нормируемых показателей, следует учитывать, что при сбросе в реку сточной воды, концентрация вещества в которой равна или меньше ПДК, негативного воздействия быть не может, а при сбросе таких вод в загрязненную реку концентрации в ней снижают-

ся. Тогда какое основание для взимания платы?

2. Принцип суммирования.

Этот принцип был введен Правилами охраны поверхностных вод [5], которые утратили статус нормативного правового акта, и присутствует в методике ВНИИВО. В то же время как предшествующим, так и действующим Водным кодексом установлено, что нормативы воздействий разрабатываются на основании предельно допустимых концентраций. Закон «Об охране окружающей среды» (статья 20) требует научного обоснования нормативов, и только один документ, прошедший правовую экспертизу в Минюсте РФ, – СанПиН [14] содержит указания о суммировании при точно определенных условиях: «В случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ **1 и 2 классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия**, в т. ч. канцерогенных, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу».

Принцип суммирования не доказан ни одним экспериментом, а в отношении веществ природного состава просто абсурден. В Методических указаниях [15] нет раздела, в соответствии с которым доказывается принцип суммирования по всем лимитирующим признакам вредности, и они не требуют выполнения полного анализа состава разбавляющей воды в экспериментах по определению ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. ОСТ 15.372–87 [16] предъявляет к качеству воды гораздо более мягкие требования, чем к сточным водам, нормируемым с учетом принципа суммирования.

Обращает на себя внимание тот факт, что для карповых хозяйств допустимо использование воды, в которой суммарное отношение *С*/ПДК токсикологического лимитирующего признака вредности (ЛПВ) приближается к 3 (!), для форелевых – к единице (0,67). При этом в расчет приняты только четыре показателя (аммиак, нитритный азот, аммонийный азот и железо) и не учтены тяжелые металлы (практически все относятся к токсикологическому ЛПВ и всегда присутствуют в природной воде). Так на каком основании для всех без исключения водных объектов страны требовалось соблюдение принципа суммирования по ЛПВ?

Применение этого принципа доводит до абсурда систему контроля, когда для точного соблюдения требований суммирования по ЛПВ каждый водопользователь должен контролировать не только компоненты, привносимые им в водный объект со сточными водами, но и все остальные вещества того же ЛПВ, которые поступили с забранной водой, т. е. анализировать **полный химический состав**.

Становится совершенно очевидным, что подобный контроль не может быть осуществлен на практике – какую же роль в управлении играет пресловутый принцип, кроме возможности предъявления необоснованно жестких требований к водопользователям, абонентам сетей водоотведения и соответственно – взимания платежей? На практике этот принцип применялся также неверно, так как в расчеты принимались только известные водопользователю вещества, и наличие других компонентов состава природной воды, равно как и неизвестных продуктов трансформации веществ в сточных водах, не учитывалось.

Возможными причинами использования указанного принципа является формальное применение компьютерных программ, составленных на основе методики ВНИИВО, а также учет требований местных органов рыбоохраны на основании Правил охраны поверхностных вод [5] или письма, разосланного Главрыбводом в 1999 г., т. е. сразу после согласования им Методических указаний МПР 1999 г., в которых указано, что основой должно быть соблюдение ПДК в водном объекте или неухудшение природного состава вод. Письмо не является нормативным правовым актом, и требование его исполнения незаконно.

Таким образом, применение принципа суммирования ни научно, ни нормативно не обосновано.

3. ПДК как основа нормирования.

Документами, содержащими перечни и численные значения ПДК, для некоторых веществ предусмотрены различные нормативы. Так, ГН 2.1.5.1315–03 [17] имеет три норматива ПДК фтора для климатических районов, Перечень [18] предусматривает норматив по общей минерализации согласно таксации рыбохозяйственных водных объектов, а также три норматива ПДК фосфатного фосфора в зависимости от трофности водного объекта. Как правило, проекты ПДС не содержат информации о соответствующих запросах в органы рыбоохраны и соответствующих ответах. На местах неизвестно, проводились ли работы по рыбохозяйственной таксации и каковы их результаты, хотя при нормировании все водные объекты считаются ры-

Таблица 1

№ пп.	Показатели качества воды	ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (санитарно-гигиенические показатели), мг/л	ПДК для водных объектов рыбохозяйственного водопользования, мг/л	Фактическая концентрация в водотоке, мг/л	Фактическая концентрация в водоприемнике, мг/л	Фактическая концентрация в водотоке, мг/л	Класс-границы, соответствующие II, III, IV, V классам
1	Взвешенные вещества	+0,25–0,75 к фоновой концентрации	+0,25 к фоновой концентрации	15,1	6,8	12,9	6,8
2	$БПК_5/БПК_{полн}$	2/3	2/3	2,8/3,7	2,3/3,6	2/3	2/3
3	**Сухой остаток**	1000	1000	286,9	**500**	259	500
4	ХПК	15–30	Не установлено	32,2	35	25,5	15
5	**Хлориды**	350	300	15,9	**80**	14,5	80
6	**Сульфаты**	500	100	54,8	**100**	52	100
7	Азот аммонийный	1,5	0,39	0,95	9,5	0,85	0,39
8	Азот нитритов	3,3	0,02	0,02	0,16	0,02	0,02
9	**Азот нитратов**	45	9,1	0,7	**4**	0,63	**4**
10	**Алюминий**	0,5	0,04	0,026	**0,01**	0,015	**0,01**
11	Железо	0,3	0,1	0,74	0,38	0,66	0,1
12	**Кадмий**	0,001	0,005	0	0	0	**0,00001**
13	**Хлороформ (трихлорметан)**	0,1	0,005	0	**0,01**	0	0,005
14	Четыреххлористый углерод (тетрахлорметан)	0,002	0,000014	0	0,0008	0	0,0005
15	**Кобальт**	0,1	0,001	0	0	0	**0,00001**
16	Марганец	0,1	0,01	0,12	0,16	0,11	0,01
17	Медь	1	0,001	0,003	0,005	0,002	0,001
18	**Никель**	0,02	0,01	0,001	0,02	0,0006	0,01
19	**Ртуть**	**0,0005**	**0,00001**	**0**	**0**	**0**	**0,0000001**
20	**Свинец**	**0,01**	**0,006**	**0**	**0,001**	**0**	**0,001**
21	**Хром$^{+3}$**	**0,5**	**0,07**	**0**	**0,002**	**0**	**0,002**
22	**Хром$^{+6}$**	**0,05**	**0,02**	**0**	**0**	**0**	**0,0002**
23	Цинк	1	0,01	0,015	0,03	0,011	0,01
24	**Цианиды**	**0,035**	**0,05**	**0**	**0**	**0**	**0,0005**
25	**Фториды**	**1,5**	**+0,05 к фоновой концентрации, но не более 0,75**	**0,25**	**0,3**	**0,24**	**0,1**
26	**Сульфиды**	0,003	0,005	0	**0**	0	**0,00005**
27	СПАВ анионактивный	0,1	0,1	0,019	0,14	0,017	0,1
28	Фосфаты по Р	3,5	0,2	0,09	1,5	0,07	0,2
29	**Роданиды**	**0,1**	**0,1**	**0**	**0,002**	**0**	**0,002**
30	**Трихлорэтилен**	**0,06**	**0,01**	**0**	**0,0002**	**0**	**0,0002**
31	Фенолы	0,001	0,001	0,0009	0,001	0,0006	0,001
32	Нефтепродукты	0,3	0,05	0,31	0,4	0,25	0,05
33	Хлор активный	Отсутствует		–	> 1,5	–	> 1,5

бохозяйственными. (Также не было ни одного случая в практике, когда разработчики ПДС подавали официальные запросы о наличии названия соответствующего водного объекта в перечне, который должен был существовать в соответствии со статьей 140 прежнего Водного кодекса).

При разработке ПДС крайне редко используется принцип неухудшения сложившегося природного качества воды водоприемника (в табл. 1, например, он мог быть рассмотрен в отношении железа и марганца, в табл. 2 – в отношении мар-

Таблица 2

№ п/п	Показатель качества воды	ПДК для водного объекта хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л	ПДК для водного объекта рыбохозяйственного значения, мг/л	Фоновые концентрации на водном объекте. Расчетные т-ты, мг/л	Фактические концентрации в створах выше по створу от сброса сточных вод, мг/л	Концентрации после смешения с учетом кратности разбавления, мг/л	Концентрации, допустимые к сбросу, мг/л
1	Взвешенные вещества	+0,25 или 0,75	+0,25 или 0,75	32–33	11,15	11,15	250
2	**Минерализация**	**1000**	**По таксации**	**Нет данных**	**460,55**	**460,55**	**1000**
3	$БПК_{полн}$	2–4 ($БПК_5$)	3	3,2–3,9 ($БПК_5$)	11,56	11,56	250
4	ХПК	30	Не установлено	Нет данных			375
5	Азот аммонийный	2	0,39	0,4–0,5	2,38	0,4	12,5
6	Азот нитритный	1	0,02	0,04–0,05	0,085	0,02	0,158
7	Медь	1	0,001	0,002	0,004	0,001	0,003
8	**Никель**	**0,1**	**0,01**	Нет данных	**0,002**	**0,002**	**0,004**
9	Железо	0,3	0,1	0,08–0,12	0,3	0,1	0,3
10	**Хром$^{3+}$**	**0,5**	**0,07**	**0,0014**	**0,0018**	**0,0018**	**0,03**
11	Цинк	1	0,01	Нет данных	0,016	0,01	0,025
12	**СПАВ**	**0,5**	**0,1**		**0,08**	**0,08**	**0,23**
13	**Марганец**	**0,1**	**0,01**	**0,104**	**0,065**	**0,01**	**0,01**
14	**Ацетон**	**–**	**0,05**	Нет данных	**0,0012**	**0,0012**	**0,032**
15	**Фомальдегид**	**0,05**	**0,1**		**0,006**	**0,006**	**0,4**
16	**Кобальт**	**0,1**	**0,01**	**0,001**	**0,0005**	**0,0005**	**0,014**
17	**Кадмий**	**0,001**	**0,005**	Нет данных	**0,00002**	**0,000015**	**0,00004**
18	**Свинец**	**0,03**	**0,006**		**0,0015**	**0,0015**	**0,0025**
19	Фториды	0,7–1,5 (по климатическим районам)	0,05 к фоновой концентрации, но не более 0,75	0,88	0,833	0,75	0,5
20	**Роданиды**	**0,1**	**0,1**	Нет данных	**0,0006**	**0,0006**	**0,013**
21	Этанол	Не установлено	0,01		0,023	0,01	Нет данных
22	**Бутанол**		**0,03**		**0,0025**	**0,0025**	
23	**Азот нитратов**	**10,1**	**9,1**	**0,1–0,6**	**5,07**	**5,07**	**40,16**
24	**Сульфаты**	**500**	**100**	**39–54**	**57,88**	**57,88**	**159,6**
25	Фосфаты	0,2	0,2	0,08–0,09	1,09	0,2	0,29
26	**Хлориды**	**350**	**300**	**10–12**	**52,05**	**52,05**	**90,74**
27	**Калий**	**Не установлено**	**50**	**Нет данных**	**12,32**	**12,32**	**152,7**
28	**Натрий**	**200**	**120**		**54,85**	**54,85**	**638,7**
29	**Кальций**	**Не установлено**	**180**	**43–50**	**65,03**	**65,03**	**654,9**
30	**Метанол**	**3**	**0,1**	**Нет данных**	**0,007**	**0,007**	**Нет данных**
31	Нефтепродукты	0,3	0,05	0,02	0,062	0,05	0,17
32	Фенолы	0,25	0,001	0,003	0,005	0,001	1,5

ганца). Вопрос о природном происхождении повышенных концентраций должен ставиться перед местными органами Росгидромета. Представляется необходимым, чтобы органы, согласующие проекты ПДС, не ограничивали себя только надзорными функциями, но и давали разъяснения по вопросам, входящим в их полномочия, а разработчики проектов ПДС предотвращали возможные конфликты путем запросов и ответов на них.

4. Оформление бланков для представления результатов установленных ПДС.

В большинстве случаев используется форма, предложенная в методике ВНИИВО. Наиболее распространенные ошибки: запись «сброс веществ, не указанных ниже, запрещен» и цитирование «Правил охраны поверхностных вод» в разделе «Утвержденные свойства **сточных вод**», которые относятся к водным объектам, а не к сточным водам.

Первая из ошибок – результат недостаточной компетентности авторов методики. Включение записи «сброс веществ, не указанных ниже, запрещен» может создать нежелательный прецедент, если контролирующие органы определят, например, кальций, который в сточных водах, как правило, ниже ПДК, всегда присутствует в воде в значительных количествах и включен в «нормативы платы». Основываясь на записи, контролирующие органы имеют бесспорное основание для предъявления санкций за сброс любого из множества веществ, содержащихся в воде! Запись следовало исключить или заменить более разумной: например, «Прочие вещества в составе сточных вод в количествах, вызывающих загрязнение воды водоприемника, отсутствуют» или «Прочие вещества в составе сточных вод с концентрациями, превышающими ПДК, отсутствуют».

Вторая ошибка – результат бездумного отношения к составлению документов. В частности, в разделе «Утвержденные свойства **сточных вод**» нелепо указывать требования к температуре в местах обитания налима или наличие привкусов (в сточной воде!?).

5. Величины показателей и возможности их контроля.

Помимо некорректности установления нормативов для незагрязняющих веществ в проектах встречаются такие утверждения: в сточных водах фактические концентрации ниже ПДК, а ПДС для них устанавливается на уровне ПДК, т. е. признается допустимым увеличение нагрузки. Такой подход должен быть обоснован, например, перспективой развития соответствующих отраслей промышленности или иными соображениями, однако в пояснительных записках ничего по этому поводу не содержится.

Нередко данные о концентрациях веществ представляются как «не обнаружено», «отсутствие» или «0,0». Например, в табл. 1 фактическая концентрация некоторых металлов показана как 0,0. Это неверно, так как микроэлементы всегда присутствуют в воде, и результаты анализа должны регистрироваться с учетом нижнего предела определения (НПО) применяемой методики: < НПО.

Назначаемые концентрации должны учитывать возможности их контроля. Например, в табл. 1 концентрация ртути, соответствующая ПДС, составила 0,0000001 мг/дм^3 при ПДК 0,00001 мг/дм^3 и нижним пределом определения по наиболее «чувствительному» методу – 0,000005 мг/дм^3. Как будут действовать производственные лаборатории и контролирующие органы, определяя соответствие установленному нормативу?

Вышеприведенными примерами недостатки проектов ПДС не исчерпываются, они лишь наиболее распространены.

В ряде случаев пояснительные записки перегружены информацией, не относящейся к вопросу нормирования. Отсутствуют требования к режиму сброса (в частности неравномерность), а также разделы, обосновывающие выбор нормируемых и контролируемых веществ (которые могут быть **разными**, особенно для городских сточных вод). Плохо проработаны разделы контроля. Во многих проектах проводятся расчеты на разбавление даже при отсутствии ассимилирующей способности водного объекта, и эти расчеты впоследствии не используются и только «засоряют» проект.

Крайне редки случаи, когда в проектах приводятся данные сравнения с наилучшими технологиями или зарубежными нормативами. Отчеты о выполненных мероприятиях и планы по поэтапному снижению загрязнения содержат только информацию о них без указания фактически достигнутых или прогнозируемых результатах мероприятий. Достаточно редки случаи, когда в планы мероприятий включаются работы, проводимые абонентами сетей канализации, тогда какое они могут иметь значение для снижения загрязненности сточных вод поселений.

Выводы

В последние десятилетия большинство стран мира добились значительного прогресса в области охраны окружающей среды с уменьшением воздействия на ее состояние. Снизилась интенсивность загрязнения, уменьшились объемы выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Достигнутые успехи стали возможны благодаря техническим и организационным нововведениям, которые явились следствием изменения экологической политики и в первую очередь использования прогрессивных природоохранных мероприятий для регулирования нагрузки на окружаю-

щую среду. Движущей силой многих положительных изменений явилась система экологического нормирования путем выдачи разрешений на производственную деятельность, предусматривающих использование технологических нормативов в виде сброса веществ на единицу продукции (услуг) или в виде проектной концентрации (в частности, для городских выпусков).

Анализ тенденций выдачи разрешений в странах Организации экономического сотрудничества и развития в Европе, США, Канаде свидетельствует о том, что еще в 1980-х годах в экологической политике большинства стран наметился сдвиг в сторону стратегии предупреждения загрязнения или чистого производства в отличие от рассеяния и разбавления, а также контроля за загрязнением в конце производственного цикла (стратегия «конца трубы»), которые применялись до этого.

В основе природоохранного нормирования уже более 15 лет используются принципы предупреждения загрязнения на основе наилучшей природоохранной практики и наилучшей существующей технологии. При этом базовой основой является стратегия чистого производства или принципа «предупреждение загрязнения выгодно». Принципы чистого производства и использования стратегии наилучшей существующей технологии предоставили возможность снизить риски для здоровья людей и природы, получать при этом экономическую выгоду за счет проведения на предприятиях системного анализа технологических процессов и внедрения эффективных природоохранных мероприятий.

Не пора ли честно признать непродуктивность особого российского пути. Представляется разумным отказаться от установления нормируемых допустимых выбросов и сбросов как совершенно бесплодных нормативов, тем более что мировой опыт свидетельствует о возможности применения более действенного механизма нормирования и управления. Президент Д. А. Медведев обратил внимание на недостатки правовой базы природоохранной деятельности: «Несмотря на наличие специального законодательства, тем не менее оно сегодня не стимулирует переход на экологически эффективные технологии и проведение природоохранных мероприятий».

Усилия и средства должны затрачиваться не на расчеты ненужных нормативов и их согласование, а на поиск более эффективных технологий, систем очистки, приемов землепользования и т. д. Нормативы и иные ограничения должны устанавливаться на определенный период с нормативными сроками внедрения технологий. Ограничения во времени и ответственность за нарушение сроков (равно как и опережение) достаточно легко регулируются экономическими и административными рычагами. В этой связи необходимо принципиально изменять подходы к нормированию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.1.1.01–77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана воды. Основные термины и определения.
2. Методика расчета предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты со сточными водами. – М., ВНИИВО, 1990.
3. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты (уточненная редакция от 23 сентября 1999 г.). – М., МПР России, 1999.
4. Инструкция о порядке составления статистического наблюдения об использовании воды по форме № 2-ТП (водхоз), утвержденная ЦСУ СССР 24 июля 1985 г. с уточнениями и дополнениями, согласованными в установленном порядке в течение 1986–2000 годов.
5. Правила охраны поверхностных вод. Основные положения. – М., Госкомприроды СССР, 1991.
6. Постановление Правительства РФ от 12 февраля 1999 г. № 167 «Об утверждении Правил пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации» (с изменениями от 8 августа 2003 г., 13 февраля, 23 мая 2006 г.).
7. Приказ Госстроя РФ от 6 апреля 2001 г. № 75 «Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов (МДК 3-01.01)».
8. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды (утверждены Минприроды РФ 26 января 1993 г. с изменениями от 15 февраля 2000 г.).
9. Постановление Правительства РФ от 28 августа 1992 г. № 632 «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (с изменениями

от 27 декабря 1994 г., 14 июня 2001 г.).

10. Водный кодекс РФ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ.
11. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2006 г. № 881 «О порядке утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты».
12. Постановление Правительства РФ от 23 июля 2007 г. № 469 «О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей».
13. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
14. СанПиН 2.1.5.980–00. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
15. Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М., ВНИРО, 1998.
16. ОСТ 15.372-879. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы.
17. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М., Минздрав России, 2003.
18. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение (утвержден приказом Председателя Комитета РФ по рыболовству 28 апреля 1999 г. № 96).

С. В. ЛЯЛИН, генеральный директор ООО «ВЕКТОР Э»; Е. В. СОКОЛОВА, канд. техн. наук (ГНЦ РФ «НИИ ВОДГЕО»); И. В. МАШНИКОВ, канд. хим. наук (ООО «Фирма Водные Технологии»)

Гидроботаническая доочистка поверхностного стока в прудах с эйхорнией

Естественные и искусственные биологические пруды с высшей водной растительностью находят в последнее время все более широкое применение как для очистки небольших количеств сточных вод, так и для рекреации поверхностных водоемов. За рубежом они используются преимущественно в сельской местности для систем типовой мощности 50–1000 экв. жителей при отсутствии централизованных очистных сооружений.

Наряду с этим в борьбе с антропогенной эвтрофикацией водоемов значительный интерес представляет способ искусственного заселения поверхности водоемов и культивирования водной растительности – фитомелиорация.

Высшая водная растительность не только способствует развитию процессов минерализации органического вещества и поглощения биогенных элементов, но и препятствует нагонному перемещению воды под воздействием сильных ветров, принимая участие в перераспределении потока жидкости и увеличивая полезный объем пруда.

Степень воздействия водных растений на режим водоема зависит от занимаемой ими площади, плотности зарослей, а также жизнедеятельности заселивших их гидробионтов. Исходя из этого интенсификация процессов доочистки сточных вод в сооружениях с высшей водной растительностью предполагает решение двух основных задач: подбор макрофитов, способных в данных климатических условиях максимально утилизировать органические вещества и биогенные элементы, и определение оптимальной плотности растений. Наиболее эффективными считаются растения с максимальной вегетационной активностью.

Водные растения (макрофиты) подразделяются на корневищные, погруженные и плавающие. Чаще всего в биологических прудах макрофиты представлены в виде корневищных: озерного камыша, тростника, узко- и широколистного рогоза, элодеи.

Достаточно широко известны примеры заселения поверхности пруда интродуцирующими водными растениями: плавающими – водным гиацинтом (*Eichhornia crassipes*) и ряской (*Lemna a Spirodella spp.*) или погруженными – харовыми водорослями и рдестом плавающим.

Однако вышеперечисленные растения по эффективности изъятия загрязнений существенно уступают эйхорнии, несмотря на ее неустойчивость к низким температурам [1].

Не нарушая биоценоза водоемов и берегов, эйхорния (водный гиацинт) с помощью своих корней способна энергично извлекать из водной среды многие примеси, в том числе нефтепродукты, фенол, формальдегид, аммиак. При этом интенсифицируются процессы нитрификации, минерализации нефтепродуктов, разрушаются и обезвреживаются многие токсины. После прохождения стоков через заросли эйхорнии концентрация нефтепродуктов в толще воды резко снижается. Известны случаи, когда ниже зарослей водной растительности вообще не обнаруживалось взвешенных и растворенных нефтепродуктов [2].

При культивировании эйхорнии на поверхности водоемов не замечено образования масляных пленок. Содержание нефтепродуктов в очищенной воде фиксировалось от 0,2 до 0,05 мг/л (при концентрации в поступающей воде до 3 мг/л).

Токсичность воды в водоемах, определяемая с помощью биотестирования, может быть снижена в зоне культивирования растения вплоть до полного ее отсутствия. Создается биологический барьер развитию патогенной микрофлоры в сточных водах и проникновению ее в водоемы и подземные источники.

При использовании эйхорнии токсиканты не накапливаются в тканях растения, а

быстро расщепляются до безвредных промежуточных продуктов, не вызывая опасности вторичного загрязнения воды [3]. Биомасса остается внутри системы, не поступая в объем сточных вод.

Покрывая большую часть поверхности пруда, эйхорния предохраняет толщу воды от проникновения в нее солнечных лучей, подавляя процесс фотосинтеза в водорослях. Рост водорослей снижается в среднем на 80 %. При эксплуатации прудов этот момент имеет положительное значение, так как отмирающие водоросли представляют собой дополнительный источник загрязнения водоемов биогенными элементами.

Поскольку интенсивность массопереноса кислорода в естественных условиях ограничена, пруды с высшей водной растительностью, как правило, обладают свойствами анаэробных и аэробных прудов одновременно.

Водная растительность обеспечивает аэробность среды благодаря выделению кислорода, что способствует интенсивному протеканию процессов в водоеме. В результате жизнедеятельности эйхорнии концентрация растворенного кислорода в очищенных стоках на выходе из пруда составляет 4–5 мг/л.

Водный гиацинт оказывает благотворное влияние на кислородный режим загрязненных вод, способствуя развитию сапрофитной и специфической микрофлоры, что приводит к быстрой минерализации органических веществ. Водная растительность и микроорганизмы находятся в тесных взаимоотношениях [4].

На погруженных в воду корнях эйхорнии в значительном количестве обнаруживались зооглейные скопления бактерий, амебы, бесцветные, жгутиковые, равно- и брюхоресничные инфузории, коловратки и черви. Созданные благоприятные условия существования полезного биоценоза в несколько раз усиливают процессы деструкции микроорганизмами растворенных органических и неокисленных минеральных соединений (сероводород, аммиак, нитриты).

В холодное время года растения эйхорнии без соответствующей защиты гибнут, и даже при устройстве оранжереи или павильона с теплым воздухом их рост замедляется. Сезонное отмирание водного гиацинта совпадает с общими периодами низкой биологической активности внутри водоема. Основные функции очистки выполняет морозоустойчивое растение – ряска. Поэтому рядом с водным гиацинтом для средних широт всегда желательно ее присутствие.

Водный гиацинт обладает обширной корневой системой и массивной надводной частью. При благоприятных условиях может разрастаться, увеличивая свою поверхность и массу (до 15 % в сутки).

Большое влияние на эффективность очистки оказывает плотность заселения растений на 1 м^2 поверхности пруда, которая контролируется при культивировании.

Проведенные практические наблюдения показали, что для достижения наилучших показателей целесообразно применение растений в водоемах с глубиной до 0,5–0,75 м.

Одним из главных условий правильной работы модулей с эйхорнией является высадка взрослых растений (соцветий) с плотностью 10–20 шт/м^2. Максимальное количество соцветий в оптимальном режиме работы модуля может достигать 70 соцветий на 1 м^2.

Учитывая подобную скорость увеличения массы растений, разрастание эйхорнии по поверхности пруда контролируется, и периодически убираются взрослые соцветия.

Извлеченные особи растения в течение вегетации собираются в специально отведенное место сбора или в контейнер на объекте для последующего вывоза или утилизации. Удаляемые из пруда растения могут быть использованы для удобрения почвы, на корм скоту или в качестве сырья для получения протеиновых соединений (содержание протеина в высушенных листьях эйхорнии составляет 33 %, что превышает содержание протеина даже в соевой муке [5]).

Необходимость периодического удаления части взрослых растений увеличивает расходы на очистку воды, однако трудоемкость этих работ существенно ниже, чем при уборке погруженных или корневищных растений.

ООО «Вектор Э» проводит изучение, наблюдения и организацию практического применения гидроботанического способа доочистки загрязненных вод с помощью эйхорнии в условиях России и обладает патентными правами на использование этого способа.

Создание рабочей популяции от вегетационных излишков коллекции этого вида, пе-

Показатель, мг/л	Исходная вода	Очищенная вода	Степень очистки, %
Взвешенные вещества	7,5–25	1,5–5	80
БПК	30–50	3–5	До 90
Нефтепродукты	0,3–0,65	0,05–0,1	85
Аммонийный азот	2–3	0,4–0,6	80
Сульфаты	80–100	40–50	До 50

риодически получаемых в Главном Ботаническом саду РАН, началось весной 2000 г.

Проведенные в летние периоды 2000–2005 годов фирмой «Вектор Э» по заказу ГУП «Мосводосток» эксперименты в реальных условиях действующих прудов-отстойников «Крылатское», «Копытовка», «Марьино-2», «Нагатинский затон» и ВКЗ (Зеленоград) показали, что при использовании водного гиацинта эффективность очистки и доочистки воды от: органических веществ (по БПК) составляет до 95 %, взвешенных веществ – до 80 %, соединений минерального азота до 80 %, сульфатов – 50 %, ионов тяжелых металлов – 50 %. Показатели эффективности работы сооружений доочистки с эйхорнией представлены в таблице.

Выводы

Водный гиацинт (эйхорния), покрывая часть площади пруда (водоема), является биологическим фильтром, проходя через который сточная вода изменяет свои биохимические показатели. Интенсивность воздействия зарослей эйхорнии на биологическую деструкцию органических веществ зависит от жизнедеятельности бактерий и гидробионтов, заселяющих поверхность плавающих корней, занимаемой растениями площади и их плотности. Микроорганизмы и высшая водная растительность находятся в тесных взаимоотношениях. Доминирующую роль в деструкции органических загрязнений выполняют бактерии.

Водный гиацинт, поглощая отдельные биогенные вещества (соединения азота, фосфора, железа) может в значительной степени ограничить развитие фитопланктона и способствовать снижению интенсивности цветения водоема, являясь конкурентом планктонных водорослей.

Водный гиацинт нормализует солевой состав воды водоема (пруда) и способствует самоочищению воды от соединений марганца, цинка, меди. Доочистка биологически очищенных сточных вод в биологических прудах, заселенных водным гиацинтом, является конкурентоспособным и экономически оправданным методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вепрев С. Г., Нечипоренко Н. Н., Бортникова С. Б. Использование растений водяного гиацинта для очистки техногенных стоков. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2001.
2. Морозов Н. В., Торпищева А. В. Микроорганизмы, окисляющие нефть и нефтепродукты в присутствии высших водных растений // Гидробиологический журнал. 1973. № 4.
3. Гомжина С. И., Мелинг Э. В. О биологических технологиях очистки сточных вод. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2002.
4. Комиссаров С. В., Сай Т. Н. Очистка воды при помощи высших водных и земноводных растений (ботанический метод). – М., 1972.
5. B. C. Wolverton // J. Water Pollution Control Federation. 1979. V. 51. № 2.



В. П. ПОДКОВЫРОВ, заместитель генерального директора;
Е. М. ПРИВЕН, начальник отдела (МГП «Мосводоканал»)

Опыт МГП «Мосводоканал» по реконструкции объектов, использующих жидкий хлор

Сжиженный хлор как средство обеззараживания воды используется на подавляющем большинстве систем водоснабжения крупных городов Российской Федерации, при этом повсеместно достигается высокий уровень санитарно-эпидемиологической безопасности населения.

На московских водопроводных станциях хлорирование воды осуществляется в два этапа. Первичное хлорирование производится в смесителе с целью предварительного обеззараживания воды, поддержания очистных сооружений в надлежащем санитарном состоянии, повышения эффективности удаления планктона в период его развития в водоисточнике. Вторичному хлорированию вода подвергается на заключительном этапе очистки, перед поступлением в резервуары питьевой воды. Его задачей является окончательное обеззараживание воды и предупреждение ухудшения качества воды в городской распределительной сети. Для этого на стадии вторичного хлорирования в дополнение к хлору вводится аммиачная вода; происходит образование хлораминов, обладающих более длительным бактерицидным действием по сравнению со свободным хлором.

Вода на выходе водопроводных станций отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода» по содержанию связанного хлора – 0,8–1,2 мг/л, при этом обеспечивается безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении, ее соответствие нормативам по микробиологическим показателям.

В настоящее время потребление хлора московскими водопроводными станциями составляет около 8 тыс. т/год. Применение жидкого хлора в качестве реагента требует комплекса устройств и оборудования для его приема, хранения, транспортировки и ввода в обрабатываемую воду. Для этих целей на водопроводных станциях эксплуатируются так называемые хлорные хозяйства, представляющие объекты повышенной опасности и включающие пункты перелива жидкого хлора из железнодорожных цистерн, подземные склады с установленными резервуарами-хранилищами суммарным объемом 200 т, системы транспортных коммуникаций и дозаторные. Хлорные хозяйства водопроводных станций находятся под постоянным надзором федеральной службы технического надзора (регионального органа Госгортехнадзора России – Московского городского управления).

В последние годы нормативная база в области промышленной безопасности при обращении с хлором постоянно совершенствуется. Начиная с середины 80-х годов ужесточение требований правил к объектам сжиженного хлора происходило четыре раза. Каждый раз при выходе новых правил в МГП «Мосводоканал» разрабатывалась Комплексная программа по приведению объектов в соответствие с их требованиями. Реализация программ требовала значительных капитальных вложений и была рассчитана на длительный срок, так как предусматривала реконструкцию производств.

Концепция МГП «Мосводоканал» по повышению надежности функционирования хлорных хозяйств водопроводных станций заключается в следующем:

строительство закрытых герметичных пунктов перелива жидкого хлора с использованием шарнирно-поворотных устройств для присоединения железнодорожных цистерн к системе стационарных трубопроводов;

создание систем автоматизированного управления и противоаварийной защиты, позволяющих без вмешательства оператора производить локализацию потенциально возможных аварийных ситуаций;

комплексная автоматизация процессов испарения и дозирования хлора с автоматическим контролем всех предусмотренных правилами технологических процессов;

минимизация протяженности коммуникаций, транспортирующих жидкий хлор;

оснащение сосудов и трубопроводов жидкого и газообразного хлора сертифицированной запорной арматурой;

централизация хлордозаторных и перевод трубопроводов газообразного хлора в безнапорный режим работы;

исключение из обращения жидкого хлора в первую очередь там, где это экономически оправдано и необходимо по требованиям безопасности.

В связи со строительством горнолыжного склона в непосредственной близости от склада хлора Западной водопроводной станции принято решение о переносе склада на другую площадку. С целью повышения

уровня его безопасности проектирование нового склада хлора осуществляется с использованием прогрессивных технических решений по его хранению при температуре кипения жидкого хлора при атмосферном давлении.

Данный способ хранения жидкого хлора является изотермическим, позволяющим обеспечить радикальное сокращение радиуса опасной зоны склада хлора. Хранение хлора в сосудах при данном способе осуществляется при температуре, равной или близкой к −34 °С. Необходимые температура и давление в сосуде поддерживаются путем заполнения его предварительно охлажденным жидким хлором, а также за счет испарения части хранимого жидкого хлора при естественном нагреве сосуда окружающим воздухом. Образующиеся при испарении жидкости пары хлора непрерывно отводятся на конденсацию или для других целей.

Хлор, хранящийся при таких условиях, не имеет запаса внутренней энергии и, следовательно, мгновенного испарения жидкого хлора при его проливе не происходит. Утечка газообразного хлора из сосуда при его разгерметизации определяется только диффузионными процессами и ничтожно мала, а утечка жидкого хлора – его гидравлическим напором, т. е. хранение хлора в изотермических резервуарах является более безопасным с точки зрения возможности поражения людей.

В нашей стране нет ни опыта применения изотермического способа хранения хлора на предприятиях-потребителях, к которым относятся водопроводные станции, ни проектирования; не изготавливается необходимое надежное технологическое оборудование. Принимая во внимание весьма жесткие требования по обеспечению промышленной безопасности, связанные с близостью к складу массовой жилой застройки и значительным количеством хлора, хранящимся на складе, при проектировании и строительстве нового склада хлора МГП «Мосводоканал» использует опыт ведущих европейских предприятий в области обращения с хлором, к созданию данного производства привлечена немецкая фирма «Uhde».

Все перечисленные выше мероприятия по совершенствованию технологии слива, хранения, испарения и дозирования хлора, включая переход на изотермический способ хранения жидкого хлора, несомненно, повышают уровень безопасности при обращении с жидким хлором и способны обеспечить необходимый уровень безопасности в штатном и нештатном режимах, но не исключают возможности возникновения аварийной ситуации с железнодорожной цистерной вне пункта перелива реагента, например на подъездных путях к складам хлора, в том числе и в зоне ответственности водопроводных станций.

С появлением в последние годы угрозы террористических актов, а также при объективном уплотнении застройки Московского мегаполиса вблизи водопроводных станций обеспечение безопасной эксплуатации и антитеррористической устойчивости хлорных хозяйств приобретает особое значение и вынуждает искать альтернативные методы обеззараживания воды, не предполагающие значительного количества токсичных веществ на водопроводных станциях.

Анализ санитарно-экологического состояния источников водоснабжения и городских водопроводных сетей г. Москвы определяет необходимость использования в качестве альтернативного обеззараживающего средства исключительно хлорсодержащие реагенты, обладающие остаточным длительным бактерицидным эффектом. К их числу относится гипохлорит натрия, являющийся вторым по объему применения реагентом для обеззараживания воды после хлора. В нашей стране он используется на Водоканалах С.-Петербурга, Выборга, Смоленска, Липецка, Кемерово, Иваново, в Москве на Черепковских очистных сооружениях с 1994 г. для окончательного обеззараживания воды на стадии вторичного хлорирования. Анализ применения гипохлорита натрия на Черепковских очистных сооружениях показывает получение необходимого бактерицидного эффекта и обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности питьевой воды, подаваемой потребителям. Следует отметить, что при этом на предварительном хлорировании используется хлор. В отличие от хлора гипохлорит натрия не классифицирован как токсичный продукт, он не горюч и не взрывоопасен. Объекты, на которых используется гипохлорит натрия, не относятся к категории опасных производственных объектов.

В практике водоснабжения для обеззараживания питьевой воды используются концентрированный гипохлорит натрия марки А с содержанием активной части 190 г/л и низкоконцентрированный гипохлорит марки Э с содержанием активной части около 6 г/л. Использование этих реагентов для обеззараживания воды имеет свои недостатки:

товарный гипохлорит натрия (концентрированный)

нестабильность водного раствора гипохлорита натрия (потеря активной части в результате хранения до 30 % первоначального содержания по истечении 10 сут);

увеличение объемов применения реагента в 7–8 раз по сравнению с хлором за счет низкого содержания активной части и, как следствие, увеличение объема транспортировки железнодорожных цистерн (ежедневно по одной цистерне объемом 50 т на каждую станцию);

наличие складов значительного объема для хранения запасов реагента в соответствии с требованиями нормативных документов (запас 30 сут);

замерзание в зимнее время при температуре –25 °С и выпадение осадка в летнее время, что приводит к необходимости использования железнодорожных цистерн с термоизоляцией для перевозки реагента.

Кроме того, в настоящее время существующие мощности производства концентрированного гипохлорита натрия в Европейской части России не обеспечивают перспективные потребности Мосводоканала в объеме около 50 тыс. $м^3$/год;

низкоконцентрированный гипохлорит натрия

значительные расходы сырья: около 20 т/сут поваренной соли на каждой станции (на 1 кг активного хлора приходится от 3 до 3,9 кг поваренной соли);

неполное соответствие качества поваренной соли (отечественного сырья) требованиям, предъявляемым производителями электролизеров;

образование побочного продукта – водорода;

образование токсичных отходов, требующих утилизации.

Опыт эксплуатации установок импортного производства отсутствует, однако в городах Иваново и Шарья Костромской области эксплуатируются электролизные установки отечественного производства небольшой производительности для получения низкоконцентрированных растворов гипохлорита натрия. В случае применения как товарного, так и низкоконцентрированного гипохлорита натрия возрастут затраты на обеззараживание воды, что в свою очередь приведет к увеличению себестоимости очистки воды.

Сдерживающим фактором применения гипохлорита натрия (как марки А, так и марки Э) на крупных водопроводных станциях является недостаточно изученная способность данного реагента обеспечивать длительное последействие в протяженных распределительных сетях. Переход на гипохлорит натрия – длительный процесс, его поэтапная реализация, по самым оптимистичным прогнозам, займет от 5 до 10 лет, в течение которых первостепенное значение будет уделено вопросам безопасной эксплуатации хлорных хозяйств.

При проведении работ по повышению уровня безопасности хлорных хозяйств возникает ряд проблем. Во-первых, это вопросы рационального проектирования и строительства, базирующиеся на надежном и экономичном производственном оборудовании. В настоящее время низкое качество проектов обусловлено отсутствием опыта у отечественных проектных организаций в области безопасного обращения с хлором, отвечающего требованиям современных научных разработок в этой отрасли; недостаточной ролью независимой экспертизы в регулировании безопасности промышленных объектов. Во-вторых, не налажено производство серийно выпускаемого отечественного оборудования: запорно-регулирующей и предохранительной арматуры, автоматических испарителей и дозаторов хлора, электролизеров для производства низкоконцентрированных растворов гипохлорита натрия; ограничен выбор производителей – поставщиков жидкого хлора. Железнодорожные цистерны, осуществляющие перевозку жидкого хлора, отличаются низкой надежностью; нет альтернативного изготовителя данного вида оборудования.

Сегодня приходится использовать высокоэффективное импортное оборудование при реконструкции отечественных производств и создании комплексной автоматизации технологических процессов с применением хлора для обеззараживания воды, привлекать зарубежные фирмы для проектирования объектов. Связанные с этим значительные капитальные затраты не позволяют проводить реконструкцию объектов в сжатые сроки.

Создание безопасной технологии использования жидкого хлора – общая задача для всех участников процесса: от производителей и потребителей хлора до контролирующих органов. Неоценимую помощь в этом могут оказать международные организации, такие как Еврохлор и Всемирный хлорный совет, имеющие в своем арсенале современные разработки по повышению уровня безопасности и надежности в хлорной промышленности. Проведение в Москве международного семинара «Хлор – перспективы производства и применения» под эгидой Всемирного хлорного совета – первый этап сотрудничества в деле создания перспективной технологии использования жидкого хлора, гарантирующей надежность и безопасность.

Выводы

1. Хлорирование воды – надежный санитарно-гигиенический метод, предотвращающий распространение эпидемий и гарантирующий безопасность питьевой воды.
2. Строгое соблюдение технологических регламентов, норм и правил безопасности при обращении с хлором обеспечивает безопасную эксплуатацию объектов хлорного хозяйства.
3. Развитие сотрудничества с международными организациями позволит объединить усилия по созданию перспективной технологии использования хлора.
4. С появлением в последние годы угрозы террористических актов обеспечение безопасности и антитеррористической устойчивости объектов, использующих жидкий хлор, приобретает особое значение и заставляет искать альтернативные способы обеззараживания воды.

С. В. КОСТЮЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, генеральный директор НПО «ЛИТ», Москва

УФ-технология в практике обеззараживания питьевых и сточных вод

За последние годы технология обеззараживания воды ультрафиолетовым облучением завоевала огромную популярность во всем мире. Широкое признание технологии объясняется ее высокой эффективностью, в том числе в отношении устойчивых к хлору микроорганизмов, экологической безопасностью, регламентированностью использования, а также наличием надежного и экономичного промышленного УФ-оборудования.

В России современное отечественное УФ-оборудование нового поколения разработано московским НПО «ЛИТ» в начале 90-х годов. Созданы высокоэффективные источники УФ-излучения, в том числе амальгамные лампы повышенной мощности, разнообразные конструкции УФ-оборудования, предназначенные для обеззараживания природных и сточных вод, которые при практически любой производительности по своим характеристикам соответствуют лучшим зарубежным аналогам. Налажено серийное производство современных отечественных источников УФ-излучения и УФ-оборудования.

За последнее десятилетие в России внедрено более 2500 промышленных станций УФ-обеззараживания производства НПО «ЛИТ». Разработаны новые эффективные технологии УФ-обеззараживания в системах водоподготовки. В настоящее время успешно эксплуатируются крупные станции УФ-обеззараживания на очистных сооружениях водопровода в городах Тольятти (производительность 405 тыс. $м^3$/сут), Уфе (200 тыс. $м^3$/сут), Череповце (125 тыс. $м^3$/сут), Отрадном (75 тыс. $м^3$/сут), в системе группового водопровода в Ингушетии (72 тыс. $м^3$/сут), Димитровграде (45 тыс. $м^3$/сут), в системах питьевого водоснабжения из подземных источников в городах Белой Калитве (33600 $м^3$/сут), Нефтекамске (34500 $м^3$/сут), Волжском (30 тыс. $м^3$/сут).

Крупнейшая в мире станция УФ-обеззараживания производительностью 865 тыс. $м^3$/сут в системах питьевого водоснабжения внедрена в С.-Петербурге на Главной водопроводной станции. Проектированию и строительству этой станции предшествовал комплекс опытно-промышленных испытаний, результаты которых были использованы при модернизации схемы обеззараживания других водопроводных станций С.-Петербурга.

В 2005 г. введена в эксплуатацию станция УФ-обеззараживания производительностью 396 тыс. $м^3$/сут на Волковской водопроводной станции С.-Петербурга. В настоящее время ведутся работы по внедрению УФ-обеззараживания на Московской, Фрунзенской повысительных подстанциях, Южной водопроводной станции.

Опыт практической эксплуатации УФ-станций на очистных сооружениях водопровода показывает, что внедрение дополнительной стадии обеззараживания существенно повышает надежность системы питьевого водоснабжения в отношении распространения эпидемиологических заболеваний. Учитывая наблюдающиеся в России в последнее время вспышки вирусных заболеваний, концепция множественных барьеров с использованием УФ-обеззараживания может быть рекомендована для повышения безопасности всех сооружений подготовки питьевой воды, независимо от состояния водоисточника в настоящее время.

Сточные воды городов и мегаполисов оказывают определяющее воздействие на микробиологическое и экологическое состояние водоемов – приемников сточных вод. Негативным свойством традиционного хлорирования на очистных сооружениях кана-

лизации является наличие в сточных водах остаточного хлора, высокотоксичного для рыбы и гидробионтов. По данным многочисленных отечественных и зарубежных исследований, образующиеся при хлорировании канцерогенные и мутагенные хлорорганические соединения обладают способностью аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и в конечном итоге по трофическим цепям попадать в организм человека. Действующие гигиенические нормативы требуют исследования продуктов трансформации, образующихся при хлорировании и дехлорировании сточных вод перед их выпуском в водоемы, или применения других методов обеззараживания.

Обеззараживание сточных вод УФ-излучением полностью соответствует всей совокупности современных требований. При высокой эффективности и стабильности обеззараживания, в том числе и в отношении устойчивых к хлору видов микроорганизмов – вирусов и цист патогенных простейших, УФ-облучение не вызывает образования побочных продуктов и безопасно для окружающей природной среды и обслуживающего персонала.

Эти преимущества определяют широкое внедрение УФ-технологии для обеззараживания сточных вод. В настоящее время НПО «ЛИТ» внедрены и эксплуатируются в России станции УФ-обеззараживания сточных вод на очистных сооружениях канализации городов Ангарска (производительность 310 тыс. м^3/сут), Тольятти (290 тыс. м^3/сут), Сургута (240 тыс. м^3/сут), Ухты (110 тыс. м^3/сут), Череповца (78 тыс. м^3/сут), Самары (пусковой комплекс – 60 тыс. м^3/сут), на Киришском «КИНЕФ» (41 тыс. м^3/сут), Самарском нефтеперерабатывающем заводе (35 тыс. м^3/сут) и др.

Ряд УФ-станций обеззараживания сточных вод на основе оборудования производства НПО «ЛИТ» эксплуатируется за рубежом: на очистных сооружениях 12 городов Южной Кореи (производительность от 2,5 до 330 тыс. м^3/сут), в г. Суджоу, Китай (200 тыс. м^3/сут), а также в Германии, Голландии, Испании, Греции, Турции, Болгарии, Польше, Венгрии, Румынии и других странах.

В 2005 г. введена в эксплуатацию одна из крупнейших в Европе УФ-станций (производительность 330 тыс. м^3/сут) на Юго-Западных очистных сооружениях канализации С.-Петербурга. Качество УФ-обеззараживания очищенных сточных вод, выпускаемых в Финский залив, полностью соответствует международным требованиям по охране Балтийского моря и положениям Хельсинкской Конвенции (ХЕЛКОМ).

Проблема обеззараживания сточных вод весьма актуальна для таких мегаполисов, как Москва. МГУП «Мосводоканал» эксплуатирует крупнейшие в Европе очистные сооружения: Курьяновские (производительность 3 млн. 125 тыс. м^3/сут) и Люберецкие (3 млн. м^3/сут). Отведение очищенных сточных вод осуществляется в р. Москву на территории Москвы и Московской области, при этом очищенные сточные воды формируют до 50 % общего расхода Москвы-реки. Обеззараживание таких объемов сточных вод хлорированием может нанести непоправимый вред состоянию водоемов. Кроме того, хранение больших запасов хлора на территориях станций чрезвычайно опасно для населения и окружающей природной среды. Поэтому в 1989 г. на Курьяновских и Люберецких очистных сооружениях было принято вынужденное решение об исключении стадии хлорирования из технологических схем очистки сточных вод.

В 1995 г. эксперты МГУП «Мосводоканал» пришли к выводу, что в мировой практике наиболее приемлемым и перспективным по экономическим и технологическим показателям является метод обеззараживания сточных вод УФ-облучением. В результате проведенного анализа была разработана «Концепция по обеззараживанию очищенных сточных вод на московских очистных сооружениях», основанная на применении УФ-метода. Этот документ был рассмотрен и одобрен Московским государственным центром санитарно-эпидемиологического надзора.

С 1997 г. НПО «ЛИТ» совместно с МГУП «Мосводоканал» на Курьяновских очистных сооружениях проводился цикл исследовательских работ и опытно-промышленных испытаний с целью определения основных показателей, необходимых для

внедрения и эксплуатации УФ-оборудования, и обоснования эффективности и безопасности использования метода. На основе положительных результатов этих исследований Московским государственным центром санитарно-эпидемиологического надзора было рекомендовано внедрение УФ-беззараживания сточных вод.

В мае 2004 г. принято постановление Правительства Москвы № 289-ПП о целевой среднесрочной программе «Повышение экологической и эпидемиологической безопасности на городских объектах и в местах массового скопления людей на основе современных ультрафиолетовых технологий обеззараживания воды и воздуха (2005–2007 годы)», которой предусмотрено приступить с 2005 г. к внедрению технологии УФ-обеззараживания на Люберецких и Курьяновских очистных сооружениях. В качестве первого этапа в 2005–2007 годах завершатся проектирование и строительство блока УФ-обеззараживания на Люберецких очистных сооружениях производительностью 1 млн. м^3/сут.

В 2005 г. НПО «ЛИТ» по контракту с Федеральным агентством по науке и инновациям приступило к выполнению комплексного проекта «Разработка УФ-станций нового поколения для обеззараживания сточных вод мегаполисов и крупных промышленных центров». В составе проекта разрабатывается конструкция типовой станции УФ-обеззараживания сточных вод модульного типа производительностью более 500 тыс. м^3/сут, а также новые высокоэффективные источники УФ-излучения. Результаты разработки могут быть использованы при массовом внедрении станций УФ-обеззараживания сточных вод на очистных сооружениях крупных российских городов.

Выводы

За последние годы технология УФ-обеззараживания занимает все большее место в коммунальных и промышленных системах водоподготовки и очистки сточных вод как в России, так и за рубежом. При этом характеристики и качественный уровень высокомощных амальгамных ламп и УФ-оборудования позволяют успешно применять их на крупных и сверхкрупных очистных сооружениях городов и мегаполисов.

В 2006 г. НПО «ЛИТ» представит свою экспозицию на выставке «ЭКВАТЭК–2006». Приглашаем всех заинтересованных лиц посетить наш стенд К6.1.

ЗАО «ВОДОПРОЕКТ-ГИПРОКОММУНВОДОКАНАЛ. Санкт-Петербург»

Предлагает сертифицированные очистные сооружения:

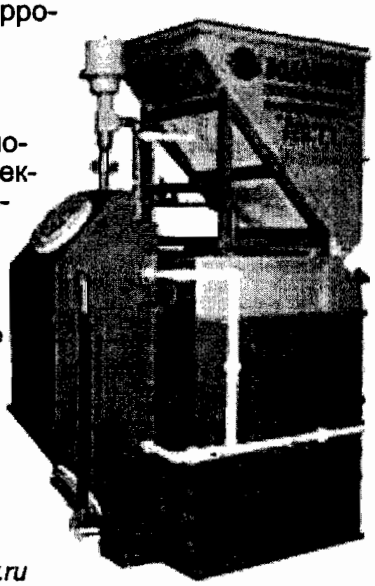
***СТОК** – глубокая биологическая очистка сточных вод. Производительность 1,5–300 м^3/сут*

***ЛИВЕНЬ** – очистка ливневых и нефтесодержащих сточных вод до требования водоемов рыбохозяйственного назначения и повторного использования.*

Производительность 1,5–50 м^3/ч

Модульное исполнение, подземные и наземные варианты

- Стандартное и нестандартное водоочистное оборудование из металла с антикоррозионным покрытием и нержавеющей стали
- Обследование очистных сооружений, разработка технологических регламентов, проектирование, изготовление оборудования, строительство, комплектация, монтаж и пусконаладка



75 лет успешной работы на рынке

Приглашаем деловых партнеров к сотрудничеству в регионах

198096, Санкт-Петербург, ул. Кронштадтская, д. 8
Тел.: +7 (812) 783-15-55, 783-16-44
Факс: +7 (812) 783-32-37
E-mail: vodoproekt@waterandecology.ru
www.WATERandECOLOGY.ru/VODOPROEKT

С. В. ХРАМЕНКОВ, генеральный директор; А. Н. ПАХОМОВ; В. А. ЗАГОРСКИЙ,
первые заместители генерального директора (МГП «Мосводоканал»);
С. В. КОСТЮЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук; Н. Н. КУДРЯВЦЕВ, д-р физ.-мат. наук (НПО «ЛИТ», Москва)

Обеззараживание очищенных сточных вод ультрафиолетовым излучением на Московских станциях аэрации

(Глава из книги «Развитие Московской канализации»)

Крупнейшие в Европе Московские станции аэрации – Курьяновская (КСА) и Люберецкая (ЛбСА) производительностью 3,125 и 3 млн. $м^3$/сут – предназначены для очистки производственных и бытовых сточных вод г. Москвы и населенных мест ближнего Подмосковья. Технологические схемы станций аэрации позволяют производить механическую и полную биологическую очистку, а на КСА также доочистку части потока сточных вод. Отведение очищенных сточных вод осуществляется в р. Москву на территории г. Москвы и Московской области, очищенные воды формируют около 50 % общего расхода Москвы-реки.

Обеззараживание очищенных сточных вод в настоящее время не производится. Применение для этих целей традиционного хлорирования в условиях Москвы невозможно в связи с рядом принципиальных проблем: хранение больших запасов хлора на территориях станций чрезвычайно опасно для населения и окружающей природной среды; сточные воды, содержащие остаточные концентрации активного хлора, высокотоксичны для гидробионтов и рыбы; при хлорировании сточных вод образуются опасные для всего биоценоза водоема канцерогенные, мутагенные и токсичные хлорорганические соединения. Учитывая вышеизложенное, Госстрой РСФСР по согласованию с органами Минжилкомхоза РСФСР и Госкомприроды РСФСР в 1989 г. приняло вынужденное решение об исключении стадии хлорирования из технологических схем очистки сточных вод на КСА и ЛбСА. Это решение полностью корреспондируется с нормативами Минздрава РФ (МУ 2.1.5.800–99 «Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод»), требующими обязательного дехлорирования хлорированных сточных вод перед сбросом их в водоем или применения других методов обеззараживания.

В то же время сточные воды такого крупного города, как Москва, оказывают определяющие воздействия на микробиологическое состояние водных объектов – приемников сточных вод. В городских сточных водах обнаруживаются многие виды патогенных бактерий, вирусов и паразитов. Болезни, вызываемые этими микроорганизмами, весьма различны и в неблагоприятных случаях могут приводить к серьезным последствиям для организма человека.

Учитывая важность задачи по обеззараживанию сточных вод, МГП «Мосводоканал» постоянно занимался поиском приемлемого технического решения. В 1995 г. по результатам обобщения отечественного и зарубежного опыта была проведена ранговая экспертная оценка 15 основных известных промышленных методов обеззараживания по 24 показателям, выполнены технологические и технико-экономические расчеты по 17 вариантам схем обеззараживания. Проведенная работа позволила сделать вывод, что ни один из известных реагентных методов обеззараживания не может быть применен по техническим или экономическим соображениям. В то же время по совокупности показателей наиболее приемлемым был признан метод обеззараживания ультрафиолетовым излучением как высокоэффективный в эпидемическом отношении и не сопровождающийся образованием побочных продуктов, негативно влияющих на окружающую природную среду и здоровье человека. Был сделан вывод о том, что УФ-обеззараживание является наиболее перспективным методом в мировой практике.

По результатам проведенного анализа МГП «Мосводоканал» была разработана «Концепция по обеззараживанию очищенных сточных вод на Московских станциях аэрации», предусматривающая применение УФ-метода. Данный документ был рассмотрен и одобрен Московским ГЦСЭН. На базе концепции МГП «Мосводоканал» приступил к промышленному внедрению метода УФ-обеззараживания. В период с 1998 по 2000 г. на построенных немецкой фирмой «СХВ Хельтер» (по системе ВООТ) очистных сооружениях в Южном Бутове и Зеленограде, имеющих общую производительность 220 тыс. $м^3$/сут, было применено УФ-обеззараживание на установках немецкого производства.

В последнее десятилетие московским предприятием НПО «ЛИТ» разработаны современные отечественные источники

УФ-излучения и УФ-оборудование нового поколения для обеззараживания сточных вод, налажено их серийное производство, накоплен положительный опыт использования в нашей стране. Начиная с 1997 г. МГП «Мосводоканал» совместно с НПО «ЛИТ» организовал проведение на Московских станциях аэрации цикла исследовательских и опытно-промышленных работ, направленных на определение основных показателей, необходимых для внедрения и эксплуатации УФ-оборудования на крупномасштабных действующих очистных сооружениях. В процессе работ выявлялись эффективность и стабильность обеззараживания УФ-излучением биологически очищенных и доочищенных фильтрацией сточных вод в отношении различных видов микроорганизмов, включая вирусы и простейшие, отрабатывались технологические режимы работы УФ-оборудования в режиме длительной эксплуатации.

Таблица 1

Состав сточной воды	Качество воды			
	до УФ-обеззараживания		после УФ-обеззараживания	ПДК СанПиН 2.1.5.980–00
	среднее	максимальное	среднее	
Физико-химические показатели				
Взвешенные вещества, мг/л	11,1	27,6	–	–
ХПК, мг/л	43,1	70	–	–
$БПК_5$, мг/л	3,2	5,6	–	–
Микробиологические показатели				
Количество общих колиформных бактерий, кл/л	2900000	9000000	628	5000
Количество термотолерантных колиформных бактерий, кл/л	1900000	7000000	396	1000
Количество колифагов, кл/л	5300	15200	0–260	1000

В ходе технологических модельных испытаний на КСА и ЛбСА определялись значения величины коэффициента УФ-пропускания сточными водами, а также дозы УФ-излучения, необходимые для обеспечения эффективного обеззараживания. Для проведения долговременных опытно-промышленных испытаний на КСА был смонтирован опытно-промышленный комплекс УФ-обеззараживания. В состав комплекса входили две серийные УФ-установки производства НПО «ЛИТ» корпусного и открытого лоткового типа производительностью соответственно 24000 и 2400 $м^3$/сут. В корпусной установке использовались бактерицидные ртутные лампы низкого давления ДБ-75, в лотковой – амальгамные лампы повышенной мощности ДБ-300. Обеззараживанию подвергались сточные воды, прошедшие полную биологическую очистку (после вторичных отстойников). Эксплуатация опытно-промышленного УФ-комплекса производилась в условиях реальных сезонных, суточных и часовых колебаний качества поступающих на обеззараживание биологически очищенных сточных вод.

Исследования качества сточных вод в ходе испытаний проводились в химико-бактериологической лаборатории КСА, бактериологической лаборатории Московского ЦГСЭН, лаборатории санитарной микробиологии НИИ ЭЧиГОС им. А. Н. Сысина, отделении медицинской гельминтологии НИИ МПиТМ им. Е. И. Марциновского. На первом этапе проводились исследования по эффективности обеззараживания в отношении основных микробиологических показателей, нормируемых СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Данные по физико-химическим и микробиологическим показателям качества сточных вод до и после обработки УФ-излучением, полученные на УФ-комплексе с лампами ДБ-75, приведены в

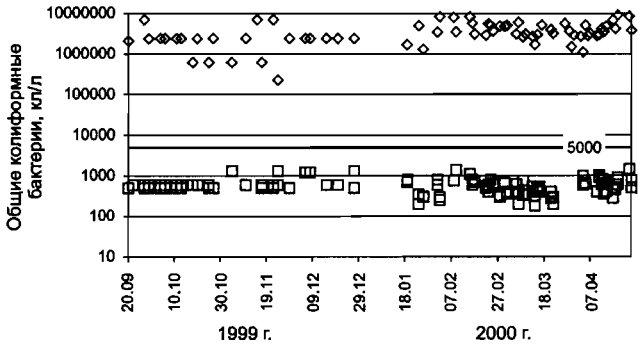


Рис. 1. Качество сточных вод, полученное на УФ-комплексе с лампами ДБ-75
◇ – до УФ-облучения; □ – после УФ-облучения

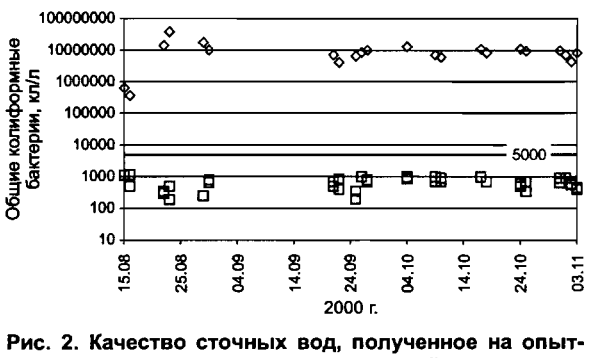


Рис. 2. Качество сточных вод, полученное на опытно-промышленном комплексе лотковой конструкции с УФ-лампами повышенной мощности
◇ – до УФ-облучения; □ – после УФ-облучения

Таблица 2

Состав сточной воды	Качество воды			
	до УФ-обеззараживания		после УФ-обеззараживания	ПДК СанПиН 2.1.5.980–00
	среднее	максимальное	среднее	
Физико-химические показатели				
Взвешенные вещества, мг/л	10,1	26,8	–	–
ХПК, мг/л	33,8	56	–	–
$БПК_5$, мг/л	4,5	6,8	–	–
Микробиологические показатели				
Количество общих колиформных бактерий, кл/л	7000000	38000000	625	5000
Количество термотолерантных колиформных бактерий, кл/л	3100000	9000000	349	1000
Количество колифагов, кл/л	6000	6650	12	1000

табл. 1 и на рис.1. В течение всего периода испытаний была достигнута высокая эффективность обеззараживания, которая составила по общим и термотолерантным колиформным бактериям 99,9 %. После обеззараживания во многих случаях зафиксировано полное отсутствие колифагов. Аналогичные результаты получены на опытно-промышленном комплексе лотковой конструкции с УФ-лампами повышенной мощности (табл. 2, рис. 2).

Таким образом, в процессе цикла опытно-промышленных испытаний получены высокая эффективность и стабильность обеззараживания сточных вод УФ-излучением в широком диапазоне физико-химических показателей качества.

На завершающем этапе испытаний проведены специальные исследования по воздействию УФ-излучения на специфические виды микроорганизмов – вирусы и цисты патогенных простейших. Обеззараживание проб сточных вод УФ-излучением производилось на модельной установке ПИКЧ-8Т (производства НПО «ЛИТ») дозами 20, 25, 30 и 40 мДж/см^2. В табл. 3 приведены данные по воздействию УФ-излучения на вирусы и цисты патогенных простейших, а также показатели токсичности сточных вод до и после УФ-облучения. Инвазионность содержащихся в стоках цист лямблий и ооцист криптоспоридий исследовалась методом биопроб на мышах. Полная инактивация цист патогенных простейших достигалась при дозе УФ-облучения 40 мДж/см^2, т. е. вода, облученная такой дозой, не вызвала заболевания ни у одной из 15 мышей. 100-процентная эффективность по колифагам и энтеровирусам достигнута при дозе УФ-облучения 20 мДж/см^2.

Таблица 3

Доза УФ-излучения, мДж/см^2	Мыши		Токсичность по нифузориям		Колифаги, БОЕ/100 мл	Энтеровирусы, БОЕ/100 мл
	всего	заболевшие	баллы	степень		
0	15	15	0,1	Допустимая	840	7,4
20		10			0	0
25		6				
30		3				
40		0	0,3			

Для выявления стабильности инактивации вирусов и цист простейших проведено многократное (10 раз) УФ-облучение биологически очищенных сточных вод КСА дозой 40 мДж/см^2. В результате облучения обеспечено снижение содержания колифагов с 277 до 0 БОЕ/100 мл в девяти пробах и до 1 БОЕ/100 мл в одной пробе, энтеровирусов с 7,4 БОЕ/100 мл до полного отсутствия во всех десяти пробах. Результаты анализов, проведенных на мышах, показали, что в десяти пробах достигнута 100-процентная инактивация цист патогенных простейших. Тем самым показана стабильность достигаемых результатов при облучении дозой 40 мДж/см^2. При обработке сточных вод УФ-излучением практически не наблюдается увеличения токсичности сточных вод.

В соответствии с программой исследований была определена сравнительная эффективность воздействия хлорирования (гипохлоритом натрия) на эти же виды микроорганизмов. Доза хлора выбиралась исходя из обеспечения контакта через 30 мин величин остаточного хлора – 1,2; 1,5; 1,8; 2,4 мг/л. Результаты воздействия хлорирования на вирусы, патогенные микроорганизмы и изменение токсичности сточных вод представлены в табл. 4.

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что хлорирование дозами 2,4–4,8 мг/л (при концентрации остаточного хлора 1,2–2,4 мг/л) в отличие от УФ-излучения не обеспечивает эффективного обеззараживания сточных вод в отношении колифагов. Максимальная эффективность инактивации цист патогенных простейших составила 80 % при дозе хлора 4,8 г/л. При этой же дозе наблюдалось максимальное увеличение степени токсичности по инфузориям до 1 балла (высокая степень токсичности). Отмечено соответствие увеличения

Таблица 4

Доза Cl, мг/л	Остаточный Cl, мг/л	Мыши			Токсичность по инфузориям		Колифаги, БОЕ/100 мл	Энтеровирусы, БОЕ/100 мл
		всего	заболевшие	заболевание	баллы	степень		
0	0	5	4	Криптоспоридиоз + лямблиоз	0,43	Умеренная	65	70
2,4	1,2		3				30	20
3	1,5		3		0,83	Высокая	63,3	0
3,6	1,8		2				60	
4,8	2,4		1	Криптоспоридиоз	1		20	

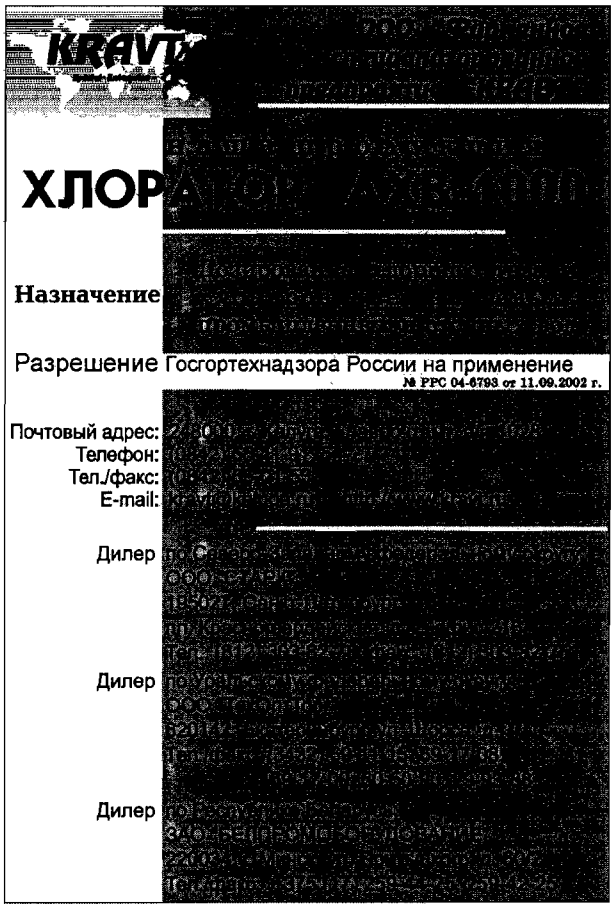
токсичности хлорированных сточных вод увеличению дозы вводимого хлора.

В процессе опытно-промышленных испытаний также определялись эксплуатационные характеристики УФ-оборудования. Для выявления основного показателя, определяющего технологический регламент эксплуатации УФ-оборудования – периода между промывками кварцевых чехлов в камере обеззараживания, проводились специальные технологические исследования. Этот период составил от трех до четырех месяцев. Отработан технологический режим промывки, которая осуществлялась посредством добавления в сточные воды, заключенные в камере обеззараживания УФ-установки, щавелевой кислоты (0,2 %), и их рециркуляции в течение 2–3 ч. После проведения промывок обеспечивалось 100-процентное восстановление пропускной способности кварцевых чехлов.

Выводы

Результаты долговременных опытно-промышленных испытаний по обеззараживанию биологически очищенных сточных вод ультрафиолетовым излучением, проведенных на Курьяновской станции аэрации с использованием отечественного УФ-оборудования, выявили высокую эффективность и стабильность обеззараживания в условиях реальных колебаний физико-химических показателей качества сточных вод до требований новых гигиенических нормативов – СанПиН 2.1.5.980–00. Установлена высокая эффективность УФ-обеззараживания в отношении специфических, устойчивых к хлору, видов микроорганизмов – вирусов, колифагов, цист патогенных простейших.

Определены технические параметры УФ-оборудования на основе амальгамных УФ-ламп повышенной мощности и основные характеристики станции УФ-обеззараживания для Курьяновской станции аэрации, приемлемые для промышленного внедрения. Применение УФ-обеззараживания для Московских станций аэрации рекомендовано Московским ЦГСЭН. Учитывая положительные результаты исследований, а также значительный положительный опыт проектирования, строительства и эксплуатации крупных станций обеззараживания очищенных сточных вод, созданы необходимые предпосылки для поэтапной реализации комплексов УФ-обеззараживания на Московских станциях аэрации.



Н. Н. КУДРЯВЦЕВ, д-р физ.-мат. наук; С. В. КОСТЮЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук; С. В. ВОЛКОВ, С. Г. ЗАЙЦЕВА, инженеры (НПО «ЛИТ», Москва)

Опыт и перспективы практического применения обеззараживания сточных вод УФ-излучением

Обеззараживание – чрезвычайно важный этап очистки сточных вод, направленный на предотвращение распространения инфекционных заболеваний и защиту поверхностных и подземных водоемов от заражения. В сточных водах, даже прошедших все этапы традиционной очистки, содержатся патогенные бактерии, концентрация которых может достигать десятков тысяч в одном литре. Патогенные микроорганизмы не удаляются полностью и в процессе доочистки сточных вод. Российские гигиенические нормативы – СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» ограничивают содержание микробиологических загрязнений в сточных водах, выпускаемых в водоемы–приемники, до числа общих колиформных бактерий менее 500 КОЕ/100 мл, термотолерантных колиформных бактерий менее 100 КОЕ/100 мл, колифагов менее 100 БОЕ/100 мл.

Мировая практика обеззараживания очищенных сточных вод свидетельствует о том, что применение хлорирования для этих целей повсеместно сокращается. Это связано с выраженным негативным воздействием активного хлора на биоценоз водоемов, а также с образованием в процессе хлорирования токсичных хлорорганических соединений и хлораминов. Тем более что в ряде случаев для достижения нормативных значений по микробиологическим показателям требуется поддержание повышенных остаточных концентраций хлора на уровне 2–3 мг/л, а в исключительных случаях и до 7 мг/л*.

Эта тенденция находит отражение также и в отечественной нормативной базе. Так, МУ 2.1.5.800–99 «Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением» регламентируют необходимость исследования образующихся при хлорировании продуктов трансформации и требуют обязательного дехлорирования сточных вод перед выпуском их в водоем или применения других методов обеззараживания.

В гигиенических нормах ГН 2.1.5.689–98 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» предписывается полное отсутствие активного хлора в выпускаемых в водоем сточных водах. Постановление правительства от 12 июня 2003 г. № 34 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух стационарными и передвижными источниками, сброса загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» устанавливает очень высокие тарифы за сброс в водоемы активного хлора в составе сточных вод. В то же время применение дехлорирования требует внедрения целого ряда сооружений (реагентное хозяйство, смесители, вспомогательные сооружения), а также использования дорогостоящих реагентов и дополнительного персонала, что существенно удорожает процесс обеззараживания хлором или хлорсодержащими реагентами как при внедрении, так и при эксплуатации сооружений.

Реальной альтернативой для обеззараживания сточных вод является применение ультрафиолетового излучения. УФ-метод удовлетворяет всей совокупности современных требований, обеспечивая эффективное обеззараживание, в том числе в отношении устойчивых к хлорированию микроорганизмов, при отсутствии образования побочных продуктов, негативно действующих на живые организмы. В последние годы в мире активно развивается тенденция, направленная на массовое применение метода УФ-обеззараживания вместо хлорирования на очистных сооружениях канализации различной производительности.

В России УФ-обеззараживание бытовых и промышленных сточных вод также приобретает все большее распространение.

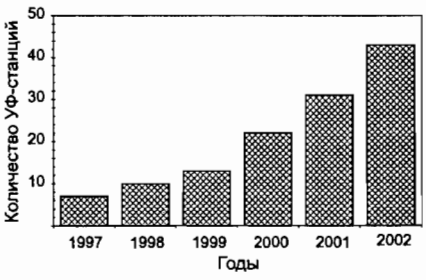


Рис. 1. Количество крупных станций УФ-обеззараживания сточных вод

* Русанова Н. А., Овечкина Г. В. Хлорирование и дехлорирование сточных вод // Водоснабжение и сан. техника. 2002. № 2.

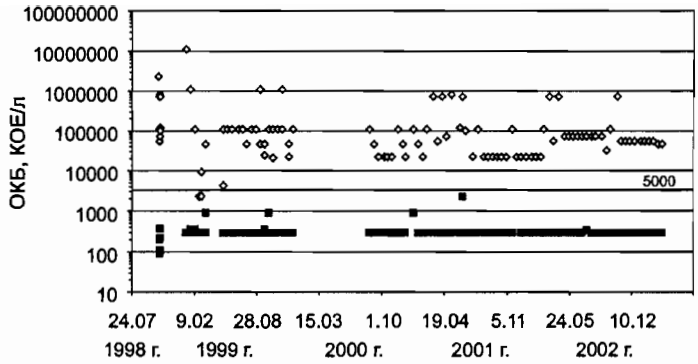


Рис. 2. Эффективность обеззараживания сточных вод на ОСК г. Прибрежного Самарской обл.
◇ – до УФ-обеззараживания; ■ – после УФ-обеззараживания

Количество УФ-станций, внедренных в России НПО «ЛИТ» за последние годы, приведено на рис. 1.

УФ-метод давно вышел за пределы научных исследований и опытно-промышленных испытаний. В настоящее время результаты промышленной эксплуатации большого количества УФ-станций многократно подтверждают высокую эффективность УФ-обеззараживания больших объемов производственно-бытовых сточных вод с показателями качества, характерными для традиционных российских коммунальных очистных сооружений канализации с полной биологической очисткой. УФ-оборудование успешно применяется для обеззараживания производственных сточных вод на предприятиях нефтяной, химической, энергетической, пищевой и других отраслей промышленности. В этом отношении показателен опыт практической эксплуатации ряда УФ-станций на очистных сооружениях канализации населенных мест и промышленных предприятий.

Очистные сооружения канализации г. Прибрежного Самарской обл. УФ-станция введена в эксплуатацию в 1998 г. Сооружения производительностью 10 тыс. м^3/сут обеспечивают очистку производственных и бытовых сточных вод. Ранее для обеззараживания использовался гипохлорит натрия, получаемый посредством электролиза раствора поваренной соли в установках типа «ЭН-25». К моменту строительства УФ-станции установки полностью вышли из строя, и УФ-оборудование разместили в здании электролизной. В состав станции входят две установки УДВ–250/144 производительностью до 400 м^3/ч каждая. Сточные воды поступают на обеззараживание после вторичных отстойников в самотечном режиме, затем сбрасываются в р. Волгу. Контроль за эффективностью обеззараживания осуществляется два раза в месяц. За весь период эксплуатации было обеспечено эффективное обеззараживание отводимых сточных вод до нормативных требований. Результаты контроля до и после УФ-обработки приведены на рис. 2.

Качество поступающих на УФ-установки очищенных сточных вод по физико-химическим показателям нестабильно и колеблется в значительных пределах. По данным лабораторного контроля, концентрация взвешенных веществ составляла 5–38 мг/л, $БПК_5$ 2–27мг/л, ХПК 40–120 мг/л. Однако в процессе эксплуатации УФ-комплекса было выявлено, что изменение качества воды не ухудшает эффективности УФ-обеззараживания. Опыт эксплуатации УФ-станции пос. Прибрежного показал, что обслуживание УФ-оборудования не требует значительного объема работ. Промывка УФ-установок производится один раз в два месяца. Для контроля режима работы УФ-оборудования на пульт в диспетчерской выведена сигнальная система.

Очистные сооружения Саратовского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ). УФ-станция введена в эксплуатацию в 1999 г. Очистные сооружения производительностью 35 тыс. м^3/сут обеспечивают полную биологическую очистку и доочистку промышленного стока НПЗ, а также бытовых сточных вод близлежащего микрорайона г. Саратова. Основной целью внедрения станции УФ-обеззараживания

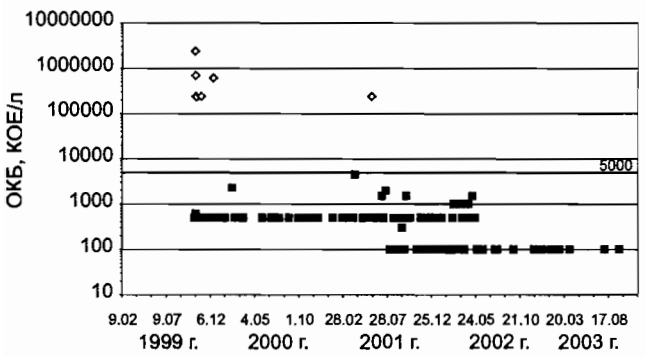


Рис. 3. Эффективность обеззараживания очищенных сточных вод на ОСК НПЗ г. Саратова
◇ – до обеззараживания; ■ – после обеззараживания

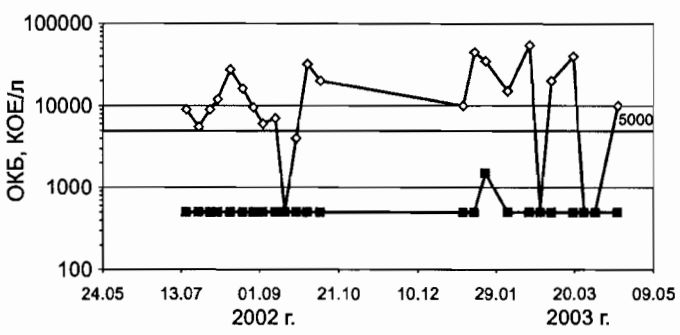


Рис. 4. Результаты микробиологического контроля качества сточных вод
◇ – до обеззараживания; ■ – после обеззараживания

Очистные сооружения	Производительность, тыс. м³/сут	Состав УФ-станции	Физико-химические показатели воды, мг/л			Микробиологический показатель – ОКБ, КОЕ/100 мл	
			взвешенные вещества	ХПК	БПК	до УФ-обеззараживания	после УФ-обеззараживания
ОСК, г. Сургут	240	УДВ-1000/576 (8 шт.)	18,2–23,8	89,2–158,4	19,2–33	До 11000000	300
БОС НПЗ, г. Мозырь	54	УДВ-1000/432 (4 шт.)	16,3–38,6	37,5–87,9	3,55–6,76	До 24000	230
ОСК НПЗ, г. Самара	42	УДВ-500/288 (3 шт.)	17,2–29,7	94,2–162	6,8–20	До 220000	300
КОС ЧМЗ, г. Глазов	67,5	УДВ-1000/288 (4 шт.)	3,2–12,8	31,9–67	2,17–6,5	До 1000	200
ОСК НПЗ, г. Сызрань	26	УДВ-500/288 (2 шт.)	17,9–31,2	79,1–145	7,5–14	До 380000	500
ОСК НПЗ, г. Ачинск	14	ОС-5А (18 шт.)	2,8–18,2	67–356	2,9–14,1	До 1200	100
ОСХБК, г. Солнечнодольск	10	УДВ-250/144 (2 шт.)	20,3–60	32,5–63,7	5,1–13,9	До 5200	70
КОС-7000, г. Покачи	12	УДВ-160/96 (3 шт.)	2,33–4,3	–	2,37–2,66	До 1000	200
КОС-7000, г. Лянтор	7	УДВ-250/144 (1 шт.)	8,2–11	93–375	7,3–10,6	До 75000000	300
ОСК, пос. Титан, г. Кировск	6,4	УДВ-250/144 (2 шт.)	3–8,8	20–38	2,2–8,7	До 260500	300
ОСК, пос. Коашва, г. Кировск	6	УДВ-250/144 (2 шт.)	5,5–16,8	9,1–26,5	3,1–9,7	До 415000	300

являлось исключение хлорирования и ликвидация с территории завода хлорного хозяйства.

Обеззараживание сточных вод производится на двух установках типа УДВ-1000/576. В оборудовании использованы конструкция с вертикальным расположением УФ-ламп и оригинальная компоновка электрических шкафов над УФ-установками, что позволило существенно уменьшить габариты комплекса и разместить оборудование в существующем помещении. В УФ-установках применена микропроцессорная система контроля, позволяющая получать информацию о состоянии УФ-установок.

Качество поступающих на обеззараживание сточных вод по физико-химическим показателям составляет, мг/л: взвешенные вещества 3,1–15,3; $БПК_5$ 2,25–4,3; ХПК 56,2–200; нефтепродукты 0,27–1,36. Выпуск сточных вод после обеззараживания производится в р. Волгу. Контроль за эффективностью обеззараживания осуществляет районный ЦГСЭН с периодичностью отбора проб один раз в месяц, результаты контроля приведены на рис. 3.

УФ-станция на очистных сооружениях канализации г. Отрадного Самарской обл. введена в эксплуатацию в 2001 г. и располагается в отдельно стоящем здании после вторичных отстойников очистных сооружений полной биологической очистки производительностью 29150 м³/сут. Обеззараживанию подвергаются очищенные городские сточные воды, имеющие достаточно широкий диапазон физико-химических показателей, мг/л: взвешенные вещества 3,2–20,8; $БПК_5$ 2,56–20,4; ХПК 24–128. Выпуск обеззараженных сточных вод производится в р. Б. Кинель.

В составе УФ-станции эксплуатируются три установки типа УДВ 500/288. Результаты микробиологического контроля качества сточных вод до и после обеззараживания приведены на рис. 4. Основные характеристики некоторых внедренных и эксплуатируемых станций УФ-обеззараживания также приведены в таблице.

Крупнейшей в Европе является станция УФ-обеззараживания на очистных сооружениях канализации (ОСК) Автозаводского района г. Тольятти производительностью 290 тыс. м³/сут. В настоящее время в России на стадии внедрения находится целый ряд УФ-станций производительностью, тыс. м³/сут: ОСК Волгограда – 400; г. Братска – 30; Южные ОСК г. Астрахани – 100; г. Белой Калитвы – 25; г. Шахуньи – 7; г. Галича – 7; г. Десногорска – 14,2; г. Удомля – 20; г. Сестрорецка – 17,1; г. Домодедова – 20; г. Радужного – 15; пос. Никеля – 12; г. Сосновый Бор – 38.

Выводы

Обширный опыт практической эксплуатации станций обеззараживания ультрафиолетовым излучением свидетельствует о высокой эффективности и стабильности обеспечения нормативных требований по микробиологическим показателям качества сточных вод. УФ-обеззараживание позволяет полностью ликвидировать использование жидкого хлора и хлорного хозяйства, создающих потенциальную опасность для населения и окружающей среды, и исключить поступление в водные объекты токсичных соединений хлора. Высокие технические характеристики современных отечественных УФ-систем позволяют обеспечить низкие эксплуатационные расходы по сравнению с хлорированием, а тем более в сочетании с дехлорированием сточных вод. В настоящее время имеются все реальные условия для массового применения в России УФ-обеззараживания в системах канализации.

Л. Н. ФЕСЕНКО, д-р техн. наук, чл.-корр. МАЭП (Южно-Российский государственный технический университет, г. Новочеркасск); С. И. ИГНАТЕНКО, канд. техн. наук (ООО НПП «Экофес», г. Новочеркасск); С. В. КУДРЯВЦЕВ, инж. (ОАО «НИПИгазпереработка», г. Краснодар)

Опыт эксплуатации электролизных установок для получения гипохлорита натрия

Хлорирование воды остается наиболее доступным и надежным средством ее обеззараживания, поскольку хлор является дезинфектантом продленного действия, присутствие которого в питьевой воде необходимо для защиты ее от возможного повторного заражения при транспортировке потребителям. Вместе с тем при кажущейся простоте и дешевизне применения жидкого хлора процесс хлорирования требует обязательного соблюдения «Правил по производству, транспортированию, хранению и потреблению хлора» (ПБ 09-594-03), в связи с чем затраты на обеспечение безопасности воды многократно превосходят затраты на сам процесс хлорирования. Затраты же на ликвидацию последствий возможной разгерметизации емкости с многотонными запасами жидкого хлора, хранящихся на площадках очистных и других водопроводно-канализационных сооружениях, размещенных, как правило, вблизи жилой и промышленной застройки, вообще предсказать невозможно.

Потенциальная опасность жизни и здоровью людей, связанная с хранением и применением жидкого хлора, вызвала необходимость поиска и практической реализации новых методов хлорирования для обеззараживания питьевых и сточных вод. Наиболее безопасным, малотоксичным для человека (IV класс токсичности) и более простым в эксплуатации хлорсодержащим реагентом признан низкоконцентрированный гипохлорит натрия, получаемый электролизом раствора поваренной соли непосредственно на месте потребления. Опыт применения гипохлорита натрия показал его высокую технологическую надежность, эксплуатационную безопасность и бактерицидную эффективность.

Тенденция массового применения гипохлорита натрия вместо жидкого хлора привела к повышению конкурентоспособности предлагаемых разработок и расширению круга специалистов и предприятий в этой области. В то же время рекламируемые электролизные установки не всегда или не в полной мере учитывают весь спектр проблем, возникающих при эксплуатации электролизеров.

Хотя метод получения гипохлорита натрия в бездиафрагменных электролизерах давно вышел за пределы научных исследований и опытно-промышленных испытаний, эксплуатация электролизных установок предполагает свои особенности, знание и соблюдение которых в значительной степени определяют надежность работы и срок их службы.

Научно-производственное предприятие «Экофес» (г. Новочеркасск Ростовской области) в течение 15 лет выпускает установки «Хлорэфс» различной производительности, оснащенные электролизерами с электродами ОРТА. Опыт эксплуатации установок «Хлорэфс» более чем на 150 объектах Южного федерального округа показал, что основная проблема надежности их работы связана с образованием отложений карбоната кальция на поверхности катодов электролизера. Это приводит к нештатному режиму электролиза, перегреву и короблению электродной системы, разрушению оксидно-рутениевого покрытия анодов.

Образование осадка $CaCO_3$ связано с наличием ионов кальция и гидрокарбоната в воде, используемой для приготовления солевых растворов. В щелочном прикатодном пространстве свободная углекислота и ионы HCO_3^- переходят в CO_3^{2-} с последующим образованием $CaCO_3$ по реакциям:

$$Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^- \rightarrow$$
$$\rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O;$$

$$Ca^{2+} + CO_2 + 2OH^- \rightarrow$$
$$\rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

Применяемый на практике метод ликвидации отложений путем периодической промывки электродной системы 3–5-процентным раствором соляной кислоты не всегда экономически оправдан, поскольку требует частых остановок электролизера и значительного расхода кислоты (0,5–1 л на 1 кг вырабатываемого эквивалентного хлора). Так, для электролизных установок «Санер» (г. Подольск) инструкция по эксплуатации предусматривает кислотную очистку катодов через каждые 9–18 ч работы (в зависимости от жесткости воды). Поэтому представляется экономически целесообразным, помимо узла кислотной промывки электродов, включать в состав электролизной установки и блок кондиционирования воды, используемой для приготовления солевых растворов, с целью удаления из нее солей жесткости и снижения щелочности (декарбонизации).

Интенсивность образования карбонатных отложений зависит не только от химического состава воды (концентраций Ca^{2+} и HCO_3^-), но и от качества поваренной соли, из которой готовят электролит. Как правило, в природной воде присутствует кальций. Значительные количества хлорида кальция содержит и поваренная соль астраханских и украинских месторождений. Экспериментально установлено, что приращение концентраций Ca^{2+} в насыщенном растворе NaCl (Артемсоль, I сорт, ГОСТ Р 51574–2000) составляет 32–45 ммоль/дм^3. При этом концентрация гидрокарбоната практически не менялась: в исходной воде 4,1 ммоль/дм^3; в насыщенном солевом растворе 4,15 ммоль/дм^3. Для предотвращения образования осадка необходимо удалить из воды ионы кальция и гидрокарбоната либо одного из них. Компания «Wallace and Tiernan» (Англия) пошла по пути удаления катионов жесткости (Ca^{2+} и Mg^{2+}) из воды, идущей на приготовление насыщенного раствора соли, комплектуя свои электролизные установки типа OSEC Na-катионитовыми фильтрами. В первых установках «Хлорэфс» также предусматривалось умягчение воды Na-катионированием, однако, как выяснилось впоследствии, этот способ теряет всякий смысл вследствие вторичного насыщения воды кальцием из-за низкого качества используемой поваренной соли.

Применение соли марки «Экстра» значительно удорожает производство гипохлорита натрия. В данной ситуации, очевидно, следует остановиться на варианте декарбонизации воды, поскольку поваренная соль не содержит примесей гидрокарбоната. Таким образом, удаление ионов HCO_3^- из воды, на которой готовятся солевые растворы, представляется наиболее рациональным способом предотвращения катодных отложений.

Для оценки методов снижения щелочности были проведены исследования по трем вариантам декарбонизации: известковая обработка, подкисление воды с последующей отдувкой CO_2, Cl-анионирование. В качестве исследуемой взята вода Новочеркасского водопровода (донская) со следующими исходными концентрациями веществ, ммоль/дм^3: гидрокарбонаты HCO_3^- – 4,5, кальций Ca^{2+} – 4,1, магний Mg^{2+} – 2,9, свободная углекислота CO_2 – 0,09.

Обработка воды известью. Известкование проводили в цилиндрах объемом по 500 мл, объем воды 400 мл. Известь добавляли в виде известкового молока с концентрацией CaO 0,742 % в интервале доз 1–8 ммоль/дм^3. После добавления расчетной дозы реагента воду тщательно перемешивали в течение 30 с и отстаивали от 1 до 1,5 ч. Компоненты карбонатной системы (CO_3^{2-}), а также концентрации Ca^{2+}, Mg^{2+} и OH^- определяли в отфильтрованных пробах по стандартным методикам. Все опыты проводили в трехкратной повторяемости с последующим усреднением результатов экспериментов. Динамика изменения ионного состава донской воды при обработке известью представлена в таблице.

Как следует из таблицы, максимальное снижение щелочности воды известкованием составляет 0,8 ммоль/дм^3, доза извести при этом примерно равна концентрации HCO_3^- в воде, т. е. карбонатной жесткости, как это и рекомендуется СНиП 2.04.02–84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» при соотношении концентраций $Ca^{2+} > HCO_3^-$.

Подкисление воды с аэрацией. Продувку воды объемом

Номер пробы	Доза извести, ммоль/дм³	Концентрация ионов в воде, ммоль/дм³					Общая жесткость, мг/л
		HCO_3^-	CO_3^{2-}	OH^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
1	0	4,5	0	0	4,1	2,9	7
2	1	3,2	0,4		3,3	2,7	6
3	2	2			2,2	2,6	4,8
4	3	1,2	0,6		1,2		3,8
5	3,5	0,8	0,8		0,9		3,5
6	4	0,3	1		0,8	2,4	3,2
7	4,5	0,2		0,6	1,1	2	3,1
8	5	0	0,8	0,8	1,5	1,5	3
9	6		0,6	1,1	2	1	
10	7		0,8	1,3	2,8	0,2	
11	8			1,6	3,7	0,1	3,8

1 л, подкисленной соляной кислотой до концентрации HCO_3^-, равной 0,2 ммоль/дм³, осуществляли микрокомпрессором через фильтросную насадку в цилиндре объемом 1 л с интенсивностью подачи воздуха от 1,2 до 4,2 л/(л·мин) воды. Динамика изменения концентрации CO_2 в зависимости от времени аэрации представлена на рис. 1, из которого видно, что снижения концентрации CO_2 при расходе воздуха 4–4,5 л/(л·мин) воды можно достичь уже в первые 4–5 мин продувки. Дальнейшее увеличение интенсивности аэрации заметного эффекта снижения концентрации CO_2 не дает, только сокращает время обработки до 2–4 мин.

Cl-анионирование. Снижения щелочности можно добиться фильтрованием воды через слой анионита, регенерация которого осуществляется раствором поваренной соли. При этом Cl-анионит поглощает ионы SO_3^{2-} и HCO_3^-, отдавая эквивалентное количество хлор-ионов. Анионитом могут служить как слабоосновные, так и сильноосновные ионообменные смолы.

Исследования проводили в колонке диаметром 10 мм, загруженной высокоосновным анионитом марки Cybber AX–400 (производство компании «Cyber Prosper Industrial Limited», КНР) в Cl-форме с высотой слоя 200 мм (объем анионита 16 см³). Предварительно анионит был отрегенерирован 3-процентным раствором NaCl. Скорость фильтрования воды 10 м/ч. Изменение качества Cl-анионированной воды (по HCO_3^-) в течение фильтроцикла представлено на рис. 2. При таких условиях работы анионита продолжительность фильтроцикла составляет около 1 ч (пропущено 600 мл воды), а рабочая обменная способность по HCO_3^- – всего 160 г-экв/м³. Столь низкая обменная емкость объясняется достаточно высокой (до 300 мг/л) концентрацией сульфатов в донской воде, на которые и приходится основная часть обменного иона. Данный метод декарбонизации можно рекомендовать для воды с низкой концентрацией ионов SO_4^{2-}.

На следующем этапе исследований оценивалась интенсивность осадкообразования в процессе электролиза рабочих (3-процентных) растворов соли, приготовленных

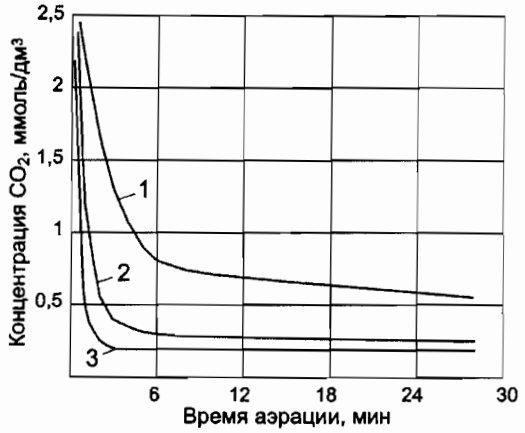


Рис. 1. Зависимость концентрации свободной углекислоты от времени аэрации при интенсивности подачи воздуха
1 – 1,2 л/(л·мин); *2* – 3 л/(л·мин); *3* – 4,2 л/(л·мин)



Рис. 2. Изменение щелочности воды в течение фильтроцикла

на необработанной и обработанной (известкованием и подкислением с аэрацией) воде. Интенсивность осаждения $CaCO_3$ определяли в процессе электролиза по снижению концентрации кальция в растворе получаемого гипохлорита. Эксперимент проводили на лабораторном электролизере непроточного типа с объемом камеры 1 дм^3 при плотности тока 150 мА/см^2, рабочие площади анода и катода составляли по 40 см^2. Рабочий цикл электролизера (время достижения концентрации эквивалентного хлора в растворе 7 г/дм^3) составлял 5 ч. В результате исследований установлено, что при работе электролизера на декарбонизированной воде концентрация кальция не снижалась и после 30-го цикла (спустя 150 ч) как с использованием известкованной воды, так и дегазированной с подкислением. При этом отложений карбоната кальция на поверхности катода не наблюдалось. Совершенно иная ситуация имела место при электролизе раствора NaCl, приготовленного на необработанной воде. К концу каждого цикла концентрация кальция в растворе гипохлорита снижалась с 4 до 1,5–2 мг-экв/дм^3, т. е. за цикл на поверхности катода осаждалось $CaCO_3$ до 100 мг и более. К началу пятого цикла были хорошо заметны катодные отложения, и температура раствора была на 8–10 °С выше, чем при работе на декарбонизированной воде.

Как показала практика эксплуатации электролизных установок «Хлорэфс» на водных объектах Южного федерального округа, применение декарбонизации воды позволяет продлить срок службы электродных пластин до трех и более лет. Опыт эксплуатации узлов декарбонизации воды также показал, что метод снижения щелочности воды известью более сложен из-за запыленности рабочей зоны при работе с известью, хотя оба метода декарбонизации равноценны по своей эффективности.

Описанные технические решения позволили НПП «Экофес» успешно внедрить свои установки на ряде объектов с неблагоприятным для электролитического получения гипохлорита натрия составом воды и неудовлетворительным качеством поваренной соли.

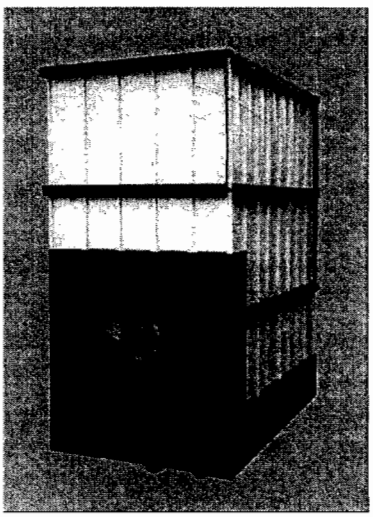
Выводы

Результаты долговременных технологических исследований и промышленной эксплуатации электролизных установок «Хлорэфс» для получения гипохлорита натрия в системах обеззараживания на водных объектах Южного федерального округа подтверждают необходимость декарбонизации воды, идущей на приготовление растворов поваренной соли. Для исключения процесса отложения карбоната кальция на поверхности катодов возможно применение как известковой обработки воды, так и ее подкисления с последующей аэрацией. Применение метода катионитового умягчения нецелесообразно из-за низкого качества поваренной соли, используемой в технологическом процессе.

ЭКОНОМЬТЕ НА ВОДЕ
ГРАДИРНИ
«Экофес»
для охлаждения воды в системах оборотного водоснабжения
конденсаторов холодильных машин, установок кондиционирования воздуха и другого технологического оборудования

Производительность, м³/ч	5–100
Тепловая нагрузка, Мкал/ч	32–570

Выполняем расчет, проект и монтаж систем оборотного водоснабжения



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА
ТЕХЭКОПРОМ
123557, Москва, а/я 29 Тел./факс: (495) 253-3737, 253-9450
E-mail: teco@tsr.ru http://www.tecopro.ru
На правах рекламы

Ю. Н. ПОХИЛ, директор; Ю. Г. БАГАЕВ, главный инженер; В. М. ВЕШКУРЦЕВ, начальник службы;
Г. Н. ХУТОРНЮК, технолог (МУП «Горводоканал», г. Новосибирск); Н. А. ИВАНОВ, генеральный директор;
М. Г. ИВАНОВА, канд. хим. наук, заместитель директора (ООО НПФ «Экологическая химия», г. Новосибирск)

Ускоренное обезвоживание осадков сточных вод на иловых площадках

Обезвоживание осадков сточных вод больших городов является не только технически сложной задачей, но и требует огромных финансовых затрат. Выбор способов обезвоживания определяется наличием земельных площадей и оборудования, стоимостью флокулирующих реагентов и рядом других факторов. В этой связи актуальность поиска новых эффективных технологий обработки осадков сточных вод возрастает год от года.

На очистных сооружениях канализации (ОСК) Новосибирска по проекту были смонтированы вакуум-фильтры для обезвоживания осадков с использованием реагентов. Для аварийных ситуаций предусмотрены иловые площадки, где осадки складируются без применения реагентов. Ввиду громоздкости и неудовлетворительной работы оборудования основной объем сброженной в метантенках смеси сырого осадка и избыточного ила направлялся на иловые площадки. В настоящее время на ОСК эксплуатируются 96 иловых площадок общей площадью 117 га. Иловые площадки первой очереди находятся в эксплуатации более 20 лет. Создавшаяся ситуация побудила специалистов МУП «Горводоканал» искать новые пути решения проблемы [1; 2].

Сотрудниками ООО НПФ «Экохим» в 2000 г. предложен новый композиционный флокулянт Сибфлок на основе высокомолекулярного полиэтиленоксида. Совместно с инженерами МУП «Горводоканал» были проведены лабораторные сравнительные испытания предложенного флокулянта и известных импортных флокулянтов – Зетаг 89, Зетаг 55, Праестол 650 и Праестол 853. В результате лабораторных испытаний по скорости и количеству отдаваемой воды лучшим оказался флокулянт Сибфлок. Сравнительные испытания флокулянтов были продолжены на двух стеклянных моделях иловых площадок с прорезями для отвода иловой воды (размеры 40×100×60 и 30×80×35 см) и на полупромышленной модели иловой площадки с разными объемами заполнения осадком.

Наблюдения проводили в течение длительного времени не только на сыром осадке, но и на смеси сырого осадка и избыточного активного ила. В результате был сделан вывод о целесообразности применения Сибфлока для интенсификации процесса обезвоживания осадков сточных вод в производственных условиях. В мае 2001 г. для проведения промышленных испытаний предлагаемого способа обезвоживания осадков оборудованы две иловые площадки с размерами 70×150 м и рабочей глубиной налива около 3 м каждая. На бровке площадки смонтирована установка по приготовлению раствора Сибфлока. Флокулянт разводился иловой водой из накопительного бассейна. В месте подвода осадка или смеси осадка с избыточным активным илом установлен смеситель для смешения их с раствором флокулянта (рис. 1).

Напуск осадков на площадки осуществляли поочередно: сначала заполняли одну карту до проектной отметки, а затем другую. Откачка иловой воды велась круглосуточно. Цикл напуска осадка на одну площадку составлял 3–10 суток в зависимости от объема образующегося осадка и интенсивности поступления воды в колодец иловой воды. Уже первые наблюдения показали, что осадки хорошо отдают иловую воду. Для интенсификации процесса сбора и удаления иловой воды с площадки было разработано специальное устройство [3].

Ежесуточно на иловые площадки подавалось 1800–2000 м^3/сут сырого осадка или 2500–3600 м^3/сут смеси сырого осадка и избыточного активного ила, а откачивалось иловой воды 1200–1800 м^3/сут. Количество взвешенных частиц в иловой воде составляло 0,2–0,8 г/л. Испытания проводились с июля по сентябрь 2001 г. Состояние иловой площадки по заверше-

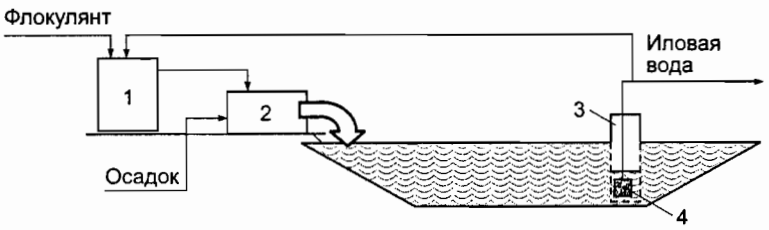


Рис. 1. Принципиальная схема обезвоживания осадка на иловой площадке
1 – установка приготовления раствора флокулянта; *2* – ершовый смеситель с водосливом; *3* – устройство для сбора иловой воды; *4* – погружной насос

нии напуска показано на рис. 2.

Одновременно с проведением испытаний на иловых площадках продолжались работы по совершенствованию качества флокулянта, в частности, для улучшения и ускорения процесса водоотдачи осадков. Специальные активирующие добавки, вводимые в состав флокулянта, позволили в 2002 г. значительно повысить водоотдающую способность осадков и увеличить объем откачиваемой иловой воды. Весной 2002 г. после откачки талой иловой воды было принято решение о напуске осадка на ранее заполненные площадки. Было установлено, что при смешении обезвоженного и вновь налитого осадка процесс водоотдачи не ухудшился.

В этом же году для обезвоживания осадков были задействованы еще две дополнительные иловые площадки. Параллельно производился подбор оптимальных доз модифицированного флокулянта Сибфлок, усовершенствовалась конструкция колодца по приему иловой воды, насосы по откачиванию иловой воды заменялись насосами большей производительности. В итоге с мая по октябрь 2002 г. весь образующийся осадок обрабатывался на четырех иловых площадках (80–100 т/сут по сухому веществу).

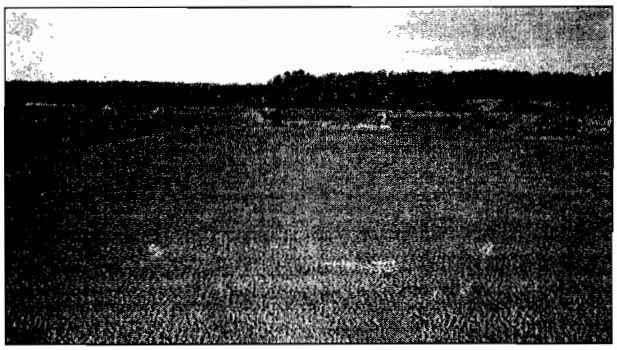


Рис. 2. Иловая площадка

В 2003 г. образующийся на ОСК осадок и избыточный ил подавали на иловые площадки с июня по октябрь (до заморозков). Итоговые результаты работы иловых карт в летние сезоны 2001–2003 гг. представлены в табл. 1.

Процент итоговой влажности осадка рассчитан по формуле

$$W_2 = 100 - \left[100 - W_1 / \left(1 - \frac{V}{Q}\right)\right],$$

где W_2 – влажность на период расчета объема осадка, %, W_1 – первоначальная влажность осадка, %; V – объем удаленной воды, м^3; Q – количество поданного осадка, м^3.

Данные о влажности осадка по окончании летнего сезона и о содержании взвешенных веществ в откачиваемой иловой воде представлены в табл. 2.

Опыт эксплуатации комбинированной схемы обезвоживания осадка в зимний период на центрипрессах, летом на иловых площадках с использованием флокулянта Сибфлок показал, что даже в условиях Сибири она является экономически выгодной. Летний технологический перерыв позволяет снижать износ основного оборудования и проводить качественно плановый ремонт, а при необходимости – реконструкцию цеха механического обезвоживания.

В результате улучшения технологии обезвоживания на иловых площадках удалось получить осадок влажностью 70–80 %. При этом нагрузка на иловые площадки была превышена в 5–6 раз по сравнению с нормативной.

Применение флокулянта Сибфлок на иловых площадках позволяет рассматривать и использовать их не как долгосрочные хранилища, со временем превращающие задействованные площади в болотистую местность, а как технологические сооружения, способные эффективно обезвоживать любые виды осадков городских сточных вод. В условиях Сибири достаточно трех лет-

Таблица 1

Номер карты	Рабочий объем площадки, тыс. м^3	2001 г.		2002 г.		2003 г.		Всего		Объем осадка на 1.11.2003, тыс. м^3	Влажность осадка, %	Кратность заполнения
		Количество суток напуска	Объем осадка, тыс. м^3	Количество суток напуска	Объем осадка, тыс. м^3	Количество суток напуска	Объем осадка, тыс. м^3	Количество суток	Объем осадка, тыс. м^3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
84	22,5	29	62,5	31	70,1	–	–	60	132,6	13,2	70,8	10
83	25	43	66,6	34	68,1	10	23,3	87	158	18,3	78,5	8,6
82	25	–	–	66	158,7	21	44,4	87	203,1	19,1	73,5	10,6
81	25	–	–	40	86,7	33	73,8	73	160,5	17,9	77,5	9
77	20	–	–	–	–	49	111,5	49	111,5	19	85,2	5,9
Σ		72	129,1	171	383,6	113	253	356	765,7			

Примечание. Кратность заполнения – отношение объема в графе 10 к объему в графе 11.

Таблица 2

Номер карты	2001 г.		2002 г.		2003 г.	
	W, %	Содержание взвешенных веществ в иловой воде, г/л	*W*, %	Содержание взвешенных веществ в иловой воде, г/л	*W*, %	Содержание взвешенных веществ в иловой воде, г/л
84	93,8	0,1–0,8	84,8	0,2–0,5	70,8	0,4–0,6
83	93,4	0,1–0,8	86	0,2–0,5	78,5	0,2–0,6
82	–	–	85	0,2–0,6	73,5	0,2–0,5
81	–	–	87,5	0,2–0,4	77,5	0,2–0,8
77	–	–	–	–	85,2	0,1–0,5

них сезонов для получения влажности осадка, сравнимой с влажностью кека при механическом обезвоживании на высокоскоростных центрипрессах.

Эксплуатация иловых площадок в предложенном режиме обеспечивает сбережение ресурсов по сравнению с механическим обезвоживанием осадка за счет экономии флокулянта и электроэнергии, снижения транспортных расходов на вывоз кека и сокращения амортизационных расходов.

Способ повышения эффективности работы иловой площадки путем интенсификации процесса обезвоживания осадка находится в стадии патентования.

Выводы

Применение флокулянта Сибфлок при обезвоживании осадков на иловых площадках позволяет обеспечить быстрое отделение иловой воды, для сбора которой достаточно одного колодца специальной конструкции на площадь 0,9–1,2 га.

Модифицированный флокулянт Сибфлок снижает влажность осадка до показателей, сравнимых с показателями при механическом обезвоживании. Трехлетний опыт обезвоживания осадков с применением флокулянта Сибфлок на иловых площадках и специального устройства для удаления иловой воды показал, что нагрузку на площадки можно увеличить до 10–15 $м^3/(м^2 \cdot год)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Похил Ю. Н., Багаев Ю. Г. Обработка осадка на ОСК г. Новосибирска // Водоснабжение и сан. техника. 2002. № 12.
2. Обезвоживание осадков сточных вод / Ю. Н. Похил, Ю. Г. Багаев, Г. Н. Хуторнюк, М. Г. Иванова // Водоснабжение и водоотведение: качество и эффективность: Тез. докл. V Международной научн.-практ. конф. – Кемерово, 19–22 ноября, 2002.
3. Пат. 33113 (51) России, МПК[7] C 02 F 11/12. Устройство для обезвоживания сфлокулированных осадков преимущественно иловой площадки / Ю. Г. Багаев, Н. А. Иванов, М. Г. Иванова, Ю. Н. Похил, Г. Н. Хуторнюк // Открытия. Изобретения. 2003. № 28.

Простой, эффективный и экономичный способ обезвоживания осадков сточных вод на иловых площадках



М.Г. Иванова – к.х.н.,
Н.А. Иванов, ООО НПФ «Экологическая химия», г. Новосибирск
Ю.Н. Похил,
Ю.Г. Багаев,
МУП г. Новосибирска «Горводоканал», г. Новосибирск

Обезвоживание осадков сточных вод начиналось во всем мире с иловых площадок.

С ростом городов, бурным развитием новых отраслей промышленности, возрастающими требованиями к качеству очистки воды и стоков, дефицитом и дороговизной земли, возникла острая потребность в интенсификации процессов обезвоживания осадков сточных вод.

Промышленно развитые страны: Германия, Франция, Япония и другие, ограниченные земельными ресурсами, имея развитое машиностроение и химическую промышленность, пошли по пути механического обезвоживания осадков сточных вод с применением широкого ассортимента синтетических флокулянтов.

В СССР развивалось одновременно два направления:

- крупные города (в т.ч. Новосибирск) пошли по пути создания цехов механического обезвоживания осадков с использованием, сначала вакуум-фильтров, центрифуг ОГШ и других отечественных машин, с применением коагулянтов и извести;

- одновременно, продолжалось совершенствование технологий подготовки осадков с избыточным активным илом перед обезвоживанием, разрабатывались новые конструкции иловых площадок, усовершенствовались дренажные системы, в том числе и с вакуумом, фильтрующие системы для сбора иловой воды - различные стенки, колодцы, синтетические фильтрующие материалы, применялись коагулянты, отходы местной промышленности, отечественные синтетические флокулянты, о чем свидетельствуют более 80 авторских свидетельств и патентов СССР и Российской Федерации.

С конца 80-х годов и по настоящее время стали закупаться более совершенные импортные машины: центрифуги, декантеры, центрипрессы, фильтр-прессы ленточные, рамные и т.д., и импортные флокулянты из Германии, Англии, Японии, Финляндии и других стран.

Механическое обезвоживание с использованием современных синтетических флокулянтов позволяет быстро обезвоживать поступающие осадки сточных вод (сырые и сброженные), уплотненные избыточные илы и их смеси до влажности 70–80% (для разных типов машин), эффективно разделять осадки на твердую и жидкую (водную) фазы, но, к сожалению, требует [1]:

- больших доз флокулянтов - 4,5 – 7,0 кг/т сухих, в зависимости от вида и влажности осадков;

- больших энергетических, эксплуатационных затрат по обслуживанию машин, по содержанию цеха с мощной вентиляцией;

- большого количества воды (питьевого качества) для разведения и доразведения флокулянтов до рабочих концентраций;

- больших затрат на автотранспорт по вывозу кека до полигонов хранения или до участков его переработки;

- высококвалифицированных кадров для обслуживания машин;

- иловых площадок на случаи внештатных ситуаций (по проекту - 20% от годового объема сточных вод).

Иловые площадки экономичны и по строительным и по эксплуатационным затратам [1];

- минимальное потребление энергетики, для работы насосов по перекачке осадков и иловой воды;

- минимальный штат обслуживающего персонала, но требуют:

- значительно большего количества земельных площадей, чем при механическом обезвоживании;

- процессы обезвоживания идут медленно, иногда годы (в зависимости от климатических условий);

- обезвоживание за счет испарения происходит в основном в летние периоды;

- и главное, степень обезвоживания, несмотря на все усовершенствования перечислен-

ные выше, достигает не более 87-92% влажности, а это, практически, не транспортируемые осадки.

В конце 2000 года «Горводоканалу» г. Новосибирска новосибирскими учеными был предложен для обезвоживания осадков сточных вод новый, композиционный флокулянт «СибфлокR» на основе высокомолекулярного водорастворимого полимера - полиэтиленоксида (ПЭО).

Совместно с инженерным составом ОСК МУП «Горводоканала» г. Новосибирска были проведены лабораторные испытания нового флокулянта, в сравнении с импортными флокулянтами.

Импортные флокулянты: Прайстолы–650 и -853, Зетаг-89, Магнафлок - применялись в цехе механического обезвоживания (ЦМО) для обезвоживания осадков сточных вод на центрифуге и центрипрессе.

Началу испытаний во всех случаях предшествовало изучение состава осадков сточных вод (ОСВ), избыточного активного ила (ИАИ) и их смесей, включая влажность, удельное сопротивление. По стандартной методике, на воронках Бюхнера подбирались дозы, определялись скорости водоотдачи, объемы фильтрата и количество взвешенных веществ. Эти показатели являлись отправными характеристиками для оценки обезвоживания ОСВ, ИАИ и их смесей при проведении производственных испытаний как в ЦМО, так и на иловых площадках.

По скорости и количеству отдаваемой воды «Сибфлок» показал лучшие результаты на ОСВ, а особенно при обезвоживании ИАИ и их смесей в любых соотношениях и при любых влажностях в диапазоне 92,0-98,5% .

Сравнительные испытания флокулянтов были продолжены на двух стеклянных (для наблюдения за процессами обезвоживания) моделях иловых площадок, с прорезями для отвода иловой воды, а затем на полупромышленной модели иловой площадки с разными объемами заполнения осадков.

Летом 2001 года были оборудованы две иловые площадки на естественном основании, размером 80х120 м и рабочей глубиной 3 м каждая. На бровке площадки смонтирован смеситель для перемешивания и одновременного флокулирования смеси ОСВ и ИАИ с разбавленным (0,1%) раствором флокулянта «Сибфлок» (рис. 1).

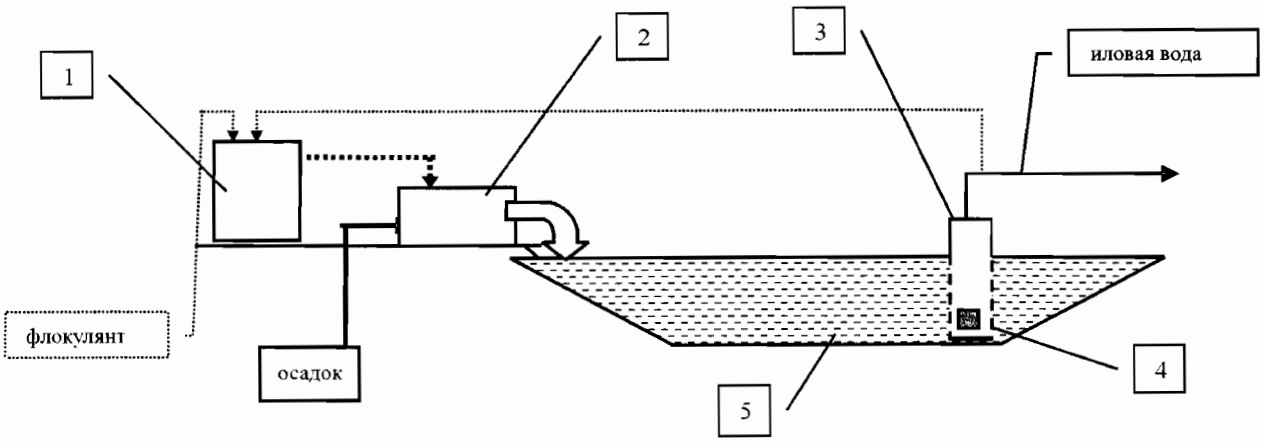
Сам флокулянт (25% гель) разводился иловой водой из шланга, подаваемой насосом из накопительного бассейна, в кубовой полиэтиленовой емкости, т.к. флокулянт очень легко и быстро разводится в холодной воде.

Напуск осадков осуществлялся поочередно, сначала заполняли одну карту до проектной отметки, а затем - другую. Откачка иловой воды велась круглосуточно.

Цикл круглосуточного напуска осадка (2500 м³/сутки сырого осадка или 2800 - 3600 м³/сутки смеси сырого осадка (СО) и ИАИ на одну площадку составлял 15-20 суток, в зависимости от интенсивности откачивания из колодца иловой воды (1200-2000 м³/сутки). При этом количество взвешенных веществ в иловой воде составляло 0,1 – 0,5 г/л (фото 1).

Было опробовано несколько вариантов конструкций для сбора иловой воды, в том числе разветвленной системы (фото 2).

Испытания проводились летом, практически круглосуточно, в течение 58 суток. Состояние иловой площадки (карты) № 83 представлено (фото 3, 4).



1. Установка приготовления раствора флокулянта
2. Ершовый смеситель с водосливом
3. Колодец для сбора иловой воды
4. Погружной насос
5. Иловая площадка

Рис. 1. Принципиальная схема обезвоживания осадка на иловой площадке

За этот период, в иловые площадки удалось залить:

- в одну - 3 объема сфлокулированных осадков, 2 объема из трех откачали в виде чистой иловой воды;

- в другую - 3,5 объема смеси СО и ИАИ, более 2,5 объемов иловой воды откачали с площадки и с этим ушли на зиму.

К лету 2002 года была разработана новая, более эффективная марка флокулянта - «Сибфлок - 718», эксперименты были продолжены на тех же иловых площадках, а в середине лета задействованы еще две иловые площадки. Отрабатывалась технология:

- производился подбор оптимальных доз флокулянта (1,3–1,6 кг/т сухих);

- усовершенствовалась конструкция колодца по откачиванию иловой воды;

- устанавливались насосы большей производительности, для ускорения процесса удаления чистой иловой воды.

В итоге, с середины мая по октябрь, весь объем СО и ИАИ был обработан флокулянтом «Сибфлок-718» на четырех иловых площадках.

За 171 сутки было обезвожено 430 000 м^3 различных видов осадков, со средней влажностью 97,5% , что составляет 10 750 т/сухих. Была опробована новая модель устройства для сбора чистой иловой воды в виде колодца (фото 5).

Колодец запатентован [2]. Он представляет собой компактное (1,2х1,2 м), устройство, глубиной, соответствующей глубине иловой площадки. Достаточно прост в изготовлении и, тем более, в эксплуатации, успешно заменяет любые фильтры, которые забиваются, требуют частых промывок, трудоемки в эксплуатации.

Аналогично, было продолжено обезвоживание всех видов осадков летом 2003 года, на трех «старых» иловых площадках №№ 83, 82, 81, одной новой - № 76, одна из «старых» иловых площадок № 84 была законсервирована, с целью вывоза кека и повторного использования ее для дальнейшего обезвоживания осадков сточных вод.

Для оценки эффективности обезвоживания осадков на каждой иловой площадке и готовности их к очистке под повторное использование необходимо определять влажность кека. При достижении влажности менее 70–75% можно приступать к выгрузке кека.

Процент итоговой влажности кека [3] для каждой иловой площадки рассчитывали по формуле:

$$W_2 = 100 - \left[\frac{100 - W_1}{\left(1 - \frac{V}{Q}\right)} \right]$$

преобразованной из формулы:

$$V = Q \times \left(1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2}\right)$$

где W_2 - влажность на период расчета объема осадка («конечная»), %;

W_1 - средняя (за период обезвоживания) влажность осадка, %;

V - суммарный объем удаленной иловой воды, м^3;

Q - количество поданного осадка, м^3.

В результате разработки новой технологии с применением флокулянта «Сибфлок – 718» на иловых площадках удалось получить осадок (кек) с влажностью 70-78%, добившись 9-11 кратного коэффициента заполнения иловых карт, при средней влажности смеси осадков с ИАИ ~ 97,5%, то есть нагрузка на иловые площадки была превышена в 5–6 раз по сравнению с нормативной (по СНиП – 85-2003 для городов Сибири на широтах Новосибирска на иловых площадках можно подать 1,6-1,8 объема осадка).

Флокулянт и способ обезвоживания осадков с применением флокулянта «Сибфлок» на иловых площадках запатентован [4].

Полученные результаты показали, что иловые площадки надо рассматривать не как долгосрочные хранилища, со временем превращающиеся в болотистую местность «черные озера», а как высокотехнологичные сооружения, способные эффективно обезвоживать любые осадки городских сточных вод до влажности, сравнимой с влажностью кека при механическом обезвоживании на высокоскоростных центрифугах [5].

Более того, технология с применением флокулянта «Сибфлок» позволяет обрабатывать осадки с любым, неограниченным количеством песка в осадках, по отношению к сухому веществу. В отличие от обработки осадков на центрифугах, центрипрессах, особенно высокоскоростных, где превышение песка более 3% по отношению к сухому веществу, вызывает ускоренный износ шнеков и все сопутствующие этому неприятные последствия.

Показано, что на иловых площадках по данной технологии можно обезвоживать любые осадки (сырые, сброженные, стабилизированные, смеси осадков с ИАИ), причем любой влажности от 90,0 до 99,8%, в отличие от механического обезвоживания, где влажность осадков ограничена возможностями машин и, как правило, колеблется в пределах 96,0-98,0%.

Полученные результаты и экономия (до 5 млн. руб. в летний сезон) за счет применения новой технологии вызвали определенный интерес со стороны «Горводоканала». Воз-

никло желание попытаться расширить возможности работы на иловых площадках и в зимних условиях.

Зимой 2003-2004 годов была предпринята первая попытка обезвоживать смесь ила с осадком на «старых» заполненных кеком иловых площадках, каскадного типа.

Учитывая технологические особенности и возможности, температурный перепад наружного воздуха и осадков сточных вод в зимнее время, совместными усилиями специалистов «Горводоканала» и ООО НПФ «Экохим» была предложена, а затем и реализована новая технология обезвоживания смеси сырого осадка и избыточного активного ила. Для этого, в напорные трубопроводы насосных станций подачи СО и отдельно ИАИ были вмонтированы специальные устройства для дозирования флокулянта. Смешение флокулянта с осадком и избыточным активным илом осуществлялось в напорных трубопроводах.

Перед непосредственной подачей сфлокулированных осадков и ИАИ на иловые площадки, трубопроводы объединялись в один общий трубопровод большого диаметра. Общая протяженность трубопроводов от насосных станций до иловых площадок составила 2,0 – 2,5 км.

На старые, заполненные более 10 лет назад, иловые площадки каскадного типа производили напуск сфлокулированной смеси. Отделившаяся чистая (0,1-0,8 г/л) иловая вода по каскаду собиралась в бассейны, из которых она забиралась насосами и направлялась по трубопроводам в «голову» сооружений. Контроль качества иловой воды и ее расход производили на трубопроводах мутномерами и расходомерами.

Изменение схемы подачи осадков на иловые площадки, раздельное дозирование флокулянта СО и ИАИ, применение приборов учета по воде и флокулянту, позволило апробировать различные варианты обезвоживания в зимних условиях. [6].

На основе проведенных исследований в натурных условиях с получением положительных результатов был разработан технологический регламент круглогодичного гравитационного метода обезвоживания осадков на иловых площадках, по которому успешно проработали целый год с лета 2004 года до осени 2005 года.

Дозу флокулянта, в случае «напорной флокуляции» увеличивали с 1,5 кг/т сухих до 1,6 – 1,7 кг/т сухих (с учетом возможной частичной деструкции флокулянта при прохождении по 2-х километровому трубопроводу).

Самое удивительное, что при ежесуточной подаче на иловые площадки от 3000 до 3800 м^3 смеси ила с осадком, количество иловой воды, собираемой с иловых площадок, составляло 3200–4000 м^3 , вместо ожидаемых 2000-2500 м^3, при этом уровень кека на иловых площадках за зиму не увеличился, а даже понизился.

Это неожиданное для эксплуатационников явление, вероятнее всего можно объяснить двумя причинами:

- тем, что вновь образующиеся слои кека давят на старые «жидко-вязкие» слои осадков и под действием избыточного веса выдавливают иловую воду из «старых» слоев;

- а так же тем, что подаваемый нами избыток флокулянта (1,6–1,7 кг/т сухих), в свою очередь тоже мог частично сфлокулировать «старые» осадки и дополнительно выдавить еще часть иловой воды.

Все эти результаты, полученные в летних и в зимних условиях, вызывают сомнение или недоверие у специалистов, которые впервые сталкиваются с этим.

Почему, за счет чего удается без каких-либо физических методов, приложения энергии или иных воздействий получать кек с влажностью, сопоставимой с влажностью кека, получаемой на центрифугах и даже на центрипрессах 68-75%? В чем здесь секрет?

Ответы на эти вопросы в принципе найдены, сейчас проводится широкая серия экспериментов, которая в перспективе позволит аргументировано объяснить и доказать эти результаты.

Один из главных аргументов – обезвоженные флокулянтом «Сибфлок» осадки сточных вод приводят к образованию высокопористой структуры (фото 6), сохраняющей свою пористость и, соответственно, высокую фильтрующую способность в обезвоженном состоянии практически неограниченное время (фото 7).

Промышленные испытания по обезвоживанию различных видов осадков и различного состава, применением флокулянта «Сибфлок», были проведены или проводятся и в других городах.

Полупромышленные испытания проводились» в г. Новокузнецке. Напуск осадков производился периодически (7 – 8 часов в сутки) на песковые площадки с бетонным основанием. Отвод чистой иловой воды производился через шиберы, специальной конструкции, в колодцы «Монах», осенью (в период заморозков) и летом. Осадки в Новокузнецке «высокометаллизированные», обезвоживаются легче, чем в Новосибирске до влажности 68,0 – 69,0%. Количество взвешенных в иловой воде колебалось от 0,08 до 0,16 г/л при дозах флокулянта «Сибфлок» 1,3 – 1,5 кг/т сухих.

Промышленные испытания, в течение зимы 2004-2005 года

проводились в п. Стрежевом Томской области при температурах не ниже –20°С, на открытых иловых площадках, практически никак не подготовленных для работы в зимних условиях. Более того, флокулянт «Сибфлок» хранился на севере в течение двух зим в условиях не отапливаемого склада. Тем не менее, удалось заполнить иловые площадки (с неизбежным для таких условий, частичным намораживанием иловой воды в площадках) с коэффициентом заполнения 6,4 раза и получить кек с влажностью 69,5% при дозах флокулянта 1,5–1,8 кг/т сухих. Количество взвешенных веществ в иловой воде определялось визуально – «прозрачная» иловая вода.

С декабря 2005 года в г. Дивногорске Красноярского края ведется обезвоживание осадков сточных вод с применением флокулянта «Сибфлок» в виде 50% геля, легко растворимого в воде. Результаты по степени обезвоживания, по чистоте иловой воды аналогичны, более того обнаружено снижение содержания тяжелых металлов в иловой воде.

В г. Березовский Кемеровской области проводились испытания на стандартных иловых площадках с бетонным основанием и отведением иловой воды через шиберные стенки.

Габариты иловых площадок небольшие, и это позволило провести эксперимент по введению раствора флокулянта методом «шприцевания» в старую иловую площадку, со слоем иловой воды, не фильтрующейся в течение нескольких месяцев. Дозы флокулянта, по прикидочным расчетам, взяли 1,5 кг/т сухих. С вечера ввели в иловую площадку раствор флокулянта (0.1%), на следующее утро площадка была сухая.

Проводили эксперименты на бетонных иловых площадках с донным дренажем, при периодическом напуске обработанных флокулянтом «Сибфлок» осадков сточных вод и в ряде других городов.

Оказалось, что периодический напуск сфлокулированных осадков в течение 4-8 часов, с последующей возможностью отвода иловой воды через шиберные стенки или через колодец [2], в течение оставшихся 16–20 часов в сутки, способствует более эффективному обезвоживанию осадков, в отличие от непрерывного, круглосуточного напуска осадков, как на ОСК г. Новосибирска.

Удавалось в течение 2-х летних месяцев заполнять по 8 объемов осадков с влажностью 96-96.7% (33–40 кг/м^3) в иловые площадки и получать кек, готовый к вывозу на полигоны хранения осадков или на дальнейшую его переработку в удобрения, строительные и другие материалы.

Были проведены сравнительные эксперименты на иловых площадках с донным дренажем и одновременным отводом иловой воды через колодец [2] с флокулянтами «Сибфлок» и импортными флокулянтами - сополимерами на основе ПАА (полиакриламида). Выяснилось, что эффективность обезвоживания осадков с применением импортных флокулянтов, с теми же дозами (1.5 кг/т сухих) почти вдвое ниже, а значит влажность кека, соответственно выше.

В Республике Казахстан на ГОС «Павлодар-Водоканала» проводились лабораторные испытания по обезвоживанию смесей осадков и активного ила в разных соотношениях (1:2, 1:1, 2:1), уплотненного активного ила, уплотненного осадка сточных вод, флокулянтом «Сибфлок», показана высокая эффективность их обезвоживания при дозах флокулянта 1.0–1.5 кг/т сухих.

В январе этого года, в период экстремальных температур -30° – (-40°С), начаты промышленные испытания по обезвоживанию смесей активного ила и осадков сточных вод на «Павлодар–Водоканале».

ВЫВОДЫ:

1. Применение флокулянта «Сибфлок» при обезвоживании осадков на иловых площадках позволяет обеспечивать быстрое и качественное отделение иловой воды, для сбора которой достаточно одного дренажного колодца или шибера специальной конструкции.

2. Новая технология с применением флокулянта «Сибфлок» снижает влажность осадка до показателей, сравнимых с показателями при механическом обезвоживании (~ 70%), при этом нагрузку на площадки можно увеличить до 15-18 м^3/(м^2·год).

3. При использовании данной технологии, с применением флокулянта «Сибфлок» отпадает необходимость в проектировании, строительстве и эксплуатации цеха механического обезвоживания - с вентиляцией, водой, теплом, освещением, приобретением машин, их обслуживанием и проблемами высококвалифицированных кадров.

4. Новая технология позволяет сократить расходы на флокулянты (~ в 3 раза), на автотранспорт по вывозу кека, на воду питьевого качества для разведения флокулянтов - в итоге удельные затраты на обезвоживание 1 т сухих сокращаются в 5–7 раз.

5. Более того, исчезают проблемы с содержанием песка в осадках, с влажностью осадков и илов, с количественным соотношением их по объему.

6. Технология, с небольшими конструктивными доработками, легко вписывается в любые существующие типы иловых площадок и любые системы отведения иловой воды.

Epurarea apelor menajere şi industriale

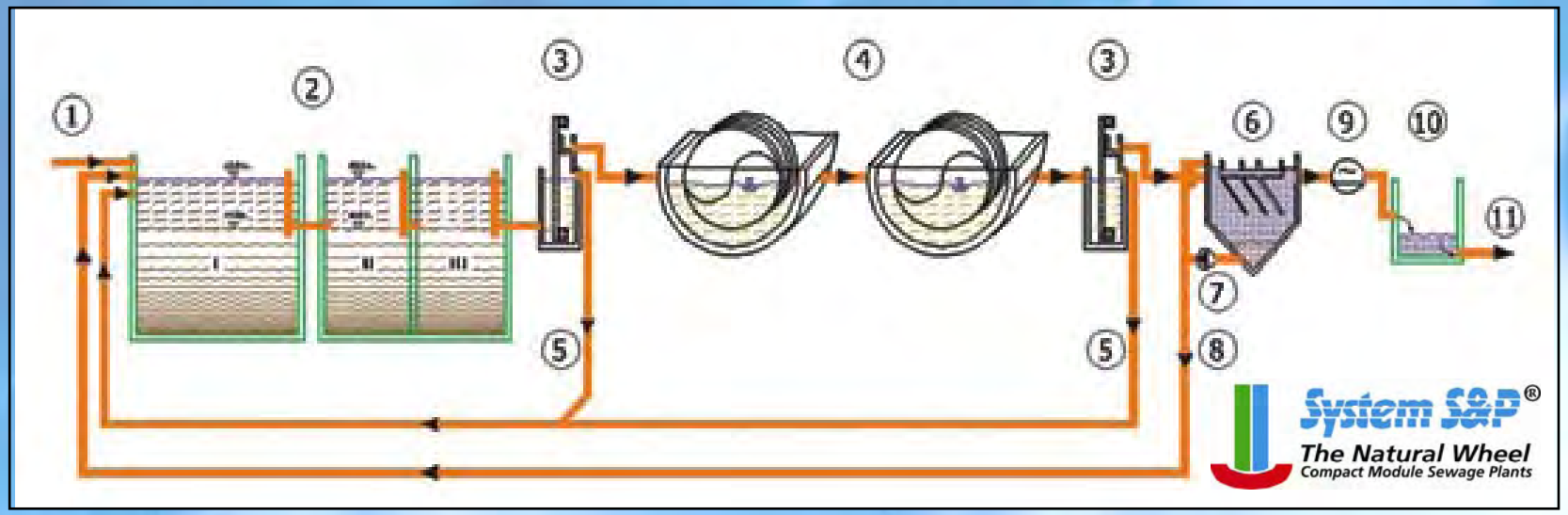
În domeniul epurării apelor uzate, **EcoApaSol** oferă în funcţie de specific următoarele sisteme:

- **„Discuri rotative cufundate" („Biodiscuri")**
  - ideale în gastronomie, hoteluri, ape uzate menajere din întreprinderi, localităţi mici, cartiere, (până ca. 2.000 LE)
- **staţii de epurare compacte sau modulare TIA**
  - pentru epurarea apelor industriale (abatoare, fabrici de lapte, bere, zahăr, orice ape industriale netoxice)
  - pentru epurarea apelor urbane.

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY

System „Biodiscuri“



1. Admisie
2. Compartimente de sedimentare
3. Transportor cu cupe
4. Discuri rotative cufundate
5. Apă deversată recirculată
6. Separator lamelar
7. Pompă de nămol
8. Buclă de nămol reactiv
9. Automatizare-reglare
10. Puţ de inspecţie
11. Deversare

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

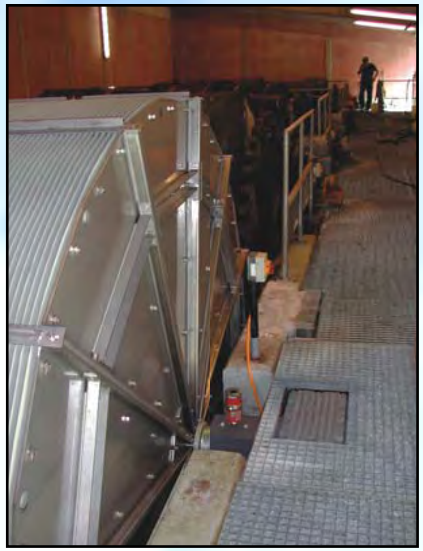
CALITATE MADE IN GERMANY



Staţie cu preepurare integrată



Epurarea apelor menajere şi pluviale a unui cartier de 220 locuitori



Complectarea modulară a unei staţii de epurare cu capacitatea de 2000 locuitori

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY



Epurarea apelor reziduale ale unui aeroport



Instalaţie de postfiltrare pentru refolosirea apei.

Epurare în industria alimentară

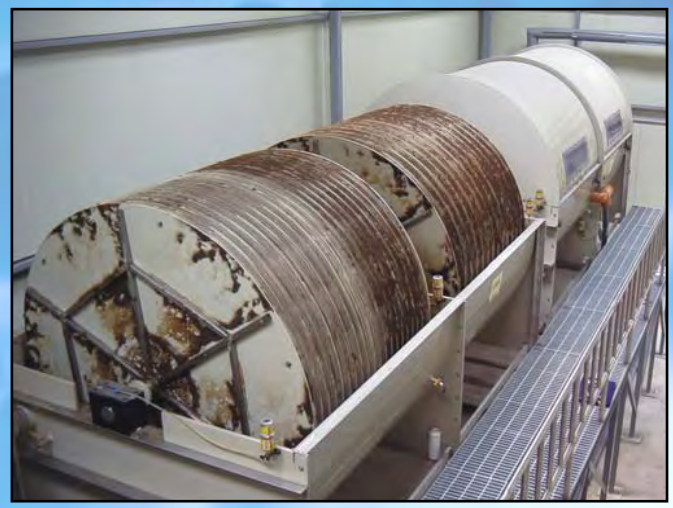


EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY



Separatorul lamelar - o cameră compactă de sedimentare



Reactor de nitrificare şi de denitrificare



Panouri de comandă în staţii mari

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY



Instalaţii în containere standard - mobile



Staţie de epurare semiângropată

Livrarea discurilor pentru montare într-o clădire industrială



EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY





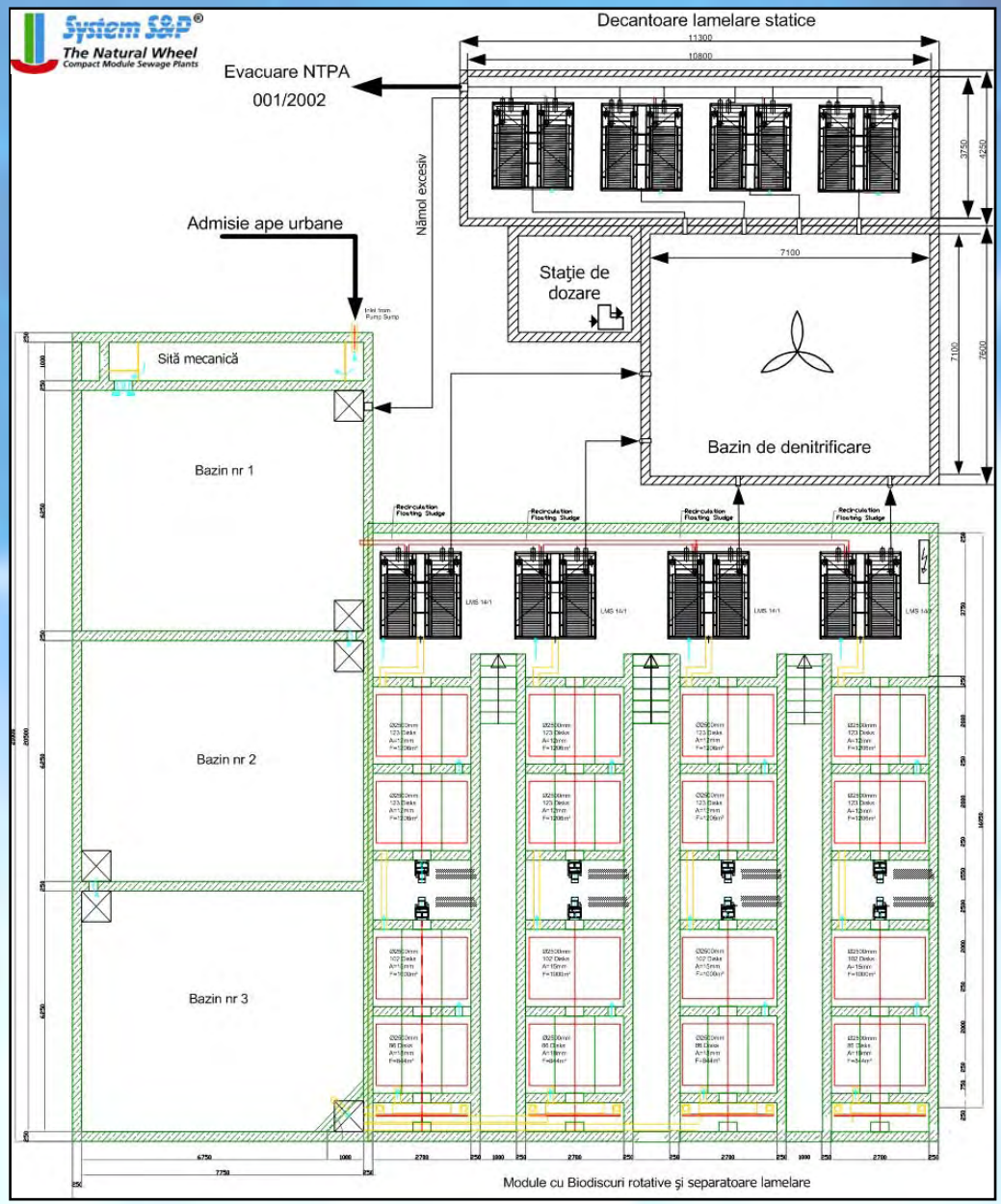
Livrarea unei staţii de epurare „Biodisc“ în condiţii extrem de vitrege



EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY

Staţie de epurare urbană de 2.600 LE cu modul de denitrificare separat



EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY

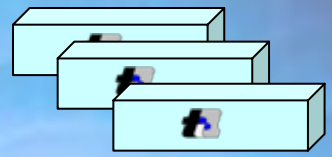
Avantajele staţiei cu biodiscuri

- consumul de energie electrică este redus cu ca. 50 % în comparaţie cu alte sisteme.
- cantitatea de nămol redusă în comparaţie cu alte sisteme.
- construcţie modulară compactă
- puţine piese de uzură
- timp redus de supraveghere şi întreţinere

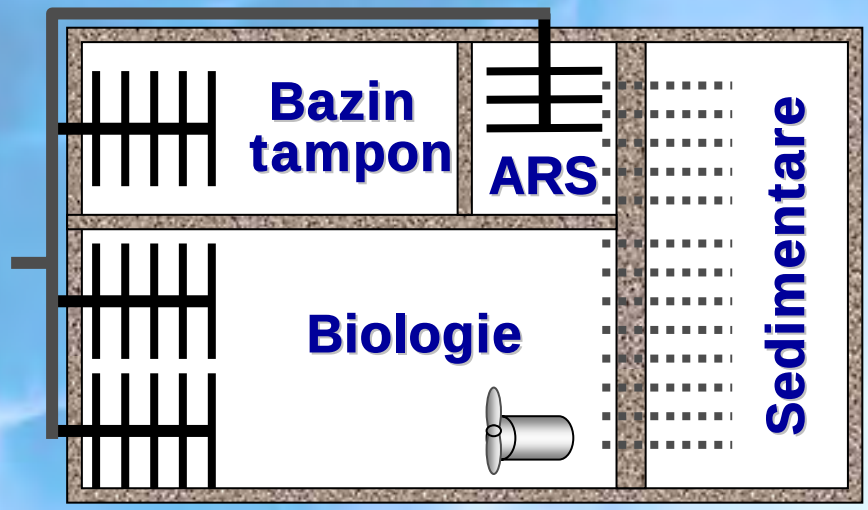
EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY

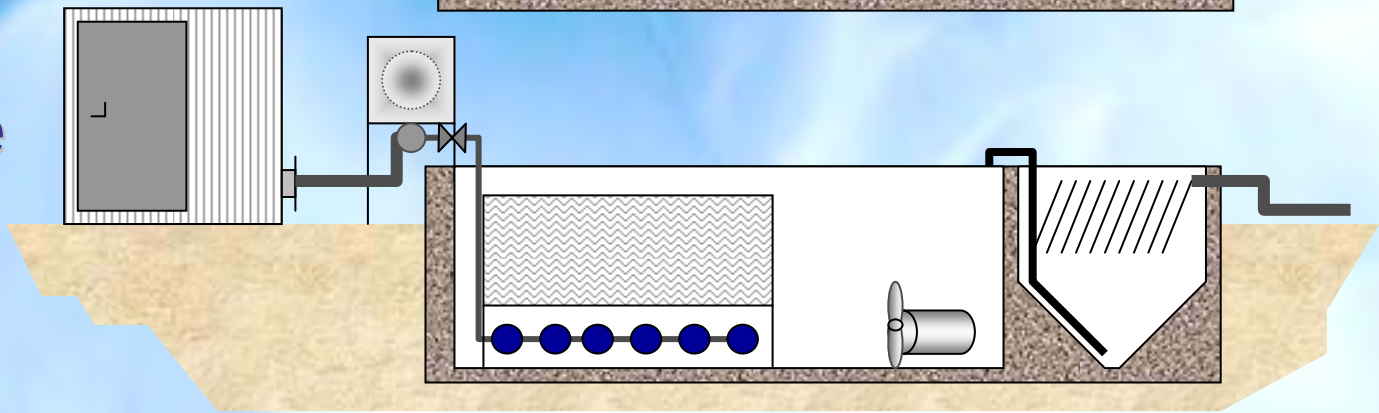
Sistem TIA Compact



Sistem compact cu aerare, bazine din beton armat, echipament inox, cu denitrificare



Utilaje, panou de automa-tizare



EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY



Sistem „TIA-Compact“ în construcţie (Q:1.300 m³/d)



Sistem de aerare în două blocuri paralele

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY



Pepsi-Cola Cairo, epurare cu "TIA Compact"



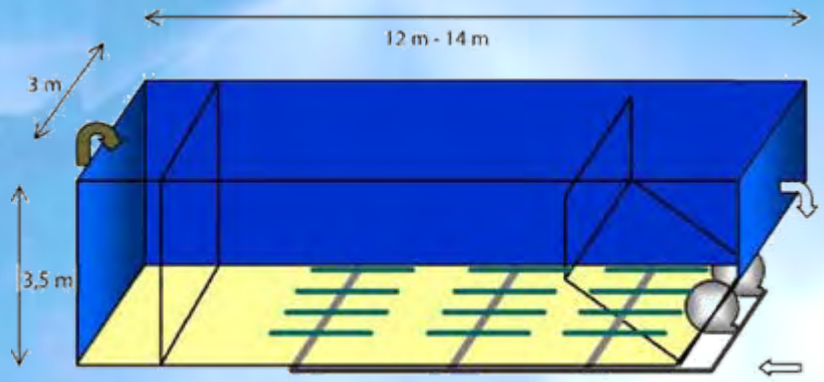
EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY

Sistem “TIA Modul”

Grad mare de flexibilitate, funcţionare la temperaturi scăzute, denitrificare. Material de construcţie, fier sau oţel inoxidabil, echipament oţel inoxidabil





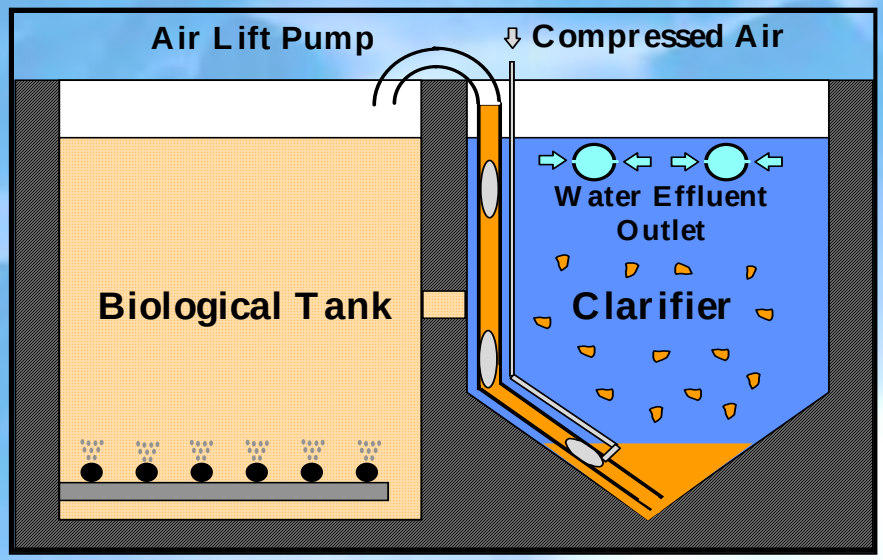
Staţie de epurare oţel inoxidabil, de peste 10 ani în funcţiune

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY







Paturi biologice
Sistem "TIA Hybrid"

Sistem de recircularea nămolului pe principiul pompelor "Mamuth"

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY



Sistem „TIA-SBR “ (oţel-email) cu flotator fabrică lactate, 500 m³/zi, 17.000 LE

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY

Aerare optimă prin aeratoare cu membrane





Sistem acoperit, industria băuturilor răcoritoare



Montare aeratoare

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY





Sisteme de flotare utlizate în industria alimentară (abatoare, lactate etc.)

EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY















EcoApaSol S.R.L.
UMWELTTECHNIK
ERNEUERBARE ENERGIEN

CALITATE MADE IN GERMANY

neutral
unabhängig
gemeinnützig

IKT-Institut für
Unterirdische Infrastruktur

Forschungsbericht

Kanalreinigung

- Düsen, Drücke, Hochdruckstrahlen -



Bosseler, B.; Schlüter, M.
Gelsenkirchen, Dezember 2004

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Fördernde Stelle

Ministerium für
Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes NRW

Auftragnehmer

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Wissenschaftliche Leitung

Dr.-Ing. Bert Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung

Dipl.-Ing. Marco Schlüter

Dipl.-Ing. (FH) Beate Voigt
Dipl.-Ing. (FH) H. Akkas
Dipl.-Ing. (FH) M. Engelberg
Dipl.-Ing. (FH) T. Kutschowitz
Dipl.-Ing. M. Illing
Dipl.-Ing. P. Meyer

Wir danken den Projektbeteiligten für die inhaltliche Begleitung des Forschungsvorhabens aus Sicht der Praxis, für die fachliche Diskussion und die weitreichende Unterstützung bei der Analyse von Reinigungsprozessen im Kanalbetrieb:

Dipl.-Ing. F. Großklags	Stadt Bochum
Herr J. Graban; Herr T. Kariot	Gelsenkanal, Gelsenkirchen
Dipl.-Ing. F.-J. Knoblauch	Stadt Recklinghausen
Dipl.-Ing. H. Jahn	Stadt München
Herr B. Hellweg	Gemeinde Holzwickede
Herr J. Lunkewitz	Wuppertaler Stadtwerke AG
Herr W. Sievert	Stadt Ratingen
Dipl.-Ing. J. Lollert; Herr R. Reike	Stadt Hagen
Herr H.-J. Thiel	ESW Entwässerung Stadt Witten
Herr R. Czuba	Stadt Warendorf
Prof. Dr.-Ing. W. Hösel	Fachhochschule Gelsenkirchen, Fachbereich Ver- und Entsorgungstechnik

Darüber hinaus danken wir Herrn M. Ziegenbein von der Müntefering GmbH und Herrn D. Schrameck von der Otto Schrameck GmbH für die zahlreichen Anregungen im Rahmen der praktischen Versuchsdurchführung.

Ein besonderer Dank für die Unterstützung im Zuge der Vorbereitung des ebenfalls im Rahmen des Forschungsvorhabens erstellten IKT-Handbuches „Kanalreinigung“ gilt Frau Dipl.-Ing. (FH) M. Meinen, Herrn T. Kirk von der Stadtentwässerung Hannover, Frau Dipl.-Ing. (FH) D. Trautzsch und Herrn K. Rath sowie Herrn H. Welke von der Stadtentwässerung Göttingen, Herrn H.-J. Thiel von der ESW Entwässerung Stadt Witten, Herrn Dipl.-Ing. T. Schoppen und Herrn F.-J. Kotzanek vom Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf, Herrn Dipl.-Ing. G. Helmich von den Entsorgungsbetrieben Mühlheim, Herrn Dipl.-Ing. R. Türk von der Stadt Würselen, Herrn F. Cengel von den Wirtschaftsbetrieben Duisburg sowie den Mitarbeitern der Stadtentwässerung der Stadt Detmold.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

INHALTSVERZEICHNIS

1 VERANLASSUNG, ZIELSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE 1

2 TECHNISCHER UND RECHTLICHER HINTERGRUND 3

2.1 Normative Anforderungen 3

2.2 Ablagerungen und Netzsituation 7

2.3 Hochdruckspülverfahren 10

2.4 Hochdruckspülbeständigkeit 19

3 PRAXISERFAHRUNGEN 25

3.1 Erhebungsumfang 25

3.2 Kanalablagerungen 25

3.3 Fahrzeug- und Werkzeugeinsatz 41

3.4 Reinigungsabläufe 45

3.5 Reinigungssituationen 48

4 DÜSENWIRKUNG 50

4.1 Hintergrund und Vorgehensweise 50

4.2 Auswahl der HD-Düsen 51

4.3 Betriebsprozesse und Düsenbewegungen 54

4.4 Transportleistung 59

4.5 Lösen 83

4.6 Empfehlungen zur Düsenauswahl 109

5 BELASTUNGEN AUS HOCHDRUCKDÜSEN-EINSATZ 112

5.1 Problemstellung und Vorgehensweise 112

5.2 Grundbelastungen und Versuchskonzept 114

5.3 Prüfmethoden 118

5.4 Ergebnisse 127

5.5 Schlussfolgerungen 184

6 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN 187

7 FAZIT 199

8 LITERATURVERZEICHNIS 201

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

1 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise

In Nordrhein-Westfalen wird ein Kanalnetz von ca. 90.000 km Länge betrieben. Fast das gesamte Netz wird vollständig innerhalb von 2-3 Jahren gereinigt (vgl. [1]). Die Reinigung der Abwasserkanäle gehört entsprechend zu den Kernaufgaben der kommunalen Netzbetreiber. Sie sichert den Entwässerungskomfort der Bürger, z.B. durch Beseitigung von Geruchsbelästigungen und Verstopfungen, trägt aber auch wesentlich zum Werterhalt der Netze bei, z.B. durch Verringerung von Korrosionserscheinungen. Künftig ist mit einer wachsenden Bedeutung der Kanalreinigung zu rechnen, da bei gleichen Rohrdurchmessern deutlich weniger Abwasser abgeleitet wird und damit eine stärkere Bildung von Kanalablagerungen zu erwarten ist. Ursachen sind z.B.

- Einsparungen beim Trinkwasserverbrauch,
- ein vermehrter Rückhalt von Regenwasser, z.B. durch Versickerung,
- ein verringertes Fremdwasseraufkommen, z.B. durch Sanierungsmaßnahmen und das Abklemmen von Fehlanschlüssen.

Schon heute stellt der hohe Reinigungsbedarf die Netzbetreiber vor erhebliche finanzielle Probleme, da Kostensteigerungen für die Kanalreinigung nicht im Rahmen von Gebührenerhöhungen getragen werden können. Alle Beteiligten stehen daher unter verstärktem Druck, wirkungsvolle Optimierungspotentiale für Kostensenkungen zu erschließen. Die Situation verschärft sich insbesondere dadurch, dass kaum dokumentiertes Wissen über die Möglichkeiten zur effizienten, wirkungsvollen und den Rohrwerkstoff schonenden Kanalreinigung vorliegen. Darüber hinaus ist häufig vor einem Reinigungseinsatz nicht einmal bekannt, ob überhaupt Ablagerungen im Kanal zu erwarten sind und welche Beschaffenheit diese haben könnten. Die Reinigungsarbeit findet weitestgehend im "Kanaldunkeln" statt. Meist wird auf eine Kontrolle des Reinigungserfolges gänzlich verzichtet. Entsprechend hängt auch die Auswahl wichtiger Reinigungsparameter wie Düsen, Düseneinsätze, Pumpendruck und Durchzugsgeschwindigkeit in der Regel allein von den Erfahrungen und subjektiven Einschätzungen der Verantwortlichen vor Ort ab. Belastbare Aussagen als Grundlage für eine weitergehende Optimierung der Reinigungsprozesse und –strategien fehlen.

Vor diesem Hintergrund beauftragte das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen mit dem nachfolgend beschriebenen Forschungsprojekt „Kanalreinigung“ (Aktenzeichen IV-9-041 105 0122). **Ziel** ist es, Empfehlungen für die technische und wirtschaftliche Optimierung des Kanalreinigungsprozesses mit dem Hochdruckspülverfahren zu erarbeiten. Im Vordergrund stehen dabei sowohl der optimale Einsatz der verwendeten Geräte als auch die Durchführung des Verfahrens an sich mit Blick auf die wesentlichen verfahrenstechnischen Parameter. Ein besonderes Augenmerk gilt der Auswahl

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

geeigneter Düsen für die jeweilige Reinigungsaufgabe sowie der Sicherung der bestehenden Netzsubstanz durch Vermeidung übermäßiger Belastungen aus Hochdruckstrahlen sowie Düsenkörper- bzw. Schlauchbewegung.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine stark **praxisorientierte Vorgehensweise** gewählt (Bild 1). Zunächst wurden zahlreiche Reinigungseinsätze vor Ort begleitet, um die relevanten technischen Parameter und den mit heutigen Mitteln erzielbaren Reinigungserfolg zu ermitteln. Darüber hinaus wurden weitere betriebliche Einflussfaktoren, wie Mitarbeiter- und Fahrzeugeinsatz, Reinigungsabläufe und spezifische Ablagerungssituationen aufgenommen. Diese Praxiserfahrungen bildeten die Basis, d.h. die Anforderungen, für die weiteren Untersuchungen unter reproduzierbaren Randbedingungen. Ein Teil dieser Untersuchungen, die Bewertung typischer Kanalablagerungen, war dabei eng mit den Vor-Ort-Einsätzen verknüpft.

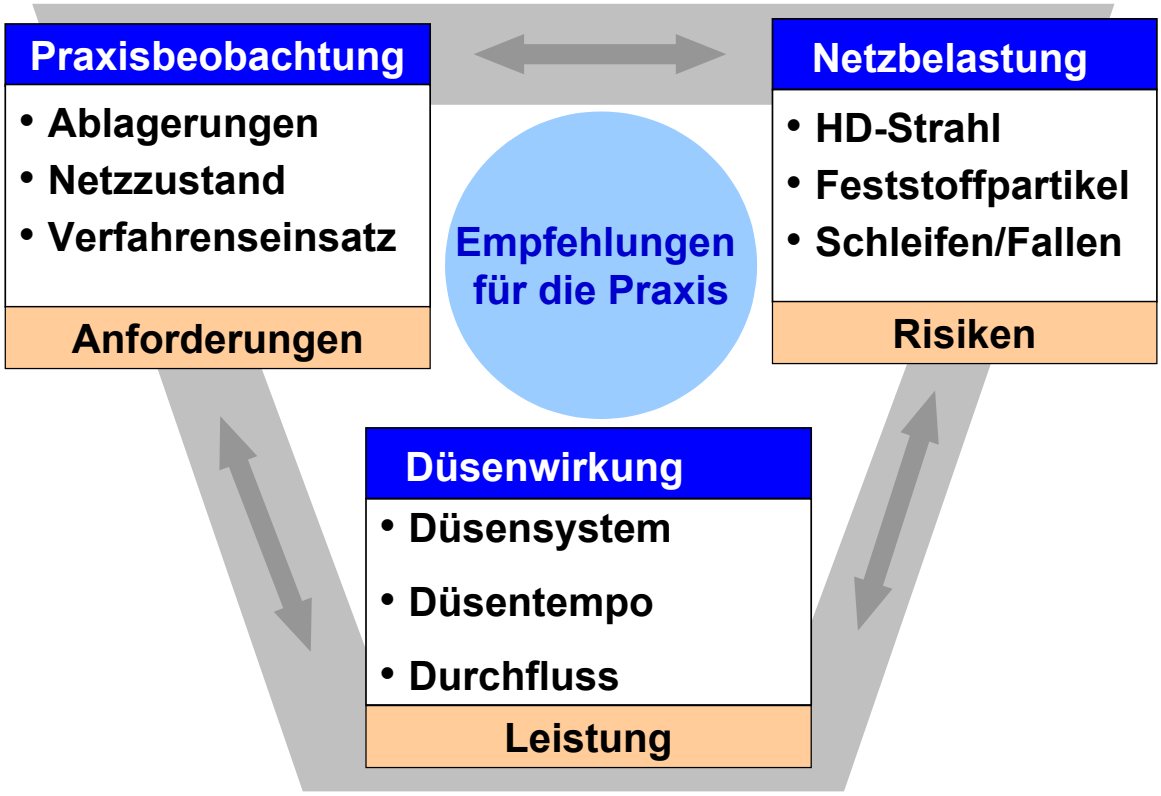


Bild 1: IKT-Forschungsvorhaben „Kanalreinigung mit dem HD-Verfahren“

Die labortechnischen Versuche setzten sich aus Untersuchungen zur **Düsenwirkung** und den aus HD-Reinigung resultierenden Netzbelastungen zusammen. Zahlreiche der am Markt verfügbaren Düsen und Düseneinsätze wurden hinsichtlich ihrer Hochdruckwasserstrahl-Eigenschaften und Leistungsfähigkeit untersucht, um praxisorientierte Empfehlungen zur Düsenauswahl abzuleiten. Die Aggressivität der Hochdruckstrahlen und ihr tatsächlicher Einfluss auf das Lösen von Ablagerungen wurden ermittelt und die Transport- bzw. Räumleistung der Düsen in Versuchen mit

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

unterschiedlichen Druck- und Duchflussszenarien untersucht. Insbesondere der Düsenrückzugsgeschwindigkeit kam dabei eine besondere Bedeutung zu.

Im Rahmen der Untersuchungen zur **Netzbelastung** aus HD-Reinigung wurden Grundbelastungsarten identifiziert und Prüfaufbauten zur Simulation dieser Belastungen ausgewählt bzw. entwickelt. Unter Einsatz zahlreicher der heute am Markt vertriebenen Rohrprodukte wurde die Wirkung typischer Belastungen aus HD-Reinigung beobachtet. Kritische Belastungssituationen mit Schadensrisiken konnten so erkannt und Empfehlungen für eine schonende HD-Reinigung abgeleitet werden.

Sämtliche Empfehlungen wurden abschließend in einem praxisorientierten „IKT-Handbuch Kanalreinigung“ [2] zusammengefasst, dass in enger Abstimmung mit zahlreichen Netzbetreibern aus NRW sowie weiteren interessierten Fachleuten formuliert wurde.

2 Technischer und rechtlicher Hintergrund

2.1 Normative Anforderungen

Ansammlungen von Ablagerungen, Fetten und Inkrustationen sowie Wurzeleinwüchse beeinträchtigen die Betriebssicherheit der Kanalisation. Im Extremfall können diese zum vollständigen Kanalverschluss führen. Reicht der entstehende Abwasserrückstau bis in die Kellerräume, kann es Bürgerbeschwerden geben. Doch auch wenn das Wasser noch abläuft, muss bereits gereinigt werden. Denn in stark verschmutzten Kanalnetzen verringert sich die Abfluss- und Speicherkapazität. Damit erhöht sich das Risiko von Schmutzfrachtentlastungen in den Vorfluter. Auch können Niederschlagsabflüsse Ablagerungen aufwirbeln und die Schmutzfracht im Kanal beachtlich erhöhen. Dies kann u.U. in der Abwasserreinigungsanlage zu unerwünschten Spitzenbelastungen führen.

Darüber hinaus finden bereits in der Kanalisation biologische Umsetzungsprozesse an den Kanalablagerungen statt. So kann sich Schwefelwasserstoff je nach Alter und Zusammensetzung der Ablagerungen sowie der örtlichen Belüftungssituation in der Kanalatmosphäre anreichern und die sogenannte biogene Schwefelsäurekorrosion auslösen. Die Folge können nicht unerhebliche Beschädigungen an den Kanalisationsanlagen sein. Schon in geringen Konzentrationen wird Schwefelwasserstoff von den Anwohnern auch als Geruchsbelästigung wahrgenommen.

Vor diesem Hintergrund werden auch gesetzliche Anforderungen an die Kanalreinigung gestellt:

Gemäß § 18 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ist „Abwasser so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.“ Die Reinigung und Wartung der Kanäle trägt zum störungsfreien Betrieb des Kanalnetzes bei und leitet sich insofern auch aus den Anforderungen im WHG ab.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Der Landesgesetzgeber Nordrhein-Westfalen regelt in § 57 Landeswassergesetz (LWG NRW), dass Bau, Betrieb und Unterhaltung von Abwasseranlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik durchgeführt werden müssen. Des Weiteren wird in § 53 LWG NRW gefordert, die Abwasserbeseitigung mittels eines Abwasserbeseitigungskonzeptes sicherzustellen. Die Verpflichtung zur Selbstüberwachung regelt § 61 LWG NRW (vgl. Bild 2).

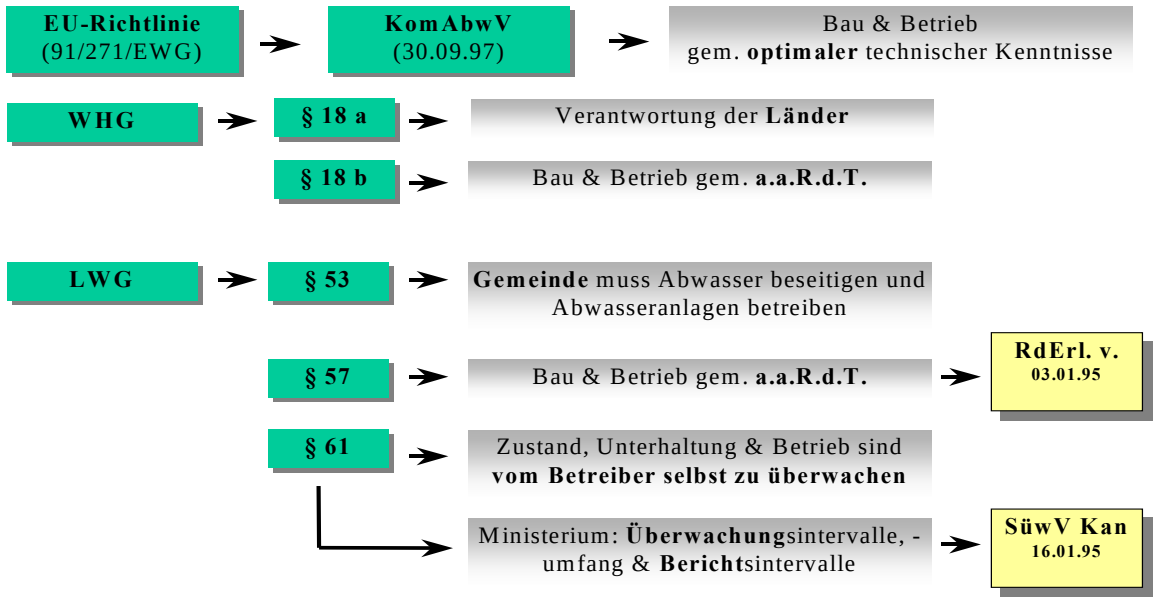


Bild 2: Rechtliche und technische Anforderungen [3]

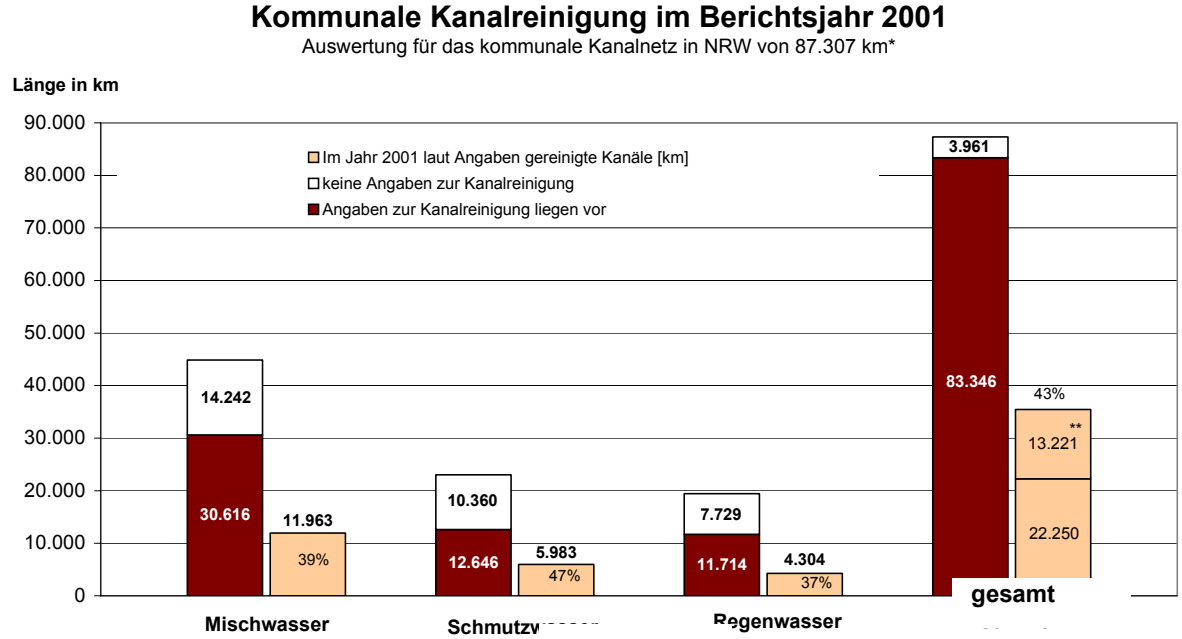
Nach **Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) [4]** muss in Nordrhein-Westfalen die Ablagerungssituation auf Grundlage eines Einsatz- bzw Spülplanes oder, bei Nichtvorliegen eines solchen Planes, alle 2 Jahre überprüft werden. Werden bei dieser Überprüfung Ablagerungen festgestellt, sind die im **Runderlass [5] des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft** beschriebenen Maßnahmen durchzuführen. So ist bei Ablagerungshöhen von mehr als 15 % der Profilhöhe (geschätzt) nach Reinigungsplan zu reinigen. Liegt ein solcher Plan nicht vor, sind Leitungen bis DN 1000 innerhalb von 3 Monaten und Leitungen größer DN 1000 innerhalb von 6 Monaten zu reinigen.

Der o.a. zweijährliche Rhythmus gilt als Vorgabe für die Betreiber von Abwasseranlagen in NRW, jedoch nur sofern keine weitergehenden betrieblichen Erfahrungen vorliegen. Voraussetzung für eine betriebsbedingte Abweichung von dieser Vorgehensweise ist die Erstellung eines Spül- bzw. Einsatzplans, nach dem eine planmäßige Bewertung der Ablagerungen betrieben wird. Die Reinigungsintervalle können dann abhängig von den örtlichen Randbedingungen (z.B. Gefällesituation, Rohrmaterial etc.) und dem prognostizierten Ablagerungsverhalten auf der Grundlage von Ablagerungskontrollen durchaus auf fünf bis zehn Jahren ausgedehnt werden (vgl. [6], [7]). Die SüwV Kan bietet somit die Möglichkeit, im Rahmen einer eigenen Planung von der vorgeschriebenen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

zweijährlichen Frist abweichen zu können. Den Betreibern eröffnet sich damit die Möglichkeit für eine „bedarfsorientierte“ Kanalreinigung auf der Grundlage von Inspektionsdaten.

Eine umfassende Erhebung bei den 396 Netzbetreibern in NRW [1] zeigte, dass davon bisher wenig Gebrauch gemacht wurde. Die Auswertung der erhobenen Daten legten die Vermutung nahe, dass sich die Betreiber in NRW insbesondere für die Reinigung von Schmutzwasserkanälen tendenziell an dem gemäß SüwV Kan vorgegebenen zweijährlichen Reinigungsintervall orientieren. Nach eigenen Angaben der Betreiber wurden im Berichtsjahr 2001 rund 43 % des insgesamt 87.307 km langen Kanalnetzes in NRW gereinigt (Bild 3).



* Längen der Entwässerungssysteme nach den Angaben des LDS NRW (vgl. Tabelle 1)
** Angaben, die nicht nach dem jeweiligen Entwässerungssystem unterschieden wurden

Bild 3: Länge und prozentualer Anteil der im Berichtsjahr 2001 gereinigten Kanäle in NRW, vgl. [1]

Hinweise zur Planung und Durchführung der Kanalreinigung, den technischen Anforderungen sowie dem Personal- und Gerätebedarf sind auch in zahlreichen technischen Normen und Regelwerken zusammengefasst. Tabelle 1 gibt hierzu einen Überblick.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 1: Technische Anforderungen an die Kanalreinigung, Überblick

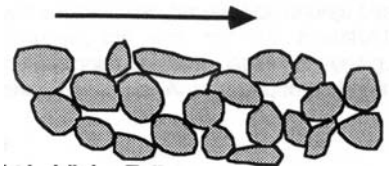
Index	Titel	Ausg.	Anforderungen an die Kanalreinigung
ATV A 140 T.1 [8]	**Regeln für den Kanalbetrieb, Teil 1: Kanalnetz**	Mrz 90	Das Kanalnetz muss jederzeit funktionsbereit sein, dazu sind für die Wartungsmaßnahme Kanalreinigung erforderlich: - gut ausgebildetes Personal, - leistungsfähige Fahrzeuge und Geräte, - Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften, - schadlose Beseitigung des Räumgutes, - Überprüfung des Reinigungserfolges, - Abstimmung auf die baulichen Gegebenheiten (Vermeidung von Materialschäden).
ATV–A-147 T.1 [7] bzw. ATV-DVWK-A 147 T.1 (Entw.) [9]	**Betriebsaufwand für die Kanalisation, Teil 1: Betriebsaufgaben und Häufigkeiten**	Mai 93 bzw. April 03	Die Häufigkeit der Kanalreinigung ist nicht explizit festgeschrieben. Reinigungsintervalle können erfahrungsgemäß entsprechend der Art des Entwässerungsverfahrens, der Gefälle- und Abflussverhältnisse, der Ablagerungen und den Rückstauverhältnissen zwischen einem halben Jahr und zehn Jahren liegen.
ATV A 147, Teil 2 [10]	**Betriebsaufwand für die Kanalisation, Teil 2: Personal-, Fahrzeug- und Gerätebedarf**	Mrz 95	Eine Tabelle zur Reinigung gibt Auskunft über Tätigkeit, Häufigkeit pro Jahr, Kolonnenstärke, Fahrzeug bzw. Gerät, Tagesleistung und ggf. Aufwand als Richtwert sowie Bemerkungen. Die angegebenen Tagesleistungen sind als Durchschnittswerte der Praxis anzusehen.
DIN 30 702 [11]	**Kommunalfahrzeuge**	Okt 87	Festlegung der Begriffe für Saugfahrzeug und Hochdruckspülfahrzeuge
DIN 30 705 [12]	**Saugfahrzeuge und HD-Spülfahrzeuge**	Sept 87	In dieser Norm sind Anforderungen (einschließlich Abnahme) an Kanal- und Sinkkasten-Reinigungsfahrzeuge sowie Gruben-Reinigungsfahrzeuge festgelegt.
WRc [13]	**Sewer Jetting Code of Practice** **(Großbritannien)**	1997	Anforderungen an die Durchführung der Kanalreinigung werden konkret in hydraulische Leistungsdaten für das Hochdruckspülen umgesetzt: Maximale Düsendrücke und Durchflussraten werden in Abhängigkeit von Nennweite, Rohrwerkstoff und Zustand des zu reinigenden Rohres festgelegt.
SN 592 012 [14]	**Schweizer Norm „Rohre, Formstücke, Verbindungen und andere Rohrleitungsteile** **(Schweiz)**	1994	Mit Blick auf die Funktionsanforderungen an Rohrwerkstoffe, die auch die Dichtheit und Temperaturbeständigkeit umfassen, wird die Widerstandsfähigkeit gegen Rohrreinigungsgeräte im Rahmen einer Werkstoffprüfung bzw. eines Rohrreinigungstests für Rohre der *Grundstücksentwässerung* untersucht. Dazu wird ein ca. 5 m langes Rohrsystem mit Abzweigen und Bögen aufgebaut und mit einer wasserstrahlenden Hochdruckspüldüse unter definierten Randbedingungen *einmal* durchfahren. Anschließend wird der Zustand des Rohrsystems optisch kontrolliert.
DIN EN 752, Teil 7 [15]	**Entwässerungs-systeme außerhalb von Gebäuden, Teil 7: Betrieb und Unterhalt**	Jun 98	Es muss ein Unterhaltungsplan aufgestellt werden. Er muss die Art der Unterhaltungstrategie, die für die Kanalreinigung anzuwenden ist, die Anforderungen an die Überwachung und deren Häufigkeit enthalten. Bei der Beseitigung von Ablagerungen durch Kanalreinigung sind die möglichen Auswirkungen auf die Kläranlage zu berücksichtigen. Es sind Maßnahmen zu treffen, um eine Einleitung von stark verschmutzten Stoffen über Regenentlastungsbauwerke in den Vorfluter zu verhindern. Die Beseitigung von Rückständen aus der Kanalreinigung sollte die umweltrelevanten Auswirkungen berücksichtigen und in Abstimmung mit der zuständigen Stelle erfolgen. Besondere Hinweise: - Der Anwendungsbereich der Norm erstreckt sich von der privaten Hauswand bis zur Kläranlage, d.h. sie gilt in diesem Bereich sowohl für das private als auch das öffentliche Netz. - „Die Strategien für den Unterhalt von Entwässerungssystemen sind der vorausschauend geplante Unterhalt oder die ereignisabhängige Reaktion. Es ist auch eine Kombination von beiden möglich. (...) die vorrauschauende Unterhaltung ist immer dann erforderlich, wenn entweder die Schadensfolgen erheblich sind oder dem Auftreten von Schäden vorzubeugen ist.“
ATV-DVWK-M 197 [16]	Ausschreibung von Kanalreinigungs-leistungen mit dem HD-Spülverfahren	Entwurf Mai 2003	Das Merkblatt bietet den ausschreibenden Stellen (Kommunen, Firmen, Verbände und Ingenieurbüros) Hilfestellungen für die Ausschreibung von Kanalreinigungsleistungen mit dem Hochdruckspülverfahren in Abwasserkanälen und –leitungen, die im freien Gefälle betrieben werden.
(Norm-Entwurf) DIN EN 14654 [17]	Planung, Durchführung und Überwachung von Reinigungsmaßnahmen in Abwasserkanälen und -leitungen	Entwurf Mai 2003	Hinweise zur Planung, Durchführung und Überwachung von Reinigungsmaßnahmen in Abwasserkanälen und –leitungen außerhalb von Gebäuden. Es werden Reinigungsziele und Dokumentationshinweise für die Reinigungsarbeit gegeben.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

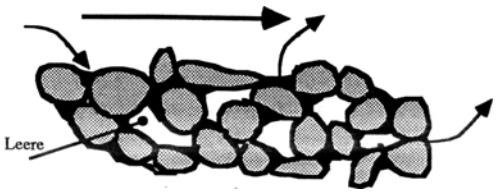
2.2 Ablagerungen und Netzsituation

Da Abwasser keine homogene Flüssigkeit ist und in den meisten Kanälen instationäre Abflusszustände herrschen, ist davon auszugehen, dass auch **Ablagerungen** in unterschiedlicher Struktur vorliegen. In der Mehrheit setzen sich Ablagerungen aus Gemischen von mineralischen und organischen Bestandteilen, Papier, Haaren, Fasern, Nahrungsresten und kleineren Steinen zusammen [18, 19]. Spinn- und Faserstoffe können zu einer Armierung der Sedimente führen und so die Lösbarkeit in erheblichem Maße verschlechtern. Chemische und biologische Umsetzungsprozesse verstärken die Komplexität der Ablagerungs-zusammensetzung.

Untersuchungen zur Beschaffenheit von Ablagerungen [20] zeigen auf, dass der organische Anteil des Sedimentes im Bereich von 10-15% liegt. Die mit organischer Materie durchsetzten Ablagerungen weisen eine gesteigerte Bakterienaktivität auf. Zusammen mit den mineralischen Anteilen verbinden sich die organischen Bestandteile, die eine pastenartige Konsistenz aufweisen, zu einem kohäsiven Ablagerungsgemisch. Die entstehenden kohäsiven Ablagerungen, die nach ARTIÈRES [20] annähernd die gleichen bodenmechanischen Eigenschaften aufweisen wie ausgeprägt plastische Tone, lassen sich durch einen ungleichförmigen Kornaufbau und die kohäsiven Eigenschaften des Feinstanteiles als stabil bleibende Kanalisationsablagerungen beschreiben.



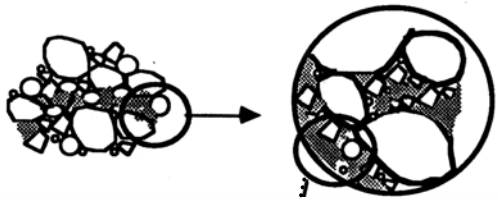
a) nicht kohäsive Teilchen mit gleichförmigem Kornaufbau



b) nicht kohäsive Teilchen mit gleichförmigem Kornaufbau bei geringem kohäsiven Feststoffanteil



c) nicht kohäsive Teilchen mit gleichförmigem Kornaufbau bei geringem kohäsiven Feststoffanteil



d) nicht kohäsive Feststoffe mit ungleichförmigem Kornaufbau



e) nicht kohäsive Feststoffe mit ungleichförmigem Kornaufbau bei geringem kohäsivem Feststoffanteil

Bild 4: Struktur und Verhalten von Feststoffen [20]

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Ablagerungen, die nur aus relativ gleichkörnigem Sand bestehen, lassen sich in der Regel durch betriebliche Reinigungsmaßnahmen leicht ausspülen, da ihnen die organischen Stoffe fehlen, die den inneren Zusammenhalt der Ablagerungen gewährleisten. Umgekehrt kann sich eine Ablagerung, die nur aus organischen Stoffen besteht, nicht verfestigen, da ihr die schweren mineralischen Partikel fehlen, welche für die Verdichtung der Ablagerung sorgen [21].

Ablagerungen haben infolge ihrer organischen Bestandteile und der physikalisch-chemischen Verhältnisse (alkalischer pH-Wert) die Eigenschaft, Schmutzstoffe zu akkumulieren [20, 22]. Die Anreicherung von Schadstoffen im Sediment, wie beispielsweise von Schwermetallen (Zn, Cu), kann zu erheblichen Konsequenzen für die Gewässergüte führen, sofern feine Partikel in den Vorfluter ausgetragen werden. Da Ablagerungen in etwa das gleiche Zeitsetzungsverhalten wie ein Ton aufweisen und sich demzufolge mit über die Zeit abnehmendem Wassergehalt verfestigen, sollten entsprechend kurze Reinigungsintervalle gewählt werden, damit die Ablagerungen nur unbedeutend konsolidieren können [22].

Neben den Ablagerungen im Sohlbereich der Abwasserkanäle reichert sich über den gesamten Kanalumfang eine Sielhaut als organischer Bewuchs an der Kanalinnenwand an. Die Sielhaut besteht überwiegend aus Wasser und lebender Materie, wie Pilzen und Bakterien. Sie entsteht normalerweise auf Flächen die vom Abwasser benetzt sind, jedoch ist auch der Bewuchs des Kanalscheitels bei hohen Abwassertemperaturen durch die Bildung von Kondensat möglich. BROMBACH et al. [22] zeigen durch Untersuchungen, dass die Sielhaut bei fehlender mittlerer Kornfraktion sowohl feine als auch ganz grobe mineralische Stoffe einlagert. Sofern keine Inspektion des Kanals ansteht, erscheint die Entfernung der Sielhaut von der Wand der Abwasserkanäle nicht sinnvoll [23], da neben erneut geschaffenen Angriffsflächen für die biogene Schwefelsäurekorrosion und dem damit verlorengegangenen Reinigungseffekt eine Mehrbelastung des Abwassers an organischen Inhaltsstoffen erzeugt wird.

Im Allgemeinen treten Ablagerungen in Kanälen nicht als kontinuierliche Fläche sondern als Dünen auf, die Längen zwischen 2 m und 5 m besitzen [24]. Dies erschwert die Angabe von Ablagerungsmengen. Bisher erfolgte dies uneinheitlich als Anteil an der Mischwasserfracht oder Trockenwetterfracht, als spezifische Massenangabe in Masse je Meter Kanallänge oder als spezifische Volumenangabe je Meter Kanallänge oder als Ablagerungshöhe. RISTENPART [25] stellt fest, dass die Ablagerungen zwar kurzfristigen, im Minutenbereich liegenden, und mittelfristigen, im Wochenbereich liegenden, Schwankungen unterliegen, dass aber die Menge an Ablagerungen einer Kanalstrecke durch eine charakteristische Ablagerungshöhe beschrieben werden kann. Bei der Ermittlung der Ablagerungsmenge aus der Ablagerungshöhe und der eingenommenen Segmentfläche wird auch der Kanaldurchmesser berücksichtigt. Deshalb wird in [25] empfohlen, die Angabe der

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

charakteristischen Ablagerungshöhe gegenüber spezifischen Mengen und Volumenangaben je Meter Kanallänge zu bevorzugen.

Die Wirkung und Einsetzbarkeit von Reinigungsverfahren und der damit verbundene Reinigungsaufwand sind neben der Ablagerungssituation auch von örtlichen **Netzbedingungen** abhängig. Diese sind gekennzeichnet durch (vgl. [1], [6], [26], [27], [28], [29]):

- die **Zugänglichkeit und Umgebungsbedingungen**, z.B. bei Schachtbauwerken in Verkehrsräumen,
- die **Netzgeometrie**, d.h. Nennweite, Querschnittsprofil, Gefälle,
- den **Rohrwerkstoff**, wie z.B. spröde oder weiche Materialien,
- die **Verbindungstechnik**, wie z.B. Steckmuffen oder Schweißnähte,
- den **Kanalzustand**, wie z.B. Riss- oder Scherbenbildung, und
- das **Entwässerungssystem** bzw.
- die **Abwasserinhaltsstoffe** und **Grobstoffanteile**.



a) Netzgeometrie: großer Querschnitt



b) Umgebungsbedingungen: Schacht im Verkehrsraum



c) Zugänglichkeit: Schacht im Gelände



d) Rohrwerkstoff/Kanalzustand: Mauerwerksfugen ausgewaschen



e) Verbindungstechnik: seitlicher Anschluss



f) Rohrwerkstoff: Kurzschlauch

Bild 5: Netzbedingungen, Bildbeispiele

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

2.3 Hochdruckspülverfahren

2.3.1 Verfahren

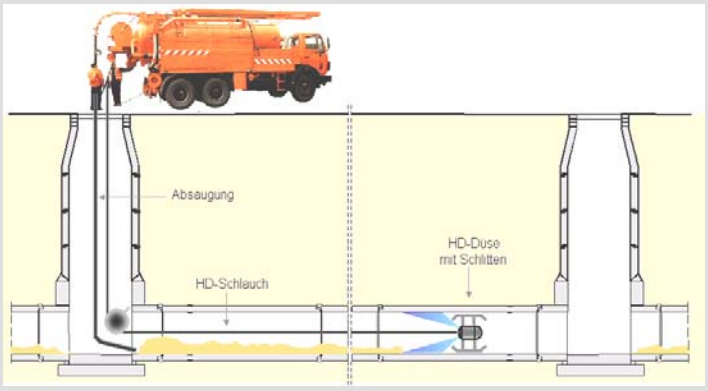
In mehr als 90 % aller Kanalreinigungsmaßnahmen wird sowohl zur Beseitigung von Ablagerungen im Rahmen der regelmäßigen Wartung als auch für die Reinigung als vorbereitende Maßnahme einer Kanalinspektion oder Sanierung das Hochdruckspülverfahren (HD-Spülverfahren) eingesetzt [6]. Es ist in der Regel nicht anwendbar bei sehr stark verfestigten Ablagerungen oder zur Beseitigung von Abflusshindernissen, z.B. einragende Anschlusskanäle, künstliche Hindernisse und Wurzeln. In diesen Fällen muss zusätzlich auf mechanische Reinigungsverfahren oder -geräte zurückgegriffen werden, die zum Teil auch direkt durch die Hochdruckspülfahrzeuge angetrieben werden können.

Die Kanalablagerungen werden bei der Hochdruckspülung durch Druckwasserstrahlen von der Rohrwandung gelöst und bis zu dem Arbeitsschacht gespült. Dort wird das Spülwasser mit den gelösten Ablagerungen in den Schlammbehälter eines Reinigungsfahrzeugs gesaugt. Nach Abschluss der Arbeiten wird der gesammelte Schlamm in einen Entwässerungscontainer geleert und anschließend entsorgt. Die gesamte Gerätetechnik ist auf einem Fahrzeug installiert und besteht im Wesentlichen aus den Komponenten Fahrzeugtank, Hochdruckpumpe, Spülschlauch, Saugschlauch und Reinigungsdüse (vgl. Bild 6).

Anzahl und Ausrichtung der Düseneinsätze, aber auch die Anzahl der Reinigungsdurchgänge pro Haltung sowie die Ziehgeschwindigkeit der Spüldüse hängen von der Art der Verschmutzung, der Menge des zu transportierenden Räumgutes und dem Reinigungszweck ab.

Bei der Durchführung der Hochdruckreinigung können in der Praxis auch Probleme auftreten [27]. In stark verschmutzten Kanälen kann es vorkommen, dass aufgrund zu großer Ablagerungsmengen schrittweise vom Beginn der Haltung gespült werden muss oder dass die Düse zur Seite hin auswandert und nur einen Teil der Sohle reinigt. Durch Druckschwankungen, die während der Hochdruckreinigung im Kanal auftreten, kann es über Hausanschlussleitungen zu Geräuschbelästigungen und sogar Wasseraustritt in Entwässerungsgegenständen der Anwohner kommen.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH




Arbeitende Düse im Rohr


Reinigungsfahrzeug


Saugrohr


Düsenauswahl


Pumpe


Schlauch


Düseneinsatz

Bild 6: Hochdruckreinigung: Gerätetechnik und Fahrzeug-Komponenten

2.3.2 Hochdruckreinigungsfahrzeuge

Zur Hochdruckreinigung werden Hochdruckspülfahrzeuge, Schlammsaugfahrzeuge sowie kombinierte Spül- und Saugfahrzeuge mit und ohne Wasseraufbereitung einzeln oder im Gespann eingesetzt. In begehbaren Kanälen kann zur Beseitigung ausgedehnter, verfestigter Ablagerungen eine manuelle Reinigung auch mit Hilfsmitteln wie bspw. Spitzhacken, Drucklufthämmern, Sandstrahlgeräten und Hochdruckspülgeräten notwendig werden [30]. Der Einsatz dieser Geräte wurde im Rahmen des hier dargestellten Forschungsprojektes allerdings nicht betrachtet, da die entsprechenden Reinigungssituationen grundsätzlich eng mit den örtlichen Besonderheiten verknüpft sind und die Reinigungserfahrungen deswegen selten auf andere Anwendungsfälle übertragbar sind.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH



Bild 7: Hochdruckspülfahrzeug

Hochdruckspülfahrzeuge (Bild 7) verfügen über keine eigene Saugeinrichtung, um die abgespülten Kanalablagerungen im Schacht zu entnehmen. Demzufolge kann der gesamte Wasserbehälter zum Spülen genutzt werden. Häufig werden Spülfahrzeuge auch im Gespann mit Saugfahrzeugen eingesetzt.



Bild 8: Schlammsaugfahrzeug

Mit Saugfahrzeugen (Bild 8) werden Feststoffe aus Sinkkästen, Schächten und Gruben in den Schlammbehälter gesaugt. Sie werden häufig auch in der Kombination mit einem Hochdruckspülfahrzeug eingesetzt. Der Anwendungsbereich umfasst aber auch die Fäkal- und Klärschlammentsorgung.



Bild 9: Kombiniertes Spül- und Saugfahrzeug

Mit kombinierten Spül- und Saugfahrzeugen (Bild 9) werden die im o.g. Kapitel genannten Möglichkeiten beider Fahrzeugtypen in einer Fahrzeugart konzentriert (Reinigung, Sammlung und Transport bei vielseitigen Entsorgungsaufgaben).



Bild 10: Kombinierte Spül- und Saugfahrzeuge mit Wasseraufbereitung

Die Wasseraufbereitungsanlage (vgl. Bild 10) trennt den Schlamm von dem mitgesaugten Wasser. Während das Sandgut im Schlammbehälter verbleibt, wird das Schmutzwasser mechanisch gereinigt und anschließend dem Hochdruckspülvorgang wieder zur Verfügung gestellt.

Sowohl der Güteschutz Kanalbau [31] als auch das Regelwerk der ATV [32] und weiterführende Fachliteratur (vgl. [33]) fassen Anforderungen an die Leistungsparameter für Kanalreinigungsfahrzeuge zusammen (vgl. Tabelle 2). Darüber hinaus vergibt der Güteschutz Kanalbau seit 1995 das Gütezeichen R für Dienstleister, die die Reinigung von Abwasserkanälen anbieten. Im Rahmen einer Recherche bei NRW-Netzbetreibern wurden die in Tabelle 3 dargestellten Fahrzeugkennwerte von den Kanalbetrieben genannt.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 2: Leistungsparameter und Richtwerte für Hochdruckspül- und Saugfahrzeuge mit Wasserrückgewinnung

DN**	Fassungs-vermögen*	Pump-leistung**	Spül-schlauch**		Druck*		Vakuum-pumpe*	Saug-schlauch*	Geräusch-pegel*
			Länge	DN	Fahrz	Düse			
[mm]	[m^3]	[l/min]	[m]	[Ø]	[bar]	[bar]	[m^3/h]	[mm]	[d/BA]
200-800	10 – 12	ca. 320	120-200	25	150	80-120	1200 – 1500	100 – 125	max. 82
800-1200	14 – 18	ca. 390 – 450	120-200	32	150-180	80-120	1200 – 1500	125 – 150	max. 82
> 1200	bis 20	ca. 640 – 800 2 Pumpen	120-200	40	Keine Angaben				

(Nach *Güteschutz Kanalbau R [34], **ATV 1.7.3 [32])

Tabelle 3: Technische Parameter der Kanalreinigung, vgl. [6]

Kennwert		Spülfahrzeug	Saugfahrzeug	Komb. Spül- und Saugfahrzeug	Komb. Spül- und Saugfahrzeug mit Wasserrück-gewinnung
Personaleinsatz	Anzahl der Personen auf dem Fahrzeug	2 Pers.	1 – 2 Pers.	1 – 3 Pers.	2 – 3 Pers.
Einsatzbereich*	Kanalnennweite 1. DN 100-300 2. DN 300-800 3. DN 800-1200 4. > DN 1200	70,00 % 60,00 % 70,00 % 30,00 %	50,00 % 62,50 % 62,50 % 62,50 %	84,38 % 93,75 % 83,87 % 45,16 %	56,52 % 82,61 % 78,26 % 82,61 %
Hochdruck-pumpe*	Fördermenge 1. 320-390 liter/min 2. 390-450 liter/min 3. 450-640 liter/min 4. 640-800 liter/min	80,00 % 0,00 % 0,00 % 10,00 %	-	70,97 % 25,81 % 22,58 % 0,00 %	47,83 % 47,83 % 26,09 % 0,00 %
	Druck an der Pumpe 1. 80 – 120 bar 2. 120 – 150 bar 3. 150 – 180 bar	50,00 % 40,00 % 20,00 %	-	19,35 % 41,94 % 51,61 %	17,39 % 47,83 % 52,17 %
	Druck an der Pumpe 1. 80 – 120 bar 2. 120 – 150 bar 3. 150 – 180 bar	50,00 % 40,00 % 20,00 %	-	19,35 % 41,94 % 51,61 %	17,39 % 47,83 % 52,17 %
Vakuumpumpe*	Volumenstrom 1. 750 – 1500 m³/h 2. 1500 – 3000 m³/h 3. 3000 – 5000 m³/h (mit Saugunterstützung)	50,00 % 40,00 % 20,00%	50,00 % 25,00 % 0,00 %	48,39 % 32,26 % 6,45 %	26,09 % 56,52 % 8,70 %
Hochdruck-schlauch*	Durchmesser 1. DN 25 (bis 325 l/min) 2. DN 32 (bis 650 l/min) 3. DN 40 (bis 800 l/min)	60,00 % 40,00 % 10,00 %	-	77,42 % 41,94 % 12,90 %	62,50 % 62,50 % 12,50 %
	Schlauchlänge [m] Schlauchwerkstoff	50 bis 200 Meter 80 % Gummi 10 % Kunststoff	-	75 bis 220 Meter 64 % Gummi 16 % Kunststoff	80 – 300 Meter 65,2 % Gummi 17,4 % Kunststoff
Hochdruckdüse*	Druck an der Düse 1. 50 – 80 bar 2. 80 – 100 bar 3. 100 – 150 bar	70,00 % 60,00 % 10,00 %	-	28,13 % 56,25 % 31,25 %	39,13 % 43,48 % 34,78 %
	Werkstoff Düseneinsatz 1. Keramik 2. Edelstahl 3. Saphir	60,00 % 60,00 % 0,00 %	-	64,52 % 58,06 % 9,68 %	73,91 % 65,22 % 13,04 %

* Prozentuale Anzahl der Netzbetreiber, die die jeweilige Kenngröße einem Fahrzeugtyp zugeordnet haben.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

2.3.3 Hochdruckspülschläuche

Je nach Förderstrom der Hochdruckpumpe werden Schläuche mit verschiedenen Nennweiten (Durchmesser) nach DIN 30705 Teil 4 [35] verwendet. Entsprechende Empfehlungen finden sich in [32] (vgl. Tabelle 4). Die Auswahl von Hochdruckschläuchen orientiert sich an den spezifischen Betriebsanforderungen, wie bspw. maximaler Betriebsdruck, minimaler Biegeradius, maximal zulässige Druckverluste (pro Meter), geringer Einziehwiderstand und Beständigkeit gegenüber der Kanalatmosphäre. Die Schläuche bestehen aus Gummi oder Kunststoff. Typische Vor- und Nachteile sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 4: Nennweiten von HD-Spülschläuchen und empfohlener Förderstrom, nach [32]

Nennweite	Durchfluss [l/min]
DN 19	bis 200 [l/min]
DN 25	200 [l/min] bis [325 l/min]
DN 32	325 [l/min] bis 650 [l/min]
DN 40	650 [l/min] bis 800 [l/min]

Tabelle 5: Vor- und Nachteile von Gummi-/Kunststoff-Schläuchen (vgl. [36])

HD-Schlauch	 **Gummi**	 **Kunststoff**
Vorteile +++	➢ abriebfeste Schlauchdecke und wenig empfindlich gegen äußere Beschädigung ➢ flexibler als Kunststoffschlauch ➢ kann am Einsatzort mit Schraubkupplungen repariert werden	➢ leichter als Gummischlauch, dadurch schwimmfähig, dadurch größere Zugweite der Kanaldüse ➢ geringere Reibung im Kanal als beim Gummischlauch ➢ geringere Druckverluste durch glatte Innenwand
Nachteile ---	➢ höheres Gewicht als Kunststoffschlauch ➢ höhere Druckverluste als im Kunststoffschlauch durch rauhe Innenwand	➢ empfindlich gegen äußere Beschädigung ➢ Handling: vergleichsweise steif, ggf. Gummischlauch-Stück zwischen Kanaldüse und HD-Spülschlauch notwendig ➢ glatte Schlauchdecke: Schlauchlagen können sich bei Zugentlastung von der Haspel lösen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die Druckverluste im Schlauch sind abhängig von der Länge des Schlauches und zum Teil abhängig von dem inneren Radius der Schlauchtrommel. Je kleiner der Radius, umso größer sind die Druckverluste [37]. Erfahrungsgemäß ist der Druckabfall im Kunststoffschlauch gegenüber dem Gummischlauch, aufgrund der glatten Wandung, um ca. 30% bis 40% geringer. Ebenso ist der Druckabfall beim gebrauchten Schlauch geringer als beim neu aufgezogenen Schlauch (auch aufgrund der Schlauchdehnungen und Vergrößerung des Innendurchmessers infolge des Gebrauchs) [38]. Nach [38] besteht die Möglichkeit, den Druckabfall in den Spülschläuchen unter Zugabe eines patentierten Strömungsbeschleunigers zu reduzieren.

2.3.4 Kanalreinigungsdüsen

Kanalreinigungsdüsen haben im Wesentlichen die zwei Aufgaben,

- den Schmutz von der Rohrwandung zu lösen und
- die Abwasserfließgeschwindigkeit zum Transport der Feststoffe zu erhöhen.

Die örtlichen Netzbedingungen sowie die Menge und Hartnäckigkeit der Verschmutzung beeinflussen den Schwierigkeitsgrad dieser Aufgabe. Düsenhersteller bieten vor diesem Hintergrund ein breites Angebot an Kanalreinigungsdüsen an. Die Düsen unterscheiden sich bspw. nach Form, Gewicht, Anzahl und Durchmesser der Düseneinsätze, Wasserführung im Düsenkörper und im Düseneinsatz und dem Schlauchanschluss. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde auch eine umfassende Marktübersicht erarbeitet und im Internet veröffentlicht (www.ikt.de). Für die unterschiedlichen Reinigungsaufgaben werden verschiedene Reinigungswerkzeuge genutzt, z.B.

- **rundumstrahlende** Düsen, um die gesamte Rohrwandung (bis ca. DN 600) bspw. für eine Inspektion zu reinigen (vgl. Bild 11),
- **rotierendstrahlende** Düsen**,** um Inkrustationen zu lösen (vgl. Bild 12),
- **Stocher-/Fräsdüsen** mit Vorstrahl**,** um Verstopfungen zu lösen (vgl. Bild 13),
- **flachstrahlende** Düsen (Sohlenreiniger) zum Transport von losen Ablagerungen in der Sohle großer Kanäle (ab DN 500) (vgl. Bild 14).

Rundumstrahlende Düsen unterscheiden sich nach Anzahl der Düseneinsätze (6-30 Stück) und deren Abstrahlwinkel. Ein flacher Abstrahlwinkel (6 – 15 Grad) erzeugt eine hohe Zugleistung der Düse. Bei einem weitem Winkel (15 – 35 Grad) erhöht sich die Lösekraft gegenüber hartnäckigen Verschmutzungen an der Rohrwandung. Mit zunehmender Kanalquerschnittsgröße (ca. ab DN 500) verringert sich das Räumvermögen, um gelöste Ablagerungen bis zum Entnahmeschacht zu

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

transportieren. Aufgrund ihrer Strahlcharakteristik erzeugen rundumstrahlende Düsen große Luftbewegungen im Kanal. Dies kann u.U. die Aerosolbelastung am Arbeitsschacht und das Risiko für Ausblasungen von Geruchsverschlüssen bei Grundstücksentwässerungsanlagen erhöhen. Mit einem weiten Abstrahlwinkel oder auch niedrigeren Druck- und Durchflusswerten verringert sich dieses Risiko.



Bild 11: Rundumstrahlende Düse, Beispiel

Rotierendstrahlende Düsen werden zur Reinigung des gesamten Rohrumfangs eingesetzt, insbesondere zum Lösen von Inkrustationen, Fett und leichten Wurzeleinwüchsen. Die Verteilung der Hochdruckwasserstrahlen erfolgt durch einen rotierenden Körper in Düsenmitte. Dadurch kann die gesamte Rohrinnenfläche mit nur wenigen, aber energiereichen Strahlen gereinigt werden. Darüber hinaus soll die Reinigungswirkung bei einigen Produkten durch Vibration der Düse begünstigt werden.

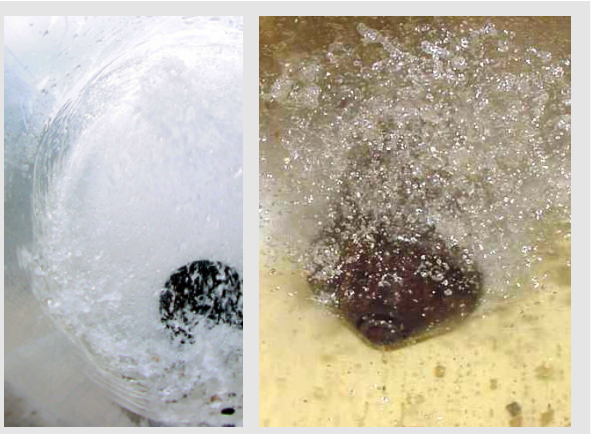
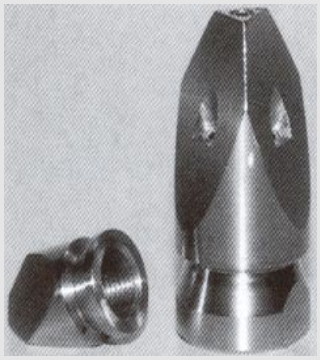


Bild 12: Rotationsdüse, Beispiel

Fräsdüsen bzw. Stocherdüsen sind durch eine im Querschnitt scharfkantige Bauform und mehrere nach vorn gerichtete Bohrstrahlen zur Beseitigung von Verstopfungen geeignet. Damit lassen sich Ablagerungen an schwer zugänglichen Stellen mitunter auch zum nächsten Schacht transportieren. Einige

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

rundumstrahlende Düsen sind ebenfalls mit einem Vorstrahl ausgestattet, um ggf. Verstopfungen aufzulockern.



a)



b)

Bild 13: Düsenbeispiele: a) Stocher-/Fräsdüsen
b) rundumstrahlende Düse mit Vorstrahl

Flachstrahlende Düsen (Sohlenreiniger) werden überwiegend zur Reinigung der Kanalsohle und zur Räumung von schweren Ablagerungen in größeren Kanälen (ab DN 500) eingesetzt. Um nicht in größeren Abwasserströmen aufzuschwimmen, sind Sohlenreiniger im Querschnitt größer und massiger als die meisten rundumstrahlenden Düsen. Sohlenreinigende Düsen sind häufig für hohe Förderströme, z.B. 320 l/min, ausgelegt.

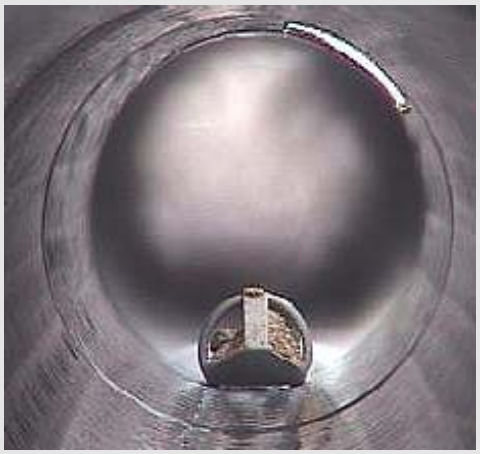






Bild 14: Sohlenreiniger, Beispiele

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Mit Hilfe von **Ejektordüsen** (flachstrahlende Düse nach dem Ejektorwirkprinzip) kann ein außerordentlich hoher Volumenstrom in Rohrleitungen erzeugt werden, der Ablagerungen aufwirbelt und transportiert. In Praxiseinsätzen konnte ein Volumenstrom von über 3 m³/min erzeugt werden [39]. Ejektordüsen können nach dem Prinzip der Wasserstrahlpumpe auch zur Vorflutsicherung, z.B. durch Überleiten, eingesetzt werden.



Ejektordüse zur Kanalreinigung



Schwalldüse nach dem Ejektorprinzip

Bild 15: Ejektordüsen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

2.4 Hochdruckspülbeständigkeit

Bei der Kanalreinigung mittels Hochdruckspülverfahren werden die Bauteiloberflächen der Rohrleitungen zeitweise hohen Belastungen ausgesetzt. Üblich bzw. denkbar sind z.B. Belastungen aus

- dem Auftreffen des Hochdruckwasserstrahls,
- dem Aufprall von Geschiebepartikeln,
- dem Abrieb durch Transport von Wasser und gelöstem Geschiebe,
- dem „Schleifen“ von Düse und Schlauch,
- dem „Anprallen“ oder „Herabfallen“ der Düse.

Um das Beanspruchungsverhalten der am Markt angebotenen Kanalbauteile (Rohre, Formstücke) unter diesen Belastungen zu prüfen, wurden in der Vergangenheit verschiedene Versuchsanordnungen und Prüfprogramme insbesondere durch Netzbetreiber und Normungsgruppen entwickelt. Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens berücksichtigten Prüfempfehlungen werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Prüfbeschreibungen zur Untersuchung der Hochdruckspülbeständigkeit

Bezeichnung	Hamburger Modell	DIN V 4264 Normentwurf	DIN V 19517 (Vornorm)		Technical Report prCEN/TR 14920
Literatur	[40]	[41]	[42]		[45]
Titel	Praxisnahe Hochdruckspül-versuche	Anforderungen und Prüfungen für Abwasserkanäle und –leitungen bei Hochdruckreinigung	Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit von Rohren für Abwasserleitungen		Jetting restance of drain and sewer pipes - Moving jet test method
Anwendungs-bereich	Beobachtung der Widerstandsfähigkeit von Rohrleitungen gegenüber HD-Reinigung	Bauteile und Werkstoffe von erdverlegten Abwasserkanälen und –leitungen (außerhalb von Gebäuden als Freispiegelleitung)	Rohre, Formstücke und Verbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle		Rohre, Formstücke und Verbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle
Prüfaufbau					
Prüfstrecke	ca. 20 m	ca. 20 m	1,50 m	> 1,00m	>1,80m
Düsenstrahl	beweglich / stationär	beweglich	beweglich	stationär	beweglich
Art des Düsenkopfs	keine Angaben	Rundstrahldüsenkopf nach Skizze, Gewicht 3,0 ± 1,0 kg, ohne Schlitten	Einzeldüse	Einzeldüse	Einzeldüse mit Keramikeinsatz und einem Ausbreitungs-winkel von ω ≤ 3,3°
Anzahl der Einsätze	8 Düseneinsätze	8 Düseneinsätze	1	1	1
∅ Düsenöffnung	2,4 (± 1) mm	2,4 (± 0,1) mm	2,8 (+0,05) mm	1,0 (+0,05) mm	2,8 (± 0,2) mm
Abstrahlwinkel [°]	30 °	30 °	30 (±1)°	30 (±1)°	30 (±1)°
Strahlabstand	keine Angaben	keine Angaben	8,5 (±0,5) mm	5 (± 0,5) mm	10,0 (-2) mm
Prüfparameter					
Druck an der Düse	120 bar	120 (± 5) bar	120 (±2) bar	120 -340 bar	120 bar
Durchfluss	320 l/min	320 l/min	46 - 50 l/min	3,65 - 8,25 l/min	46 l/min
Reinigungs-zyklen	30 Zyklen, 3 x stationär	60 Zyklen, 3 x stationär	50 Zyklen	10 Prüfungen	50 Zyklen
Reinigungs-geschwindigkeit	Vorschub 1,0 m/s, Rückzug 0,1 m/s;	Vorschub 1,0 m/s, Rückzug 0,1 m/s;	1 (±0,1)m/min	0	1 (±0,1)m/min
Geschiebe	5 Liter Splitt	---	---	---	---

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

2.4.1 Hamburger Modell

Nach dem sogenannten Hamburger Modell [40] wird die Widerstandsfähigkeit von Rohren, Rohrverbindungen und eingebundenen Seitenzuläufen gegenüber Hochdruckreinigung an einem mindestens 20 m langen Rohrstrang untersucht. Entwickelt wurde der Hamburger Spülversuch 1988 von der Hamburger Stadtentwässerung mit Blick auf die tägliche Reinigungspraxis. Der Versuch wird grundsätzlich mit den zum Prüfzeitpunkt üblichen Reinigungsfahrzeugen, Spülschläuchen und Spüldüsen durchgeführt. Alle für die Prüfung eingesetzten Betriebsmittel entsprechen dem jeweiligen Stand der Technik.

Es werden insgesamt 30 Spüldurchgänge, entsprechend einer Lebensdauer von 30 Jahren bei jährlicher Reinigung, durchgeführt. Vor jedem Reinigungszyklus, bestehend aus dem Einbringen und Zurückziehen der Spüldüse, werden 5 Liter Prüfgeschiebe am Ende der Haltung eingefüllt. Durch die Reinigung wird das Geschiebe durch die Haltung transportiert und schließlich herausgespült. Dieser Transportvorgang erzeugt mit der Praxis vergleichbare Beanspruchungen an den Rohrwandungen, den Rohrverbindungen und an den Zuläufen. Die Prüfparameter sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Prüfparameter nach dem Hamburger Modell [40]

Prüfparamter	Geforderter Wert
Düse	
Druck an der Düse	120 bar
Durchfluss	ca. 320 l/min
Abstrahlwinkel	30°
Anzahl der Düseneinsätze	8
Durchmesser Düseneinsätze	2,4 mm
Vorlaufgeschwindigkeit	1,0 m/s
Rückzugsgeschwindigkeit	0,1 m/s
Prüfgeschiebe	
Art	Winterstreusplitt, gebrochenes Material, Korngröße 3 – 6 mm
Menge	5 Liter je Spüldurchgang
Prüfhaltung	
Prüfstrecke	mindestens 20,0 m (zuzügl. Vorlauf- und Nachlaufstrecke)
Durchmesser	DN 300 (vorzugsweise)
Gesamtlänge	ca. 20 m
Rohrstöße	≤ 3
Hausanschlüsse	4 (2 im Scheitel, 2 im Kämpfer) DN 150
Allgemeines	
Anzahl Reinigungszyklen	30
Stationäre Belastung	durch Stillstand der Düse (3 Minuten) an einer Stelle

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

2.4.2 DIN 4264 (Entwurf)

Der Entwurf der DIN 4264 [41] zur Untersuchung der Widerstandsfähigkeit von Rohr- und Sanierungswerkstoffen gegenüber Hochdruckreinigung entspricht im Wesentlichen dem in Abschnitt 2.4.1 dargestellten Hamburger Modell. Die Prüfungen nach dem Normentwurf werden allerdings mit 60 statt 30 Reinigungzyklen *ohne* Prüfgeschiebe durchgeführt. Darüber hinaus werden Toleranzmaße für einzelne Prüfparameter vorgegeben. Einzelheiten sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Prüfparameter nach dem Normentwurf DIN 4264 [41]

Prüfparamter	Geforderter Wert
Düse	
Druck an der Düse	(120 ± 5) bar
Durchfluss	ca. 320 l/min
Abstrahlwinkel	30°
Anzahl der Düseneinsätze	8
Durchmesser Düseneinsätze	2,4 mm ± 1 mm
Vorlaufgeschwindigkeit	(1 ± 0,1) m/s
Rückzugsgeschwindigkeit	(0,1 ± 0,02) m/s
Prüfgeschiebe	
Art/Menge	ohne Zugabe von Prüfgeschiebe
Prüfhaltung	
Prüfstrecke	mindestens 20,0 m (zuzügl. Vorlauf- und Nachlaufstrecke)
Durchmesser	DN 300 (vorzugsweise)
Rohrstöße	≤ 3
Hausanschlüsse	4 (2 im Scheitel, 2 im Kämpfer) DN 150
Allgemeines	
Anzahl Reinigungszyklen	60 Stck.
Stationäre Belastung	durch Stillstand der Düse (3 Minuten) an einer Stelle

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

2.4.3 DIN V 19517 (Entwurf)

Ein Entwurf zur Vornorm DIN V 19517 [42] legt Prüfverfahren zur Ermittlung der Beständigkeit von Rohren und Formstücken, einschließlich Verbindungen, für Abwasserleitungen und -kanäle gegenüber der Reinigung mittels Hochdruck-spülverfahren fest. Im Wesentlichen orientiert sich diese Norm an dem Verfahren des WRc [43] sowie den Schweizer Untersuchungen [44]. Dabei werden die folgenden zwei Prüfungen unterschieden:

Prüfung mit beweglicher Düse

Bei der Prüfung mit beweglicher Düse wird eine Einzelstrahl-Düse mit exakt definierten Eigenschaften über die Innenfläche des Prüfkörpers (Rohrinnenfläche), bestehend aus einem Rohr der Nennweite DN 300 von ca. 1,80 m Länge (vgl. Bild 16) und einem Abzweig, einschließlich Rohrverbindung mit Dichtungsmitteln, bewegt. Zugrunde gelegt werden 50 Spüldurchgänge, entsprechend einer Lebensdauer von 50 Jahren bei jährlicher Reinigung der Kanäle. In Tabelle 9 werden die Randbedingungen für die Prüfung mit beweglicher Düse zusammengefasst.

Tabelle 9: Randbedingungen der Prüfung mit beweglicher Düse nach [42]

Prüfparamter	Geforderter Wert
Strahlwinkel	(30 ± 1) °
Prüfdruck an der Düse	(120 ± 2) bar
Geschwindigkeit	(1 ± 0,1) m/min
Abstand Oberfläche Prüfstück / Mittelpunkt Düsenöffnung	(8,5 ± 0,5) mm
Durchmesser Düsenöffnung	$(2{,}8\ ^{-0{,}00}_{+0{,}05})$ mm
Durchfluss	(46 bis 50 ± 2) l/min
Durchmesser Probekörper	DN 300
Prüfstrecke	1,50 m zzgl. Vor- und Nachlaufstrecke
Prüfkörper	Rohrschaft zzgl. Abzweig und Muffe
Reinigungszyklen	50

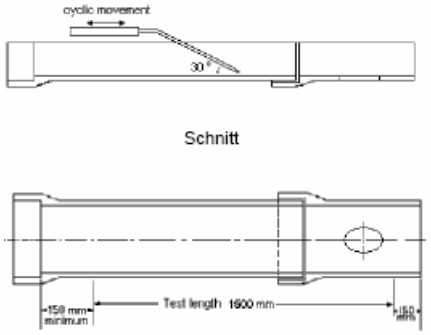


Bild 16: Prinzipskizze [42]

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Prüfung mit stationärer Düse

Bei der Prüfung mit stationärer Düse wirkt ein Hochdruckwasserstrahl jeweils für die Dauer von drei Minuten auf einen der insgesamt zehn Prüfpunkte der Rohrinnenfläche. Die Prüfung wird an einem Probekörper, bestehend aus einem Rohr ohne Abzweig und ohne Muffe der Nennweite DN 300, von mindestens 1,00 m Länge durchgeführt. In Tabelle 10 werden die Randbedingungen für die Prüfung mit stationärer Düse zusammengefasst.

Tabelle 10: Randbedingungen der Prüfung mit stationärer Düse nach [42]

Prüfparamter	Geforderter Wert
Strahlwinkel	(30 ± 1) °
Prüfdruck an der Düse	120 bis 340 bar (nach Angaben des Rohrherstellers)
Abstand Oberfläche Prüfstück / Mittelpunkt Düsenöffnung	(5,0 ± 0,5) mm
Durchmesser Düsenöffnung	$(1{,}0\ ^{-0{,}00}_{+0{,}05})$ mm
Durchfluss	3,65 bis 8,25 l/min (je nach gewählter Druckstufe)
Durchmesser Probekörper	DN 300
Prüfstrecke	mindestens 1,0 m
Prüfkörper	Rohrschaft ohne Abzweig und ohne Muffe
Anzahl der Einzelprüfungen	10 Einzelprüfungen
Prüfdauer	3 min je Einzelprüfung

2.4.4 Technical Report (TR 14920)

Der Technical Report (TR 14920) [45] ist ein technischer Bericht der europäischen Normungsgruppe TC 165/WG 22. Er beschreibt den Aufbau und die Durchführung von Prüfungen zur Widerstandsfähigkeit von Abwasserkanälen und –leitungen beim Hochdruckspülen. Der Technical Report knüpft an die Vornorm DIN V 19517 an. Die HD-Belastung wird durch einen einzelnen beweglichen Düsenstrahl aufgebracht, eine stationäre Belastung ist allerdings nicht vorgesehen. Zur Beschreibung des HD-Strahls werden folgende Kenngrößen genutzt:

- Spülstrahlleistung
- Spülstrahlleistungsdichte
- Durchflussbeiwert für den Düseneinsatz.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 11: Randbedingungen der Prüfung nach TR 14920 [45]

Prüfparamter	Geforderter Wert
Düse	
Druck an der Düse	120 (± 2) bar
Durchfluss	46 (± 0,5) l/min
Abstrahlwinkel	30 (±1)°
Anzahl der Düseneinsätze	1 (aus Keramik)
Durchmesser Düseneinsätze	2,8 (± 0,02) mm
Strahlausbreitungswinkel ω	≤ 3,3°
Abstand Oberfläche Prüfstück / Mittelpunkt Düsenöffnung	10,0 mm
Reinigungsgeschwindigkeit	1 m/min
Prüfgeschiebe	
Art/Menge	ohne Zugabe von Prüfgeschiebe
Prüfhaltung	
Prüfstrecke	≥ 1,50 m (zuzügl. Vorlauf- und Nachlaufstrecke von 0,15 m)
Durchmesser	keine Angabe
Rohrstöße	1
Anschlüsse	1 Kernbohrung
Allgemeines	
Anzahl Reinigungszyklen	50 Stck.
Stationäre Belastung	keine stationären Versuche

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

3 Praxiserfahrungen

3.1 Erhebungsumfang

Zur Erfassung der wesentlichen Randbedingungen des Reinigungsprozesses und als Basis für die Auslegung der praxisorientierten Versuche in den IKT-Prüfstrecken wurden Reinigungseinsätze in den Kanalnetzen der beteiligten Netzbetreiber vor Ort begleitet und die Ablagerungseigenschaften auf Grundlage von umfassenden Probenentnahmen untersucht. Im Vordergrund stand dabei insbesondere die Aufnahme von betrieblichen Einflussfaktoren, die in Laborversuchen nur schwer nachzubilden sind, wie Mitarbeiter- und Fahrzeugeinsatz, Reinigungsabläufe und die spezifische Ablagerungs- und Reinigungssituation, wie sie oft erst nach mehrmonatiger Betriebsdauer durch komplexe mechanische und biologische Prozesse entsteht.

Im Einzelnen wurden Untersuchungen in den Netzen der Städte Bochum, Detmold, Gelsenkirchen, Hagen, Holzwickede, München, Ratingen, Recklinghausen, Warendorf, Witten und Wuppertal durchgeführt. In fünf Kommunen wurden Ablagerungsproben aus insgesamt 64 Haltungen entnommen. Bei 11 Netzbetreibern wurden über 100 Reinigungseinsätze begleitet. Dabei wurden 11 verschiedene Fahrzeugtypen und zahlreiche Düsenprodukte eingesetzt. In allen Fällen wurden die vor Ort eingesetzte Gerätetechnik erfasst und das Betriebspersonal bzw. die beteiligten Dienstleister hinsichtlich der üblichen und speziellen Reinigungsmethoden sowie Praxisprobleme und der derzeit umgesetzten Lösungsansätze befragt. Nachfolgend sind die wesentlichen Erfahrungen aus diesen Untersuchungen dargestellt, die auch als Grundlage zur Formulierung konkreter Anforderungen an das Versuchskonzept dienten (vgl. Kapitel 4 ff.).

3.2 Kanalablagerungen

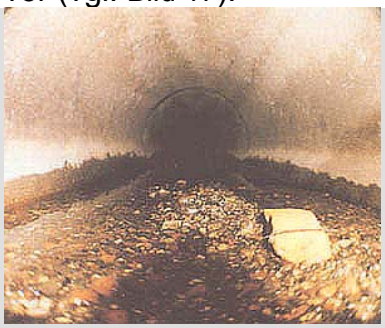
Die örtlichen Netzbedingungen haben einen wesentlichen Einfluss auf Menge und Zusammensetzung von Kanalablagerungen. Zunächst gelangen mineralische und organische Abwasserinhaltsstoffe über verschiedene Einleitungsstellen in das Kanalnetz. Sie stammen aus Straßenabläufen, Abwasserschächten, Grundstücksentwässerungen (Dach-/Hofflächen), gewerblichem, häuslichem und industriellem Abwasser, aber auch aus Einspülungen über Undichtigkeiten des Kanalsystems. Die örtlichen Bauwerksgegebenheiten, wie z.B. Nennweite, Querschnittsprofil, Gefälle, Kanalzustand, Entwässerungssystem und Auslastungsgrad, können dann das Sedimentations- bzw. Haftverhalten dieser Stoffe erheblich beeinflussen. So bereiten in Trennsystemen häufig die Anfangshaltungen, in Mischsystemen dagegen eher die großen Hauptsammler einen besonderen Reinigungsaufwand. Im Folgenden werden typische Ablagerungssituationen und Abflusshindernisse dargestellt, mögliche Ablagerungseigenschaften bestimmt und das Ablagerungsaufkommen beispielhaft in den Netzen von zwei Kanalnetzbetreibern ermittelt.

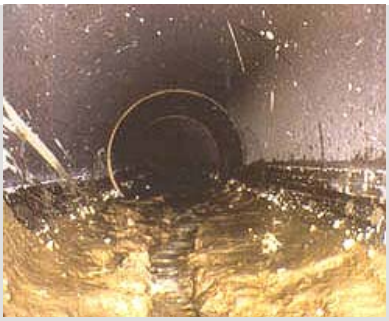
© 2005 All rights reserved by GEK mbH

3.2.1 Leicht lösbare Ablagerungen

3.2.1.1 Lockere Ablagerungen

Nicht bindige Ablagerungen, die ausschließlich aus mineralischen Bestandteilen bestehen, lassen sich i. d. R. leicht lösen und aus dem Netz entfernen. Auch rein organische Ablagerungen sind leicht lösbar, da ihnen die Stabilität aus den mineralischen Kornfraktionen fehlt. Der Reinigungsaufwand für rein organische und insbesondere rein mineralische Ablagerungen ist damit hauptsächlich durch die Ablagerungsmenge bestimmt. Mineralische Ablagerungen herrschen im Allgemeinen vor (vgl. Bild 17).


grobe mineralische Ablagerungen


feine mineralische Ablagerungen


organische Ablagerungen

Bild 17: Lockere Ablagerungen, Bildbeispiele

3.2.1.2 Sielhaut

Zur Vorbereitung einer Kamerainspektion zur Kanalzustandserfassung wird der Kanal gereinigt und dabei grundsätzlich auch die Sielhaut entfernt. In der Regel stellt dies keinen besonderen Aufwand dar, allerdings kann bei großen Dimensionen die vergleichsweise geringe Aufprallkraft des Spülstrahls und unzureichende Spülstrahlbreite einer zuverlässigen Entfernung der Sielhaut entgegenstehen (Bild 18).



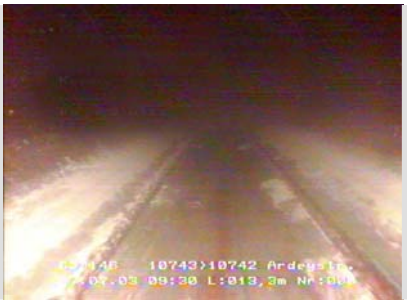




Bild 18: Sielhaut vor der Reinigung (links), Sielhautstreifen nach der Reinigung, Bildbeispiele (mitte und rechts)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

3.2.2 Schwer lösbare Ablagerungen und Hindernisse

3.2.2.1 Verfestigte Ablagerungen

Ablagerungen können Verfestigungsprozessen im Kanalnetz unterliegen oder bereits als feste Massen in das Netz eingetragen werden, z. B. als Fehleinleitungen aus Abscheideanlagen oder Baustellenrückstände (Bild 19). Die Entfernung stark verfestigter Ablagerungen ist i.d.R. zeit- und kostenintensiv. Häufig müssen schneidende oder schlagende Düsen sowie Spezialwerkzeuge eingesetzt werden.



Stück einer verfestigten Ablagerung



Baustellenrückstände aus dem Kanal

Bild 19: Verfestigte Ablagerungen, Bildbeispiele

3.2.2.2 Inkrustationen

Abwasserinhaltstoffe, die auf der Rohrwandung stark anhaften, können auf Dauer zu sogenannten Inkrustationen führen. In kommunalen Netzen tritt dies vorwiegend im Umfeld von Industrieeinleitungen auf. Netzabschnitte, die in kalk- oder eisenhaltigem Grundwasser liegen, können ebenfalls betroffen sein. Auch gemischte Sedimente aus mineralischem und organischem Material neigen zur Verfestigung und Inkrustationsbildung. Das organische Material stabilisiert das Gemisch und verleiht ihm kohäsive Eigenschaften; der mineralische Anteil verleiht der Ablagerung Festigkeit.



Inrustation nach erster Reinigung, großflächig



Inkrustation nach erster Reinigung, stellenweise

Bild 20: Inkrustationen, Bildbeispiele

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

3.2.2.3 Wurzeleinwuchs

Wurzeln dringen durch Muffen, undichte Hausanschluss-Stutzen oder schadhafte Rohrabschnitte in die Kanalisation ein. Dort bilden sie nach anfänglich feinen Haarwurzeln dichte Wurzelbüsche aus, die den Abfluss stark behindern können. Falls die Rohrleitung nicht saniert wird, muss der Rohrquerschnitt regelmäßig frei geschnitten werden.



Wurzeleinwuchs vom Hausanschluss in den Kanal



Wurzeln an einem ausgebauten Rohrstück

Bild 21: Wurzeleinwuchs, Bildbeispiele

3.2.2.4 Verzopfungen und Fette

In ständig oder zeitweise vollgefüllten Leitungen, wie Dükern oder großen Stauraumkanälen, können sich verstärkt Ablagerungen im Scheitelbereich bilden, wie „Verzopfungen“ und Fettablagerungen (Bild 23). Die Reinigung dieser Ablagerungen ist dann häufig mit besonderem Aufwand verbunden, da die üblichen, auf der Sohle geführten Reinigungsdüsen diese Bereiche weniger wirksam erreichen.

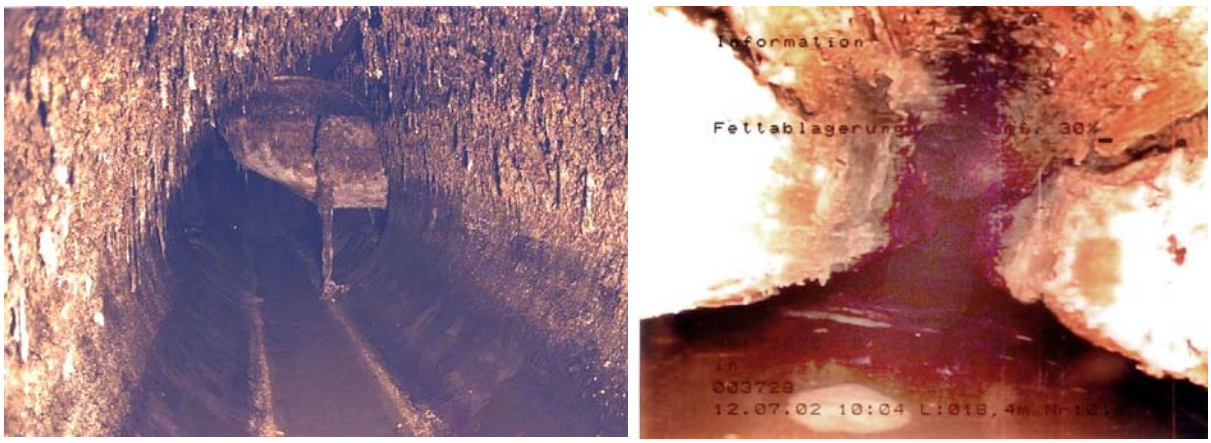


Bild 22: Stauraumkanal: Verzopfungen (links) und Fettablagerungen im Scheitelbereich (rechts)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

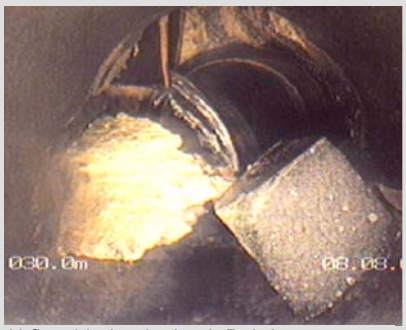
3.2.2.5 Verstopfungen/Hindernisse

Verstopfungen gehen meist auf besondere Ursachen zurück. So können u.a. Wurzeln, einragende Bauteile und Hindernisse die im Abwasser enthaltenen Feststoffe auffangen und schließlich zu Verstopfungen führen.



Verstopfung


Räumgut aus einer Verstopfung



Abflusshindernis durch Bohrkern



Blick in einen seitlichen Anschluss



Kreuzende Leitung

Bild 23: Verstopfungen/Hindernisse, Bildbeispiele

3.2.3 Bestimmung von Ablagerungseigenschaften

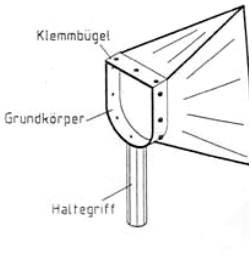
Die Transportfähigkeit von Ablagerungen hängt wesentlich von ihrer Menge, Konsistenz und Zusammensetzung ab [20]. Um die Bandbreite der zu erwartenden Ablagerungsmaterialien näher beschreiben zu können, wurden in den Kanalnetzen der Städte **Bochum, Gelsenkirchen, Hagen, Holzwickede, Recklinghausen und München** über hundert Ablagerungsproben aus 64 Haltungen entnommen und im Labor analysiert.

Bei der Probenentnahme wurde ein Kanalschaber auf die Rohrwandung aufgesetzt und in einem Zug, unter den fließenden Abwasserstrom hindurch, um den gesamten Rohrquerschnitt geführt. Die Schaberkante hatte dabei ständig Kontakt mit der Kanalwandung (vgl. Bild 24). Bei dieser Art der Probenentnahme wird auch die Sielhaut berücksichtigt, so dass das gesamte Schmutzpotential über den Kanalquerschnitt ermittelt werden konnte. Durch die definierte Kantenlänge des

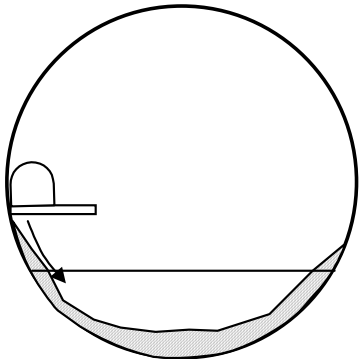
© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Kanalschabers von 10 cm kann das Ablagerungspotential in einer Haltung pro laufenden Meter bzw. pro Haltung abgeschätzt werden. Voraussetzung dafür ist eine gleichmäßige Verteilung der Ablagerungen über die gesamte Haltung.





Kanalschaber



Vorgehen bei der Probenentnahme

Bild 24: Probenentnahme mit einem Kanalschaber

Insgesamt wurden 114 Proben unmittelbar nach der Entnahme hinsichtlich der Parameter Trockensubstanz (TS), Glühverlust (oTS), gesamter Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB_{tot}) und gelöster Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB_{diss}) untersucht [46]. Für die Ermittlung des maximalen CSB-Potentials erfolgt eine Probenaufbereitung durch Homogenisierung bei 13.000 U/min. Durch die Homogenisierung ist eine Probenaufbereitung gewährleistet, die eine zuverlässige Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ermöglicht. Nachteilig ist, dass bei diesem Probenaufschlussverfahren durch die hohe mechanische Belastung des Dispergiersystems Stoffstrukturen getrennt oder aufgebrochen werden, die bei einem Abflussereignis nicht unbedingt zerstört werden. Als Folge kann der Messwert für das CSB-Potential höher liegen als tatsächlich unter natürlichen Bedingungen. Zusätzlich ist deshalb ein „reaktives Potential“ (vgl. Tabelle 12) ermittelt worden, bei dem die Probe nicht homogenisiert, sondern in einem Überkopfschüttler aufbereitet wurde. Durch diese mechanische Beanspruchung sollen Abflussverhältnisse vereinfacht nachgebildet werden.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 12: Anzahl der analysierten Ablagerungsproben

	Anzahl	Korngrößen-verteilung			Maximales Potential*		Reaktives Potential**	
Kanalnetz	**Proben**		**TR**	**OTS**	**CSB_{tot}**	**CSB_{diss}**	**CSB_{tot}**	**CSB_{diss}**
Bochum	4	2	4	4	4	4	4	4
Hagen	3	2	3	3	3	3	3	3
Gelsenkirchen	18	2	18	18	18	18	18	18
Holzwickede	3	-	3	3	3	-	-	-
München	88	2	88	88	88	20	20	20
Summe	**116**		**116**	**116**	**116**	**45**	**45**	**45**

* Maximales Potential für gesamten Chemischen Sauerstoff Bedarf (CSB_{tot}) und gelösten Chemischen Sauerstoff Bedarf (CSB_{diss}) nach Probenaufbereitung durch Homogenisierung bei 13.000 U/min

** Reaktives Potential für gesamten Chemischen Sauerstoff Bedarf (CSB_{tot}) und gelösten Chemischen Sauerstoff Bedarf (CSB_{diss}) nach Aufbereitung der Proben in einem Überkopfschüttler (ohne vollständig Homogenisierung)

Darüber hinaus wurden im Bodenlabor des IKT die Sieblinien ermittelt (Bild 26). Die Korngrößenverteilung wurde nach DIN 18123 [47] bestimmt. Bei den Proben, bei denen ein hoher Feinanteil (< 0,063) zu erwarten war, wurden die feinen Bestandteile zuvor abgeschlämmt (vgl. Bild 25).



Bild 25: Abschlämmen der feinen Bestandteile

Die ermittelten Sieblinien wurden mit Literaturangaben verglichen. Es bestätigte sich, dass Kanalablagerungen sehr unterschiedliche Kornfraktionen aufweisen können. Auch in der Literatur wird eine große Bandbreite der Korngrößenverteilungen angegeben (vgl. [22], [48]).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

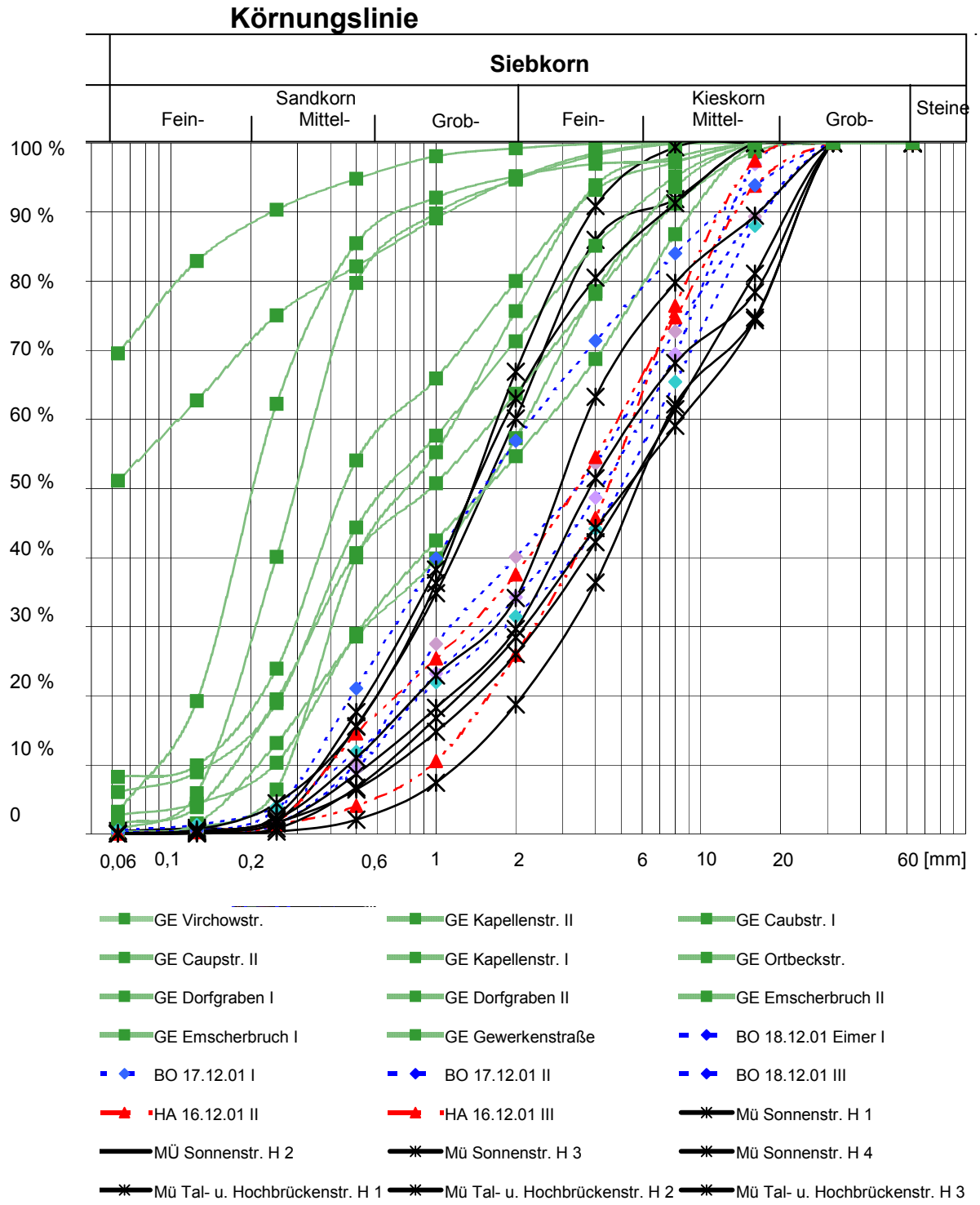
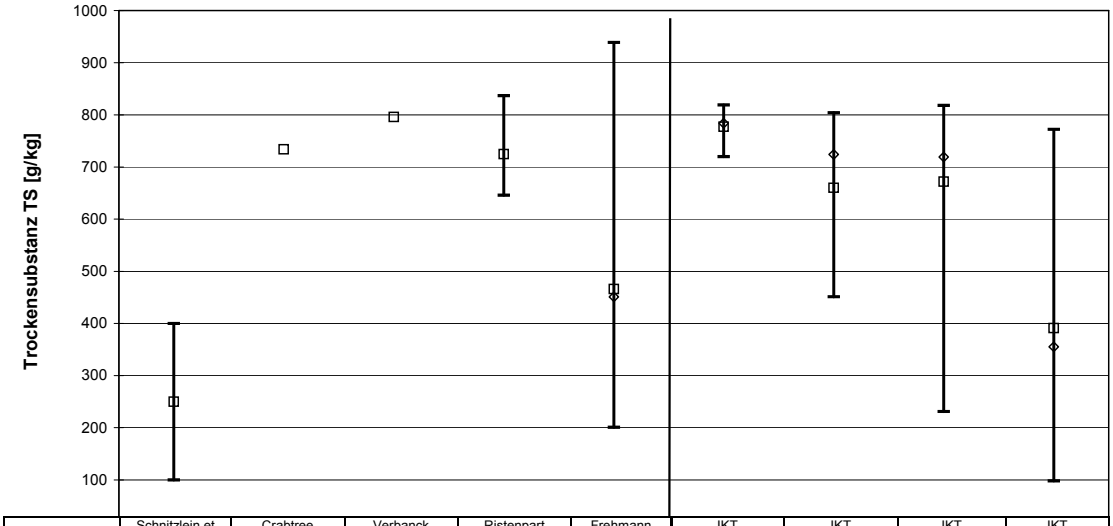


Bild 26: Darstellung der Sieblinien aus den Kanalablagerungsproben

Die Sieblinien der Proben aus München, Hagen und Bochum zeigen einen ähnlichen Verlauf. Dagegen sind sämtliche Proben aus Gelsenkirchen feiner, mit deutlich höher angeordneten Linienverläufen. Zwei der dargestellten Sieblinien weisen einen hohen Feinanteil zwischen 50 und 70 % auf und zeigen nur wenige Partikel (< 10 %) mit einem Durchmesser größer als 1 mm. Bei den übrigen Siebanalysen liegen die

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Feinanteile (< 0,063 mm) unter 10 %. Hier liegt eine große Bandbreite an Partikeln vor, die größer als 1 mm sind (7,5 – 90 %). Für den Parameter TS - Trockensubstanz variieren die Messergebnisse in den vier Städten deutlich. Eine Ausnahme bilden die Messungen in der Stadt Bochum (4 Einzelmessungen), die alle in einem sehr engen Bereich liegen (Bild 27). Hier bestätigt sich, dass es sich in diesem Fall um verhältnismäßig ähnliche Probenentnahmestellen handelte.



	Schnitzlein et al. [49] (1984), Hamburg (D)	Crabtree (1992) [50], verschiedene Orte (GB)	Verbanck (1990), aus [50], Brüssel (B)	Ristenpart (1995), aus [25] Hildesheim (D)	Frehmann (2003) [46], Dortmund (D)	IKT (2004), Bochum (D)	IKT (2004), Hagen (D)	IKT (2004), Gelsenkirchen (D)	IKT (2004), Holzwickede (D)
— Maximum	400	-	-	837	939	819	804	818	772
◘ Mittelwert	250	734	796	725	466	777	660	672	391
◊ Median	-	-	-	-	451	784	724	719	355
— Minimum	100	-	-	646	201	720	451	231	98

Bild 27: Vergleich der Messungen mit Literaturdaten für den Parameter TS

Für weitere Gegenüberstellungen wurden Literaturangaben mit vergleichbaren Kenngrößen und Einheiten ausgewählt. Verglichen wurden der Glühverlust (GV), der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) sowie die Korngrößen und die entsprechenden Verteilungen (Tabelle 13 und Tabelle 14).

Tabelle 13: Gegenüberstellung der untersuchten Werte der Kanalablagerungen

		IKT - Untersuchung			Literaturauswertung				
		Hagen/ Bochum	Gelsen-kirchen	München	Hildes-heim [25]	Dundee [50]		Hamburg [50]	
						Typ A	Typ C	M*	O**
GV [%]	min	2	1,8	1,3	3,6			5	25
	max	36	75	42	11,8			20	60
	Ø	8	12	12	7,6	10	56		
CSB_{tot} [g/kg]	min	5,4	0,5	0,1	10,46	6	14		
	max	33,1 (545,7)	10,1	7,0	134,43	80	450		
	Ø	14,4 (90,3)	3,1	2,6	42,68				
pH-Wert	min			6,2	6,1				
	Max	n. b.	n. b.	7,7	7,8				
	Ø			7,0	6,9				

* Mineralisch ** Organisch n. b. = nicht bestimmt

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Insgesamt liegen die IKT-Werte für den pH- Wert und den Trockensubstanzgehalt in den Bereichen, die nach Literaturangaben zu erwarten sind. Die niedrigen IKT-Werte beim Glühverlust lassen einen hohen Anteil mineralischer Ablagerungen vermuten. Das stimmt auch mit der visuellen Einschätzung der entnommenen Ablagerungen überein. Die niedrigen CSB-Werte und die Untersuchungen zur Korngrößenverteilung deuten ebenfalls darauf hin, dass die Ablagerungen über einen sehr hohen mineralischen Anteil verfügen.

Auch der maßgebende und mittlere Durchmesser der untersuchten Ablagerungen waren im Durchschnitt höher, als die aus der Literatur zitierten Werte. Damit bestätigt sich auch hier der sehr hohe Anteil an groben Körnern (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Gegenüberstellung der Durchmesser d_{50} und d_m

		d_{50} [mm]	d_m [mm]
Gelsenkirchen	**Ø**	0,9	1,5
	Min	0,2	0,27
	Max	1,6	2,9
Bochum	**Ø**	3,6	5,1
	Min	1,6	3,3
	Max	5	6,4
Hagen	**Ø**	3,5	4,9
	Min	2,4	4,6
	Max	4,5	5,3
München	**Ø**	3,7	6,0
	Min	1,5	1,7
	Max	5,8	8,9
MACKE (1983)	**Ø**		0,357
	Min	n. b.	0,15
	Max		0,6
SCHÜTZ (1983)	**Min**	0,5	n. b.
	Max	1,5	

n. b. = nicht benannt

Der maßgebende Korndurchmesser d_m, der das Gemisch tendenziell beschreibt und in viele Transportgleichungen eingeht, lag bis zu 17 mal höher als die bei Macke [51] ermittelten Werte. Auch der Durchmesser d_{50} lag bis zu 4,5 mal höher als von Schütz [52] angegeben wird (vgl. Tabelle 14).

Als Fazit kann festgestellt werden, dass die Anteile von organischem und mineralischem Material insbesondere in Mischwasserkanälen sehr unterschiedlich ausfallen und auch jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen können. So wurden in vier Haltungen der Stadt München über das gesamte Jahr verteilt mehrfach Proben entnommen. In den Wintermonaten wurde ein erhöhter Eintrag von mineralischem Material, sehr wahrscheinlich Winterstreusplitt, festgestellt. Darüber

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

hinaus verändern sich einige Eigenschaften der Ablagerungen, wie bspw. die Kohäsion und Lagerungsdichte, mit zunehmendem Alter. Im Einzelfall kann dies evtl. zu einer starken Verfestigung führen. Bild 19 gibt einen Eindruck von einer verfestigten Ablagerung, bei der einzelne Sedimentationsschichten sichtbar sind.

3.2.4 Ablagerungsbildung und -menge

Zur Einschätzung der Ablagerungsbildung und -mengen sowie des Einflusses der Reinigungshäufigkeit wurden weitergehende Untersuchungen in den Kanalnetzen der Stadt München und der Gemeinde Holzwickede in Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

Die **Stadtentwässerungswerke München** betreiben ca. 2300 km Kanalnetz. Aus diesen wurden 4 verschiedene Netzstränge (bestehend aus 5 Haltungen) mit ähnlichen Nennweiten, Querschnitten und Netzsituationen (Mischwasser-Hauptsammler) ausgewählt. Insgesamt wurde eine Gesamtlänge von ca. 1,6 km untersucht, um die zeitliche Entwicklung von Ablagerungen zu erfassen. Die begehbaren Kanalstränge wurden nach festgelegten Zeitintervallen mit Hilfe eines Spülschildes (Kanalhunt) vollständig gereinigt (Bild 28). Die geräumten Kanalablagerungen wurden im Schachtbereich zwischengelagert und von dort aus dem Kanal befördert. Die entnommenen Ablagerungsmengen pro Haltung konnten daraufhin gewogen werden.

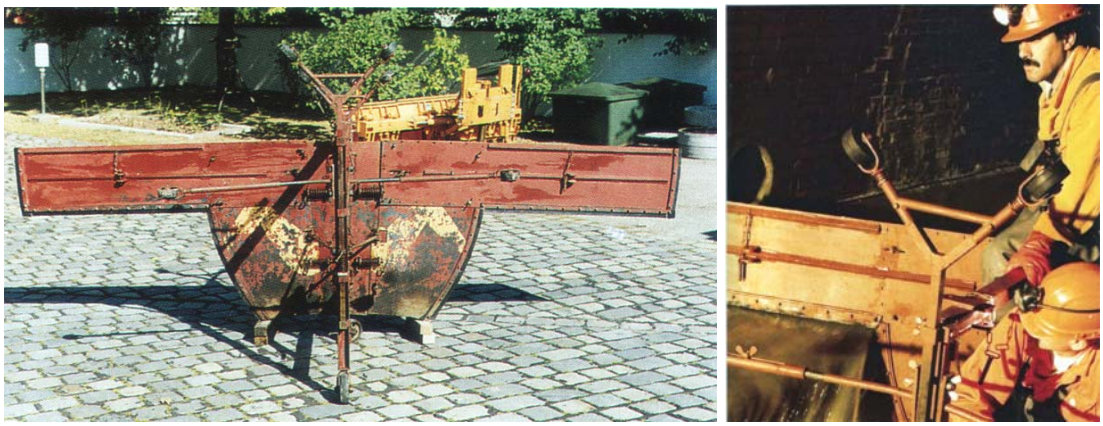


Bild 28: Kanalreinigung mit dem Spülhunt [53]

Insgesamt wurden innerhalb eines Untersuchungszeitraumes von einem Jahr (02/2002-02/2003) 5450 kg Kanalräumgut (siehe Bild 29) auf einer Länge von 1580 m entnommen. Dies entspricht einem Volumen von ca. 3,2 m³ (ermittelte Dichte = 1,7 t/m³). Das entnommene Räumgut, welches innerhalb eines Jahres anfiel, schwankte für den jeweiligen Netzstrang (bestehend aus 4 Haltungen) zwischen 366 kg und 2801 kg. Je Kanalmeter fielen zwischen 1,0 bis 6,1 kg nasser Sedimentmasse an. Durchschnittlich wurden 3,4 kg Ablagerungen pro Kanalmeter entnommen. Die hieraus abgeleiteten Werte zur Trockensubstanz wurden mit Literatur-Werten aus

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

[19] verglichen (Bild 30). Von der Größenordnung zeigte sich eine gute Übereinstimmung.



Bild 29: Entnommenes Kanalräumgut in München, Bildbeispiel

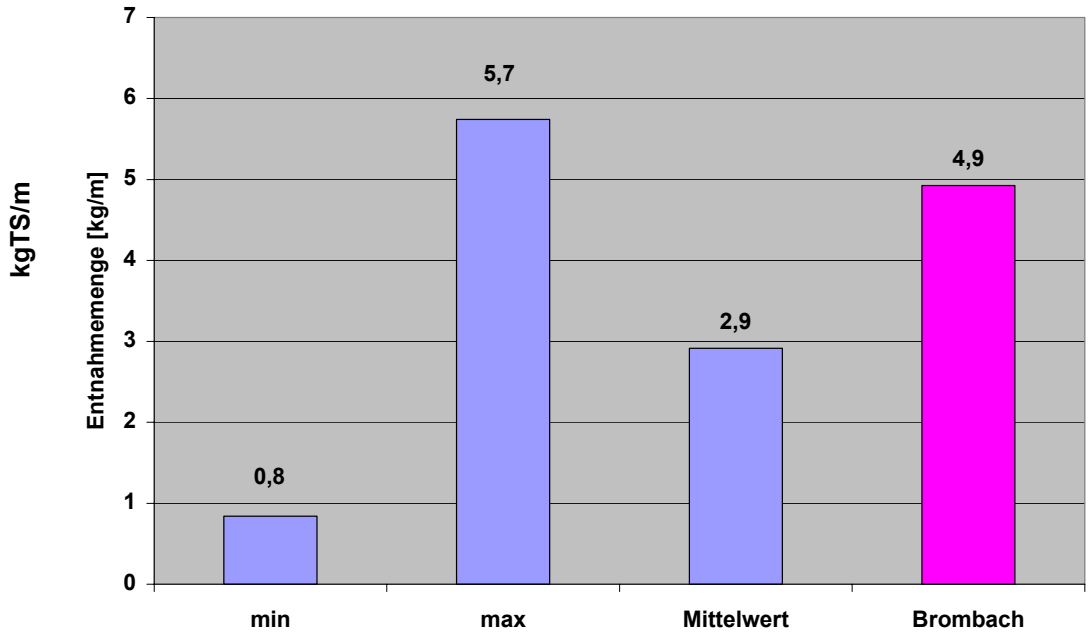


Bild 30: Vergleich der gemessenen Ablagerungsmengen mit den Werten nach Brombach [19]

Der Verschmutzungsgrad, ausgedrückt in Prozent der Querschnittshöhe (rechnerisch über die Haltungslänge gemittelt), lag bei allen Haltungen zwischen 0 und maximal 1,5 %, also deutlich unter den z.B. nach Selbstüberwachungs-verordnung Kanal in NRW maßgebenden Werten von 15 %. Dies bestätigt tendenziell auch die subjektive Einschätzung des Ablagerungsaufkommens durch das Betriebspersonal (Bild 31). Dazu wurde jede Haltung vor der Reinigung

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

begangen und hinsichtlich der Ablagerungen bewertet. In 75 % der Fälle wurden keine Ablagerungen angetroffen. In 18 % der Fälle wurde das Ablagerungsaufkommen subjektiv als hoch eingeschätzt. Dies steht scheinbar im Widerspruch zu den o.a. niedrigen Durchschnittswerten von maximal 1,5 % Ablagerungsgrad. Jedoch ist dies erklärbar durch das zu beobachtende dünenartige Aufkommen von Ablagerungen auf kurzen Kanalstrecken von wenigen Metern. In der subjektiven Bewertung wirkt eine Haltung aufgrund der punktuellen Anhäufungen sehr verschmutzt, auch wenn sie über die Haltungslänge einen deutlich geringeren Ablagerungsgrad aufweist. In keinem Fall wurde ein Rückstau- oder Verstopfungsrisiko beobachtet.

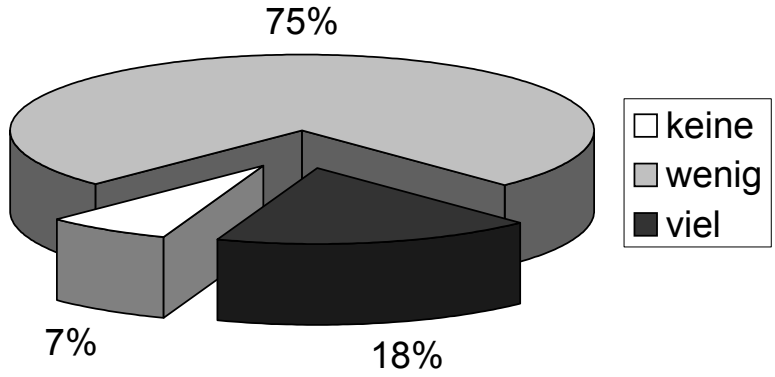


Bild 31: Ablagerungsmenge, Beispielstrecken München; subjektive Einschätzung des Betriebspersonals

Im Kanalnetz der **Gemeinde Holzwickede** (Gesamtlänge ca. 92 km) wurde die Entwicklung der Ablagerungssituation an 2.280 Haltungen (ca. 90 km) über 2 Jahre beobachtet. Ausgangspunkt war die Aufnahme der Ablagerungssituation im Schachtgerinne im Rahmen der nach ATV A 147, Teil 1 [10] geforderten 2-jährlichen Schachtinspektion. Darüber hinaus wurden auch die oberhalb und unterhalb angeschlossenen Haltungen eingesehen - zunächst mit Hilfe der klassischen Methode des Spiegelns (vgl. Bild 32) bzw. im zweiten Untersuchungsjahr auch durch eine speziell für diesen Einsatz entwickelte Schacht-Videokamera (vgl. Bild 33).

Der Spiegel wurde über eine Stange so ausgerichtet, dass der Lichtstrahl der Lampe die Haltung ca. 10 – 15 Meter ausleuchtete und somit über die Schachteinbindung hinaus ein Eindruck über den Verschmutzungs- und Ablagerungszustand erfasst werden konnte. Die Spiegelungen beschränkten sich auf Schachttiefen bis ca. 3,5 m.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH



Bild 32: Kanalspiegelung von der Straßenoberfläche aus



Bild 33: Ablagerungsbewertung durch Einsatz einer Zoom-Schachtkamera

In Holzwickede wurden die Ergebnisse der Schachtinspektion und Spiegelung optisch eingeschätzt und drei Verschmutzungsklassen zugeordnet: Verschmutzung gering, mittel und stark. Grundlage für diese Einschätzung waren sowohl die nach dem ministeriellen Runderlass [5] maßgebenden Ablagerungshöhen als auch das Fließ- und Strömungsverhalten des Abwassers sowie die Konsistenz und Oberflächenstruktur der Inhaltsstoffe. Insbesondere das Abwasser-Fließverhalten ist ein Anzeichen für die Auswirkung der Ablagerungssitutation auf die betriebliche Leistungsfähigkeit des Kanals. Eine Bewertung ist in der Regel vergleichsweise leicht möglich, da das Fließverhalten sowohl in der Schachtsohle als auch in der Haltung gut zu erkennen ist. In Anlehnung an die SüwV Kan NRW [4] bzw. den Runderlass [5] wurde eine Ablagerungshöhe von 15 % der Profilhöhe als Schwelle für einen starken Verschmutzungsgrad gewählt. Die Abgrenzung zwischen geringer und mittlerer Verschmutzung lag hier bei ca. 10% der Profilhöhe (vgl. Tabelle 15).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 15: Klassifizierung der Verschmutzungssituation, Bildbeispiele aus der Schachtbesichtigung

Verschmutzungsklasse		
Gering	**Mittel**	**Stark**
Höhe der Ablagerungen		
0% - 10%	10% - 15 %	> 15 %
Fließ-/Strömungsverhalten des Abwassers		
gleichmäßig/laminar	unruhig/Verwirbelungen	langsam/ stehend
Konsistenz der Ablagerungen		
feinkörnig/lose	sämig/breiig	steif/ fest/ tonig/ hart
Bildbeispiele		



Bild 34: Sichtungsergebnis: Strömung laminar



Bild 35: Sichtungsergebnis: Strömung unruhig



Bild 36: Sichtungsergebnis: Strömung stehend



Bild 37: Sichtungsergebnis: Konsistenz feinkörnig



Bild:38: Sichtungsergebnis: Konsistenz sämig/ lose



Bild 39: Sichtungsergebnis: Konsistenz: fest/ tonartig



Bild 40: Sichtungsergebnis: Ablagerungshöhe gering



Bild 41: Sichtungsergebnis: Ablagerungshöhe mittel



Bild 42: Sichtungsergebnis: Ablagerungshöhe: hoch

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Insgesamt wurden in einem Zeitraum von zwei Jahren 2.280 Haltungen (dies entspricht einer Netzlänge von ca. 100 km) im Rahmen der Schachtinspektion und -spiegelung hinsichtlich des Ablagerungsaufkommens in Anlehnung an die Klassifizierung nach Tabelle 15 bewertet (vgl. Bild 43). Es zeigt sich deutlich, dass der überwiegende Teil (ca. 91%) des untersuchten Netzes als gering verschmutzt bewertet werden kann.

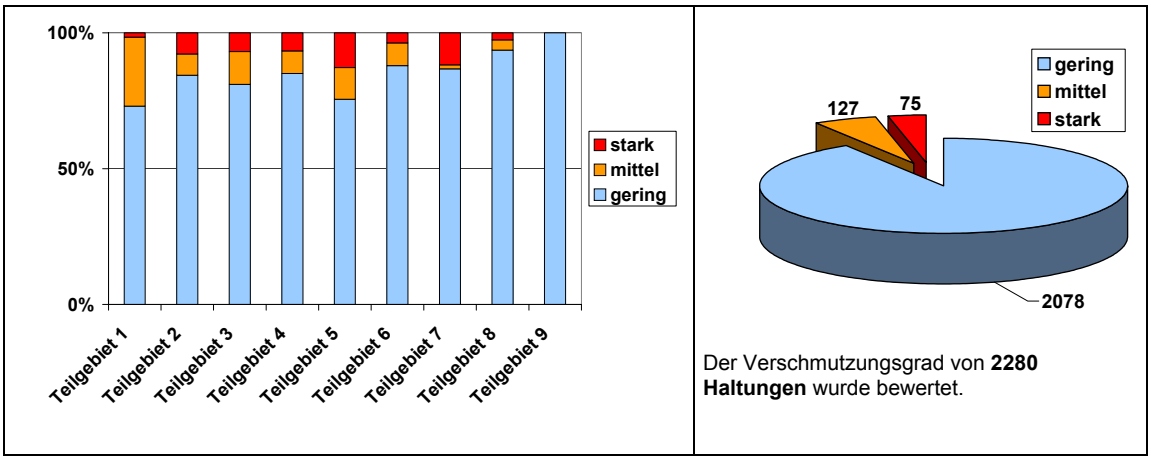


Bild 43: Verschmutzungsgrad der untersuchten Haltungen, nach Teilgebieten (links), Gesamtdarstellung (rechts)

Für 494 der ausgewerteten Haltungen konnte eine weitere Unterscheidung nach Entwässerungssystemen vorgenommen werden. Diese Haltungen waren in ihrer Verteilung auf Entwässerungssysteme grundsätzlich repräsentativ für das Kanalnetz der Gemeinde Holzwickede (56,4 % Mischwasser, 22,1 % Schmutzwasser, 21,5 % Regenwasser, vgl. Tabelle 16). Insgesamt 410 (83 %) der Haltungen wurden als gering, 53 (10,7%) als mittel und lediglich 31 (6,3 %) als stark verschmutzt eingestuft. Regenwasserkanäle waren in keinem Fall stark verschmutzt (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16: Verschmutzungsgrad bezogen auf die Kanalart, im Untersuchungsgebiet

Verschmutzungs-grad	Haltungsanzahl der Kanalart			Gesamt
	Mischwasser	Schmutzwasser	Regenwasser	
gering	228	102	80	= 410
mittel	20	21	12	= 53
stark	17	14	0	= 31
gesamt	265	137	92	= 494
in Prozent	53,64 %	27,73 %	18,62 %	= 100%

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im betrachteten Untersuchungsgebiet zum Zeitpunkt der eigentlich turnusmäßig geplanten Kanalreinigung der überwiegende Teil der Haltungen als nur gering verschmutzt und somit ohne Reinigungsbedarf bewertet wurde (vgl. Bild 43). Die Literaturangabe [24], dass „im Allgemeinen Ablagerungen in Kanälen nicht als kontinuierliche Fläche, sondern als Dünen auftreten, die Längen zwischen 2 m und 5 m besitzen“, konnte im Rahmen der Untersuchungen bestätigt werden.

Vor dem Hintergrund, dass die Netzbetreiber in NRW im Jahre 2001 ca. 43 % ihres Kanalnetzes reinigten (vgl. [1]), stellt sich die Frage, ob sämtliche Optimierungspotenziale für eine bedarfsorientierte Reinigung flächendeckend genutzt wurden. Im vorliegenden Fall zeigte sich insbesondere, dass das Betriebswissen aus der Schachtinspektion den Reinigungsaufwand deutlich senken kann. Große Ablagerungsmengen und hartnäckige Inkrustationen traten hier nur in Ausnahmefällen und fast immer aufgrund von Besonderheiten der örtlichen Netzsituation (z.B. durch seitlich steil angeschlossene Zuläufe, die den Abfluss im Hauptkanal einschränken) auf.

3.3 Fahrzeug- und Werkzeugeinsatz

Hochdruck-Reinigungsfahrzeuge werden für den jeweiligen Anwendungsfall in Abhängigkeit der Rangiermöglichkeiten, der benötigten Pumpenleistung und Schlauchlänge sowie der spezifischen Netzbedingungen (z.B. erwartete Räumgutmengen, Kanalnennweiten, Haltungslängen) ausgewählt. Besondere Möglichkeiten bietet die Wasserrückgewinnungstechnik, da hier als Spülmedium nicht nur Trinkwasser sondern auch Abwasser genutzt werden kann. Insbesondere in größeren Kanälen mit ausreichendem Kanalabfluss wird diese Technik eingesetzt. Aber auch bei geringen Kanalabflüssen oder wenn das Fahrzeug am Arbeitsort verbleiben muss (z.B. Einsatzort Schnellverkehrsstraße) ist ein Einsatz möglich, indem mit Hilfe einer Absperrblase Abwasser aufgestaut und als Spülwasser aufgenommen wird.

An Hochdruckreinigungsfahrzeugen können Pumpendruck und Motordrehzahl (U/min) i.d.R. über eine analoge Anzeige abgelesen werden. In den Druckleitungen auf dem Fahrzeug und dem HD-Schlauch treten allerdings Reibungsverluste auf. Die für die Reinigung tatsächlich nutzbare Strahlleistung kann damit nur über den Druck und den Durchfluss des Spülwassers *unmittelbar vor der Düse* ermittelt werden. Vor diesem Hintergrund wurden die Leistungsfähigkeit der HD-Pumpen und die geeignete Abstimmung von Düsen und Düseneinsätzen auf die Pumpenleistung und Schlaucheigenschaften bei üblichen Reinigungsfahrzeugen der Netzbetreiber und Dienstleister überprüft und die in der Praxis zu erwartenden Reinigungsparameter eingeschätzt.

Als Messtechnik wurden ein MID - magnetisch induktives Durchflussmessgerät und ein digitales Druckmanometer eingesetzt. Die Fahrzeugdaten wurden vor Ort

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

aufgenommen und die Messdaten in einem Messdiagramm in Abhängigkeit der Zeit dargestellt (vgl. Bild 44).



A)



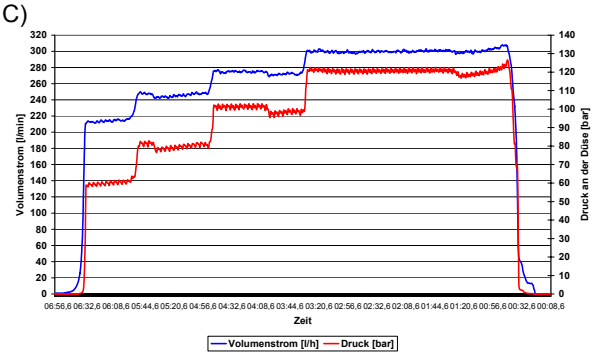
B)



C)



D)



E)

Bild 44: Messung der Betriebsparameter für die HD-Reinigung:

A) Messung des Durchflusses mit einem MID-magnetisch induktivem Durchflussmessgerät.

B) Druckmessung unmittelbar vor der Düse mit einem digitalen Druckmanometer.

C) Dokumentation der Fahrzeugdaten.

D) Überblick zur Durchflussmessung.

E) Messergebnisse für Druck und Durchfluss.

Eine Übersicht zu den an elf HD-Fahrzeugen gemessenen Reinigungsparametern Druck und Durchfluss an der Düse ist in Bild 45 dargestellt. Die dargestellten Kennwerte wurden bei hoher Motorleistung mit der Düse D1 (8x30°) (vgl. Tabelle 18) und unveränderten Düseneinsätzen gemessen. Der Druck an der Düse bewegte sich im Hochlastbereich der Pumpe in einem sehr breiten Spektrum zwischen 65 und 160 bar. Jedes zweite Fahrzeug erreichte dabei Pumpendrücke über 120 bar.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

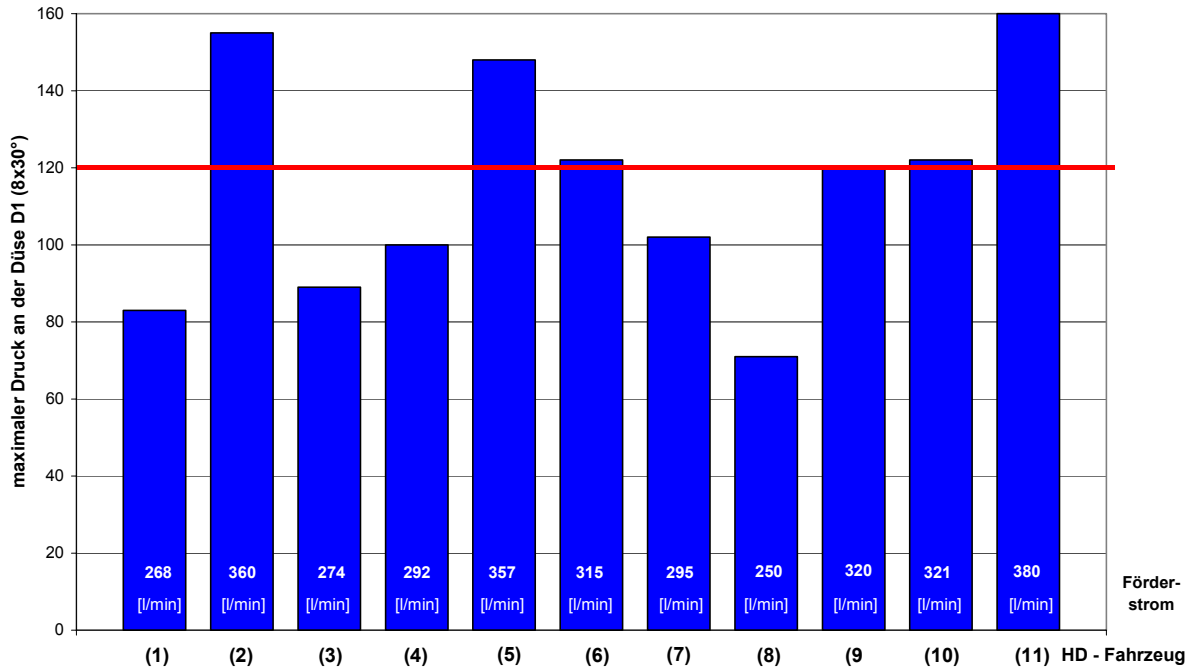


Bild 45: Druck an der Düse und Förderstrom unter hoher Motorleistung bei Einsatz der Düse D1 (8x30°) (vgl. Tabelle 18)

Die Schlauchlänge variierte von 120 bis 240 Metern. Kanalbetriebe, die Kunststoffschläuche verwenden, haben gute Erfahrungen damit gemacht, die ersten 10 – 20 Schlauchmeter als Gummischlauch auszuführen. Dies erleichtert die Handhabung im Arbeitseinsatz, da der Gummischlauch weniger steif ist und sich leichter führen lässt. Grundsätzlich werden Schlauchführungen genutzt, um den Schlauchwerkstoff im Knickbereich (im Schacht am Rohrscheitel des Zulaufrohres) zu schonen. Umlenkrollen halten den Düsenkörper tief auf der Rohrsohle, wenn dieser sich dem Entnahmeschacht nähert. Die Aerosolbildung ist dadurch reduziert. Nach Betreibererfahrungen erzeugen bananenförmige Umlenkstücke hohe Reibungskräfte zwischen Schlauch und Umlenkstück. Bewegliche Umlenkrollen sind vorzuziehen (vgl. Bild 46).



A) B) C)

Bild 46: A) Schlauchbeschädigung. B) Umlenkrollen. C) Umlenkstück.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Um die Entnahme des Räumgutes und die Saugleistung zu verbessern, werden Saugunterstützungen verwendet. Auch Ejektoren können den Saugvorgang bei größeren Schachttiefen unterstützen. Bohrungen im oberen Bereich des Saugstutzens verbessern ebenfalls nach dem Ejektor-Prinzip die Saugleistung. Ejektoren können auch eingesetzt werden, um Spülwasser aus dem Vorfluter in das Fahrzeug zu saugen (vgl. Bild 47). Hierzu ist jedoch i.d.R. eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen.

Darüber hinaus ist insbesondere bei Fahrzeugen mit Wasseraufbereitungstechnik der Einsatz eines sogenannten Saugfalters vorteilhaft (vgl. Bild 48). Der Saugfalter verschließt einen großen Teil des Schachtgerinnes und verhindert das schnelle Abfließen von Verschmutzungen und Spülwasser. So kann mit Hilfe der Wasserrückgewinnungstechnik der Wasserverlust im Spülkreislauf verringert werden.



Bild 47: Ejektoren zum Ansaugen von Spülwasser aus einem Vorfluter



Bild 48: Saugfalter

Um ein Abdrehen des Düsenkörpers vom Schlauch auszuschließen, muss ein Drehgelenk zwischen Schlauch und Düse gesetzt werden. Um ein Umkehren der Düse im Kanal und deren unkontrolliertes Austreten aus dem Startschacht zu verhindern, kann darüber hinaus ein starres Rohrstück zwischen Düse und Spülschlauch montiert werden. Es hat die Nennweite des verwendeten Spülschlauchs und entspricht in der Länge mindestens dem Durchmesser des zu reinigenden Kanalabschnitts.

Der Einsatz von Verkleidungen zur Minderung von Geräuschemission bzw. zum Schutz vor Frosteinwirkungen sowie der Einbau weiteren schweren Geräts auf den Fahrzeugen (z.B. Schlauchkassetten) setzt voraus, dass auch bei Behältervollfüllung weiterhin die zulässige Nutzlast eingehalten wird.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

3.4 Reinigungsabläufe

3.4.1 Hintergrund

Um die Abläufe bei der HD-Reinigung in der Praxis zu erfassen und mögliche Problemschwerpunkte zu identifizieren, wurden Reinigungseinsätze des Betriebspersonals in den Städten Bochum, Geldern, Gelsenkirchen, Hagen, Holzwickede, München, Ratingen, Recklinghausen, Warendorf, Witten und Wuppertal begleitet.

Grundsätzlich wurden die eingesetzten Geräte, wie HD-Fahrzeug, HD-Pumpe, HD-Schlauch und weitere Reinigungswerkzeuge in Abhängigkeit der Bauwerks- und Netzbedingungen sowie der zu erwartenden Ablagerungssituation durch das Betriebspersonal ausgewählt und die HD-Reinigung stets in Abwasserfließrichtung durchgeführt. Der eigentliche Reinigungsablauf vor Ort am Arbeitsschacht gliederte sich dann in der Regel in die folgenden Arbeitsschritte:

- **Herablassen** der HD-Düse in den Schacht und **Einschwenken** in den Zulauf
- **Einspülen** von Schlauch und HD-Düse in die Haltung bis zum Zielschacht bei Regelung der Motorleistung (U/min) bzw. des Förderdruckes der Pumpe
- **Rückzug** von Schlauch und HD-Düse über eine steuerbare Motorhaspel
- **Absaugen** des Spülwassers mit den gelösten Ablagerungen in den Schlammbehälter eines Reinigungsfahrzeugs.

3.4.2 Herablassen und Einschwenken

Dem kontrollierten Herablassen und Einschwenken der Düse in den Kanal kommt eine besondere Bedeutung zu, da hier in den kritischen Einbindungsbereichen zwischen Schacht und Kanalrohr sowie an der Schachtsohle ein hohes Schädigungsrisiko besteht. Wird die HD-Düse zu schnell in den Schacht herabgelassen, kann der Düsenkörper auf das Schachtgerinne aufschlagen und den Werkstoff bis zur Schädigung beanspruchen. Die HD-Düse sollte daher stets kontrolliert über die Motorhaspel herabgelassen werden. Die Düse lässt sich dann in der Regel sicher durch Schlauchbewegungen in Richtung des Zulaufs ausrichten bzw. in die Haltung einschwenken. Letzteres empfiehlt sich insbesondere mit Blick auf das schon bei Reinigungsbeginn entstehende Spritzwasser und die damit verbundene mögliche Aerosolbelastung für das Betriebspersonal.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

3.4.3 Einspülen

Das Einspülen des Düsenkörpers wird durch die Umlenkung der Wasserstromes im Düsenkörper und die daraus resultierende Vortriebskraft erzielt. Die Geschwindigkeit und die Reichweite, bis zu der eine HD-Düse eingespült werden kann, hängen damit wesentlich von dem Durchfluss, dem Winkel der Strahlumlenkung, dem Düsen- und Schlauchgewicht sowie dem Füllungsgrad der Leitung bzw. auch der Rauhigkeit der Rohrsohle ab.

Insbesondere wenn die Reinigungsarbeit nach bearbeiteten Metern vergütet wird und keine besonderen Anforderungen an die Reinigungsqualität gestellt werden, wächst die Motivation, schnell auch längere Strecken in einem einzigen Arbeitsgang zu reinigen. Als Folge wird eine hohe Zugkraft bzw. Düsen-Einlassgeschwindigkeit angestrebt. In der Regel wird dann die Pumpenleistung vollständig ausgenutzt und auf extreme Reinigungsparameter (Druck und Durchfluss) zurückgegriffen.

Bei größeren Verschmutzungsmengen wird häufig abschnittsweise gereinigt. Wenn Reinigungsabschnitte zu lang gewählt wurden, verbleiben nach Praxiserfahrungen aus Kontrollinspektionen nicht selten große Ablagerungsmengen im Kanal. In diesem Fall werden durch den Reinigungsvorgang die Ablagerungen lediglich zu Dünen aufgeschoben. Jedoch sind erst Extremfälle für das Bedienpersonal erkennbar, wenn bspw. eine Kanalverstopfung oder auch ein Festsetzen von Schlauch und Düse in den Ablagerungen daraus resultieren.

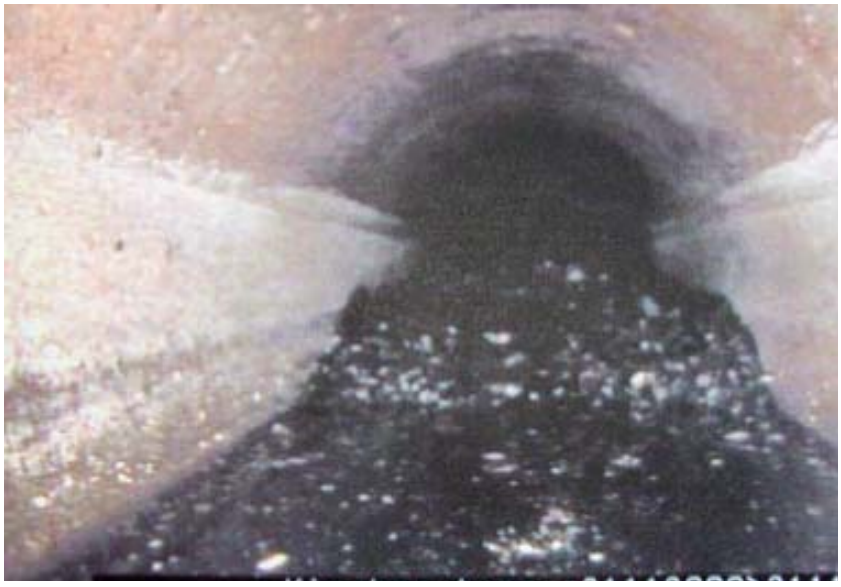


Bild 49: Praxisbeispiel: Durch Hochdruckreinigung aufgebaute Verstopfung, bei der sich Schlauch und Düse in den Ablagerungen festsetzten.

Um die Einlassgeschwindigkeit über die Motorleistung zu steuern und der örtlichen Ablagerungssituation anzupassen, orientiert sich das Reinigungspersonal überwiegend an

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

- **Geräuschen**, wie Klappern oder Schlagen von Steinen oder verfestigten Ablagerungen gegen die Schlauchwandung bzw. entsprechende Auffälligkeiten im Absaugschacht,

- **optischen Eindrücken**, indem die Trübung des angespülten Wassers sowie die darin enthaltenen Feststoffe beobachtet und das Abwickelverhalten des Schlauches kontrolliert werden.

3.4.4 Rückziehen der Düse

Mit dem Rückziehen der Düse wird das Lösen der Ablagerungen von der Rohrwandung fortgesetzt und der Transport der gelösten Ablagerungen zum Zielschacht setzt ein. Während des Rückzugvorganges kontrolliert das Bedienpersonal die Druckanzeige am Manometer des Hochdruckspülfahrzeugs, die Schlauchaufwicklung, das abfließende Spülwasser und Räumgut, den Saugschlauch sowie die Situation im Verkehrsraum. Überwiegend wird mit einem Druck am Fahrzeug von 120 – 160 bar gearbeitet. In Extremsituationen, z.B. bei einer Verstopfung eines Düseneinsatzes oder einer Intensivreinigung zur Vorbereitung einer Sanierung, können auch Drücke von 180 bar auftreten bzw. angewendet werden. Näherungsweise können nach [38] die Reibungsverluste je Schlauchmeter zu 0,4 bar angenommen werden, d.h. bei ca. 120 m Schlauchlänge betragen die Reibungsverluste ca. 50 bar. Die Durchmesser der Einsätze der Düsen werden i.d.R. so gewählt, dass der maximale Förderstrom noch vor dem maximalen Betriebsdruck der Pumpe erreicht wird, d.h. bevor das Überdruckventil Wasser zurück in den Tank fördert. In der Regel sind Pumpensysteme mit Förderraten von 260, 320, 390 und in Sonderfällen auch bis über 600 l/min verfügbar. Die tatsächlich gewählten Reinigungsparameter resultieren zum einen aus den Erfahrungen des Betriebspersonals mit den erzielten Reinigungsergebnissen vor Ort, zum anderen aber auch aus den o.a. maschinentechnischen Gegebenheiten.

Die Praxiserfahrungen lassen vermuten, dass das Reinigungsergebnis wesentlich von der Rückzugsgeschwindigkeit der Düse abhängt. Wird zu schnell eingefahren, bleiben Ablagerungsreste in der Sohle zurück und ein weiterer Spülgang ist notwendig. Einige Betreiber fürchten bei höherer Geschwindigkeit des Düsenkörpers die Gefahr von Beschädigungen des Rohrkörpers und der Anschlussbereiche. Allerdings sind an den Fahrzeugen häufig nur grobe Geschwindigkeitsangaben (langsam/schnell, ohne Einheit) verfügbar, so dass die tatsächliche Rückzugsgeschwindigkeit kaum bekannt ist und deren Einstellung allein auf die Einschätzung des Reinigungspersonals zurückgeht.

Ist die gesamte Rohrwandung als Vorbereitung für eine TV-Inspektion oder eine Sanierungsmaßnahme zu reinigen, werden nach Angaben des Personals üblicherweise 2 bis 3 Reinigungszyklen mit einer vergleichsweise geringen Rückzugsgeschwindigkeit durchgeführt. Im ersten Reinigungszyklus wird dann

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

bereits ein Großteil der Ablagerungsmasse heraustransportiert und ab dem zweiten Reinigungszyklus die gesamte Rohrwandung durch Einsatz von HD-Düsen mit großem Abstrahlwinkel (z.B. 30°) oder auch Rotationsdüsen von Ablagerungen befreit. Im Ergebnis sinkt die Gefahr von Reklamationen und Stillstandszeiten bei der TV-Inspektion oder Sanierung.

3.5 Reinigungssituationen

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus den Abschnitten 3.2 bis 3.4 bzw. der zahlreichen vor Ort begleiteten Reinigungseinsätze sowie der intensiven Gespräche mit den beteiligten Netzbetreibern lassen sich die für das Hochdruckspülverfahren in der Praxis beobachteten Reinigungssituationen in 9 Einzelsituationen gliedern (Tabelle 17). Diese lassen sich wiederum zusammenfassen in drei Grundsituationen:

- **Standardsituationen**, wie sie z.B. im Rahmen der betrieblichen Wartung als Unterhaltungsreinigung oder bei der Reinigung zur Vorbereitung einer Inspektion auftreten. Der Düsendruck beträgt weniger als 120 bar. Der Durchfluss ist angepasst an Kanalnennweite, Wasserstand im Rohr, Ablagerungsgrad und –menge. Die Düse bewegt sich in moderatem Tempo (Düsenrückzugsgeschwindigkeit ca. 5 - 30 m/min) mittig in der Sohle. Bei rundumstrahlenden Düsen beträgt der Strahlwinkel weniger als 30°.

- **Ausnahmesituationen**, wie sie z.B. bei einer Intensiv-Reinigung zur Lösung von hartnäckigen Inkrustationen oder zur Vorbereitung einer Sanierungsmaßnahme zu beobachten sind, aber auch bei übersteuerten HD-Strahlen durch verstopfte Düseneinsätze oder ungeeignete Abstimmung des Durchmessers der Düseneinsätze auf Pumpenleistung, Schlauchlänge und Düsentyp auftreten können. Die Ausnahmesituation ist gekennzeichnet durch extreme Strahleigenschaften, z.B. hinsichtlich Druck, Durchfluss und Strahlwinkel. Darüber hinaus kann es in Ausnahmesituationen, bspw. bei einer Kanalverstopfung, zum Stillstand der Düse und damit verbunden zu einer stationären Belastung des Rohrwerkstoffs kommen.

- **Anwendungsfehler**, die zwar derzeit in der betrieblichen Praxis auftreten, aber grundsätzlich zu übermäßigen Beanspruchungen der Rohrsubstanz führen und daher durch geeignete Personalunterweisung und entsprechenden Geräteeinsatz vermieden werden sollten. Hier sind bspw. extreme Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeiten (>> 30 m/min), insbesondere zur Verringerung des Zeitaufwandes für die Reinigung ohne Rücksicht auf den Kanalzustand und mögliche Belastungen der Bausubstanz durch den Düsenkörper, zu nennen. Dabei ist es auch möglich, dass eine Düse durch ein Hindernis kurzzeitig gebremst wird, während der Hochdruckschlauch weiterhin von der Haspel abläuft. Sobald die Düse das Hindernis überwunden hat, wird sie unkontrolliert beschleunigt, bis der Schlauch wieder gespannt ist. Bei

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

diesem sogenannten „Freilauf“ der Düse erhöht sich das Risiko für ein Abheben und Fallen der Düse auf die Rohrsohle. Ein besonderer Anwendungsfehler mit hohem Risiko für Rohrschäden ist dabei auch der „Düsen-Freilauf“ zum Durchstoßen einer Verstopfung. Darüber hinaus stellt das Aufprallen des Düsenkörpers, z.B. beim Herablassen der Düse in den Schacht und Einschwenken in die Haltung einen vermeidbaren Anwendungsfehler dar.

Tabelle 17: Praxiserfahrungen: Reinigungssituationen

REINIGUNGSSITUATION **Standardsituation** **Ausnahmesituation** **Anwendungsfehler**
Unterhaltungsreinigung, im Rahmen der betrieblichen Wartung des Kanalnetzes oder zur Vorbereitung einer Inspektion.
Häufiges Reinigen, z.B. von Haltungen mit hohem Ablagerungsaufkommen.
Grobe, ggf. scharfkantige Inhaltsstoffe, z.B. Winterstreusplitt oder Schottermaterial aus Baumaßnahmen.
Intensiv-Reinigung, z.B. bei Inkrustationen, Wurzeleinwuchs oder zur Vorbereitung von Sanierungsmaßnahmen, auch mit extremen Reinigungsparametern (Druck, Durchfluss, Strahl u.a.).
Stillstand des Düsenkörpers, im Spülbetrieb, z.B. bei der Beseitigung von Verstopfungen oder Störung der Schlauchabwicklung.
Übersteuerte Hochdruckstrahlen, z.B. durch verstopfte Düseneinsätze oder ungeeignete Abstimmung des Durchmessers der Düseneinsätze auf Pumpenleistung, Schlauchlänge und Düsentyp, auch mit extremen Strahleigenschaften, z.B. hinsichtlich Druck, Durchfluss und Strahlwinkel.
Freilauf einer Düse, zum „Durchstoßen“ einer Verstopfung, ggf. auch unplanmäßiger Düsen-Freilauf bei Unachtsamkeit des Bedienpersonals.
Extreme Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeiten, >> 30 m/min, insbesondere zur Verringerung des Zeitaufwandes für die Reinigung ohne Rücksicht auf den Kanalzustand und mögliche Belastungen der Bausubstanz durch den Düsenkörper.
Aufprallen des Düsenkörpers, z.B. beim Herablassen der Düse in den Schacht und Einschwenken in die Haltung.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4 Düsenwirkung

4.1 Hintergrund und Vorgehensweise

Aufbauend auf den in Kapitel 3 dargestellten Praxiserfahrungen wurden Laborversuche mit der heute am Markt verfügbaren Kanalreinigungstechnik zur Hochdruckspülung durchgeführt. Im Vordergrund dieser praxisorientierten Untersuchungen stand die Identifizierung und Beobachtung der wesentlichen Einflussfaktoren (vgl. Bild 50) für die Reinigungwirkung von Hochdruckdüsen und deren Wechselwirkungen mit der Kanalrohr-Beanspruchung. Im Vordergrund der Untersuchungen standen dabei rundumstrahlende und flachstrahlende Düsen, da diese in der Betriebspraxis, in den Standardsituationen der Unterhaltungsreinigung (vgl. Tabelle 17), am häufigsten eingesetzt werden.

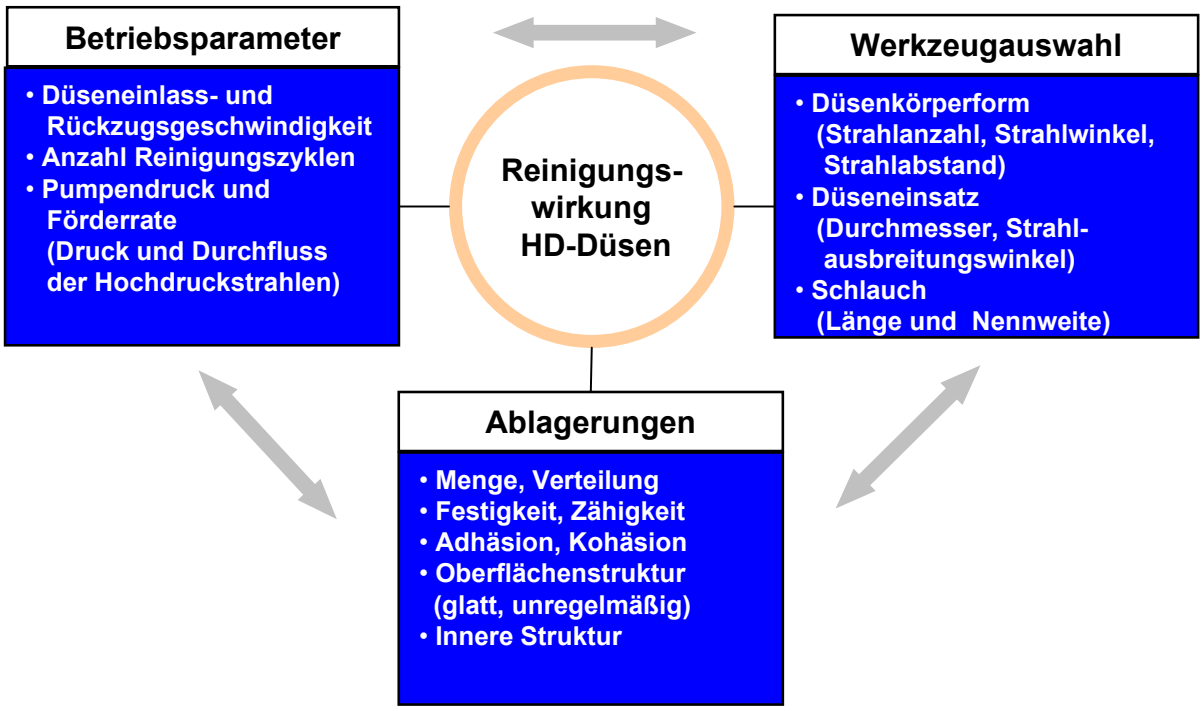


Bild 50: Einflüsse auf die Reinigungswirkung von HD-Düsen

Das Untersuchungsprogramm zur Ermittlung der Düsenwirkung setzte drei wesentliche Schwerpunkte:

- Die **Düsenbewegungen** wurden während des Reinigungsprozesses insbesondere in Extremsituationen bei starker Beschleunigung betrachtet.

- Die **Transport- bzw. Räumleistung** der Düsen wurde in Versuchen mit unterschiedlichen Druck- und Duchflussszenarien untersucht. Insbesondere dem Förderstrom der HD-Pumpe und der Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit kamen dabei eine besondere Bedeutung zu. Voraussetzung für eine vergleichende

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Betrachtung war die Herstellung von reproduzierbaren Ablagerungssituationen in den oberirdischen Versuchsstrecken.

- Die Aggressivität der Hochdruckstrahlen und ihr Einfluss auf das **Lösen von Ablagerungen** von der Rohrwandung wurden abgeschätzt und Ansatzpunkte für eine vergleichende Betrachtung der Düsenwirkung erarbeitet.

4.2 Auswahl der HD-Düsen

Durch eine Recherche bei den Herstellern und Anbietern von Düsen wurde das aktuelle Düsenangebot erfasst und als **IKT-Marktübersicht „HD-Düsen“** auf der Internetseite www.ikt.de [54] veröffentlicht. Die verschiedenen Düsenprodukte wurden Anwendungs- bzw. Wirkbereichen (vgl. Bild 51) zugeordnet und im Gesamtüberblick dargestellt.

HD-REINIGUNGSWERKZEUGE					
					
rundum-strahlende Düse	**rotierend-strahlende Düse**	**flachstrahlende Düse (Sohlenreiniger)**	**Ejektor-düse**	**vorstrahlende (Stocher-) Düse**	**Kettenschleuder/ Kanalfräse**

Bild 51: HD-Reinigungs-Werkzeuge

Über das Startmenü der Marktübersicht können Informationen zu den dargestellten Düsenkategorien ausgewählt werden. Bei der Auswahl einer Kategorie erscheint ein Übersichts-Datenblatt mit sämtlichen Produkten der in der Marktübersicht erfassten Hersteller und Anbieter. Auf dem nachfolgenden Datenblatt sind die technischen Parameter (Gewicht, Maße, Abstrahlwinkel etc.) und Kontaktinformationen des Herstellers angegeben (vgl. Bild 52 und Bild 53).

IKT - Marktübersicht „HD-Düsen“
www.ikt.de



Bild 52: Darstellung einer Düsenkategorie

Recherche-Beispiel

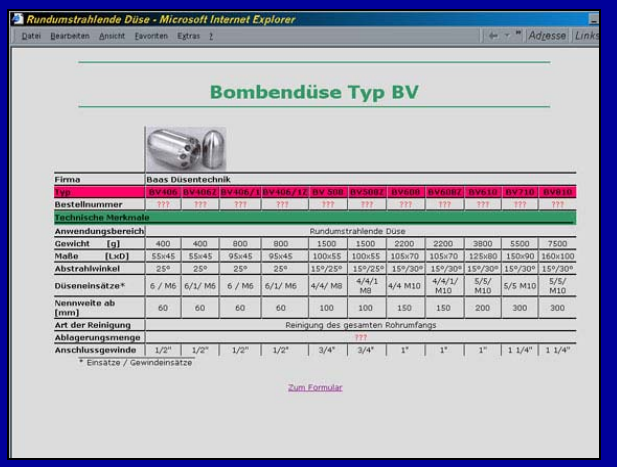


Bild 53: Detailbeschreibung einer Düse

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

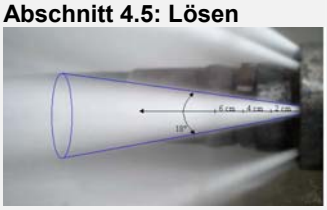
Auf Basis der IKT-Marktübersicht „HD-Düsen“ wurden 20 Düsen für das Untersuchungsprogramm ausgewählt (vgl. Tabelle 18). Die Zuordnung der einzelnen Düsentypen zu den verschiedenen Arbeitsschritten des Prüfprogramms, vgl. Abschnitte 4.3 bis 5.4, ist in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 18: Übersicht zu den untersuchten HD-Düsen

Nr.	Typ	Bezeichnung	Technische Kennwerte
D1	 rundumstrahlende Düse	D1 (8x30°)	8 Einsätze, Winkel 30°
D2	 rundumstrahlende Düse	D2 (5x20°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 20° u. 30°
D3	 rundumstrahlende Düse	D3 (4x3°, 4x7°, 4x15°, 4x25°)	16 Einsätze, Winkel 3°, 7°; 15° und 25°
D4	 rundumstrahlende Düse	D4 (5x10°, 5x20°)	10 Einsätze, Winkel 10° u. 20°
D5	 rundumstrahlende (Vorstrahl-)Düse	D5 (4x15°, 8x20°)	12 Einsätze, Winkel 15° und 20°
D6	 rundumstrahlende Düse	D6 (4x6°, 4x12°)	8 Einsätze, Winkel 6° u. 12°
D7	 rundumstrahlende Düse	D7 (5x15°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 15° u. 30°
D8	 flachstrahlendeDüse	D8 (8x4°)	8 Einsätze, Winkel 4°
D9	 flachstrahlendeDüse	D9 (6x10,5°)	6 Einsätze, Winkel 10,5°
D10	 rundumstrahlende Düse	D10 (5x3°, 5x7°, 5x15°, 5x25°)	20 Einsätze, Winkel: 3°, 7°, 15° und 25°
D11	 rundumstrahlende Düse	D11 (6x10°)	6 Einsätze. Winkel 10°
D12	 rundumstrahlende Düse	D12 (4x15°, 4x30°)	8 Einsätze, Winkel 15° und 30°
D13	 rotierendstrahlende Düse	D13 (4x40°, 3x70°)	7 Einsätze, Winkel 40° u. 70°
D14	 flachstrahlendeDüse	D14 (11x8°)	11 Einsätze, Winkel 8°
D15	 flachstrahlendeDüse	D15 (2x0°, 2x5°, 2x25°)	6 Einsätze, Winkel 0°, 5°, 25°
D16	 flachstrahlendeDüse	D16 (2x4°, 2x30°, 2x45°)	6 Einsätze, Winkel 4°, 30°, 45°
D17	 rotierendstrahlende Düse	D17 (6x20°, 5x20°, 1xVorstrahl)	12 Einsätze, einschließlich Vorstrahl, Winkel 20°
D18	 rundumstrahlende Düse	D18 (6x22°, 6x32°)	12 Einsätze, Winkel 22° u. 32°
D19	 rundumstrahlende Düse	D19 (8x20°)	8 Einsätze, Winkel 20°
D20	 1-strahlige Düse, gefertigt für Werkstoffuntersuchungen (vgl. Abschnitt 5.3.2, [42])	D20 (1x30°)	1 Bohrung, Winkel 30°

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 19: Zuordnung der untersuchten HD-Düsen zum Prüfprogramm

HD-DÜSEN		Typ	Kurzbezeichnung	Technische Kennwerte
Abschnitt 4.4.2 und 4.4.3: Räumversuche  **Prüfstrecke DN 300**		rundumstrahlende Düse	D1 (8x30°)	8 Einsätze, Winkel 30°
		rundumstrahlende Düse	D2 (5x20°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 20° u. 30°
		rundumstrahlende Düse	D3 (4x3°, 4x7°, 4x15°, 4x25°)	16 Einsätze, Winkel 3°, 7°; 15° und 25°
		rundumstrahlende Düse	D4 (5x10°, 5x20°)	10 Einsätze, Winkel 10° u. 20°
		vorstrahlende Düse	D5 (4x15°, 8x20°)	12 Einsätze, Winkel 15° u. 20°
		rundumstrahlende Düse	D6 (4x6°, 4x12°)	8 Einsätze, Winkel 6° u. 12°
 **Prüfstrecke DN 800**		rundumstrahlende Düse	D7 (5x15°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 15° u. 30°
		flachstrahlende Düse	D8 (8x4°)	8 Einsätze, Winkel 4°
		flachstrahlende Düse	D9 (6x10,5°)	6 Einsätze, Winkel 10,5°
		rundumstrahlende Düse	D10 (5x3°, 5x7°, 5x15°, 5x25°)	20 Einsätze, Winkel 3°, 7°, 15° u. 25°
Abschnitt 4.3: Reinigungseinsätze im Kanalbetrieb  		rundumstrahlende Düse	D11 (6x10°)	6 Einsätze, Winkel 10°
		rundumstrahlende Düse	D12 (4x15°, 4x30°)	8 Einsätze, Winkel 15° u. 30°
		rotierendstrahlende Düse	D13 (4x40°, 3x70°)	7 Einsätze, Winkel 40° u. 70°
		rundumstrahlende Düse	D1 (8x30°)	8 Einsätze, Winkel: 30°
		rundumstrahlende Düse	D2 (5x20°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 20° u. 30°
		rundumstrahlende Düse	D3 (4x3°, 4x7°, 4x15°, 4x25°)	16 Einsätze, Winkel 3°, 7°; 15° und 25°
		rundumstrahlende Düse	D4 (5x10°, 5x20°)	10 Einsätze, Winkel 10° u. 20°
		rundumstrahlende Düse	D7 (5x15°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 15° u. 30°
		rundumstrahlende Düse	D9 (6x10,5°)	6 Einsätze, Winkel 10,5°
		rundumstrahlende Düse	D10 (5x3°, 5x7°, 5x15°, 5x25°)	20 Einsätze, Winkel 3°, 7°, 15° und 25°
		flachstrahlende Düse	D14 (11x8°)	11 Einsätze Winkel 8°
		flachstrahlende Düse	D15 (2x0°, 2x5°, 2x25°)	6 Einsätze Winkel 0°, 5° u. 25°
		flachstrahlende Düse	D16 (2x4°, 2x30°, 2x45°)	6 Einsätze Winkel 4°, 30° u. 45°
		rotierendstrahlende Düse	D17 (6x20°, 5x20°, 1xVorstrahl)	12 Einsätze, einschließlich Vorstrahl, Winkel 20°
Abschnitt 4.5: Lösen 		rundumstrahlende Düse	D18 (6x22°, 6x32°)	12 Einsätze, Winkel22° u. 32°
		rundumstrahlende Düse	D1 (8x30°)	8 Einsätze, Winkel: 30°
		rundumstrahlende Düse	D2 (5x20°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 20° u. 30°
		rundumstrahlende Düse	D11 (6x10°)	6 Einsätze, Winkel 10°
Abschnitt 5: Belastungen aus HD-Düsenanwendung 		rundumstrahlende Düse	D19 (8x20°)	8 Einsätze, Winkel 20°
		Einstrahl-Düse	D20 (1x30°)	1 Bohrung, Winkel 30°
		rundumstrahlende Düse	D1 (8x30°)	8 Einsätze, Winkel 30°
		rundumstrahlende Düse	D2 (5x20°, 5x30°)	10 Einsätze, Winkel 20° u. 30°
		rundumstrahlende Düse	D4 (5x10°, 5x20°)	10 Einsätze, Winkel10° u. 20°

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.3 Betriebsprozesse und Düsenbewegungen

Im ersten Schritt des Versuchsprogramms wurde die Anwendung der Düsensysteme im Betriebsprozess, d.h. bei Reinigungseinsätzen im Kanalnetz bzw. Zusatzuntersuchungen in der Versuchsstrecke, beobachtet. Insgesamt wurde das Verhalten von 13 unterschiedlichen Düsensystemen (vgl. Tabelle 19) bei Reinigungseinsätzen in 7 Kanalnetzen in Kanälen der Nennweiten DN 250, DN 300, DN 400, DN 500, DN 600, DN 700, DN 800 und DN 1000 betrachtet. Im Vorfeld dieser In-situ-Untersuchungen wurden die Reinigungsparameter Düsendruck und -durchfluss bestimmt (vgl. Abschnitt 2.3.2). Anschließend wurden die „realen“ Reinigungseinsätze im Kanalnetz mit einer TV-Inspektionskamera begleitet (vgl. Bild 54). So konnte das Verhalten der verschiedenen Düsen in Praxissituationen beobachtet werden.



Bild 54: Betrachtung der Strahleigenschaften von HD-Düsen vor Ort im Kanalnetz

Zur Auswahl der Reinigungsorte wurden bei den Kanalbetrieben aus der Betriebspraxis bekannte Kanalstrecken mit hohem Ablagerungsaufkommen angefragt. Vor Ort wurden jedoch verhältnismäßig wenig Ablagerungen angetroffen, darüber hinaus waren diese dünenartig über lediglich 3 – 6 Meter verteilt, so dass die Räumleistung verschiedener Düsen im Kanalnetz nicht vergleichend betrachtet werden konnte. Aus den Düsenbeobachtungen im Kanalnetz konnten jedoch wertvolle Hinweise zur Düsenbewegung und Lösewirkung von HD-Strahlen (vgl. Abschnitt 4.5) gewonnen werden.

Nach Auskunft des Betriebspersonals kann die Rückzugsgeschwindigkeit der Düse das Reinigungsergebnis erheblich beeinflussen. Auch gibt es an einigen Fahrzeugen nur undefinierte Geschwindigkeitseinstellungen von „langsam“ bis „schnell“. Daher wird die Rückzugsgeschwindigkeit in der Praxis im Wesentlichen aufgrund von Erfahrungswerten des Reinigungspersonals eingestellt. Dieses orientiert sich überwiegend an hörbaren Effekten, z.B. Geräuschen wie Klappern oder Schlagen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

von Steinen oder verfestigten Ablagerungen gegen die Rohrwandung, sowie am visuellen Eindruck, z.B. anhand der Trübung des angespülten Wassers und der darin enthaltenen Feststoffe.

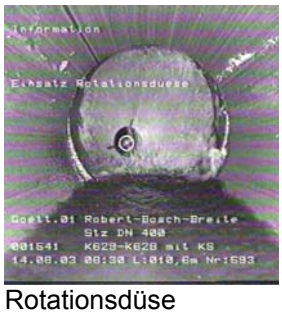
Ist nach diesen Anzeichen ein hohes Ablagerungsaufkommen zu erwarten, wird nach Angaben des Betriebspersonals eine langsame Einlassgeschwindigkeit gewählt, um das Material bereits in dieser Phase zu lösen und die Transporteigenschaften zu verbessern. Bei extremen Ablagerungsmengen kann es sogar notwendig sein, den Kanal in kürzeren Abschnitten zu reinigen. Im Rahmen der IKT-Recherche [6] aus dem Jahr 2000 schätzten 95 % der befragten Netzbetreiber die durchschnittliche Düsenrückzugsgeschwindigkeit mit kleiner als 0,1 m/sec bzw. 6 m/min ein. Zeitmessungen im Rahmen der in den Kanalbetrieben begleiteten Reinigungseinsätze ergaben Düsenrückzugsgeschwindigkeiten zwischen ca. 3 und 30 m/min.

Gibt es keine Anzeichen für ein hohes Ablagerungsaufkommen, so wird die Düse nach Auskunft des Betriebspersonals üblicherweise mit einer hohen Einlassgeschwindigkeit zum Zielschacht vorgetrieben. Die Wahl der Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeit ist dabei jedoch nicht nur unter dem Aspekt der Reinigungsleistung sondern auch vor dem Hintergrund des Risikos von Rohrschäden zu betrachten. Grunsätzlich kann an dieser Stelle allerdings konstatiert werden, dass im Rahmen der gesamten Untersuchung vor Ort ein plötzliches „Schlagen“ von Düsen auf die Rohrwandung durch Schlauchverdrehungen oder Druckschwankungen im Schlauch nicht beobachtet werden konnte. Prinzipiell ist dies auch nicht zu erwarten, da bei einer Reinigungsdüse die HD-Strahlen entgegen der Fließrichtung umgelenkt werden. Dies führt - anders als bspw. bei einem Gartenschlauch - zu einer gerichteten Zugkraft an dem HD-Schlauch und einer stabilen Düsenposition. Darüber hinaus können durch ein Drehgelenk zwischen Düse und Schlauchende auch Zwängungen zwischen Schlauch und Düse aufgrund evtl. Schlauchverdrehungen vermieden werden.

Allerdings wurden sowohl im Kanalnetz als auch später in den Versuchsstrecken andere auffällige Düsenbewegungen beobachtet. In einzelnen Fällen blieben dabei die Düsen nicht in der Mitte der Rohrsohle positioniert, sondern schwebten im Rohr oder bewegten sich aus der Mitte der Sohle heraus, an der Rohrwandung entlang, bis auf Höhe des Kämpfers (vgl. Bild 55). Es ist daher denkbar, dass der Rohrwerkstoff durch das Zurückfallen schwebender Düsen auf die Rohrsohle beansprucht werden kann.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH


Vorstrahldüse



Rotationsdüse


Rundstrahldüse


Sohlenreiniger

Bild 55: Schwebende Düsen, Bild-Beispiele aus Labor-Versuchen und In-situ-Beobachtungen

Vor diesem Hintergrund wurden die Düsenbewegungen verschiedener Düsensysteme in Standard- und Extremsituationen auch weitergehend im Kanalnetz beobachtet (vgl. Tabelle 20). Die Versuche wurden mit einem HD-Spülfahrzeug (Jet Master F 120 V, Firma Müller Umwelttechnik GmbH und Co.) durchgeführt. Auf dem Fahrzeug waren zwei HD-Pumpen der Bauart KD 716/55 installiert. Die Schlauchnennweite betrug 1¼ Zoll bei einer Schlauchlänge von 120 Metern. Zur Erfassung und Dokumentation der Düsenbewegungen wurde ein TV-Inspektionsfahrzeug eingesetzt. Zunächst wurde das Verhalten der Düsen bei einer gleichmäßigen Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeit von ca. 20 m/min durch die „mitfahrende“ TV-Inspektionskamera dokumentiert. Anschließend wurden die Düsenbewegungen in der Situation des Düsen-Freilaufs (extreme Beschleunigung der Düse, vgl. Abschnitt 3.5) beobachtet. Die Erfahrungen aus den begleiteten Reinigungseinsätzen im Kanalnetz und den IKT-Versuchen in Prüfstrecken konnten durch diese ergänzenden Versuche bestätigt werden. So wurden hier ebenfalls schwebende Düsen beobachtet. Bei plötzlicher Zurücknahme der Motorleistung fielen die Düsen zurück auf die Rohrsohle.

Darüber hinaus wurden instabil schwebende Düsen in der Situation des Düsen-Freilaufs stark beschleunigt. Dies führte zu unkontrollierten Düsenbewegungen, so dass dabei auch ein Prallen gegen die Rohrwandung auftrat. Darüber hinaus wurde das Kippen von Sohlenreinigern beobachtet. Aus dieser Position können sich Sohlenreiniger in der Haltung nicht wieder in die richtige Position zurückstellen. Gekippte Sohlenreiniger verfügen über nahezu keine Reinigungswirkung mehr. Für den Operateur am Reinigungsfahrzeug war der gekippte Zustand des Sohlenreinigers nicht feststellbar. In einem Fall verhakte sich ein umgekippter Sohlenreiniger beim Zurückziehen an einem Muffenversatz. Durch den begleitenden Kameraeinsatz wurde dies sofort bemerkt. Durch wiederholtes Vor- und Zurückfahren konnte das Hindernis überwunden werden.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 20: Beobachtungen zu Düsenbewegungen in Testsituationen bei gleichmäßigem Düsentempo und bei extremer Beschleunigung

	Düsentyp (vgl. auch Tabelle 19)	Düseneinlass/Düsenrückzug (gleichmäßig mit ca. 30 m/min)	Düsen-Freilauf und übersteuerte HD-Strahlen, (extreme Beschleunigung)
Sohlenreiniger	**D14 (11x8°) 11 Düseneinsätze Winkel 8°**	keine Auffälligkeiten	Die Düse verdrehte sich und blieb auf der Obrerseite liegen (vgl. Bild 56 A). Beim Rückzug verhakte sie sich dann an einem Rohrversatz.
	D15 (2x0°, 2x5°, 2x25°) 6 Düseneinsätze Winkel 4°, 30°, 45°	Die Düse löste sich schon beim Einfahren von der Rohrsohle und bewegte sich an der Rohr-wandung entlang bis auf Kämpferhöhe. Nach dem Abschalten der Pumpe fiel die Düse auf die Rohrsohle (vgl. Bild 56 B).	Die Düse bewegte sich unkontrolliert durch den Kanal und prallte gegen die Rohr-wandung. Am Ende des Düsen-Freilaufs schwebte die Düse im Rohrscheitel (vgl. Bild 56 C).
	D16 (2x4°, 2x30°, 2x45°) 6 Düseneinsätze Winkel 4°, 30°, 45	keine Auffälligkeiten	keine Auffälligkeiten
rundumstrahlende Düse	**D1 (8x30°) 8 Düseneinsätze Winkel 30°**	Die Düse positionierte sich bei dem Einlass- und Rückzugsvor-gang nicht mittig in der Sohle.	Die Düse löste sich kurzzeitig ca. 10 cm von der Rohrsohle und senkte sich nach der Extrem-Beschleunigung auf die Sohle zurück (vgl. Bild 56 D).
	D19 (8x20°) 8 Düseneinsätze Winkel 20°	keine Auffälligkeiten	keine Auffälligkeiten
	D13 (4x40°, 3x70°) 7 Düseneinsätze Winkel 40°, 70°	keine Auffälligkeiten	keine Auffälligkeiten

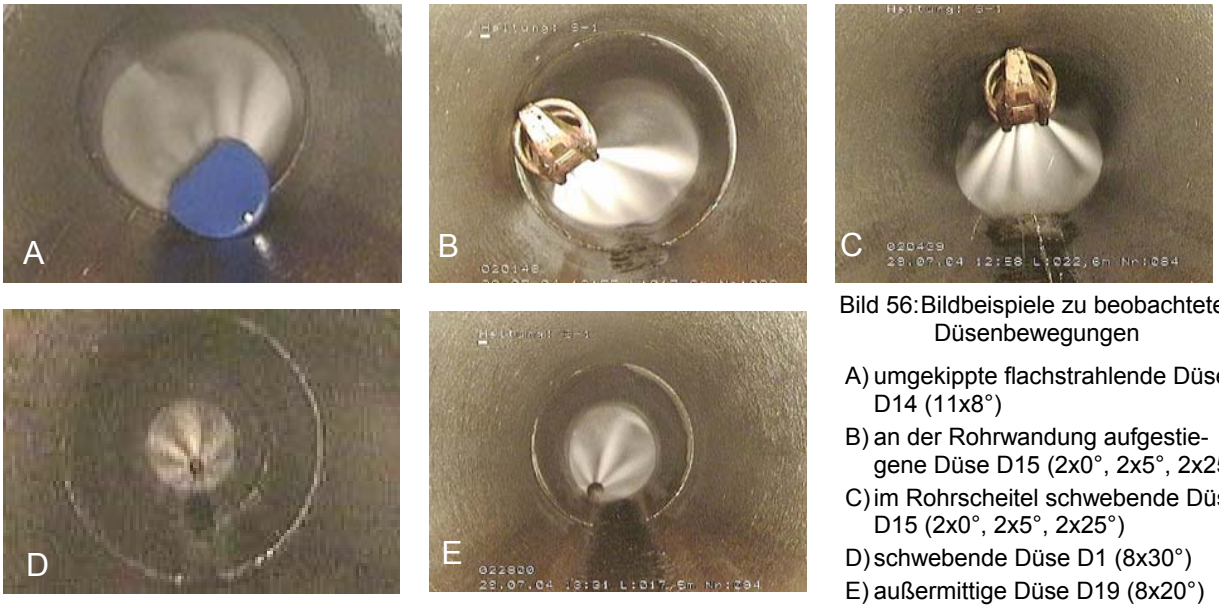


Bild 56: Bildbeispiele zu beobachteten Düsenbewegungen

A) umgekippte flachstrahlende Düse D14 (11x8°)
B) an der Rohrwandung aufgestiegene Düse D15 (2x0°, 2x5°, 2x25°)
C) im Rohrscheitel schwebende Düse D15 (2x0°, 2x5°, 2x25°)
D) schwebende Düse D1 (8x30°)
E) außermittige Düse D19 (8x20°)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Bereits die o.a. Beobachtungen lassen einige grundsätzliche Schlussfolgerungen zum **Bewegungsverhalten der Düsen** zu:

- Unter üblichen Betriebsbedingungen wiesen nahezu alle Düsensysteme ein **gleichmäßiges Bewegungsverhalten** auf. Nur bei extremen Betriebsparametern bzw. übersteuerten HD-Strahlen zeigten einzelne Düsen Auffälligkeiten bis hin zum Schweben des Düsenkörpers im Rohrscheitel. In keinem Fall wurde ein unkontrolliertes Schlagen der Düse gegen die Rohrwandung beobachtet. Durch den rückwärts gewandten Düsenstrahl wird der Düsenkörper - auch im Schwebezustand - stablisiert.

- Insbesondere an **Muffenversätzen** können sich Düsen beim Rückzug **verhaken**. Bei hohen Düsengeschwindigkeiten ist in diesem Zusammenhang eine besondere mechanische Belastung des Rohrwerkstoffs nicht auszuschließen.

- Beim Einsatz von **Sohlenreinigern** besteht, insbesondere bei unausgewogenen Strahlbildern und Hindernissen, die **Gefahr des Kippens** des Düsenkörpers mit nahezu vollständigem Verlust der Reingungswirkung.

- Ein **Freilauf der Düse**, z.B. zur Beseitigung von Verstopfungen, ist grundsätzlich als Anwendungsfehler zu bewerten und im Betrieb auszuschließen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass der Düsenkörper durch den HD-Strahl getrieben mit hoher Geschwindigkeit auf die Rohrwandung und Anschlüsse prallt und dabei enorme Kanalschäden verursacht (vgl. [55], „Crash-Tests“).

Um frühzeitig zu erkennen, ob Düsen in der Praxis zu auffälligen Bewegungen neigen, empfiehlt es sich, das Laufverhalten der Düsen bereits vor dem Kauf zu testen, z.B. durch Probeeinätze unter Praxisbedingungen und Kamerabeobachtung im jeweiligen Kanalnetz.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4 Transportleistung

Bisher gibt es kaum gesicherte Kenntnisse darüber, welche Düsen zum Transport großer Ablagerungsmengen geeignet sind (vgl. [6]). Im Nennweitenbereich von DN 500 bis DN 1200 werden z.B. in der Praxis sowohl rundumstrahlende Düsen als auch Sohlenreiniger eingesetzt. Darüber hinaus hängt auch die Auswahl wichtiger Reinigungsparameter, wie Pumpendruck, Förderrate sowie Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeit der Düse, in der Regel allein von den Erfahrungen und subjektiven Einschätzungen der Verantwortlichen vor Ort ab. Vor diesem Hintergrund wurde das Reinigungs- und Transportvermögen verschiedener Düsensysteme in eigens dafür aufgebauten oberirdischen Versuchsstrecken untersucht.

4.4.1 Untersuchungsprogramm

4.4.1.1 Versuchskonzept

Der Transport von Feststoffen durch den Einsatz von HD-Düsen hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Im Überblick sind dies:

- **Netzbedingungen**
  (z.B. Haltungslänge, Querschnitt, Nennweite, Gefälle, Versätze, seitliche Zuläufe)
- **Ablagerungen**
  (z.B. Art, Zusammensetzung, Grad, Aufkommen)
- **Düsenauswahl**
  (z.B. Düsentyp, Düseneinsätze, Strahlwinkel)
- **Reinigungsparameter**
  (z.B. Düsendruck, Förderstrom, Düseneinlass- und Rückzugsgeschwindigkeit)

Um unterschiedliche **Netzbedingungen** in den Versuchen betrachten zu können, wurden oberirdisch zwei Versuchsstrecken mit deutlich unterschiedlichen Nennweiten, DN 300 und DN 800, eingerichtet (vgl. Bild 57).



Bild 57: IKT-Prüfstrecken DN 300 (Plexiglas) und DN 800 (PVC)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Mit der Nennweite DN 300 wurde ein in Nebensträngen weitverbreiteter Kanalquerschnitt ausgewählt (vgl. [26], [28]), der auch Grundlage für Düsentests nach [42] ist. Um auch die Transportvorgänge des Materials während des Reinigungsprozesses beobachten zu können, wurde diese Versuchsstrecke in Plexiglas ausgeführt. Die Nennweite DN 800 stellt die Obergrenze des nichtbegehbaren Bereichs dar, so dass hier bereits besondere hydraulische Bedingungen, ähnlich größerer Kanäle, vorherrschen, während nur ferngesteuerte Techniken zum Einsatz kommen dürfen.

Um den Einfluss von Netzbedingungen, Ablagerungsgraden, Düsenauswahl und Reinigungsparametern auf die Transportleistung von Feststoffen vergleichend betrachten zu können, war die Herstellung von reproduzierbaren **Ablagerungssituationen** notwendig. In einem ersten Schritt wurden daher Untersuchungen zur Herstellung von Modellsedimenten durchgeführt, um die Ablagerungssituationen reproduzierbar, hygienisch unbedenklich, aber auch praxisnah herstellen zu können. Aufgrund der Betriebserfahrungen der beteiligten Netzbetreiber und der Untersuchungergebnisse zur Häufigkeit und Konsistenz von Kanalablagerungen (vgl. 3.2.4) sind zwei wesentliche Ablagerungssituationen zu unterscheiden:

- Regelfall: lockere bis leicht verfestigte Ablagerungen, *leicht lösbar.*
- Ausnahme: Verfestigungen und hartnäckige Inkrustationen, *schwer lösbar*.

Die Reinigungsversuche im Kanalnetz und langjährige Betriebserfahrungen von Netzbetreibern belegen, dass sich auch leicht verfestigte Ablagerungen durch HD-Reinigung i.d.R. einfach lösen lassen. Die Reinigungsleistung zur Beseitigung von Ablagerungen dieser Kategorie wird vornehmlich durch die Menge der zu transportierenden Ablagerungen beeinflusst. Bei der Erstellung von Modell-sedimenten zur Nachbildung lockerer bis leicht verfestigter Ablagerungen wurde daher auf eine aufwändige und nur schwer zu reproduzierende Nachbildung der kohäsiven Eigenschaften weitgehend verzichtet, dies auch vor dem Hintergrund, dass eine große Vielfalt an Kombinationen in der Zusammensetzung von Ablagerungen im Kanalnetz anzutreffen ist (vgl. Abschnitt 3.2.3). Um die **leicht lösbaren Ablagerungen** nachzubilden, wurde ein Kies-/Sandgemisch 0-16 mm gewählt (vgl. Bild 58, rote Linie), das als repräsentativ für die vor Ort ermittelten Sieblinien angesehen werden kann.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

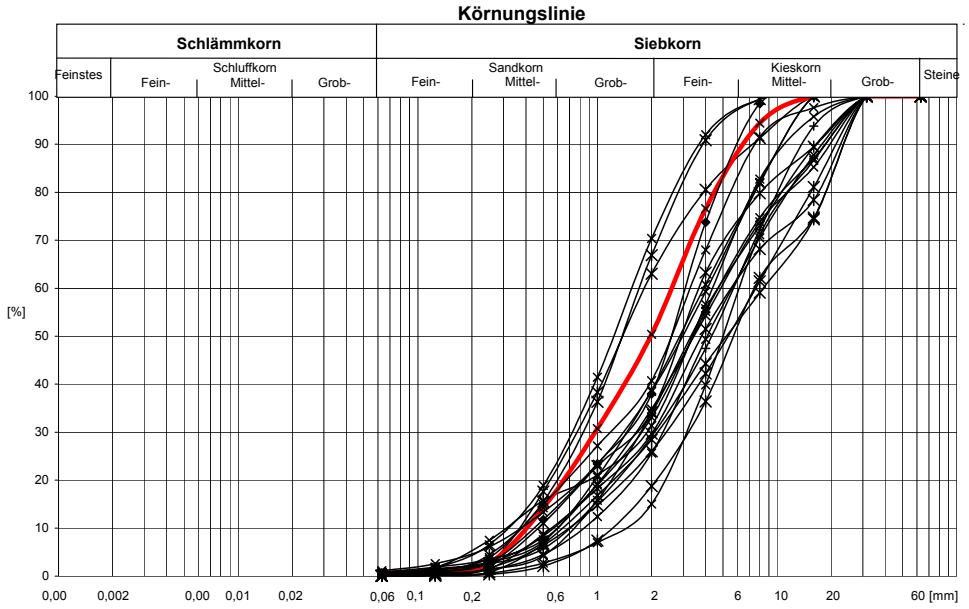


Bild 58: Sieblinie der Modellsedimente (rot), übrige Sieblinien aus realen Ablagerungsproben nach Abschnitt 3.2.3 (ohne Gelsenkirchen)

In der Betriebspraxis werden die **Düsen** und die **Reinigungsparameter** nach den zu reinigenden Haltungslängen (Schlauchlänge), den Netzbedingungen, der Ablagerungsssituation sowie dem Reinigungsziel ausgewählt. Grundsätzlich gilt, je höher der **Förderstrom** der Pumpe ist, desto höher ist zum einen die Zugleistung beim Düsen-Einlass (insbesondere in langen Kanalstrecken vorteilhaft) und zum anderen die Transportleistung gelöster Ablagerungen beim Düsen-Rückzug. Bezogen auf eine Zeiteinheit bedeutet ein höherer Förderstrom jedoch gleichzeitig auch einen höheren Verbrauch an Betriebsstoffen (Diesel, Wasser) und eine höhere Belastung der zu reinigenden Bauteiloberflächen. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gibt es demnach für die jeweilige Reinigungssituation einen optimalen Bereich für die Wahl des Förderstroms und der Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit. Vor diesem Hintergrund wurden zwei Versuchsserien, mit einer „langsamen“ (12 m/min) und einer vergleichsweise „schnellen“ (24 m/min) **Düsenrückzugsgeschwindigkeit**, unter Variation der Förderströme der HD-Pumpe (200, 240, 280 und 320 liter/min) durchgeführt. Die Düseneinlassgeschwindigkeit wurde in den Versuchen nicht variiert und betrug ca. 24 m/min. Beim Überfahren der Ablagerungen reduzierte sich diese Geschwindigkeit geringfügig. Für beide Düsenrückzugsgeschwindigkeiten wurden vergleichbare Ablagerungssituationen in den Versuchskanal eingebracht und jeweils dieselben HD-Düsen eingesetzt. Im Rahmen der Auswertung lag dabei ein Schwerpunkt in der Erfassung der benötigten **Reinigungszyklen**, um den Versuchskanal vollständig zu reinigen.

Im Folgenden werden nach Darstellung von Versuchsaufbau und –ablauf die Versuchsergebnisse getrennt für die beiden Versuchsstrecken DN 300 und DN 800 im Hinblick auf den Einfluss von Ablagerungsgrad, Förderstrom, Düsenrückzugsgeschwindigkeit und Düsenauswahl ausgewertet.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.1.2 Versuchsaufbau

Unter Berücksichtigung der zusammengetragenen Praxiserfahrungen wurden repräsentative Ablagerungssituationen in den Versuchsstrecken - Nennweite DN 800 (PVC) bzw. DN 300 (Plexiglas), jeweils ca. 35 m Länge - nachgestellt. So konnte die Reinigungsleistung unterschiedlicher Düsenbauformen in Abhängigkeit

- vom Wasserdruck an der Düse bzw. des **Förderstroms** (Q = 200, 240, 280, 320 liter/min),
- der **Düsenrückzugsgeschwindigkeit** (Düsenrückzugsgeschwindigkeit v= 12 bzw. 24 m/min)
- sowie des **Verschmutzungsgrades** bzw. der Ablagerungsmenge (Verschmutzungsgrad = 15, 30, 45, 100 % von der Querschnittshöhe)

beobachtet werden. Die Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse wurde durch stichprobenartige Versuchswiederholungen überprüft.

Die Modellsedimente wurden in den Versuchen auf einer Prüfstreckenlänge von ca. vier, sieben und in Einzelfällen sogar 35 Meter Länge eingebaut. Die Einbauhöhe bzw. der Verschmutzungsgrad betrug dabei 15%, 30%, 45% bzw. auch 100 % (Verstopfung) des Rohrdurchmessers. In den Versuchsstrecken DN 300 und DN 800 wurden 10 unterschiedliche Düsen-Systeme unter Variation der Reinigungsparameter Düsendruck, -durchfluss und -geschwindigkeit betrachtet (vgl. Tabelle 19). Sämtliche der ausgewählten Düsen waren nach Herstellerangaben für die jeweilige Anwendung im Versuchskanal DN 300 bzw. DN 800 geeignet. Die Ausstattung der Düsensysteme mit Düseneinsätzen erfolgte nach Herstellerangaben. Im Versuchskanal DN 800 kamen neben rundumstrahlenden Düsen auch Sohlenreiniger zum Einsatz.



Bild 59: Versuchsstrecke DN 800: Befüllen der Versuchsstrecken mit Modellsedimenten (links), Füllstandskontrolle (rechts)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Vor Beginn einer Versuchsreihe wurde für die jeweilige Düse eine Kennlinie (Druck und Durchfluss) an der Düse in Abhängigkeit der Motordrehzahl und des am Fahrzeug gemessenen Drucks messtechnisch erfasst. Die Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeit wurden mit Hilfe einer Stopp-Uhr überwacht.

Die in den Reinigungsversuchen eingesetzten Hochdruck-Spülfahrzeuge (vgl. Bild 60) sollten es erlauben, die Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeit zuverlässig zu steuern und die maximale Förderleistung von 320 liter/min dauerhaft über mehrere Stunden am Tag abzurufen. Die von Dienstleistern angebotenen Fahrzeuge genügten diesem Anspruch nur selten. Auch mussten während des umfangreichen Versuchsprogramms die eingesetzten Fahrzeuge mehrfach repariert bzw. sogar ausgetauscht werden.



Bild 60: Einsatz von HD-Spülfahrzeugen im Versuch (links); Messung der Betriebsparameter (Druck und Durchfluss) mit MID-Durchflussmessgerät und Druckaufnehmer (rechts)

4.4.1.3 Versuchsablauf

Der Versuchsablauf wurde standardisiert. Zu Beginn wird die Düse am Anfang der Versuchsstrecke positioniert und es werden die Reinigungsparameter am Hochdruckspülfahrzeug (Pumpendruck/Motordrehzahl) auf die jeweils vorgesehene Leistung eingestellt. Erst danach fährt die Düse in die Versuchshaltung ein (Bild 61). Der gesamte Reinigungsvorgang wird dabei über eine am Haltungsende positionierte Videokamera dokumentiert. Hierbei wird auch auf ein eventuelles Schlagen/Pendeln der Düse in der Rohrsohle geachtet. Trifft die Düse auf die Modellsedimente, sollen diese möglichst schnell überwunden werden. Dabei gleitet die Düsen teilweise über die Ablagerungen hinweg, teilweise werden schon jetzt Ablagerungen aufgewirbelt und abtransportiert (Bild 62). Nachdem die Düse das Haltungsende erreicht hat, wird die Hochdruckspülpumpe abgeschaltet und die Ablagerungssituation begutachtet und mit der Videokamera dokumentiert. Danach wird der Pumpendruck wieder aufgebaut und die Düse bis zur Ausgansposition am Anfang der Versuchsstrecke zurückgezogen. Erneut erfolgt eine visuelle Begutachtung der Versuchsstrecke. Bei

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

unbefriedigendem Reinigungsergebnis, d.h. wenn Modellsedimente in der Versuchsstrecke verblieben sind, wird dies dokumentiert und im Anschluss ein weiterer Reinigungszyklus durchgeführt. Der Vorgang wird solange wiederholt, bis die Versuchsstrecke vollständig leergeräumt ist (Bild 63).



Bild 61: Einspülen der Düse



Bild 62:Ablagerungen transportieren



Bild 63: Freigespülte Strecke

Für jeden Versuch wurde Folgendes dokumentiert:

- Bewegungsverhalten der Düse,
- die Zugleistung bzw. das Vermögen, die Ablagerungen zu überwinden,
- die Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen zur vollständigen Reinigung der Versuchsstrecke und
- evtl. auftretende Besonderheiten.

Tabelle 21 gibt einen Überblick zu den Versuchsrandbedingungen und den im Rahmen der Versuche durchgeführten Parametervariationen. Insgesamt wurden über 600 Einzelversuche (einschließlich Vorversuche) durchgeführt und in 359 Versuchen gezielte Parametervariationen vorgenommen. Die hierzu ausgewählten Düsen und das detaillierte Versuchsprogramm mit Ergebnissen sind in den folgenden Abschnitten dargestellt.

Tabelle 21: Versuchsablauf und Randbedingungen

Randbedingung	Beschreibung
Versuchsanzahl	614 (359 Hauptversuche + 255 Vorversuche)
Versuchsstrecken	DN 800 PVC, DN 300 Plexiglas
Gesamtlänge	jeweils ca. 35 m
Gefälle	ca. 3 ‰
Ablagerungen	Kies-/Sandgemisch 0/16 mm
Ablagerungshöhe	15, 30, 45 und 100 % des Rohrdurchmessers auf einer Länge von ca. 4,20 m bzw. 7,20 m (4,20 m + 3 m).
Düsensystem und Betriebsparameter	rundumstrahlende Düsen, flachstrahlende Düsen (Sohlenreiniger)
Prüfdruck	in Abhängigkeit des Durchflusses (max. 120 bar bei 320 liter/min)
Durchfluss	je untersuchter Düse mit Q=200, 240, 280, 320 [l/min]
Rückzugsgeschwindigkeit	langsam: v=12 [m/min] schnell: v=24 [m/min]
Spüldurchgänge	Dokumentation der notwendigen Reinigungszyklen zur vollständigen Reinigung (Hin- und Rückfahren der Düse = 1 Zyklus)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.2 Versuche DN 300

4.4.2.1 Untersuchungsumfang und -ergebnisse

Die Untersuchungen zur Räumleistung von Düsen in kleineren Kanälen wurden in einem durchsichtigen, 35 m langen Plexiglaskanal der Nennweite DN 300 durchgeführt. Insgesamt wurden 6 verschiedene rundumstrahlende Düsen, die nach Herstellerangaben für die gewählte Reinigungssituation geeignet waren, eingesetzt.

Tabelle 22: Eingesetzte Düsensysteme, Transportversuche, DN 300

D1 (8x30°) **8 Düseneinsätze** **Winkel 30°**			
D2 (5x20°, 5x30°) **10 Düseneinsätze** **Winkel 20°, 30°**			
D3 (4x3°, 4x7°, 4x15°, 4x25°) **16 Düseneinsätze** **Winkel 3°, 7°, 15°, 25°**			
D4 (5x10°, 5x20°) **10 Düseneinsätze** **Winkel 10°, 20°**			
D5 (4x15°, 8x20°) **12 Einsätze, 4 Vorstrahlen** **Winkel 15°, 20°**			
D6 (4x6°, 4x12°) **8 Düseneinsätze** **Winkel 6°, 12°**			

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die Transportleistung von HD-Düsen wird wesentlich durch die Betriebsparameter Düsendruck- und durchfluss sowie die Düsenrückzugsgeschwindigkeit beeinflusst. Darüber hinaus ist der Ablagerungsgrad bzw. die zu transportierende Ablagerungsmenge von besonderer Bedeutung. Intensive Vorversuche waren notwendig, um die Parametervariationen für das systematische Versuchsprogramm festzulegen. Zur vergleichenden Betrachtung der Düsensysteme wurden diese bis an die Grenzbereiche ihrer Leistungsfähigkeit eingesetzt. Nach einer unvollständigen Reinigung wurde solange erneut gereinigt, bis die Teststrecke ablagerungsfrei war. Die Anzahl der zur vollständigen Reinigung der Teststrecke benötigten Reinigungszyklen war vor diesem Hintergrund ein maßgebliches Kriterium zur Leistungsbewertung der Düsensysteme.

Der Transportvorgang des Materials konnte in dem durchsichtigen Kanal DN 300 beobachtet und charakteristische Prozessphasen ermittelt werden. So ist im Bild 64 bspw. die „Wurfweite“ einer Düse erkennbar. Bis zu einer Weite von ca. 2 Metern wird in diesem Fall das Modellsediment aufgewirbelt und in Fließrichtung geschleudert. Danach folgt ein Bereich in dem sich die Modellsedimente dünenartig über eine Länge von ca. 4 Metern absetzen. Sie werden dabei stark entmischt. Über den Rohrquerschnitt betrachtet setzt sich das Grobkorn nach unten ab und darüber lagert sich das Feinkorn an. Beim Zurückziehen der Düse wandert die Düne in Fließrichtung mit. Ist die Düse an der Leistungsgrenze, kann sie nicht mehr genügend Material transportieren. Im Wurfbereich kommt es zu Wasserrückstau. Hierdurch wird die Leistungsfähigkeit zusätzlich herabgesetzt. Ein Großteil der Wirkung wird im rückgestauten Wasser gedämpft. Mit der Folge, dass die Düse die Modellsedimente überfährt und in der Teststrecke zurücklässt. Wird die Düse mit hoher Geschwindigkeit zurückgezogen, ist ihre Leistungsgrenze schneller erreicht und der o.a. Vorgang setzt frühzeitiger ein. In allen Fällen wurde das Sediment während des Transportvorganges in kleine und größere Kornfraktionen entmischt.



Bild 64: Beobachtung des Transportvorgangs in einem durchsichtigen Kanal DN 300

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 23 gibt einen Überblick über das Versuchsprogramm und die -ergebnisse. Es wurden bereichsweise Ablagerungen von 15 %, 30 %, 45 % und 100 % (Verstopfungssituation) der Querschnittshöhe in die Teststrecke DN 300 eingebaut. Die Düsenrückzugsgeschwindigkeiten lagen bei 12 bzw. 24 m/min.

Tabelle 23: Untersuchungsprogramm und -ergebnisse (Reinigungszyklen) zur Transportleistung im Test-Kanal DN 300

ARBEITSPROGRAMM			ANZAHL DER BENÖTIGTEN REINIGUNGSZYKLEN																
Ablagerungslänge			ca. 7,20* m				ca. 4,20 m												
Düsenrückzugs-geschwindigkeit			12 m/min				12 m/min								24 m/min				∅
Ablagerungsgrad [%]			100	100	100	100∅	100	100	100	100∅	45	30	15	∅	100	45	30	15	∅	Gesamt
Düse D1 Durchfluss [l/min]	Q_1	200	2	2	—	n.a.	—	—	—	n.a.	2	1	1	n.a.	4	3	2	1	n.a.	n.a.
	Q_2	240	3	3	3	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	3	2	1	1	1,75	1,5
	Q_3	280	3	3	3	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
	Q_4	320	2	—	2	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
	∅		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2,33	1,33	1	1	1,42	1,33
Düse D2 Durchfluss [l/min]	Q_1	200	—	—	—	n.a.	—	—	—	n.a.	2	1	1	n.a.	3	2	2	1	n.a.	n.a.
	Q_2	240	3	3	3	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	3	2	1	1	1,75	1,5
	Q_3	280	2	2	3	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
	Q_4	320	2	2	2	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
	∅		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2,33	1,33	1	1	1,42	1,33
Düse D3 Durchfluss [l/min]	Q_1	200	—	—	—	n.a.	2	2	2	n.a.	1	1	1	n.a.	2	1	1	1	n.a.	n.a.
	Q_2	240	2	—	—	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,25	1,13
	Q_3	280	2	—	—	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Q_4	320	2	—	—	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	∅		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	1,33	1	1	1	1,08	1,04
Düse D4 Durchfluss [l/min]	Q_1	200	—	—	—	n.a.	2	2	2	n.a.	1	1	1	n.a.	2	1	1	1	n.a.	n.a.
	Q_2	240	2	—	—	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,25	1,13
	Q_3	280	2	2	2	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,25	1,13
	Q_4	320	2	1	1	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,25	1,13
	∅		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,25	1,13
Düse D5 Durchfluss [l/min]	Q_1	200	—	—	—	n.a.	2	2	2	n.a.	1	1	1	n.a.	2	2	1	1	n.a.	n.a.
	Q_2	240	3	—	—	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
	Q_3	280	3	—	—	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
	Q_4	320	2	3	—	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
	∅		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	2	2	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
Düse D6 Durchfluss [l/min]	Q_1	200	—	—	—	n.a.	—	—	—	n.a.	1	1	1	n.a.	2	1	1	1	n.a.	n.a.
	Q_2	240	—	—	—	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,25	1,13
	Q_3	280	—	—	—	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,25	1,13
	Q_4	320	—	—	—	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	∅		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1	1	1	1	1	1,67	1	1	1	1,17	1,09
∅ GESAMT Durchfluss [l/min]	Q_1	200	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Q_2	240	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,13	2,33	1,33	1	1	1,42	1,28
	Q_3	280	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,13	1,83	1	1	1	1,21	1,17
	Q_4	320	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,13	1,67	1	1	1	1,17	1,15
	$Q_{\varnothing}$	∅	n.a	n.a	n.a	n.a	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,13	1,94	1,11	1	1	1,27	1,2

n.a. = nicht ausgewertet

* Ablagerungslänge ca. 7,20m = ca. 4,2 m + ca. 3 m.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Es zeigte sich bereits in ersten Reinigungsversuchen, dass bei Füllgraden von 15 % sämtliche Reinigungssysteme die Prüfstrecke zuverlässig in einem Reinigungsgang reinigten. Es wurden daher vorwiegend Ablagerungshöhen mit einem Füllgrad von 30 %, 45 % bis hin zu einer Vollverstopfung (Füllgrad 100 %) in die Versuchshaltung auf einer Länge von 4,20 m eingebaut. Darüber hinaus wurden über eine zweite Befüllstation, ca. fünf Meter vor der ersten, weitere Ablagerungen (ebenfalls 100%) auf einer Länge von ca. drei Metern eingebaut. Allerdings ließ sich auch hier die Versuchstrecke i.d.R. mit 2 bis 3 Durchgängen zuverlässig reinigen.

4.4.2.2 Einfluss Ablagerungsgrad und -menge

In Bild 65 sind die durchschnittlich benötigten Reinigungszyklen in Abhängigkeit des Füllgrades der Versuchsstrecke von 15 %, 30 %, 45 % und 100 % dargestellt. Bei einem Füllgrad von 15 % reinigten sämtliche Düsensysteme die Leitung in einem Zyklus. Bei einem Füllgrad von 30 % war lediglich bei zwei Düsensystemen und einem geringen Durchfluss von 200 l/min ein zweiter Reinigungszyklus notwendig. Diese Fälle wurden in der Ermittlung der durchschnittlichen Zyklenanzahl nicht berücksichtigt. Erst bei einem Füllgrad von 45 % steigt die Anzahl der benötigten Reinigungszyklen nennenswert auf durchschnittlich 1,11 an. Für die Beseitigung einer Verstopfungssituation, wie sie der Füllgrad 100 % repräsentiert, wurden i.M. annähernd zwei Reinigungszyklen benötigt. Die Versuchsergebnisse lassen darauf schließen, dass die Transportleistung der angewendeten Düsensysteme in kleineren Kanälen grundsätzlich ausreicht, um auch extreme Füllgrade und Ablagerungsmengen in einem Reinigungszyklus zu bewältigen.

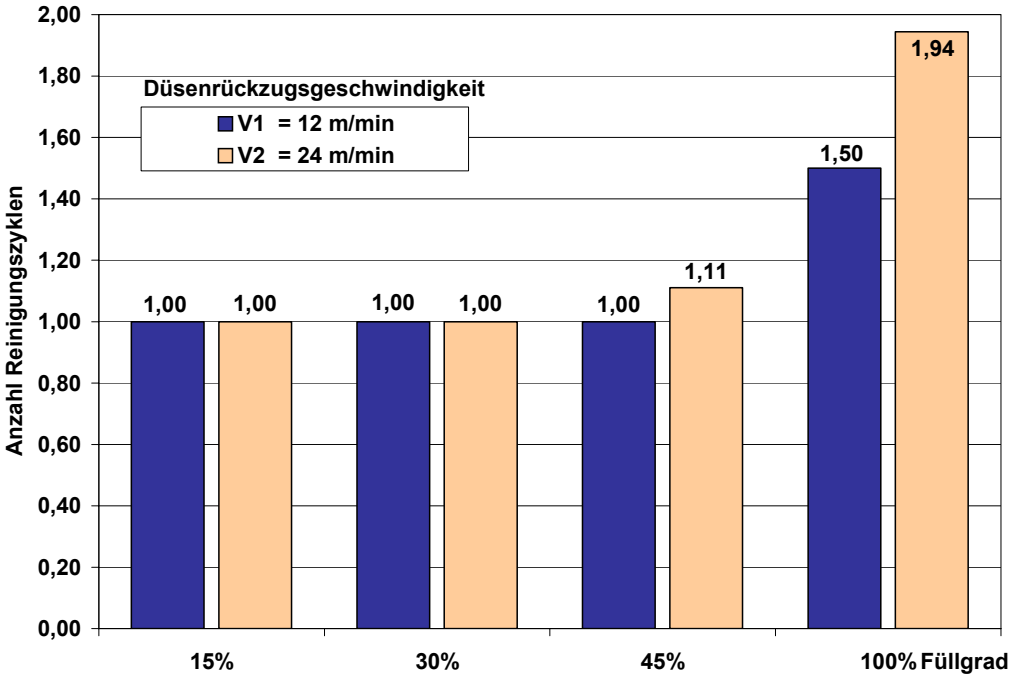


Bild 65: Durchschnittliche Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen in Abhängigkeit des Füllgrades der Versuchsstrecke DN 300 mit Modellsedimenten auf 4,2 m Länge

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.2.3 Einfluss Rückzugsgeschwindigkeit und Förderstrom

Um den Einfluss der Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit zu untersuchen, wurden Testreihen mit einer langsamen Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit (12 m/min) und einer vergleichsweise schnelleren (24 m/min) durchgeführt. Die Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen in Abhängigkeit der Durchflussraten, von 240, 280 und 320 l/min, ist in Bild 66 zusammenfassend dargestellt. Für die langsame Rückzugsgeschwindigkeit kann mit 240 l/min eine vergleichbare Leistung erzielt werden wie mit 320 l/min. Bei einer Verdoppelung der Rückzugsgeschwindigkeiten wächst der Einfluss der Durchflussrate. Doch auch hier wird bei der Anwendung einer Durchflussrate von 280 l/min eine zur hohen Durchflussrate von 320 l/min vergleichbare Reinigungsleistung erbracht.

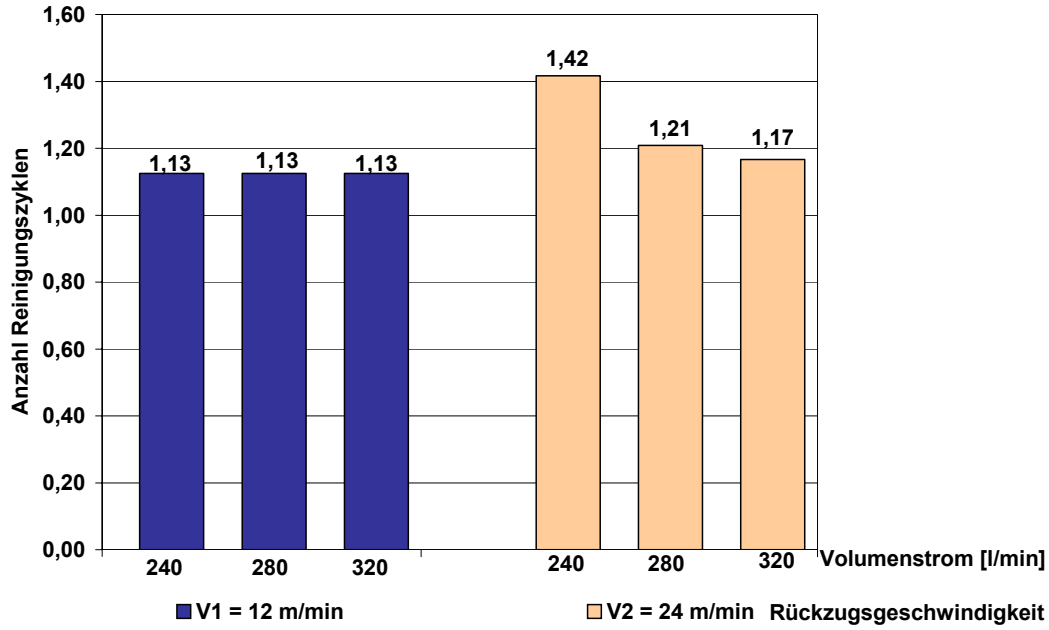


Bild 66: Durchschnittliche Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen in Abhängigkeit der Düsenrückzugsgeschwindigkeit und des Förderstroms der HD-Pumpe, DN 300, ermittelt für 15 %, 30 %, 45 %, 100% Ablagerungshöhe

Für die langsamere Rückzugsgeschwindigkeit ergibt sich damit eine durchschnittliche Anzahl der für eine vollständige Reinigung notwendigen Reinigungszyklen von 1,13. Bei einer Verdopplung der Rückzugsgeschwindigkeit auf 24 m/min erhöhte sich die durchschnittliche Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen auf 1,27 (vgl. Tabelle 23). Da diese Erhöhung überwiegend aus den Versuchsergebnissen in den Verstopfungssituationen resultiert, kann zusammenfassend festgestellt werden, dass in kleineren Kanälen durch die Verdopplung der Rückzugsgeschwindigkeit die Erfolgssicherheit für eine vollständige Reinigung nur bei extremen Ablagerungsgraden und -mengen eingeschränkt wird. Neben der Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit bestimmt auch der Förderstrom die Transportleistung. In gewissem Maße lässt sich somit die Einschränkung der Transportleistung infolge eines schnellen Düsenrückzugs durch höhere Förderströme ausgleichen.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.2.4 Einfluss Düsen-Auswahl

Bild 67 stellt die durchschnittliche Häufigkeit der Reinigungszyklen bei langsamer bzw. schneller Rückzugsgeschwindigkeit für die verschiedenen Düsensysteme dar. Es zeigt sich, dass insbesondere die mit Blick auf die Transportleistung schwachen Systeme empfindlich auf die Erhöhung der Rückzugsgeschwindigkeit reagieren. Der Leistungsunterschied schlägt sich im Extremfall bei gleicher Aufgabenstellung in einem Mehraufwand von durchschnittlich 0,34 zusätzlich durchzuführenden Reinigungszyklen nieder. D.h. unter den Düsen gibt es erkennbare Leistungsunterschiede.

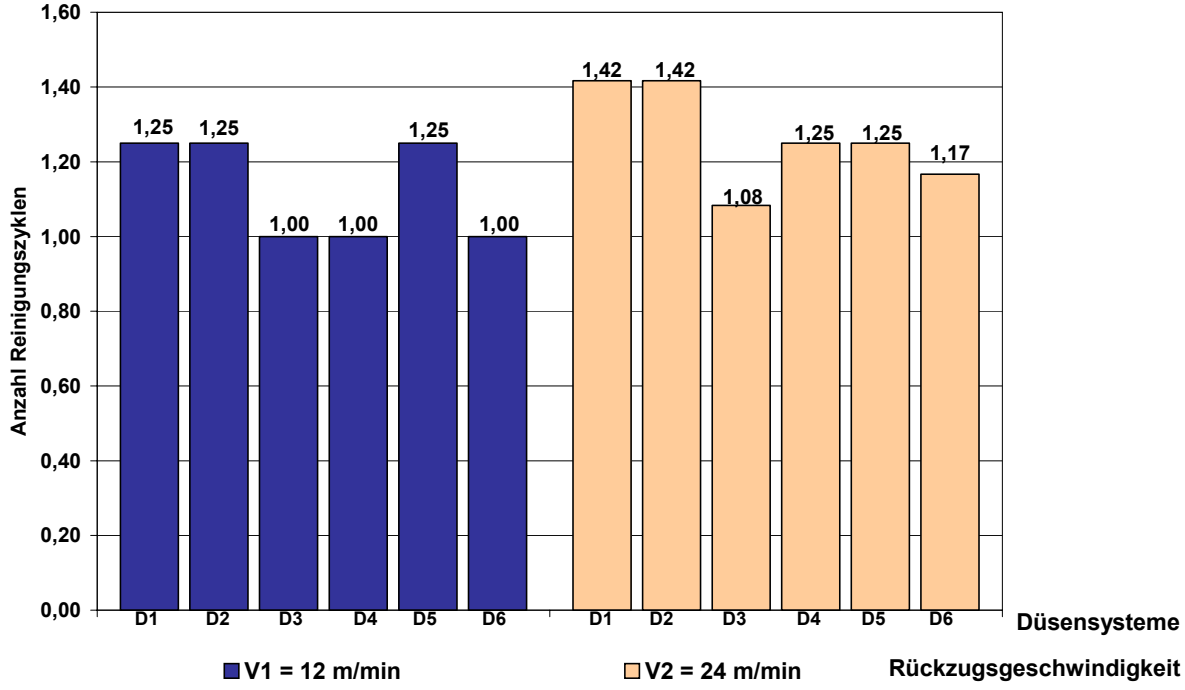


Bild 67: Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen in Abhängigkeit des gewählten Düsensystems und der Rückzugsgeschwindigkeit, DN 300, ermittelt für 15 %, 30 %, 45% und 100 % Ablagerungshöhe

Im **Gesamtblick** der verschiedenen Auswertungen für die **Teststrecke DN 300** wird deutlich, dass auch mit niedrigeren Förderströmen (ca. 240 l/min) und schnelleren Düsenrückzugsgeschwindigkeiten (ca. 24 m/min) bereits eine ausreichende Transportleistung erzielt werden kann, um größere Ablagerungsmengen zu transportieren. Dies lässt sich im wesentlichen dadurch begründen, dass insbesondere in kleineren Querschnitten die Sedimente nicht nur durch das beschleunigte Spülwasser, sondern auch in besonderem Maße durch den Luftstrom mitgerissen und transportiert werden. Dies belegen auch die in Abschnitt 4.5.2 dargestellten Messungen zur Strahldruckverteilung. Vor diesem Hintergrund wirken sich Leistungsunterschiede von HD-Düsen im Hinblick auf den Feststofftransport vornehmlich nur bei extremen Ablagerungsmengen und –graden aus.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.3 Versuche DN 800

4.4.3.1 Untersuchungsumfang und -ergebnisse

In der Versuchsstrecke DN 800 wurde die Räumleistung von vier verschiedenen Düsenkörpern untersucht, darunter zwei rundumstrahlende Düsen und zwei Sohlenreiniger (vgl. Tabelle 24).

Nach Herstellerangaben sind die ausgewählten Düsensysteme für die im Rahmen der Tests gestellten Reinigungsaufgaben geeignet. Auch nach Betreiberangaben werden diese Produkte in der Praxis zur Reinigung von mittelgroßen Kanälen (ca. DN 500 – DN 1200) eingesetzt. Als wesentliches Bewertungskriterium wurde die Anzahl der bei Einsatz der Düsen benötigten Reinigungszyklen gewählt. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurde durch stichprobenartige Wiederholungsprüfungen bestätigt.

Tabelle 24: Übersicht zu den im Versuchskanal DN 800 getesteten Düsen

D7 (5x15°, 5x30°)	**rundumstrahlende Düse** **10 Düseneinsätze** **Winkel 15°, 30°**		
D8 (8x4°)	**flachstrahlende Düse** **8 Düseneinsätze** **Winkel 4°**		
D9 (6x10,5°)	**flachstrahlende Düse** **6 Düseneinsätze** **Winkel 10,5°**		
D10 (5x3°, 5x7°, 5x15°, 5x25°)	**rundumstrahlende Düse** **20 Düseneinsätze** **Winkel 3°, 7°, 15° u. 25°**		

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

In der ca. 35 m langen Versuchsstrecke DN 800 wurden Modellsedimente mit einem Verschmutzungsgrad von 15, 30 und 45 % der Qerschnittshöhe auf einer Länge von ca. 4 Metern eingebaut. Bild 57 zeigt beispielhaft eine Düse am Ende der Versuchsstrecke (links) und das Reinigungsergebnis nach dem Zurückziehen bis zum Haltungsanfang (rechts).



Bild 68: IKT-Prüfstrecke DN 800 (PVC), Räumversuch, Bildbeispiel:
Düse während der Reinigung (links), Ergebnis nach einem Zyklus (rechts)

Für die Reinigung der Kanäle im Nennweitenbereich DN 500 – DN 800 werden häufig HD-Fahrzeuge mit einer maximalen Pumpenkapazität von 320 liter/min eingesetzt (vgl. Abschnitt 3.3). Auch im Test wurde daher mit einem HD-Fahrzeug gearbeitet, welches über dieses Leistungsvermögen verfügt. In vergleichenden Testreihen wurde die Reinigung verschiedener Ablagerungssituationen (Ablagerungsgrad 15, 30 oder 45 %) mit unterschiedlichen Förderströmen (240, 280 oder 320 liter/min) und Düsenrückzugsgeschwindigkeiten (12 bzw. 24 m/min) beobachtet. Dabei wurde u.a. dokumentiert, wieviele Reinigungszyklen jeweils notwendig waren, um die Teststrecke vollständig zu reinigen.

Nach den Praxiserfahrungen ist eine starke Verschmutzung in einem großen Kanal DN 800 im Vergleich zu einem kleineren Kanal DN 300 durch einen deutlich höheren Volumenstrom in Verbindung mit einer langsameren Düsenrückzugsgeschwindigkeit zu bewältigen. Um diese Praxiserfahrungen zu verifizieren und auch konkreter zu fassen, wurde das nachfolgend dargestellte Untersuchungsprogramm im Test-Kanal DN 800 umgesetzt (vgl. Tabelle 25).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 25: Untersuchungsprogramm und –ergebnisse (Reinigungszyklen) zur Transportleistung im Test-Kanal DN 800, Ablagerungslänge ca. 4,20 m

ARBEITSPROGRAMM				ANZAHL DER BENÖTIGTEN REINIGUNGSZYKLEN											
Düsenrückzugs-geschwindigkeit				12 m/min							24 m/min				∅
Ablagerungsgrad [%]				15	30	30	30	$30_{\varnothing}$	45	∅	15	30	45	∅	Gesamt
Düse 8	Q1	[l/min]	240	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	3,00	2,00	1,67
	Q2	[l/min]	280	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	2,00	1,67	1,50
	Q3	[l/min]	320	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	2,00	1,67	1,50
			∅	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	2,33	1,78	1,56
Düse 9	Q1	[l/min]	240	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	3,00	2,00	1,67
	Q2	[l/min]	280	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	2,00	1,67	1,50
	Q3	[l/min]	320	1,00	n.a.	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	2,00	1,67	1,50
			∅	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	2,33	1,78	1,56
Düse 10	Q1	[l/min]	240	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,67	1,00	3,00	3,00	2,33	2,00
	Q2	[l/min]	280	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,67	1,00	2,00	2,00	1,67	1,67
	Q3	[l/min]	320	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,67	1,00	2,00	2,00	1,67	1,67
			∅	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,67	1,00	2,33	2,33	1,89	1,78
Düse 11	Q1	[l/min]	240	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,67	1,00	2,00	4,00	2,33	2,00
	Q2	[l/min]	280	1,00	1,00	2,00	1,00	1,33	2,00	1,44	1,00	2,00	3,00	2,00	1,72
	Q3	[l/min]	320	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	2,00	1,67	1,50
			∅	1,00	1,33	1,67	1,33	1,44	2,00	1,48	1,00	2,00	3,00	2,00	1,74
∅ GESAMT	Q1	[l/min]	240	1,00	n.a.	n.a.	n.a.	1,50	2,00	1,50	1,00	2,25	3,25	2,17	1,83
	Q2	[l/min]	280	1,00	n.a.	n.a.	n.a.	1,33	2,00	1,44	1,00	2,00	2,25	1,75	1,60
	Q3	[l/min]	320	1,00	n.a.	n.a.	n.a.	1,28	2,00	1,42	1,00	2,00	2,00	1,67	1,55
			∅	1,00	n.a.	n.a.	n.a.	1,37	2,00	1,45	1,00	2,08	2,50	1,86	1,67

n.a. nicht ausgewertet

4.4.3.2 Einfluss Ablagerungsgrad und -menge

Sämtliche Test-Aufgaben wurden vergleichend mit einer „langsamen“ Rückzugsgeschwindigkeit der Düse von ca. 12 m/min und einer doppelt so „schnellen“ Rückzugsgeschwindigkeit von ca. 24 m/min durchgeführt. Bei unvollständiger Reinigung wurde der Reinigungszyklus solange wiederholt, bis der Kanal ablagerungsfrei war. Im Rahmen der Versuche konnte festgestellt werden,

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

dass mit der Verdoppelung der Rückzugsgeschwindigkeit die Anzahl der Reinigungszyklen, die für eine vollständige Reinigung benötigt wurden, grundsätzlich steigt (vgl. Bild 69). Eine Ausnahme stellt der niedrigste Füllgrad von 15 % dar. Hier wurde sowohl mit der Rückzugsgeschwindigkeit von 12 m/min als auch mit verdoppelter Rückzugsgeschwindigkeit von 24 m/min die Teststrecke sicher in einem Reinigungszyklus gereinigt.

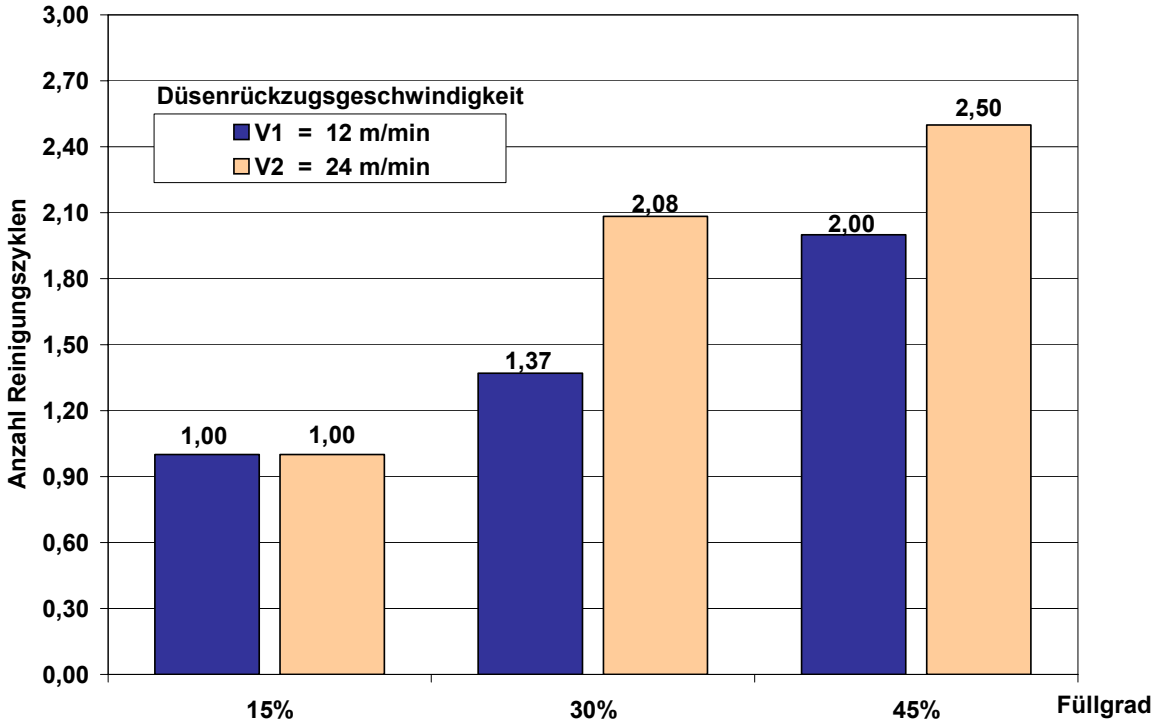


Bild 69: Reinigungszyklen in Abhängigkeit des Füllgrades und der Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit, DN 800

Erwartungsgemäß war somit die Diskrepanz in der Erfolgsquote zwischen langsamer und schneller Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit umso deutlicher, je schwieriger die Test-Aufgabe sich darstellte bzw. je mehr Modellsedimente im Kanal eingebaut wurden. So musste bei einer Ablagerungshöhe von 30 % und *langsamer* Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit nur vereinzelt zweimal gereinigt werden, um die Versuchsstrecke vollständig zu reinigen. Im Vergleich dazu waren bei der *schnellen* Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit grundsätzlich zwei Reinigungszyklen notwendig. Interessant ist, dass der Unterschied bei einer weiteren Steigerung der Ablagerungshöhe auf 45 % nicht mehr so deutlich auftrat (vgl. Bild 69). Bei dieser extremen Ablagerungshöhe waren auch bei der langsamen Rückzugs-geschwindigkeit fast immer zwei Reinigungszyklen notwendig. Sehr häufig genügten jedoch auch bei einer schnellen Rückzugsgeschwindigkeit zwei Reinigungszyklen um die Teststrecke vollständig zu reinigen.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.3.3 Einfluss Rückzugsgeschwindigkeit und Förderstrom

In der Betriebspraxis stellt sich grundsätzlich die Frage, mit welchem Förderstrom und welcher Düsenrückzugsgeschwindigkeit, d.h. mit welchem optimalen Energieaufwand, die jeweiligen Reinigungsaufgaben zu lösen sind. Ist die Durchflussrate zu gering bzw. die Düsenrückzugsgeschwindigkeit zu hoch, ist der Energieverbrauch zwar gering, jedoch erhöht sich das Risiko von Qualitätsdefiziten. Erwartungsgemäß steigt mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad der Reinigungsaufgabe die Anzahl der zur vollständigen Reinigung erforderlichen Reinigungszyklen. Während die Modellsedimente im Test bei einem Füllgrad von 15 % häufig noch in einem Reinigungszyklus aus der Versuchsstrecke transportiert werden konnten, waren bei einem extremen Füllgrad von 45 % bis zu vier Reinigungszyklen notwendig (vgl. Tabelle 25). Bis zu einem Füllgrad von 30 % wurden mit einer vergleichsweise geringen Durchflussrate von 280 liter/min ähnliche Ergebnisse wie mit 320 liter/min erzielt. Bei extremen Füllgraden von 45 % und geringer Rückzugsgeschwindigkeit waren auch mit der maximal verfügbaren Durchflussrate von 320 liter/min grundsätzlich zwei Reinigungszyklen notwendig.

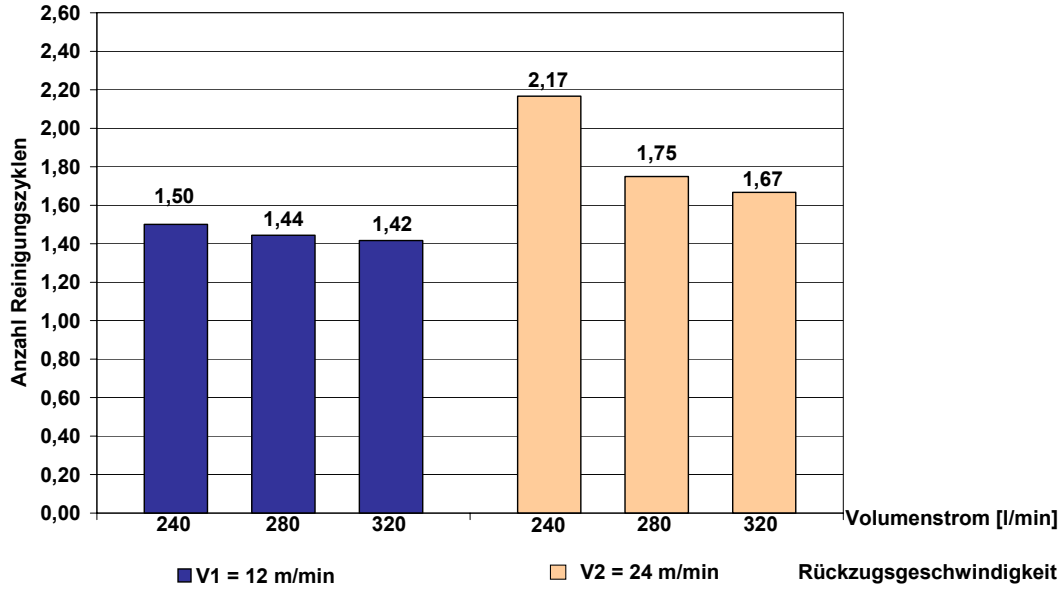


Bild 70: Durchschnittliche Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen in Abhängigkeit der Düsenrückzugsgeschwindigkeit und des Förderstroms der HD-Pumpe, DN 800, ermittelt für 15 %, 30 %, 45 % Ablagerungshöhe

Eine reduzierte Förderleistung kann deutlich Betriebsstoffe sparen und den Fahrzeug-Motor schonen. Betriebserfahrungen [56] bestätigen, dass hierdurch auf Dauer die Betriebs-, Instandhaltungs- und Reparaturkosten für die HD-Fahrzeuge beträchtlich gesenkt werden können. Dies lässt sich auch anhand der hier durchgeführten Versuche darstellen. So arbeitete der Motor des HD-Fahrzeugs bei der hohen Förderrate von 320 liter/min unter Voll-Last und verbrauchte stündlich ca. 25 Liter Dieselkraftstoff. Zur Förderung von 280 liter/min war eine geringere Motordrehzahl erforderlich, so dass sich der Kraftstoffverbrauch um ca. 25 % reduzierte.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.3.4 Einfluss Düsen-Auswahl

Bei einem Füllgrad von 15 % der Querschnittshöhe konnten bei Einsatz der meisten Düsen die Modellsedimente noch mit einem einzigen Reinigungszyklus aus der Versuchsstrecke befördert werden. Jedoch stieg bei Füllhöhen von 30 % und 45 % (auf einer Länge von ca. 4 Metern) die Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen deutlich an. In Bild 71 ist eine Gesamtübersicht über das durchschnittliche Abschneiden der verschiedenen Düsensysteme in sämtlichen Test-Situationen der Versuchsstrecke DN 800 dargestellt. Die Ergebnisse spiegeln die Leistungsunterschiede bei den verschiedenen Düsen wieder. Da die Düsen jeweils annähernd mit dem gleichen Energieaufwand betrieben wurden, bringt eine Reduzierung der benötigten Reinigungszyklen stets Einsparungen an Zeit, Wasser und Betriebsstoffen mit sich.

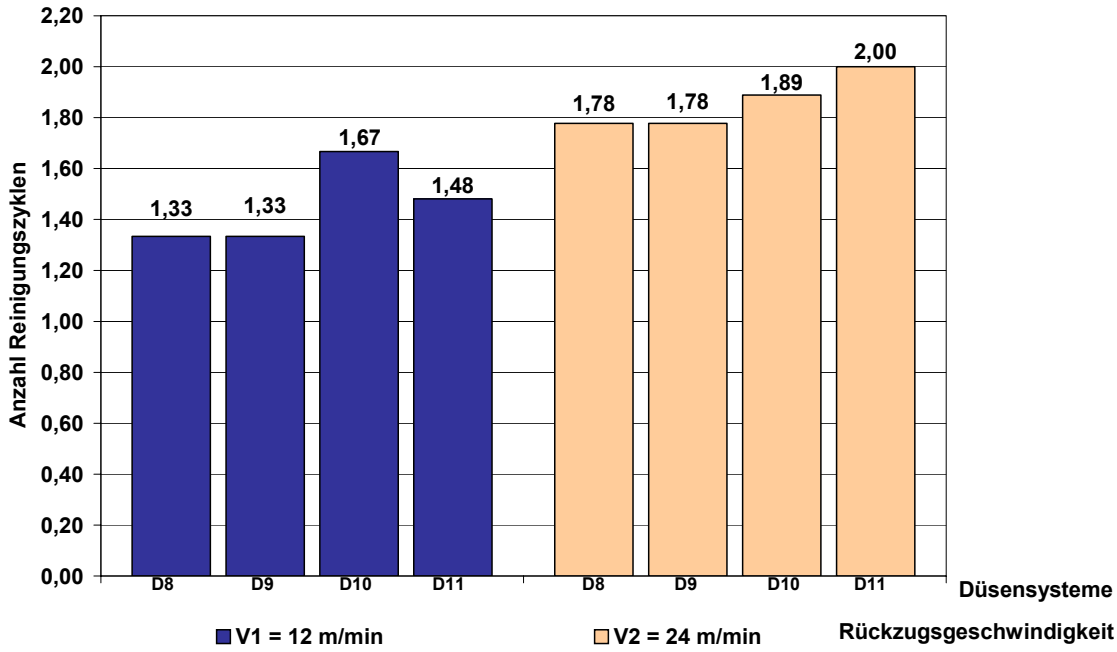


Bild 71: Anzahl der Reinigungszyklen in Abhängigkeit der Düse, DN 800, ermittelt für 15 %, 30 %, 45 % Ablagerungshöhe

Im **Gesamtblick** der verschiedenen Auswertungen für die **Teststrecke DN 800** wird deutlich, dass bei Ablagerungsgraden bis zu 15 % auch mit niedrigeren Förderströmen (ca. 240 -280 l/min) und schnelleren Düsenrückzugs-geschwindigkeiten (ca. 24 m/min) eine zuverlässige Transportleistung erzielt werden kann. Bei größeren Ablagerungen (30% bzw. 45%) waren bei einer hohen Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit i.d.R. auch mehrere Reinigungszyklen notwendig. Allerdings zeigte sich in diesen Fällen eine Verbesserung der Transportleistung bei Erhöhung des Förderstroms, z.B. auf 320 liter/min. Mit niedrigen Rückzugsgeschwindigkeiten (12 m/min) ließen sich die Reinigungssituationen häufig in einem einzelnen, stets aber in maximal zwei Zyklen bewältigen. Auch im Kanal DN 800 zeigten die verschiedenen Düsenprodukte erkennbare Unterschiede in der Transportleistung.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.4.4 Schlussfolgerungen für die Praxis

Mehrere Reinigungszyklen wurden im Rahmen der Tests immer dann notwendig, wenn die Düse unter den eingestellten Randbedingungen nicht in der Lage war, die aufgewirbelten Ablagerungsmengen vollständig weiter zu transportieren. Dann entsteht durch die beginnende Ablagerungsbildung ein Wasserrückstau vor der Düse, der zusätzlich die Reinigungswirkung der Hochdruckstrahlen reduziert (Bild 72). Typischerweise bildet sich dabei erneut eine Ablagerungsbank, die dann von der Düse überfahren wird und im Kanal zurückbleibt.



Bild 72: Düse an der Leistungsgrenze



Bild 73: Situation bei abgestellter Düse



Bild 74: Düse versinkt im Rückstau



Bild 75: Düse überfahrt Ablagerungen

Für das Bedienpersonal am Fahrzeug war dieser Vorgang nur in Extremfällen anhand der Schlauchbewegungen bzw. des stockenden Rückzugs feststellbar, wenn sich z.B. Schlauch und Düse in den zuvor aufgewirbelten Ablagerungen festgesetzt hatten. In einigen Fällen konnte die Düse die Modellsedimente erst gar nicht überwinden und grub sich in die Ablagerungsbank ein. Erst durch erneutes Zurückziehen der Düse und deutliche Erhöhung der Pumpenleistung konnte die Ablagerung danach noch überwunden werden.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH



Bild 76: Düse bleibt stecken, DN 300



Bild 77: Düse bleibt stecken, DN 800

Im Rahmen der labortechnischen Versuche in den oberirdischen Versuchsstrecken war eine Erfolgskontrolle nach jedem Reinigungszyklus durch Inaugenscheinnahme möglich. Auch konnte der gesamte Reinigungsprozess beobachtet und gefilmt werden. Im Gesamtblick der verschiedenen Auswertungen für die Teststrecken DN DN 300 und DN 800 lassen sich folgende Schlussfolgerungen festhalten (vgl. auch Tabelle 26):

DN 300 (Plexiglas)

- Mit niedrigen Förderströmen (240 - 280 l/min) und schnelleren Düsenrückzugsgeschwindigkeiten (ca. 24 m/min) konnte bereits eine ausreichende Transportleistung mit einem einzelnen Reinigungszyklus erzielt werden.
- Im Hinblick auf den Feststofftransport wirken sich Leistungsunterschiede von HD-Düsen vornehmlich nur bei extremen Ablagerungsmengen und –graden aus.

DN 800 (PVC)

- Bei Ablagerungsgraden bis zu 15 % konnte auch mit niedrigeren Förderströmen (240 - 280 l/min) und schnelleren Düsenrückzugsgeschwindigkeiten (ca. 24 m/min) eine zuverlässige Transportleistung erzielt werden.
- Bei größeren Ablagerungen (30% bzw. 45%) waren bei einer hohen Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit i.d.R. auch mehrere Reinigungszyklen notwendig. Hier zeigten die verschiedenen Düsenprodukte erkennbare Leistungsunterschiede.
- Grundsätzlich zeigte sich bei größeren Ablagerungen (30% bzw. 45%) eine Verbesserung der Transportleistung bei Erhöhung des Förderstroms, z.B. auf 320 liter/min.
- Mit niedrigen Rückzugsgeschwindigkeiten (12 m/min) ließen sich die Reinigungssituationen häufig in einem einzelnen, stets aber in maximal zwei Zyklen bewältigen.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 26: Durchschnittlich notwendige Reinigungszyklen in labortechnischen Transportversuchen in den Teststrecken DN 300 (Plexiglas) und DN 800 (PVC)

REINIGUNGSSITUATION Ablagerungsbank, ca. 4 m lang, in einem Kunststoffrohr mit glatter Oberfläche, Füllgrad in % der Querschnittshöhe		**DN 300** Düsenrückzugs-geschwindigkeit [m/min]		**DN 800** Düsenrückzugs-geschwindigkeit [m/min]	
Füllgrad [%]	**Förderstrom [l/min]**	**12**	**24**	**12**	**24**
15	320	1	1	1	1
	280	1	1	1	1
	240	1	1	1	1
30	320	1	1	1,28	2,00
	280	1	1	1,33	2,00
	240	1	1	1,50	2,25
45	320	1	1	2,00	2,00
	280	1	1	2,00	2,25
	240	1	1,33	2,00	3,25
100	320	1,50	1,67	n.u.	n.u.
	280	1,50	1,83	n.u.	n.u.
	240	1,50	2,33	n.u.	n.u.

FAZIT

DN 300

- Mit niedrigen Förderströmen (240 - 280 l/min) und schnelleren Düsenrückzugsgeschwindigkeiten (ca. 24 m/min) konnte bereits eine ausreichende Transportleistung mit einem einzelnen Reinigungszyklus erzielt werden.
- Im Hinblick auf den Feststofftransport wirken sich Leistungsunterschiede von HD-Düsen vornehmlich nur bei extremen Ablagerungsmengen und –graden aus.

DN 800

- Bei Ablagerungsgraden bis zu 15 % konnte auch mit niedrigeren Förderströmen (240 - 280 l/min) und schnelleren Düsenrückzugsgeschwindigkeiten (ca. 24 m/min) eine zuverlässige Transportleistung erzielt werden.
- Bei größeren Ablagerungen (30% bzw. 45%) waren bei einer hohen Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit i.d.R. auch mehrere Reinigungszyklen notwendig. Hier zeigten die verschiedenen Düsenprodukte erkennbare Leistungsunterschiede.
- Grundsätzlich zeigte sich bei größeren Ablagerungen (30% bzw. 45%) eine Verbesserung der Transportleistung bei Erhöhung des Förderstroms, z.B. auf 320 liter/min.
- Mit niedrigen Rückzugsgeschwindigkeiten (12 m/min) ließen sich die Reinigungssituationen häufig in einem einzelnen, stets aber in maximal zwei Zyklen bewältigen.

n.u. nicht untersucht

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Als weitere Entscheidungshilfe lässt sich der Einfluss unterschiedlicher Reinigungsparameter wie Rückzugsgeschwindigkeit (schnell/langam) und Zyklenanzahl (ein-/zweimal) anhand der in den Versuchen beobachteten Erfolgsquote einzelner Parameterkombinationen darstellen. Mit Blick auf eine zügige und wirksame Reinigung stehen dabei die folgenden Vorgehensweisen im Vordergrund:

- **1 x schnell:**
  1 Reinigungszyklus, schnelle Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit (24 m/min),
- **1 x langsam:**
  1 Reinigungszyklus, langsame Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit (12 m/min),
- **2 x schnell:**
  2 Reinigungszyklen, schnelle Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit (24 m/min),
- **2 x langsam:**
  2 Reinigungszyklen, langsame Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit (12 m/min),

Die verschiedenen Vorgehensweisen verursachen unterschiedlichen Energieaufwand hinsichtlich Spülwasser und Kraftstoffverbrauch. Wird die Teststrecke *2 x langsam* gereinigt, wird im Vergleich der Methoden die meiste Energie aufgewendet. Bei *1 x schneller* Reinigung ist der Energieaufwand am geringsten. Vergleichsweise mittleren Energieaufwand verursachen die Betriebsmethoden *1 x langsam* bzw. *2 x schnell* zu reinigen.

Mit Blick auf den Versuchskanal **DN 300** kann festgestellt werden, dass das Vorgehen *1 x schnell* bei geringen bis mittleren Ablagerungshöhen (15% und 30%) in der Versuchsstrecke i.d.R. zum Erfolg führte (vgl. Bild 78). Die Vorgehensweisen *2 x schnell* und *1 x langsam* wiesen insbesondere bei höheren Ablagerungen (45 %, 100%) bessere Reinigungsergebnisse auf. Als im Versuch absolut zuverlässig erwies sich das Vorgehen 2 x langsam.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

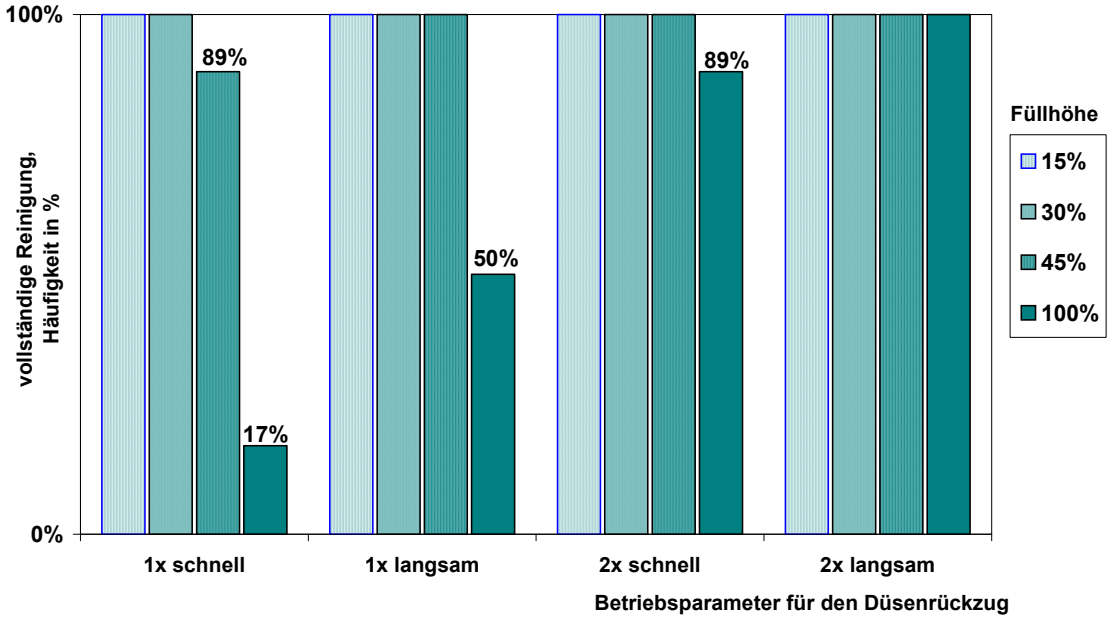


Bild 78: Erfolgsquote für eine vollständige Reinigung in Abhängigkeit der Füllhöhe der Sedimente und der gewählten Betriebsparameter für den Düsenrückzug in der Teststrecke **DN 300**

Die Versuche in der **Teststrecke DN 800** zeigten, dass die Vorgehensweise *1x schnell* dort bei einer Füllhöhe von 15 % eine zuverlässige Reinigung bietet (Bild 79). Bei höheren Füllhöhen bzw. Ablagerungsgraden von 30 und 45 % der Querschnittshöhe DN 800 war eine erfolgreiche Reinigung jedoch mit dem Vorgehen *1 x schnell* in keinem Fall möglich. Bei extremen Füllhöhen von 45 % konnte allein das Vorgehen *2 x langsam* als zuverlässig bewertet werden.

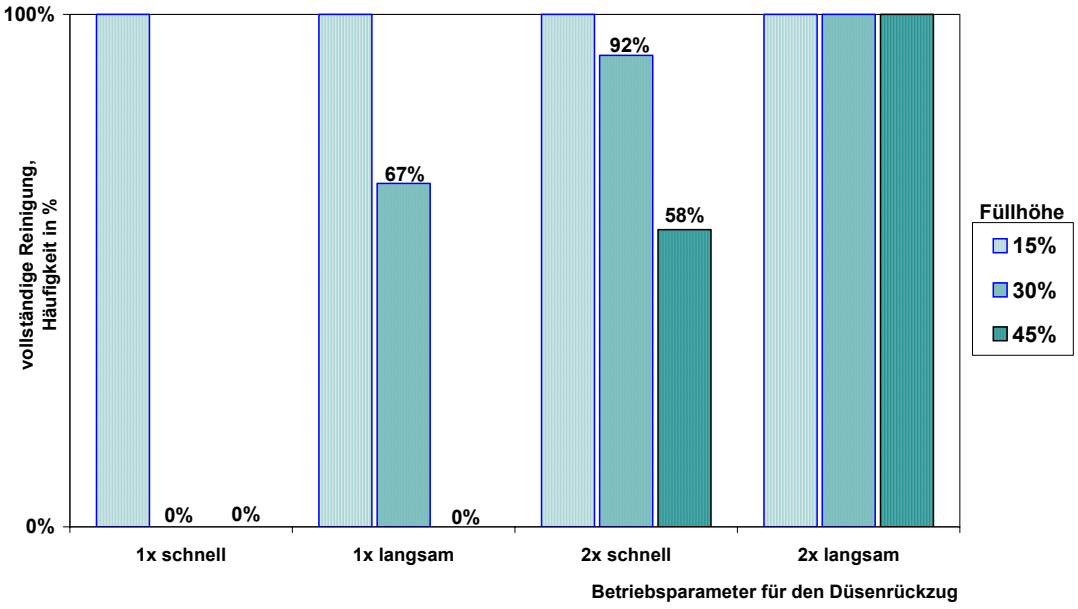


Bild 79: Erfolgsquote für eine vollständige Reinigung in Abhängigkeit der Füllhöhe der Sedimente und der gewählten Betriebsparameter für den Düsenrückzug in der Teststrecke **DN 800**

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Auf der Basis der Versuchsergebnisse zur Düsenräumleistung in den Versuchsstrecken DN 300 und DN 800 und der Erfahrungen aus den im Kanalbetrieb begleiteten Reinigungseinsätzen im Nennweitenbereich DN 250 bis DN 1000 sind in Tabelle 27 Empfehlungen zur Wahl von effizienten Düsen und Betriebsparametern zusammengefasst. Diese bilden auch die Grundlage für die in Abschnitt 4.6 erarbeiteten Empfehlungen zur Auswahl und Anwendung von HD-Reinigungswerkzeugen.

Tabelle 27: Auswahl von Düsenparametern auf Basis von Praxisbeobachtungen und Transportversuchen in den Teststrecken DN 300 (Plexiglas) und DN 800 (PVC)

REINIGUNGSAUFGABE	Nenn-weite	DN 300	DN 800
Vorbereitung einer Inspektion[1] mit geforderter Erfolgssicherheit und hohem Qualitätsanspruch an die Reinigung der gesamten Rohrwandung.	Energie-einsatz	**2 x langsam mit 240 l/min**	**2 x langsam mit 280 l/min**
	hoch	➢ Düsenabstrahlwinkel über 20° bieten hohe Lösekraft und vermindern das Risiko von Ausblasungen in Anschlussleitungen ➢ Düseneinsätze mit größerer Strahlausbreitung vermindern Streifenbildung	➢ insbesondere rotierend-strahlende Düse bearbeiten den gesamten Rohrumfang ➢ nach großen Strahllängen ist die Lösekraft am Auftreffort jedoch stark vermindert ➢ der Einsatz von Düsenkörben bzw. –schlitten ist vorteilhaft
Hohes Ablagerungsaufkommen[2] von lockeren Ablagerungen mit einem Ablagerungsgrad von 30 % und 45 % der Querschnittshöhe in der Testsituation	Energie-einsatz	**1 x langsam mit 240 l/min**	**2 x langsam mit 280 l/min**
	mittel	➢ Bei extremen Ablagerungen kann die abschnittsweise Reinigung kurzer Strecken notwendig sein, um ein Festsetzen von Schlauch und Düse in den Ablagerungen zu vermeiden	➢ Bei extremen Ablagerungen kann die abschnittsweise Reinigung kurzer Strecken notwendig sein, um ein Festsetzen von Schlauch und Düse in den Ablagerungen zuverlässig zu vermeiden
Geringes Ablagerungsaufkommen[2] von lockeren Ablagerungen mit einem Ablagerungsgrad von 15 % der Querschnittshöhe in der Testsituation	Energie-einsatz	**1 x schnell mit 240 l/min**	**1 x schnell mit 240 l/min**
	gering	➢ flache Düsenabstrahlwinkel < 20° erhöhen die Zugleistung bspw. zur Reinigung längerer Strecken in einem Zyklus, allerdings steigt dadurch auch das Risiko von Ausblasungen in Anschlussleitungen	➢ flache Düsenabstrahlwinkel < 20° erhöhen die Zugleistung bspw. zur Reinigung längerer Strecken in einem Zyklus, allerdings steigt dadurch auch das Risiko von Ausblasungen in Anschlussleitungen

Anmerkungen: Grundsätzlich sollte der freie Durchfluss der Düseneinsätze gewährleistet sein

1 Empfehlungen auf der Grundlage der in Kanalbetrieben begleiteten Reinigungseinsätze im Nennweitenbereich DN 250 bis DN 1000 (vgl. Abschnitt 3.3)

2 Empfehlungen auf der Grundlage der Laborversuche in den IKT-Prüfstrecken DN 300 und DN 800 (vgl. Abschnitt 4.4)

ERLÄUTERUNG ZU DEN HD-DÜSEN

Wesentlicher Wirkbereich der Düse

gesamte Rohrwandung

Rohrsohle

Symbol			
Bezeich-nung	**rundumstrahlende Düse**	**rotierendstrahlende Düse**	**flachstrahlende Düse**

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.5 Lösen

Bevor verfestigte Ablagerungen transportiert und aus dem Kanal geräumt werden, müssen sie zunächst von der Rohrwandung gelöst werden. In der Betriebspraxis der Unterhaltungreinigung - zur Verbesserung der hydraulischen Kanaleigenschaften - stellt das Lösen von Ablagerungen jedoch vergleichsweise selten ein Problem dar (vgl. Abschnitt 3.5). Starke Verfestigungen und hartnäckige Inkrustationen sind eher die Ausnahme und dabei oft Ursache einzelner Fehleinleitungen, z.B. aus Abscheideanlagen oder Baustellenrückständen. Dann haften sie häufig so hartnäckig an der Rohrwandung, dass seltener HD-Düsen, sondern bevorzugt an die Einzelfallsituation angepasste Spezialwerkzeuge, wie bspw. Kettenschleudern oder Kanalfräsen, angewendet werden. Die Lösewirksamkeit von Düsen wird häufig dann diskutiert, wenn die gesamte Rohrwandung vorbereitend für eine Inspektions- oder Sanierungsmaßnahme **komplett** zu reinigen ist. In diesem Fall bestimmen die für die jeweilige Düse charakteristischen Hochdruck-Wasserstrahleigenschaften in Verbindung mit den angewendeten Betriebsparametern (Druck, Durchfluss und Geschwindigkeit der Düse) wesentlich den Reinigungserfolg.

Die Lösewirksamkeit von HD-Strahlen wurde in drei Schritten untersucht (Tabelle 28). Im ersten Untersuchungsschritt wurden in den Kanalbetrieben zahlreiche Reinigungseinsätze in verschiedenen Netzsituationen mit Blick auf die geometrischen Strahleigenschaften und deren Wirkung begleitet. Im zweiten Schritt wurde ein messtechnisches Programm zur Ermittlung der Druckverteilung von HD-Strahlen auf einer Oberfläche entwickelt, dessen Ergebnisse im Rahmen des dritten Untersuchungsschrittes anhand von Versuchen mit Modellablagerungen verifiziert wurden. Damit wurden Bewertungsgrundlagen erarbeitet, um die Lösewirkung bzw. Aggressivität von HD-Strahlen messtechnisch zu bewerten. Dabei ist in der Betriebspraxis grundsätzlich zu beachten, dass die Lösewirksamkeit von HD-Strahlen begrenzt sein sollte. **Die Reinigungsarbeiten dürfen nicht zu Beschädigungen an der intakten Netzsubstanz führen.** Vor diesem Hintergrund sind die Strahleigenschaften immer auch hinsichtlich einer Gefährdung des Rohrmaterials durch übermäßig aggressive HD-Strahlen zu bewerten. Die Untersuchungsergebnisse dienten daher auch als Grundlage zur Düsenauswahl im Rahmen der in Abschnitt 5 dargestellten Untersuchungen zur Rohrbeanspruchung.

Tabelle 28: Untersuchungsaufgaben zur „Lösewirksamkeit von HD-Strahlen“

	Untersuchungsschritt	Untersuchungsziel
1	**Geometrische Strahleigenschaften**	Aufnahme von Praxisproblemen und Handhabbarkeit bestehender Düsensysteme. Erfassung der geometrischen Strahleigenschaften.
2	**Strahldruck am Auftreffort**	Bewertung der Aggressivität von HD-Strahlen auf der Grundlage von Messungen, z.B. Auftrefffläche des Strahls, Anstellwinkel zur bestrahlten Fläche, Strahldruckverteilung und örtlicher Spitzendruck.
3	**Abbildung der Lösewirkung im Material**	Verifizierung der gewonnenen Aussagen anhand von praktischen Belastungsversuchen durch HD-Strahlen auf Modellsedimenten.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.5.1 Geometrische Strahleigenschaften

Im Rahmen der In-situ-Untersuchungen traten deutliche Leistungsunterschiede bei den Düsensystemen auf, insbesondere reichte die Aufprallenergie des Spülstrahls und die Spülstrahlbreite häufig nicht aus, um die gesamte Rohrwandung zu reinigen. Im Rahmen der bei 6 Kanalbetrieben begleiteten Reinigungseinsätze (vgl. Abschnitt 4.3) konnte dies bereits bei kleineren Kanälen ab einer Nennweite DN 300 bei vergleichsweise leicht lösbaren Anhaftungen wie der Sielhaut nachgewiesen werden (vgl. Bild 80).

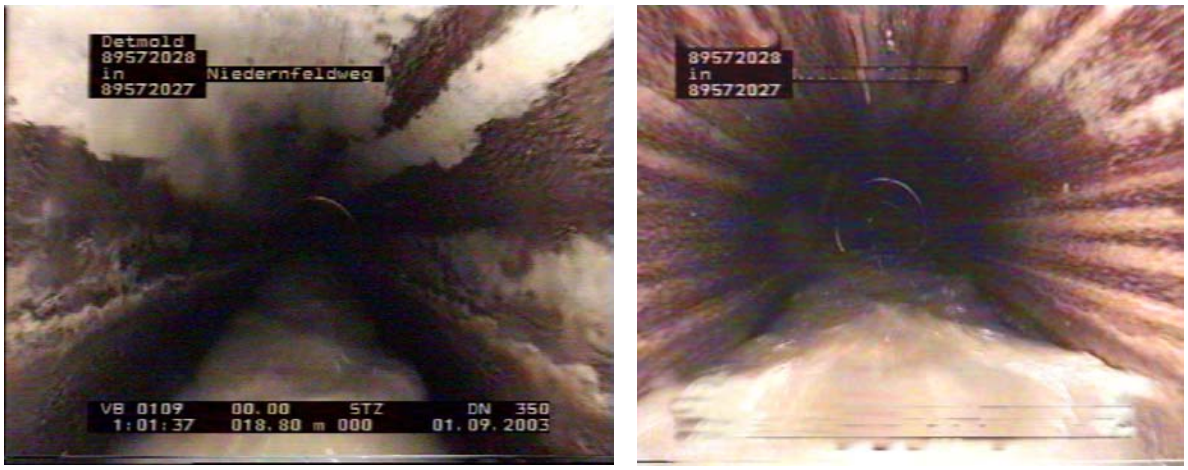


Bild 80: Sielhaut-Reste nach einer HD-Reinigung, Bildbeispiele aus In-situ-Tests

In einzelnen Fällen wurden gestörte HD-Strahlen beobachtet, die ebenfalls unzureichende Reinigungsergebnisse zur Folge hatten. Die Störungen im Strahlbild bzw. auch unsymmetrische Strahlbilder können dabei durch Verstopfung einzelner Düseneinsätze (vgl. Bild 81) oder auch durch eine falsche Bestückung mit Düseneinsätzen verursacht werden, wenn z.B. Düseneinsätze nicht entsprechend der Herstellerempfehlung ausgewählt werden und unplanmäßig unterschiedliche Durchmesser aufweisen.



Bild 81: Verstopfter Düseneinsatz (links), Düse mit unsymmetrischem Strahlbild (rechts)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Vor diesem Hintergrund wurde das Strahlbild rundumstrahlender Düsen näher erfasst. In einem ersten Schritt wurden die Düsen an einem Kragarm befestigt, so dass die HD-Strahlen in allen Richtungen ungehindert austreten konnten. Dabei zeigten die Düsensysteme sehr unterschiedliche Strahlbilder. Wesentliches Merkmal ist dabei der Strahlausbreitungswinkel. Bei annähernd gleichen Reinigungsparametern (Durchfluss und Druck in der Düse) wurden sowohl sehr kompakte und gebündelte Strahlen als auch weit auffächernde Strahlen beobachtet. Die charakteristische Ausbildung des Einzelstrahls ist maßgeblich von der Wasserführung am Düsenaustritt bzw. von der Geometrie des Düseneinsatzes abhängig.



Bild 82: Vergleichende Betrachtung der Strahleigenschaften von HD-Düsen, Beispiele: aufgefächerte Einzelstrahlen (links), kompakte Einzelstrahlen (rechts)

In weitergehenden Versuchen wurden die Wechselwirkungen zwischen den Strahleigenschaften und der Rohrgeometrie erfasst. Durch Fotodokumentation der HD-Strahlen in einem durchsichtigen Plexiglasrohr wurden bspw. die Strahlaufweitungswinkel und die Strahllängen bis zum Auftreff-Ort im Bereich von Sohle, Kämpfer und Scheitel vermessen (vgl. Bild 83).



Bild 83: Fotografische Erfassung des Strahlbildes

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die optische Vermessung der Strahlausbreitungswinkel machte bereits große Unterschiede zwischen den Düsen deutlich. Bild 84 zeigt beispielhaft die Vermessung des Strahlaufweitungswinkels. Die dargestellten Düsen wurden mit gleichen Reinigungsparametern (120 bar Düsendruck und 320 l/min Durchfluss) betrieben. Jedoch ist die linke Düse (D1) 8-strahlig mit 40 l/min Durchfluss je Einzelstrahl und die rechte Düse (D2) 10-strahlig mit einem Einzelstrahl-Durchfluss von 32 l/min. Im Ergebnis erzeugt die linke Düse D1 einen Strahl dessen Ausbreitungswinkel mit 18° deutlich größer ist als bei der rechten Düse D2 mit 7°. Dementsprechend ist dann auch die Wirkfläche am Auftreff-Ort deutlich größer.

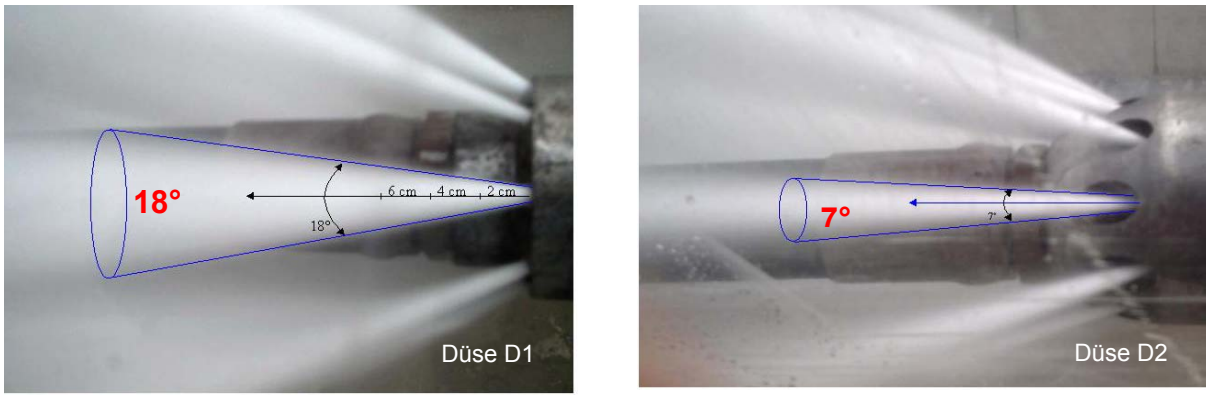


Bild 84: Strahlausbreitungswinkel von zwei Düsen bei gleichem Druck (120 bar) und Gesamt-Durchfluss (320 liter/min)

Grundsätzlich stellt sich die Frage, welchen Einfluss das jeweilige Strahlbild auf die Lösekraft bzw. Aggressivität des HD-Strahls hat. Um die Wirkung von HD-Strahlen am Auftreff-Ort weitergehend zu untersuchen, wurden ein entsprechendes Messprogramm entwickelt und die Strahlbilder von drei Düsen detailliert untersucht. Bei der Auswahl der Düsen wurden möglichst unterschiedliche Strahlwinkel und Strahldurchflüsse berücksichtigt (vgl. Bild 85).

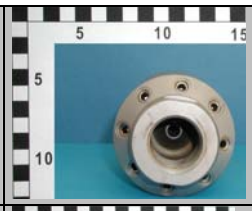
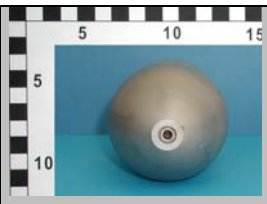
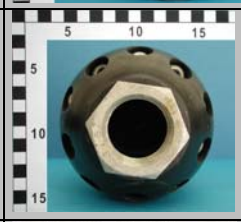
Düse D1 ➢ **1 ¼ Zoll Anschluss** ➢ **30° Strahlwinkel** ➢ **8 Düseneinsätze**			
Düse D2 ➢ **1 ¼ Zoll Anschluss** ➢ **30° Strahlwinkel** ➢ **10 Düseneinsätze**			
Düse D12 ➢ **1 ¼ Zoll Anschluss** ➢ **10° Strahlwinkel** ➢ **6 Düseneinsätze**			

Bild 85: Übersicht zu den untersuchten Düsen, Lösewirkung

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.5.2 Messungen am Wirkungsort der HD-Strahlen

4.5.2.1 Messkonzept

Ziel der Versuche war es, die charakteristische Druckverteilung von HD-Strahlen auf einer bestrahlten Oberfläche messen zu können. Dazu wurde jeweils ein einzelner Strahl einer mehrstrahligen Düse auf eine Druckmessfolie geleitet. Druckmessfolien reagieren empfindlich auf Druckbelastungen und wandeln diese Beanspruchung in messtechnisch erfassbare elektrische Signale um. Zur Durchführung systematischer Messungen wurde ein Düsen-Versuchsstand mit einem Montagetisch als Auflager für eine starre Prallwand eingerichtet (vgl. Bild 86). Darüber hinaus musste die jeweils getestete Düse so ausgerichtet und fixiert werden können, dass ein einzelner HD-Strahl mittig auf die Prallwand trifft. Dies wurde mit Hilfe einer freitragenden Stahlstange, an der eine Halterung zur Düsen-Fixierung angebracht wurde, realisiert. So konnte die Strahldruckverteilung innerhalb der Strahllauftrefffläche für die verschiedenen Düsensysteme messtechnisch erfasst werden (vgl. Bild 88).

Darüber hinaus kann aus der Integration der gemessenen Druckwerte über die bestrahlte Sensorfläche eine resultierende Strahlkraft auf die Prallwand errechnet werden. Durch eine parallele Messung der Strahlkraft über eine Kraftmessdose war es möglich, die Druckfolienmessungen auf Plausibilität zu überprüfen. Mit Hilfe eines Stahlrahmens auf einem linearen Rollenlager wurde die Strahlkraft reibungs- und torsionsarm auf die Kraftmessdose übertragen (vgl. Bild 89). Die Kraftmessdose wurde auf einen Messbereich von 10 bis 100 N kallibriert. Nach jedem Versuch wurde die Kraftmessdose mit einer Federwaage auf grobe Messabweichungen kontrolliert.



Bild 86: Düsen-Versuchsstand zur Ermittlung der Lösewirksamkeit von HD-Strahlen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

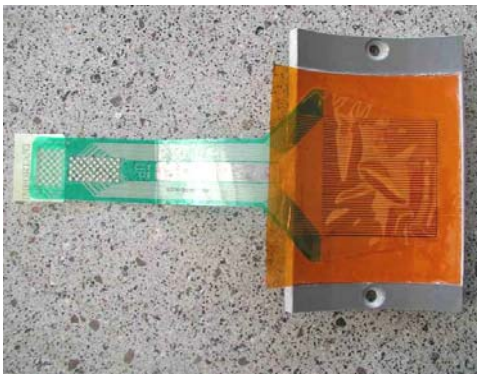


Bild 87: Druckmessfolie

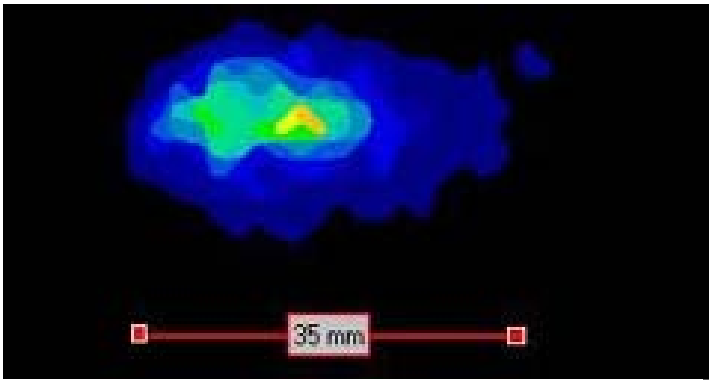


Bild 88: Darstellung der Strahldruckverteilung

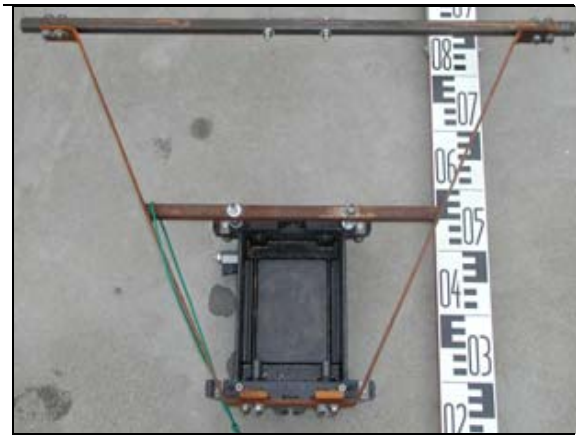


Bild 89: Stahlrahmen auf Rollenlager

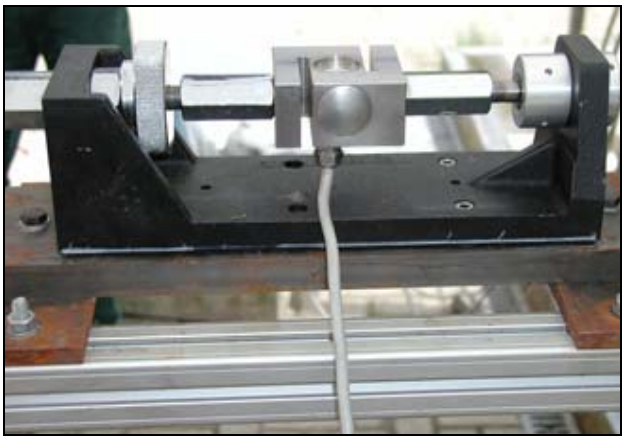
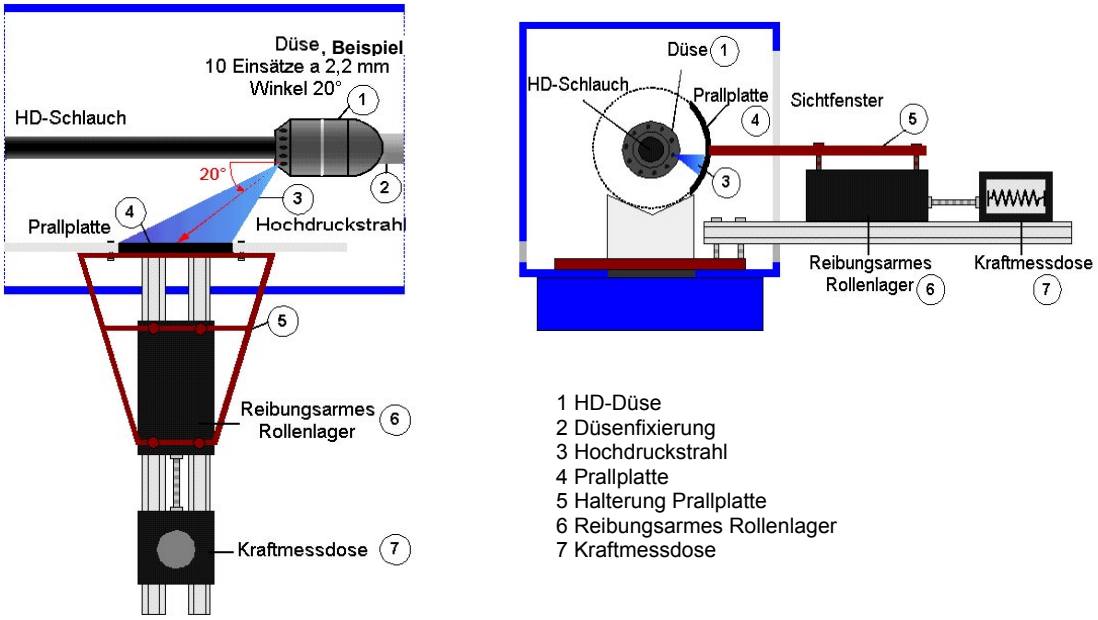


Bild 90: Kraftmessdose

Bild 91 stellt den Versuchsstand zur Erläuterung als Prinzipskizze dar.



1 HD-Düse
2 Düsenfixierung
3 Hochdruckstrahl
4 Prallplatte
5 Halterung Prallplatte
6 Reibungsarmes Rollenlager
7 Kraftmessdose

Bild 91: Prinzipskizze der Versuchseinrichtung zur Messung der Strahlkraft

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Neben der Düsengeometrie bestimmen die Betriebsparameter Durchfluss und Druck an der Düse entscheidend die Strahlkraft und Druckverteilung. Um diese Parameter während der Versuche kontinuierlich aufnehmen zu können, wurde die in Bild 92 dargestellte Messtechnik vor dem Düsen-Versuchsstand eingerichtet. So konnten charakteristische Düsenkennlinien für den Durchfluss und Druck vor der Düse ermittelt werden.

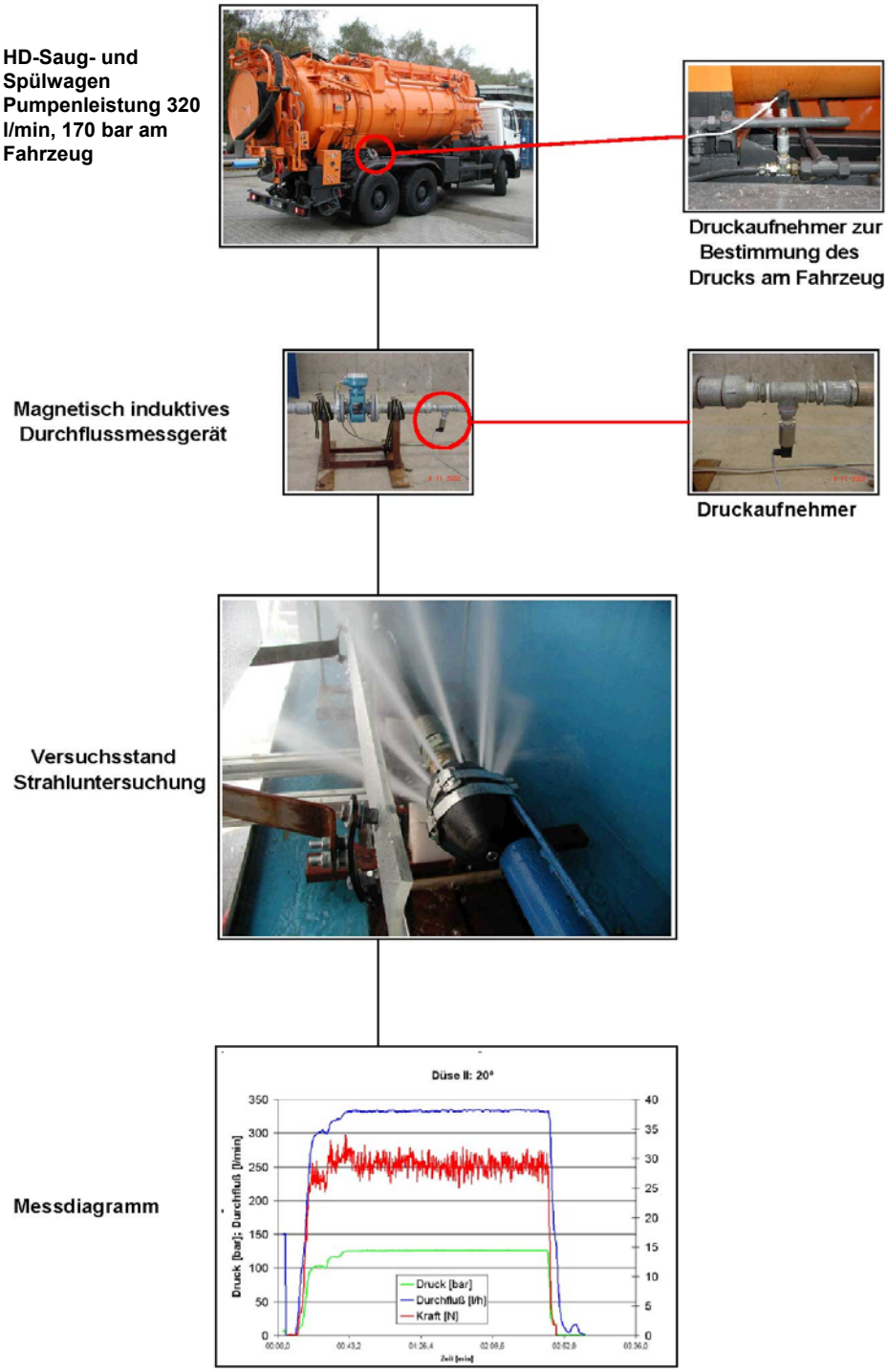


Bild 92: Versuchsaufbau mit Darstellung der einzelnen Messstellen und des Messergebnisses

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die Betriebsparameter Druck und Durchfluss werden in der Reinigungspraxis wesentlich durch die Wahl des Durchmessers der Düseneinsätze bestimmt. Vor diesem Hintergrund wurden Strahlkraftmessungen mit unterschiedlichen Durchmessern von Düseneinsätzen bei sonst gleichen Randbedingen (Düse, Motorleistung, Schlauch etc.) durchgeführt. Erwartungsgemäß sinkt die Strahlkraft bei zu groß oder zu klein gewählten Düseneinsatz-Durchmessern. D.h. es gibt in Abhängigkeit der Pumpenleistung, Schlaucheigenschaften (Werkstoff, Länge, Nennweite) sowie Düsengeometrie (Strahlanzahl, Wasserführung) einen optimalen Düseneinsatz-Durchmesser, bei dem die Strahlkraft am größten ist (vgl. [57]). Tendenziell wurde allerdings mit der Kraftmessdose eine niedrigere Strahlkraft gemessen, als nach theoretischen Berechnungen zu erwarten war. Die Ursache hierfür war anschaulich deutlich erkennbar. Die HD-Wasserstrahlen erzeugten einen starken Luftsog der ebenfalls auf die Prallwand wirkte. Im Extremfall war der Unterdruck vor der Prallwand so groß, dass anstatt der erwarteten Druckkräfte sogar entgegengesetzte Zugkräfte mittels Kraftmessdose gemessen wurden. Dies trat insbesondere bei Düsen mit kleinem (flachen) Abstrahlwinkel auf.

Untersuchungen nach [58] zur Ejektorwirkung von HD-Düsen im Zusammenhang mit Ausblasungen von Geruchsverschlüssen bestätigen dies ebenfalls. Danach bewirken Düsen mit größerem Strahlwinkel einen geringeren Luftvolumenstrom in der Abwasserleitung als flachstrahlende Düsen. Das Risiko o.a. Störungen kann in Kanälen, bei denen das Problem aus vorherigen Einsätzen bekannt ist, durch den Einsatz von Düsen mit größeren Strahlwinkeln evtl. bereits gemindert werden. Um den Einfluss der Luftströmung im Rahmen der Versuche zu minimieren, wurden die Fläche der Prallwand auf ein Mindestmaß reduziert und die Spritzschutzwände des Versuchsstandes zur besseren Luftzufuhr z.T. abgebaut.

4.5.2.2 Interpretation und Auswertung der Messwerte

Nach [59] zerfällt der HD-Wasserstrahl unmittelbar nach dem Austritt aus der Düse in einzelne stark beschleunigte Tröpfchen. D.h. die Drucksensoren der Messfolien werden demnach nicht kontinuierlich durch einen geschlossenen Strahl, sondern durch impulsartige Belastungen einzelner Tropfenschläge belastet (vgl. Bild 93). Grundsätzlich ist es daher denkbar, dass ein Drucksensor nicht vollständige Druckimpulse, sondern auch anschwellende oder abschwellende Impulse erfasst, die auf einen noch vorhandenen Wasserfilm aus vorhergehenden Tröpfchen treffen. Die Anschauung des HD-Strahls zeigt auch, dass sich das Strahlbild stets ein wenig verändert. Ursache können bspw. ständig wechselnde Luftwiderstände (Turbulenzen) sein, die durch den Strahlprozess selbst beeinflusst werden und immer wieder neu und unregelmäßig wirken.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

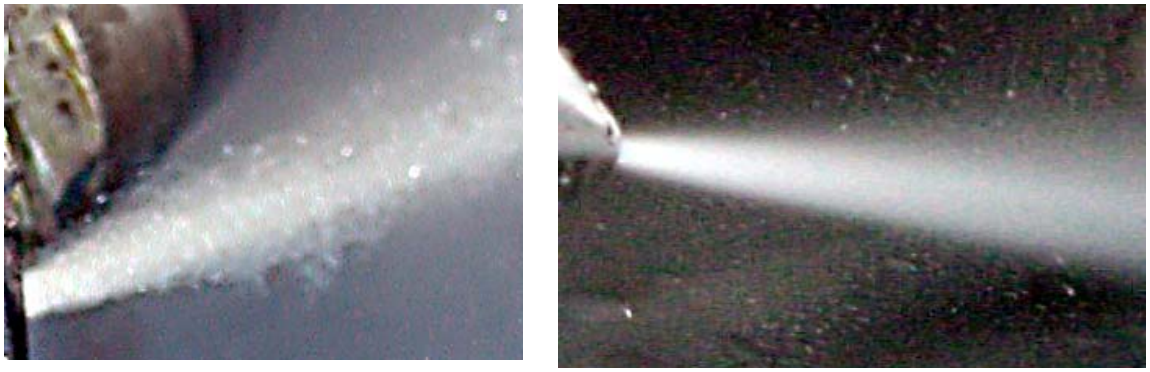


Bild 93: Strahlbild, Beispiele

Auch pulsiert bereits im Düsenkörper der Wasserdruck möglicherweise infolge des wechselnden Pumpenhubs in Abhängigkeit der Motordrehzahl (max. ca. 1.600 U/min). Hinweise hierzu gibt die Überlagerung von zwei Messkurven die mit unterschiedlichen Messmitteln aufgenommen wurden (vgl. Bild 94). Zum einen wurde die Strahlfläche mit Druckmessfolien bestimmt und zum anderen wurde der Düsendruck (gestrichelt dargestellt) mit einem digitalen Druckmanometer gemessen. Die Frequenz der Messkurven ist tendenziell sehr ähnlich.

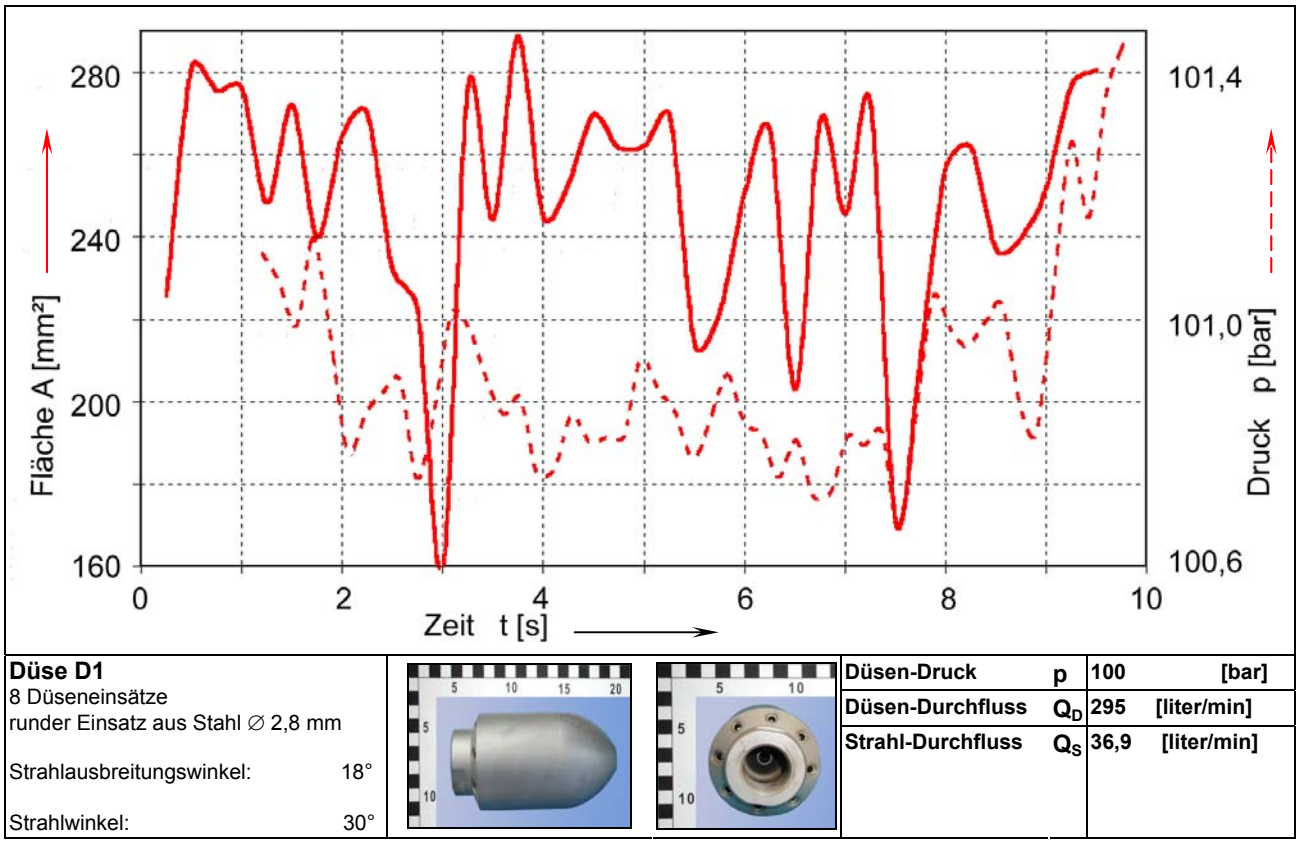


Bild 94: Überlagerung der Messkurven: Strahlfläche mit Druckmessfolie gemessen, Düsendruck mit digitalem Druckmanometer aufgezeichnet (rot gestrichelt)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Darüber hinaus ist es denkbar, dass der Zerfall des freiwerdenden HD-Strahls in Wassertröpfchen ebenfalls ein unregelmäßiger Prozess ist. Vor dem Hintergrund der o.a. Ausgangssituation ist die Erfassung der unregelmäßigen Druckimpulse aus den aufschlagenden Wassertropfen messtechnisch anspruchsvoll. Im Rahmen der Versuche wurden Druckmessfolien (vgl. Bild 87) verwendet, auf denen Drucksensoren in Form von Reihen und Spalten angeordnet sind. Die einzelnen Sensoren werden seriell, Sensor für Sensor, abgefragt. Die verwendeten Folien verfügen über Druckmesszellen in einer Matrix von 44 Reihen x 44 Spalten mit einer druckempfindlichen Fläche von je 3,63 mm² im Abstand von 1,9 mm. Nach 44 x 44 Messungen wird der komplette Durchlauf in einer Aufnahme bzw. einem „Frame“ abgespeichert (vgl. Bild 95). Dabei können bis zu 100 Frames in einer einzelnen Sekunde erfasst werden. Mit der Folge, dass in kurzer Messzeit bereits immense Datenmengen entstehen.

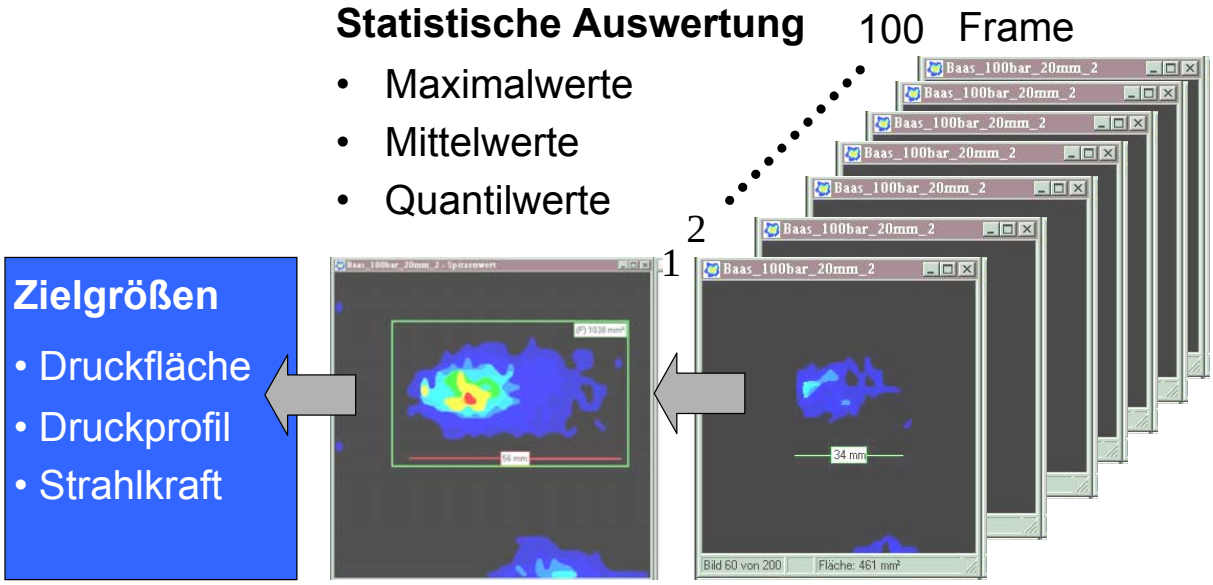


Bild 95: Statistische Auswertung von 100 Frames zu einem Druckbild

In einem ersten Schritt waren daher orientierende Vorversuche zur Festlegung einer geeigneten Frequenz für die serielle Abtastung der Drucksensoren und der Zeitdauer der Gesamtmessung notwendig. Dabei wurde empirisch die benötigte Anzahl von Messwerten (Frames) ermittelt, nach deren Auswertung kaum noch gravierende Änderungen am Druckbild auftraten und eine gute quantitative Abstufung erreicht wurde. Im Ergebnis konnten weitgehend reproduzierbare Druckbilder mit einer Abtastrate von ca. 20 Hz bzw. 5 x 10^{-2} Sekunden auf einer Zeitdauer von 10 Sekunden erzielt werden. Dabei wird die bestrahlte Fläche im Bereich der 44 x 44 Drucksensoren ca. 100 mal abgetastet. Die Auswertung der Messdaten ergibt dann bereits ein typisches Druckbild für den HD-Strahl. Eine längere Messwertaufnahme mit noch größeren Datenmengen verändert die Ergebnisse nur noch geringfügig.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Trotz dieser hohen Abtastrate darf bei der Interpretation der Messergebnisse die zeitdiskrete Erfassung der Messwerte nicht außer Acht gelassen werden, insbesondere bei der Betrachtung der visualisierten Druckbilder, die eine gleichzeitige Erfassung der Messdaten suggerieren. Tatsächlich können zwischen den gemeinsam dargestellten Bildpunkten jedoch Zeitunterschiede von bis zu 10 Sekunden liegen.

Wesentliches Auswertungsziel der Druckfolienmessungen war die Erarbeitung von Kriterien zur Kennzeichnung der Strahl-Aggressivität verschiedener Düsensysteme; und zwar auf der Basis typischer Druckbilder, die von den HD-Strahlen auf einer Oberfläche erzeugt werden. Die Voruntersuchungen zeigten, dass in dem charakteristischen Druckprofil über der Auftreff-Fläche i.d.R. ein Strahlkern mit einer ausgeprägten Druckspitze gemessen wird. Die Druckfolienmessungen wurden daher nach den folgenden Zielgrößen ausgewertet:

- Auftreff-Fläche des HD-Strahls
- Druckwerte in sämtlichen Flächenzellen (einschließlich der Druckspitze)
- Strahlkraft (durch Integration der Druckwerte über die Fläche)

Die Interpretation der vergleichsweise kleinflächigen Druckspitze ist unsicher, da hier lediglich kleine Teilmengen aus den Messdaten betrachtet werden können. Doch ist zu vermuten, dass insbesondere dieser Strahlkern bzw. der Spitzendruck zur Kennzeichnung der spezifischen Aggressivität von Düsen von Bedeutung ist. Vor diesem Hintergrund wurden die Messdaten mit verschiedenen (statistischen) Methoden ausgewertet (vgl. Tabelle 29). Im ersten Schritt wurden für jede der 44x44 Zellen die Mittelwerte, Maximalwerte und Fraktilwerte (90 %) aus den 100 Frames berechnet und in einem Druckbild dargestellt. Um den Einfluss von punktuell auftretenden zufälligen Schwankungen durch Mess-Störungen abzumindern, wurden darüber hinaus statistische Glättungsverfahren angewendet. Zur Elimination von „Ausreißern“ wird dabei jeder Wert in Abhängigkeit seiner Umgebungswerte nach einem festgelegten Algorithmus angepaßt. Nach einem Vergleich der Auswertungsmethoden wurde ein Modus zur Auswertung des Gesamtprogramms festgelegt.

Tabelle 29: Statistische Auswertung der Messwerte zur Darstellung im Druckbild

	Methode	im Druckbild dargestellte Werte
A	**Maximalwerte**	Maximaler Druckwert je Zelle aus 100 Frames ausgezählt
B	**Quantilwerte**	90%-Quantilwerte je Zelle aus 100 Frames bestimmt
C	**Maximalwerte, Glättung I***	Maximalwert je Zelle unter Berücksichtigung von 8 Umgebungswerten geglättet* (die Software bereinigt damit übliche Messfehler)
D	**Maximalwerte, Glättung II***	Glättung der Maximalwerte wie unter (3), jedoch wurde darüber hinaus die Druckspitze mit den unmittelbaren Umgebungswerten gemittelt*
E	**Mittelwerte**	Mittelwert je Zelle aus 100 Frames gemittelt

* Nutzung der für die Messaufgabe vorgesehenen Auswertungssoftware „TekScan“ des Messmittel-Anbieters CMV

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

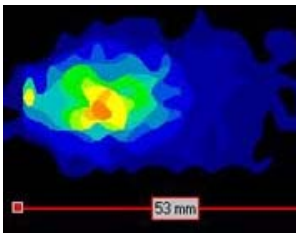
In Tabelle 30 ist ein Auswertungsbeispiel für die Düse D2 bei einem Düsendruck von 100 bar und einem Strahlabstand von 18,5 mm dargestellt. Das Druckprofil zeigt einen Strahlkern mit deutlich höheren Druckwerten als in dem umgebenden Randbereich. In dem Strahlkern zeigt sich eine ausgeprägte Druckspitze, im folgendem „Spitzendruck“ genannt.

Tabelle 30: Druckprofil-Darstellung nach unterschiedlichen Auswertungsmethoden



Düse D2

12 Düseneinsätze
∅ 2,2 mm
runder Einsatz
aus Stahl



Parameter

100 bar Düsen-Druck
300 liter/min Vol.-Strom
25 liter/min Strahl-Durchfluss
18,5 mm Strahlabstand

Bild 96: Strahldruckfläche (348 mm²)

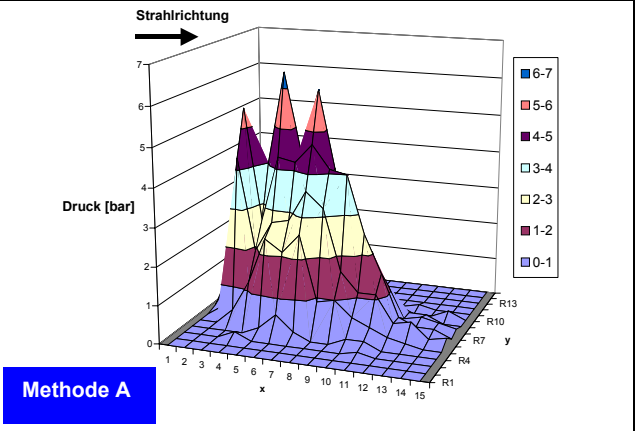


Bild 97: Druckbild, Beispiel für Auswertung nach Maximalwerten

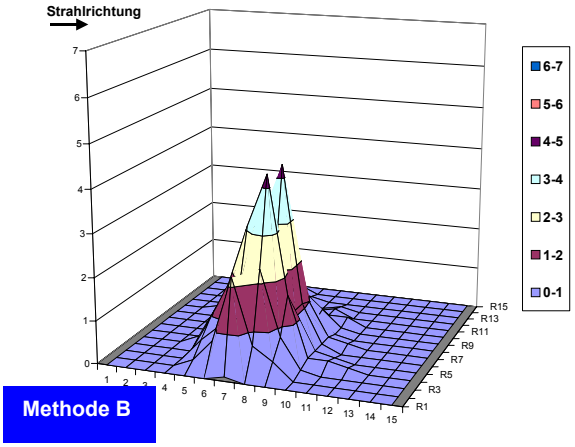


Bild 98: Druckbild, Beispiel für Auswertung nach Quantilwerten 90%

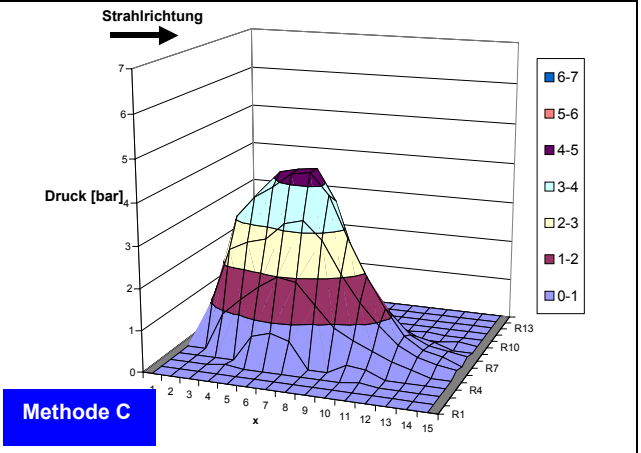


Bild 99: Druckbild, Beispiel für Auswertung nach Maximalwerten mit Glättungsfunktion

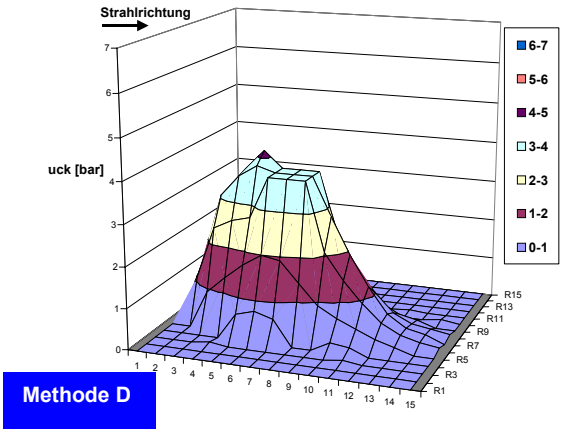


Bild 100: Druckbild, geglättete Maximalwerte - Druckspitze mit Umgebung gemittelt (3x3 Werte)

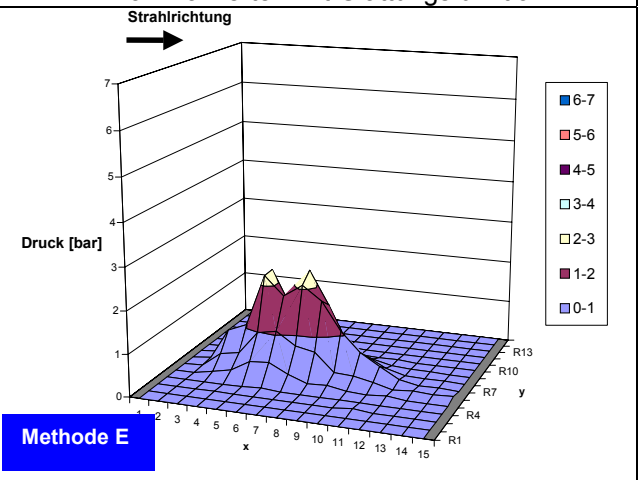


Bild 101: Druckbild, Beispiel für Auswertung nach Mittelwerten

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Im Vergleich zeigt die Darstellung der Maximalwerte *(Methode A)* gegenüber den Mittelwerten *(Methode E)* einen deutlich höheren Spitzendruck und ein wesentlich kompakteres Druckbild. Die gravierenden Unterschiede weisen auf die große Schwankungsbreite der gemessenen Druckwerte hin. So ist der Maximalwert des Spitzendruckes mit 6,4 bar ca. 3 mal so hoch wie sein Mittelwert mit ca. 2,2 bar. Die Auswertung nach den Maximalwerten mit einem Glättungsalgorithmus *(Methode C und D)* ergibt für den Spitzendruck 4,3 bar bzw. 3,7 bar, d.h. der gemessene Maximalwert von 6,4 bar wird deutlich um mehr als ein Drittel reduziert. Das Druckprofil bleibt insgesamt jedoch vergleichsweise kompakt bzw. wird nur unwesentlich schlanker als die Darstellung der Maximalwerte. Auch die Auswertung der 90 %-Quantilwerte *(Methode B)* ergibt einen Spitzendruck von ca. 4,3 bar. Hier fällt das Druckprofil jedoch ähnlich wie bei der Darstellung der Mittelwerte sehr schlank aus.

Im Gesamtblick der verschiedenen Darstellungen zeigt sich, dass es notwendig ist, die Messwerte durch ein statistisches Verfahren abzusichern. Dies zeigt sich insbesondere an dem Spitzendruck. Vereinzelt auftretende Maximalwerte, die in einem Bruchteil einer Sekunde gemessen wurden, sind wenig repräsentativ, um sie als charakteristisches Merkmal zur Kennzeichnung der Düseneigenschaften nutzen zu können. Bild 102 zeigt anschaulich wie der absolute Maximalwert von 6,4 bar durch verschiedene Auswertungsmethoden beträchtlich abgemindert wird.

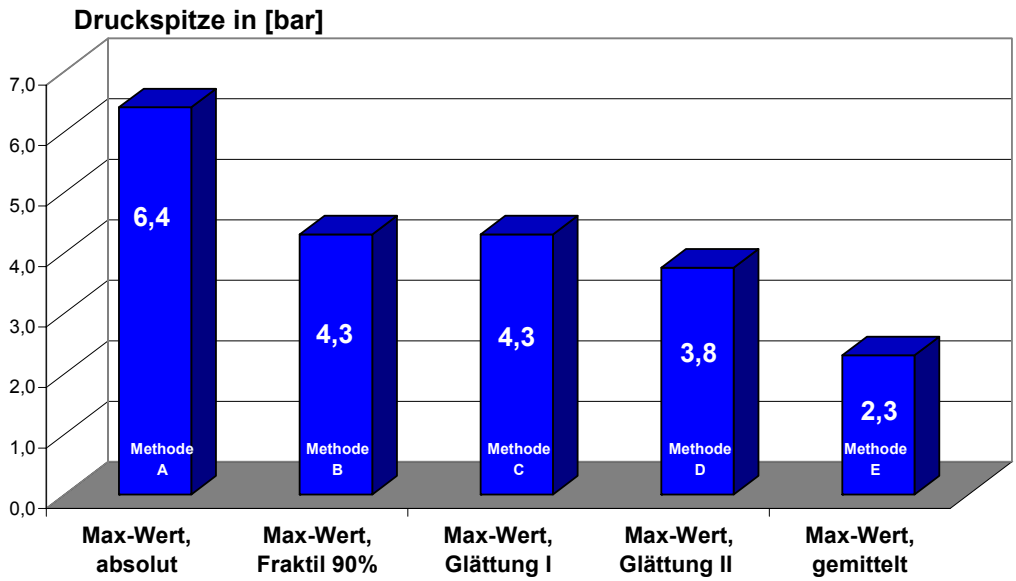


Bild 102: Druckspitzenwerte in Abhängigkeit der Auswertungsmethode, Beispiel für Düse D2 bei 100 bar Düsendruck, 25 l/min Strahldurchfluss und 18,5 mm Strahlabstand

Darüber hinaus zeigte sich, dass sich das Druckprofil je nach Auswertungsmethode mehr oder weniger „kompakt“ bzw. „schlank“ darstellt. Dies wird besonders bei der Betrachtung der resultierenden Strahlkraft, die durch Integration der Druckwerte über die Auftreff-Fläche bestimmt werden kann, deutlich (vgl. Bild 103). Im Beispiel errechnet sich die resultierende Strahlkraft auf Basis der Mittelwerte zu 11,9 Newton.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Im Vergleich dazu ergibt sich auf Basis der Maximalwerte eine über viermal so hohe Kraftresultierende von 47,7 Newton. Mit 46,0 Newton ähnlich hoch ist die errechnete Kraftresultierende nach Anwendung der Glättungsfunktionen. Demgegenüber führt die Auswertung nach den 90 %-Quantilwerten, wie die Anschauung in Tabelle 30 bereits vermuten ließ, zu einer deutlich niedrigeren Kraftresultierenden von 22,6 Newton.

Bemerkenswert ist der Vergleich der o.a. berechneten Werte aus der Druckfolienmessung mit den parallel über eine Druckmessdose gemessenen Werten (vgl. Bild 90). Diese Messung über ein zweites, unabhängiges Messsystem diente als Plausibilitätskontrolle für die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse aus den Druckfolienmessungen. Dabei wurde mit 42,7 Newton eine resultierende Strahlkraft gemessen, die nahe an die resultierende Kraft aus den Maximalwerten der Druckfolienmessung heranreicht (vgl. Bild 103). Aufgrund des beschriebenen Einflusses der Luftströmung bzw. Ejektorwirkung und der Reibungsverluste bei der Kraftübertragung sind die mit der Druckmessdose gemessenen Werte grundsätzlich niedriger als die tatsächliche Strahlkraft unmittelbar auf die Prallwand.

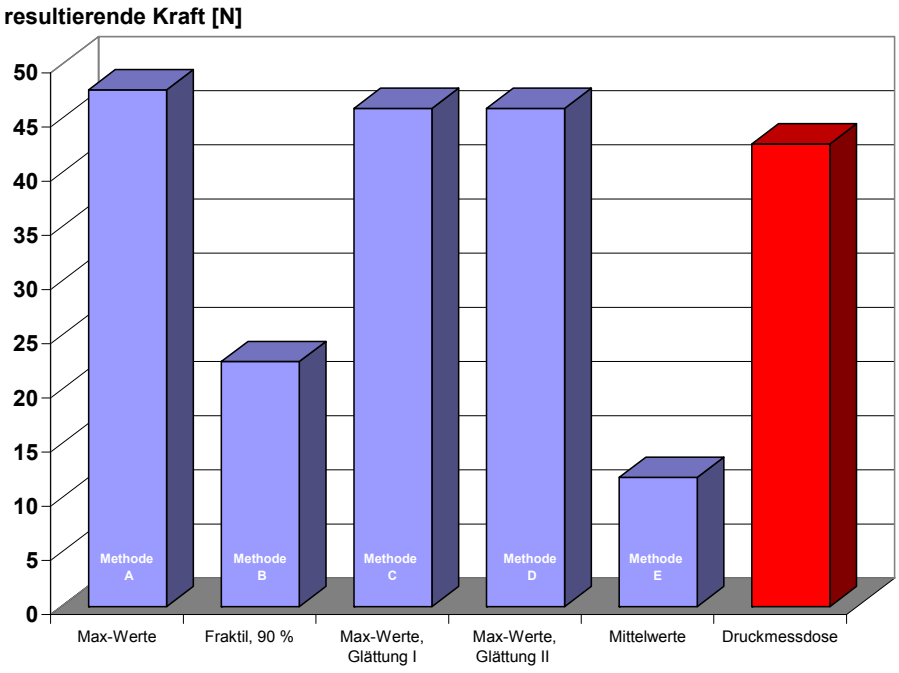


Bild 103: Resultierende Strahlkraft durch Druckfolienmessungen nach verschiedenen Auswertungsmethoden ermittelt im Vergleich zur Druckmessdosen-Messung

Aufgrund der guten Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Parallel-Messungen mittels Druckmessdose wurden für die Auswertung des Gesamtprogramms die Auswertungsmethoden C und D gewählt (vgl. Tabelle 29). Hierbei werden nach einem festgelegten Algorithmus geglättete Maximalwerte dargestellt. Im Auswertungsmodus D wird darüber hinaus der Spitzendruck in Abhängigkeit der unmittelbaren Nachbarwerte gemittelt.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.5.2.3 Untersuchungsparameter und Messergebnisse

Nachdem in Abschnitt 4.5.1 die Auftreff-Flächen der HD-Strahlen auf eine Oberfläche durch optische Erfassung des Strahlausbreitungswinkels abgeschätzt wurde, konnten diese sowie der Auftreffdruck im Rahmen der Druckfolienmessungen messtechnisch bestimmt werden. Dabei muss beachtet werden, dass die gemessenen Auftreff-Flächen nur die Flächenanteile eines Druckprofils beinhalten, bei denen der Druck eine von der Druckmessfolie vorgegebene Ansprechschwelle überschreitet (hier 0,03 bar).

Im Rahmen der Versuche wurden folgende **Parameter** variiert:

- Düsendruck (60, 80, 100 bar)
- Düsendurchfluss (32, 40 und 53 liter/min) bzw. Düseneinsatzdurchmesser
- Strahlwinkel (10°, 20° und 30°)
- Strahlabstand (18,5, 28,5, 38,5, 48,5, 58,5 und 68,5 mm)

Als Strahlabstand wurde der rechtwinklige Abstand von der parallel zur Düse ausgerichteten Messfolie bis zum Austrittspunkt des Wassers an der Düse festgelegt. Die schematische Darstellung in Bild 104 verdeutlicht die Versuchsanordung von Düse und Messfolie und erläutert die Festlegung der Begriffe „Strahlabstand“, „Strahllänge“ und „Strahlwinkel“. Der Strahlwinkel entsteht zwischen einer Parallelen zur Hauptachse der Düse und der Achse des Düseneinsatzes. Der Strahlausbreitungswinkel beschreibt die Aufweitung des Strahls unmittelbar nach dem Austritt aus der Düse. Als Strahllänge wird der Weg in der Mittelachse des Strahles bis zum Auftreffpunkt auf die Messfolie bezeichnet.

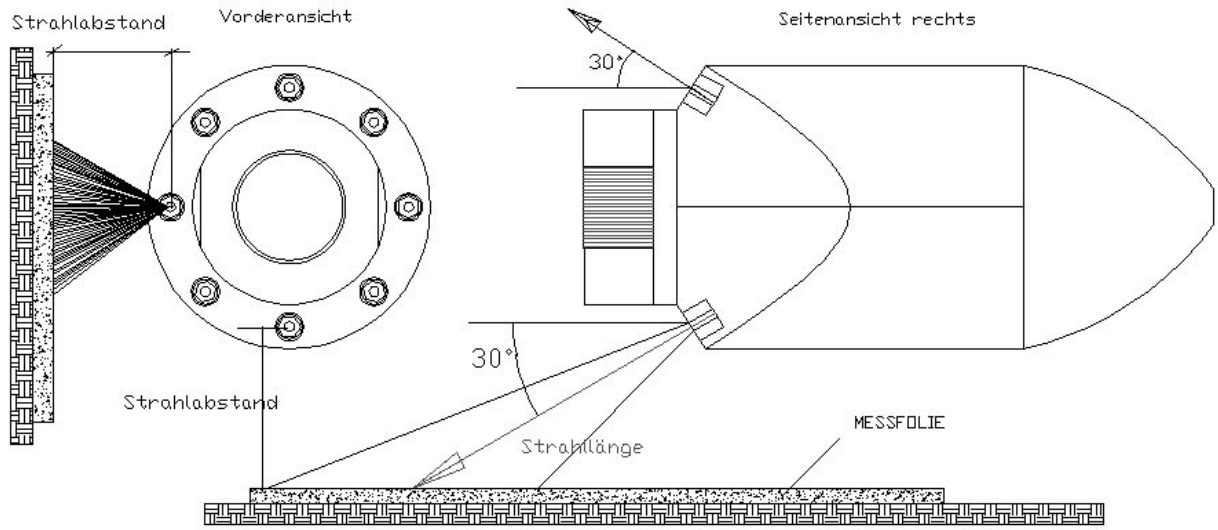


Bild 104: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus und Strahlabstands

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Insgesamt wurden weit über 200 Versuche mit der Messfolie aufgezeichnet. Dabei wurden folgende **Messgrößen** für jede Einzelstrahl-Untersuchung erfasst:

- **Betriebsparameter p [bar], Q [l/min]**
  Druck- und Durchfluss unmittelbar vor dem Düsenkörper
- **Druckprofil [bar]**
  vom messbaren Schwellenwert bis zu einem Spitzendruck (ca. 0,03 – 7 bar)
- **Druckflächen [mm²]**
  Summe von Messzellen oberhalb des Schwellenwertes

Um die Reproduzierbarkeit der Messdaten zu verifizieren, wurden grundsätzlich bei allen Parametervariationen jeweils 3 Versuche unter identischen Randbedingungen durchgeführt. Dabei wurde die Strahlauftrefffläche bestimmt und deren Form betrachtet. Darüber hinaus wurde die Strahldruckverteilung und der Spitzendruck entsprechend dem zuvor beschriebenen Auswertungsmodus ausgewertet. Es zeigt sich, dass die Flächenwerte und Spitzendrücke im Rahmen der Versuchswiederholungen nur geringfügig, um weniger als 3 % schwankten. Auch die optische Betrachtung der Strahlbilder bestätigen eine gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse. Die farbigen Flächen im Bereich einer Druckstufe haben annähernd gleichartige Formen. Die nachfolgenden Bilder zeigen dies beispielhaft (vgl. Bild 105).

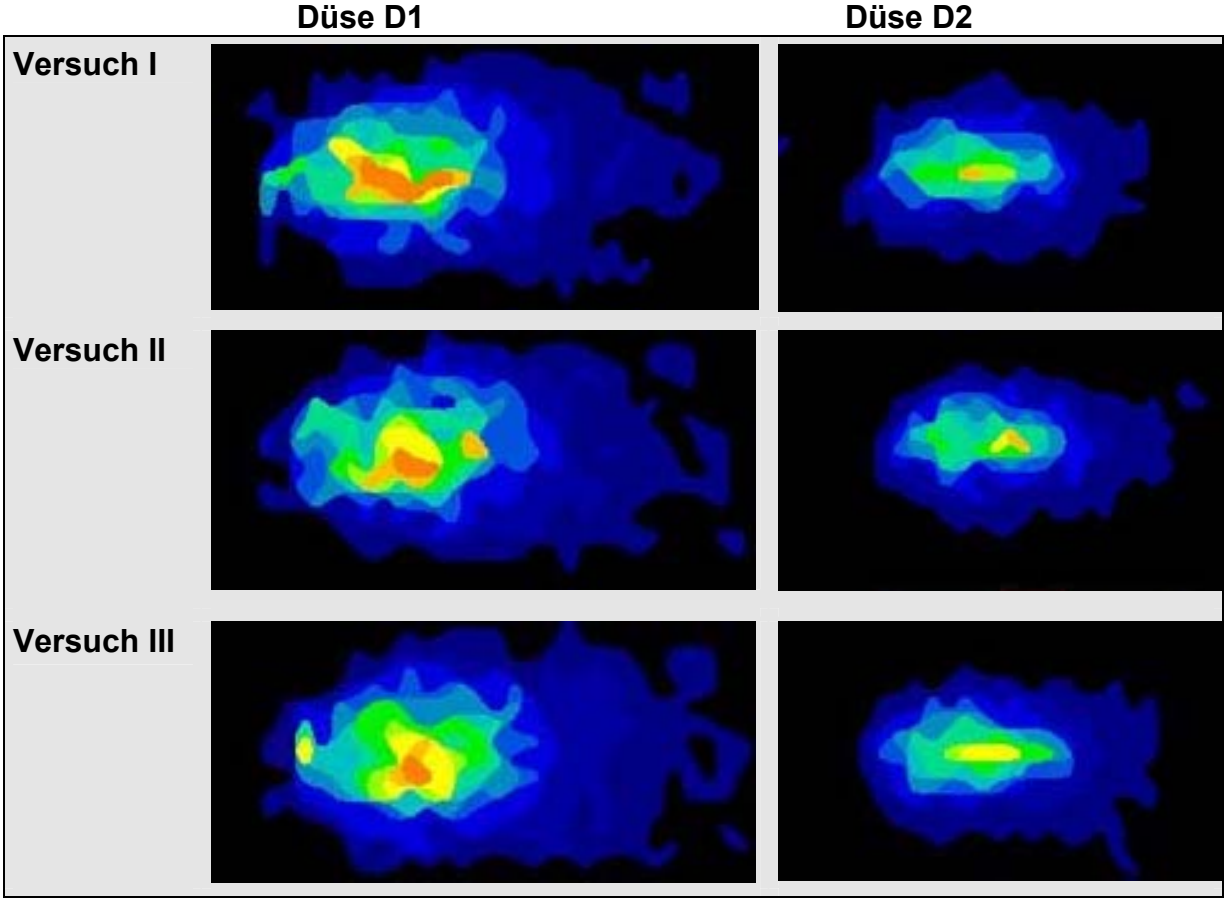


Bild 105: Versuchswiederholungen bei 100 bar Düsendruck und 28,5 mm Strahlabstand für zwei Düsen, Beispiel

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die Druckprofile wurden jeweils über eine Messzeit von 10 Sekunden aufgenommen. Die Farbänderungen entsprechen Druckstufen deren Intensität sich von Blau über Grün bis zu Rot steigert. Die Anschauung zeigt eine gute Reproduzierbarkeit der Flächenformen für eine Druckstufe. Schwankungen sind vornehmlich bei der Form bzw. den Umrissen der Flächen erkennbar.

Aufgrund des größeren Strahlausbreitungswinkels wurde erwartungsgemäß für die Düse D1 gegenüber der Düse D2 eine erheblich größere Auftreff-Fläche messtechnisch bestimmt. Für beide Düsen wurde darüber hinaus ein Vergleich mit einer theoretisch aus Geometriedaten berechneten Auftreff-Fläche durchgeführt. Dabei wurde eine elliptische Schnittfläche durch einen rotationssymmetrischen Strahl angenommen.

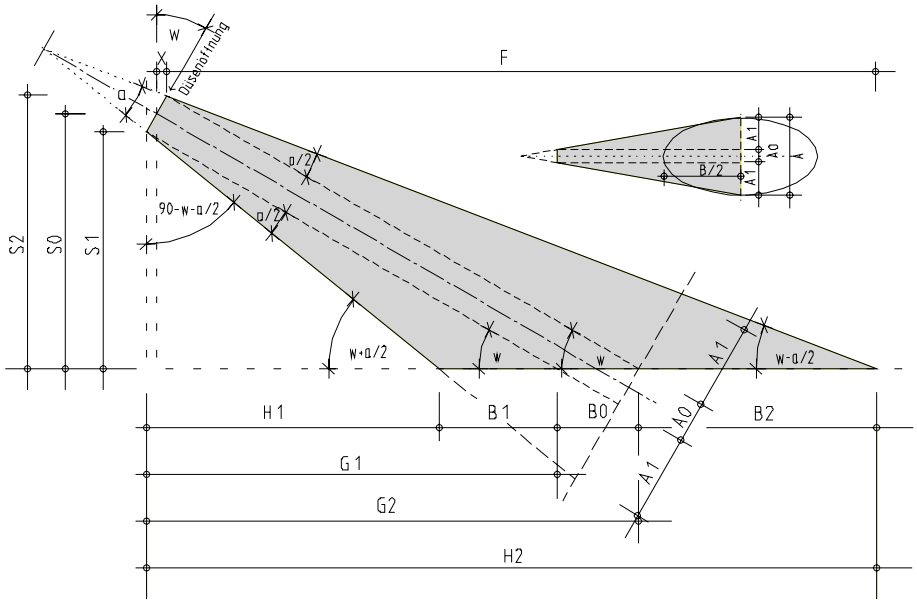


Bild 106: Skizze zur Berechnung der elliptischen Schnittfläche eines rotationssymmetrischen Strahls mit einer Ebene

In Bild 107 und Bild 108 ist das Druckbild am Auftreffort zusammen mit der Umrisskante der theoretischen Ellipsenfläche für einen Düsenabstand von jeweils 18,5 mm dargestellt.

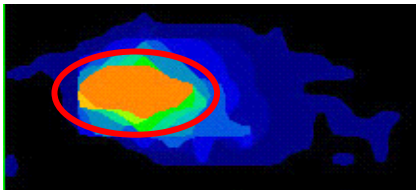


Bild 107: Düse D1,
18° Strahlausbreitungswinkel
100 bar Düsendrück,
18,5 mm Strahlabstand

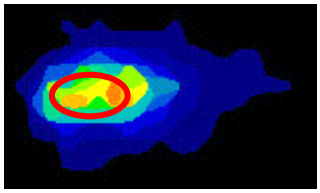


Bild 108: Düse D2,
7° Strahlausbreitungswinkel
100 bar Düsendrück,
18,5 mm Strahlabstand

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Es zeigt sich, dass die über Drucksensoren ermittelte Auftreff-Fläche deutlich größer ist als nach den geometrischen Berechnungen zu erwarten war. Die Anschauung der Druckbilder und auch die Beobachtungen von HD-Strahlen in einem durchsichtigen Plexiglaskanal lassen vermuten, dass ein Teil des auftreffenden Wassers zurückspritzt, aber ein anderer Teil als Film über die Oberfläche abfließt. Dieser Film verteilt vermutlich die Druckkraft, so das die Druckspannungen immer noch oberhalb der Ansprechschwelle der Drucksensoren liegen.

Bild 109 stellt die gemessene und die aus den Geometriebedingungen berechnete elliptische Auftreff-Fläche für die Strahlausbreitungswinkel von 7° und 18° (schwarze Kurven) in Abhängigkeit von Strahlabstand und Düsendruck dar. Entsprechend der Annahme, dass bei der Druckfolienmessung der Wasserfilm-Bereich mitgemessen wird, ist die gemessene Auftreff-Fläche deutlich größer als die berechnete Ellipsenfläche. Jedoch sind Steigung und Verlauf der Messwert-Kurven der Ellipsenfunktion z.T. ähnlich.

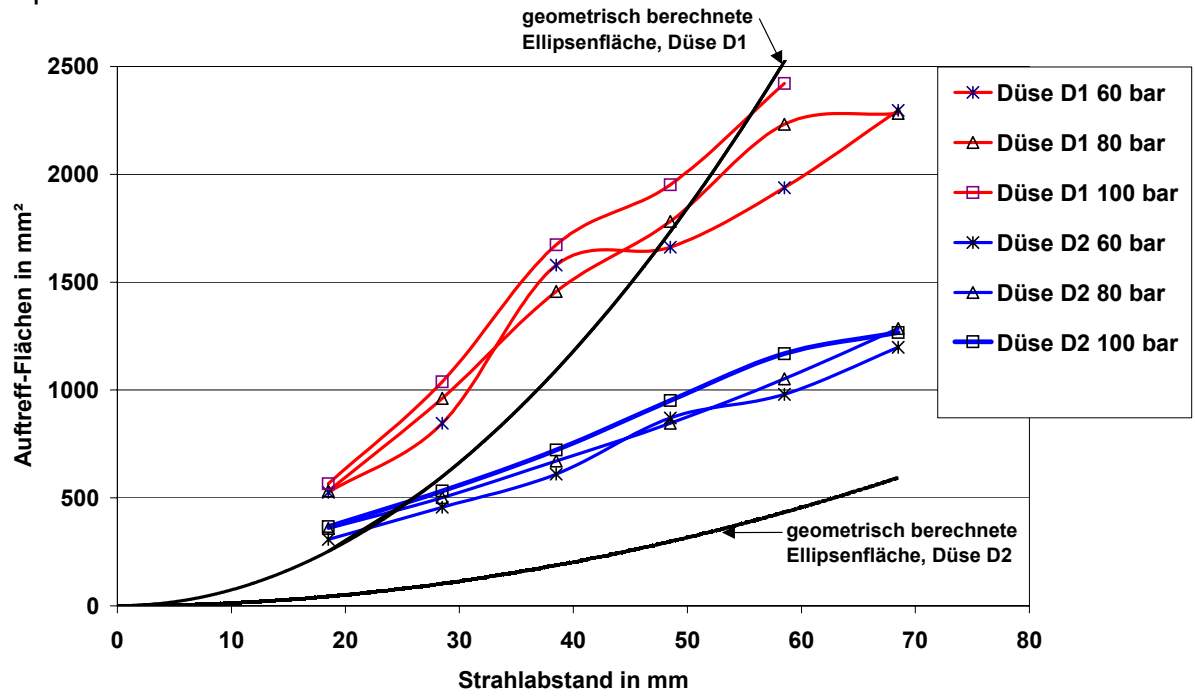


Bild 109: Strahlauftreff-Fläche in Abhängigkeit des Strahlabstandes

Mit größer werdendem Strahlabstand nähern sich die gemessenen und berechneten Kurven an. Insbesondere bei der Düse D1 unterschreiten die Messwerte ab einem Strahlabstand von 50 mm sogar die zugehörige Ellipsenfunktion. Dies kann möglicherweise durch Messfehler bzw. auch –schwankungen andererseits aber auch dadurch begründet sein, dass mit zunehmender Entfernung von der Düse die Wassertropfen im Strahl von der umgebenden Luft teilweise soweit abgebremst werden, dass die Druckbelastung beim Auftreffen auf die Messfolie unterhalb der Ansprechschwelle liegt. Bei noch größeren Strahlabständen ist zu erwarten, dass die gemessene Auftreff-Fläche kontinuierlich kleiner wird, bis sie durch die Drucksensoren nicht mehr erfasst werden kann.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Bemerkenswert ist, dass diese Vermutung insbesondere durch Messwerte unterstützt wird, die bei größeren Düsendrücken ermittelt wurden. Ein möglicher Erklärungsansatz könnte darin bestehen, dass größere Düsendrücke den Wasserstrahl stärker „zerstäuben“ und so kleinere Tropfen entstehen, die dann auf ihrem Weg aufgrund der geringeren Masse und der größeren Luftzwischenräume stärker abgebremst werden. Im Vergleich der Düsen ist bei der Düse D2 mit geringem Strahlausbreitungswinkel die oben beschriebene Wirkung anhand der Messdaten weniger belegbar, möglicherweise breitet sich der Strahl weniger stark aus, so dass auch weniger Luft mitgerissen wird. Weniger Luft im Strahl bedeutet dann auch geringere Reibungsverluste für die Wassertropfen.

Mit der Erhöhung des Düsendruckes von 60 auf 100 bar erhöhte sich die Auftreff-Fläche maximal um 20 %. Optisch bzw. durch fotografische Vermessung ist eine Strahlaufweitung bei unterschiedlichen Düsendrücken nicht feststellbar gewesen. Evtl. lassen sich diese Schwankungen ebenfalls durch den Wasserfilm begründen. Es ist denkbar, dass bei höheren Drücken im Randbereich des Wasserfilms zusätzliche Drucksensoren oberhalb der Ansprechschwelle angesprochen werden.

In den gemessenen Druckprofilen waren prinzipiell ausgeprägte Druckspitzen im Strahlkern erkennbar (s. z.B. Bild 97). Zur Bestimmung des Spitzendruckes wurden entsprechend dem gewählten Auswertungsmodus D (vgl. Abschnitt 4.5.2.2) die maximalen Druckmesswerte geglättet und mit den unmittelbaren Umgebungswerten gemittelt. Für den Düsendruck von 100 bar ist in Bild 110 ein Auswertungs-Beispiel dargestellt. Im Vergleich der Düse D1 und Düse D2 wurden für die Düse D1 grundsätzlich höhere Druckspitzenwerte gemessen.

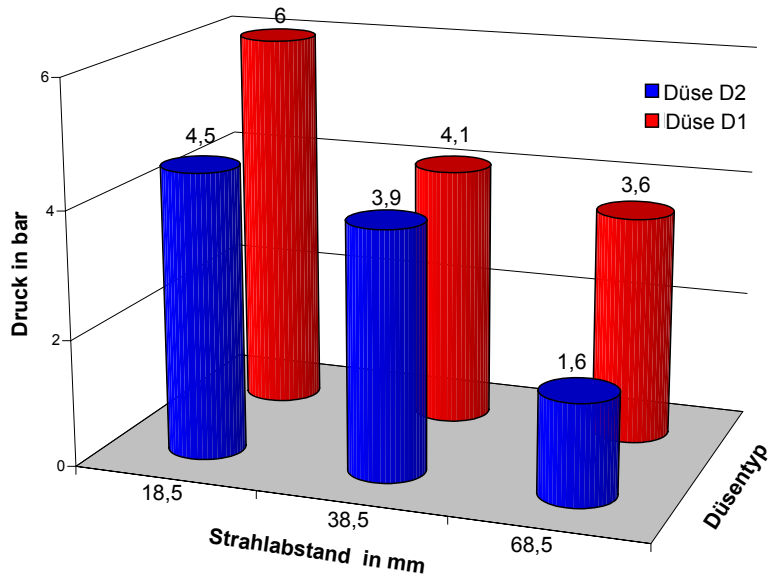


Bild 110: Spitzendruck in Abhängigkeit des Strahlabstandes

Der höchste Spitzendruck wurde bei beiden Düsen erwartungsgemäß bei dem kürzesten Strahlabstand von 18,5 mm gemessen. Mit 6 bar ist die Druckspitze der

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Düse D1 um mehr als 30 % größer als bei der Düse D2. Mit zunehmendem Strahlabstand fällt der Spitzendruck bei beiden Düsen deutlich ab. Wird der Strahlabstand um 5 cm erhöht, so reduziert sich der Spitzendruck bei der Düse D1 um 40 %. Im Fall der Düse D2 fällt der Spitzendruck noch deutlicher, um mehr als 60 % ab.

Der Strahl einer Düse entsteht am Düsenaustrittspunkt. An dieser Stelle sind Bohrungen für austauschbare Düseneinsätze angeordnet. Den Einfluss der Wasserführung in den Düseneinsätzen zur Ausbildung des Strahls, zeigen die Strahldruckbilder von zwei verschiedenen Düseneinsätzen (vgl. Bild 111 und Bild 112). Sie wurden jeweils mit dem gleichen Düsenkörper, bei einem Druck an der Düse von jeweils 100 bar und einem Durchfluss von ca. 280 liter/min erzeugt. Allein die Düseneinsätze wurden für den jeweiligen Versuch gewechselt. Dabei wurden kreuzförmige Düseneinsätze mit den üblicherweise runden Düseneinsätzen verglichen.

Der anschauliche Vergleich der beiden getesteten Düseneinsätze zeigt deutliche Unterschiede hinsichtlich der Strahlflächen und der jeweiligen Strahldruckverteilung auf. Der Düseneinsatz mit kreuzförmiger Wasserführung erzeugt einen kompakten, intensiven Strahl, während der Strahl aus dem runden Düseneinsatz großflächiger auftrifft und kein ausgeprägtes Zentrum ausbildet.

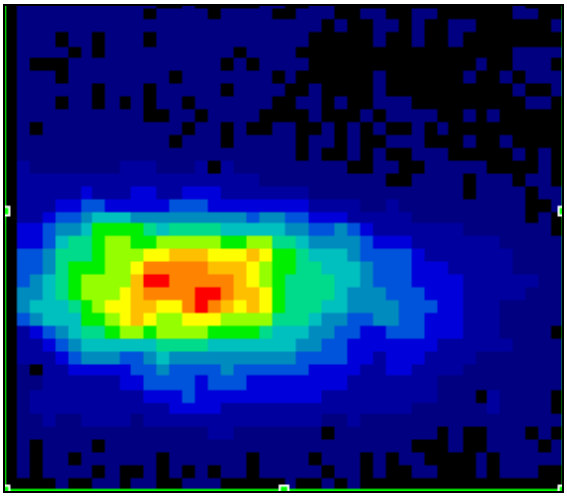


Bild 111: Druckbild, kreuzförmiger Düseneinsatz

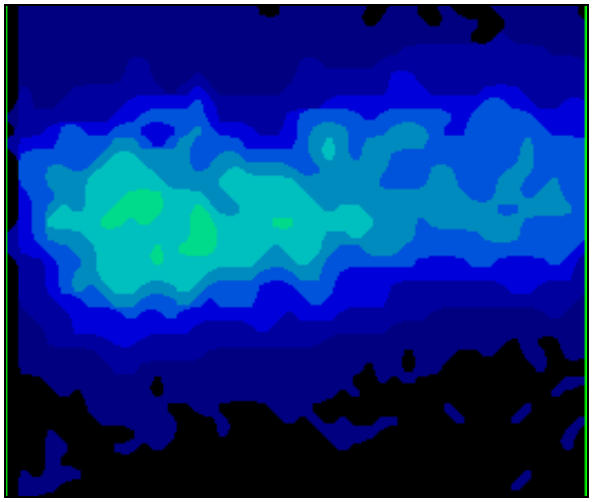


Bild 112: Druckbild, runder Düseneinsatz

Dies zeigt, dass bei einer Düse unter Anwendung gleicher Betriebsparameter durch einfaches Wechseln der Düseneinsätze drastische Änderungen im Druckprofil des Strahlbildes auftreten können. Grundsätzlich stellt sich jedoch die Frage, ob das Druckprofil auch die Lösewirkung der HD-Strahlen repräsentiert.

Im Gesamtblick konnten mit Hilfe der Folienmessung für verschiedene HD-Strahlen charakteristische Druckprofile auf einer Oberfläche bestimmt werden. Aus ihnen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

wurden die bestrahlte Auftreff-Fläche, der maximale Spitzendruck und die resultierende Strahlkraft in Abhängigkeit des Strahlabstandes und des Düsendruckes bestimmt. Inwieweit diese Eigenschaften des Druckprofils die Aggressivität bzw. abrasive Wirkung des HD-Strahls gegenüber einer Ablagerung oder einem Rohrwerkstoff charakterisieren, kann allein hierdurch aber nicht geklärt werden. Anschaulich ist die abrasive Wirkung eines HD-Strahls auf eine Oberfläche immer auch von der Einwirkzeit und den dortigen Materialeigenschaften abhängig. Vor diesem Hintergrund wurden weitergehende Versuche zur Abbildung der Lösewirkung von HD-Strahlen an Modellsedimenten durchgeführt.

4.5.3 Abbildung der Lösewirkung im Material

Im Rahmen von ersten Vorversuchen wurden Rohrsegmente mit Mörtel beschichtet und durch einzelne Hochdruckwasserstrahlen aus rund- und kreuzförmigen Düseneinsatz-Querschnitten belastet. Insgesamt wurden drei verschiedene Mörtel (unterschiedlicher Festigkeit) auf die Rohrsegmente aufgebracht und für zehn Sekunden unter Volllast des Reinigungsfahrzeuges (320 l/min mit 150 bar) im Versuchstand bestrahlt. Der Hochdruckwasserstrahl hat die ca. 1 cm starke Mörtelschicht aller drei Härteklassen am Auftreffpunkt vollständig erodiert. Mit steigender Festigkeit des Mörtels ist die unmittelbare Wirkfläche des Strahls umso definierter erkennbar. Deutlich unterschiedlich gestalten sich die Ausspülungen im weiteren Verlauf hinter dem unmittelbaren Auftreffort des Wasserstrahls. Im weichen Mörtel erodiert der abfließende Wasserfilm großflächig Material ab, jedoch nur noch bis zu einer geringen Tiefe von maximal 5 mm. Im harten Mörtel ist lediglich ein kurzer „Schweif“ entstanden (vgl. Bild 113).



Bild 113: Abrasion an Modellsedimenten aus Mörtel durch stationären HD-Strahl

Die in Bild 114 dargestellten mit weicher Mörtelmischung (MG I) beschichteten Tafeln wurden mit gleicher Düse und gleichen Reinigungsparametern bestrahlt. Einziger Unterschied war die Art der Düseneinsätze. In Bild 114 oben ist die Erosion durch einen Strahl aus rundem Keramikeinsatz, unten durch einen bei kreuzförmiger Wasserführung verursacht worden. Das Strahlbild des Düseneinsatzes mit kreuzförmiger Wasserführung war vergleichsweise kompakt und wies einen deutlich kleineren Ausbreitungswinkel auf. In beiden Fällen ist am Auftreffort sämtliches Material abgetragen worden. Durch den kleineren Strahlausbreitungswinkel war der

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Abtrag bei kreuzförmigem Düseneinsatz nur halb so breit wie bei dem runden Keramikeinsatz.

Bemerkenswert ist, dass das abfließende Wasser lediglich eine schmale Spülspur im Material erzeugt und bereits beträchtlich an Abrasionsenergie einbüßt. Selbst bei „wenig festen“ Mörtelmischungen ist der HD-Strahl überwiegend nur am unmittelbaren Auftreffort lösewirksam. Hier ist die Abrasionswirkung vergleichsweise extrem, so dass dort sogar eine kritische Beanspruchung des Rohrmaterials denkbar erscheint, insbesondere bei kurzen Strahlabständen im Sohlbereich.

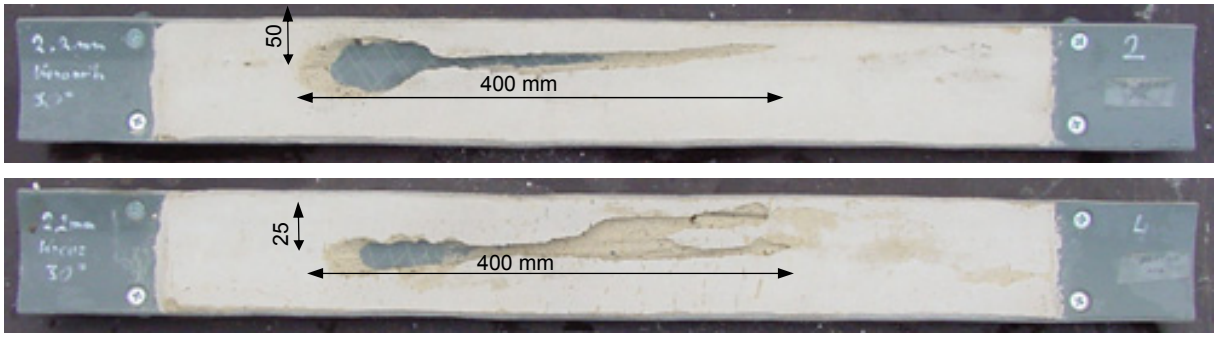


Bild 114: Abrasion an Modellsedimenten aus Mörtel (MG I) durch stationären HD-Strahl: runder Keramikeinsatz (oben), kreuzförmiger Keramikeinsatz (unten)

Um die Abrasionswirkung von HD-Strahlen unmittelbar am Auftreffort untersuchen zu können, wurden weitergehende Untersuchungen mit industriell hergestellten Steinen aus Porenbeton durchgeführt (vgl. [27]). Hier war eine hohe Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse gegeben. Durch die HD-Strahlbelastung wurde ebenfalls Materialabtrag verursacht. Dieser stellte sich bei dem Porenbeton jedoch anders dar. Neben dem abrasiven Materialverhalten waren auch Abplatzungen zu erkennen. Im Kanalnetz sind ebenfalls deutliche Unterschiede im Materialverhalten von Inkrustationen und Verfestigungen zu erwarten, da sie meist aus unterschiedlichen Quellen und Entstehungsprozessen stammen. Die Versuche mit Porenbeton stellen vor diesem Hintergrund Orientierungsversuche dar, um die grundsätzlichen Einflüsse von Strahlgeometrie und Belastungsparametern auf die Abrasionswirkung von HD-Strahlen zu erfassen. Vor diesem Hintergrund wurden an den Porenbetonsteinen systematische Versuche durchgeführt.

Vor der Belastung durch HD-Strahlen wurden die Porenbetonsteine an der Oberfläche mit roter Farbe (offenporig) angestrichen. Durch den Farbwechsel von roter Oberfläche zu weißer Steinfarbe wird die Umrisskante des Materialabtrags deutlich erkennbar. Eine standardisierte optische Darstellung des Materialabtrags bei durchweg gleichen Lichtverhältnissen wurde durch das Scannen der Steinoberflächen erreicht. Insgesamt wurden in dem Düsen-Versuchsstand (vgl. Bild 92) weit über 500 Belastungsversuche auf simulierten Modell-Verfestigungen (Porenbeton und Mörtel) mit wechselnden Parametern (Strahlabstand, Auftreffwinkel, Abstrahlwinkel und Ausbreitungswinkel in Zusammenhang mit den

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Reinigungsparametern Druck und Durchfluss) durchgeführt. Die entwickelte Versuchsanordnung ermöglicht es, die Strahlcharakteristik eines HD-Strahls in Abhängigkeit von Düsendruck, Strahlabstand und Einwirkzeit kompakt auf einem Porenbetonstein abzubilden (vgl. Bild 115).

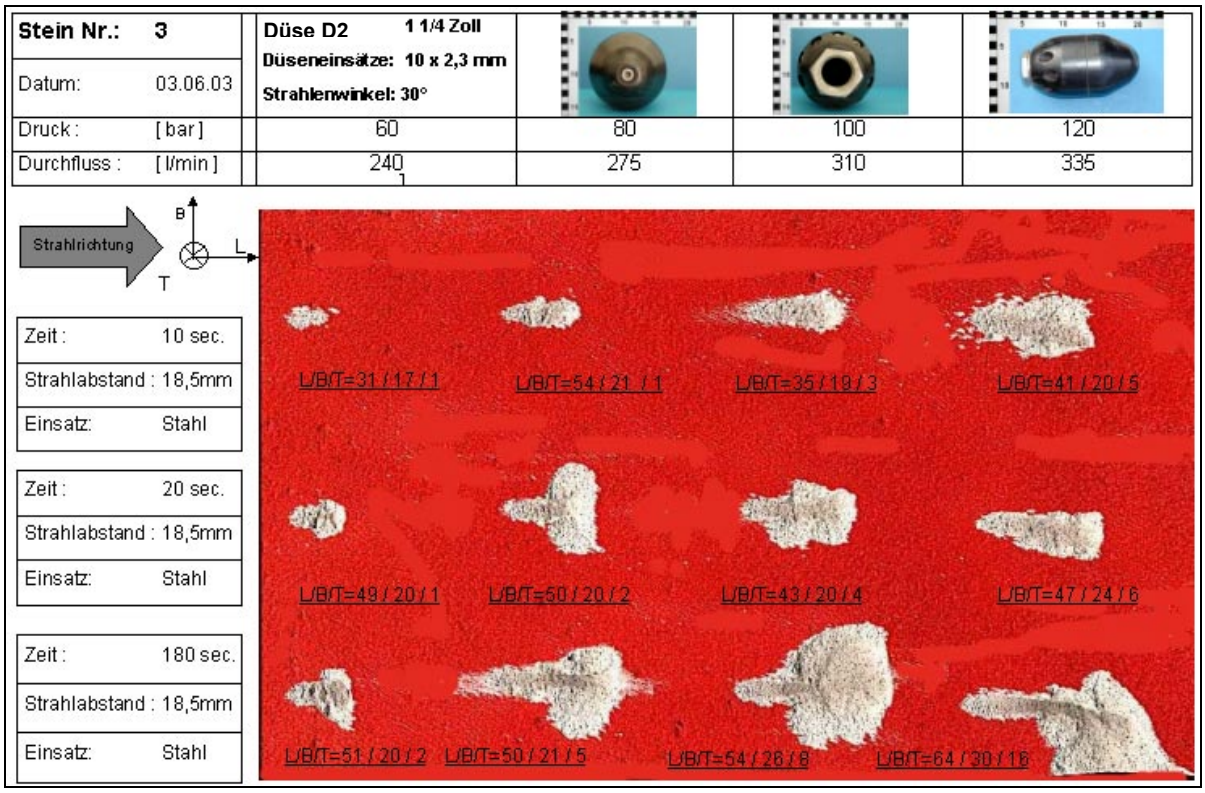


Bild 115: Erosion des HD-Strahls an Porenbeton, Beispiel Düse D2 bei 60 bis 120 bar und einer Einwirkzeit von 10, 20 und 180 Sekunden

Das Beispiel in Bild 115 zeigt anschaulich den Einfluss der **Einwirkzeit** des HD-Strahls auf die Erosion an einem Porenbetonstein. Je länger die Einwirkzeit ist, umso größer und tiefer ist der Materialabtrag. Bei der langen Einwirkzeit von 180 Sekunden gräbt sich der HD-Strahl so tief in das Material, dass es neben fortschreitender Abrasion auch zu Abplatzungen kommt. Im Vergleich erzeugte der Strahl bei längerer Einwirkzeit (20/180 Sek.) bereits bei einem vergleichsweise niedrigen Düsendruck von 80 bar einen größeren Materialabtrag als bei kurzer Einwirkzeit (10 Sek.) und sehr hohem Düsendruck von 120 bar.

Der Einfluss des Düsendruckes ist am deutlichsten anhand der Versuche mit kurzer Einwirkzeit von 10 Sekunden zu erkennen. Erwartungsgemäß wachsen mit zunehmendem **Düsendruck** die Abrasionsfläche und -tiefe grundsätzlich an. Bei niedrigem Druck von 60 bar ist zunächst nur eine kleine erodierte Fläche erkennbar. Bei der beginnenden Abrasion ist scheinbar zunächst nur der Strahlkern in der Lage, Material abzutragen. Mit zunehmenden Druck erhöht sich die Abtragstiefe und die Fläche wächst an. Dabei nimmt die Abtragsfläche in der Länge stärker als in der

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Breite zu. Im hinteren Bereich der Erosionsfläche ist der Abtrag grundsätzlich am tiefsten, da sich der Strahl an der Oberfläche beginnend immer tiefer in das Material gräbt. Ab einer gewissen Abtragstiefe wird das Material nicht mehr bis zur Oberfläche abgetragen. Es kommt zu einer Unterhöhlung der Oberfläche. Dort entsteht ein Staudruck, der dann zu einer plötzlichen Materialabplatzung führen kann.

Interessant ist die vergleichende Betrachtung der Erosionsergebnisse der kurzen und langen Einwirkzeit im Zusammenhang mit dem Düsendruck. Bei einer Verlängerung der Einwirkzeit von 10 auf 20 Sekunden treten bereits ab einem Düsendruck von 80 bar größere Materialabplatzungen auf. Bei der Steigerung des Druckes von 80 bar auf 120 bar verändern sich die Abtragsflächen kaum noch. Scheinbar ist nach einer Abplatzung des Materials die Strahllänge und die Geometrie der Auftreff-Fläche soweit verändert, dass die Strahlaggressivität nicht mehr ausreicht, um den Erosionsprozess wesentlich fortzusetzen.

Insgesamt lässt sich erkennen, dass die Erosionsbilder aufgrund ihrer zeitabhängigen Entwicklung deutlich über den ersten Auftreffort des Düsenstrahls hinauswachsen. Allerdings stimmen auch nach längerer Belastung die Abrasionsflächen im ersten Anstrahlbereich mit den Umrissen der zugehörigen Druckprofilmessung überein (Bild 116). Insbesondere die Breite der Abrasionsfläche deckt sich hier mit der Breite der gemessen Druckfläche.

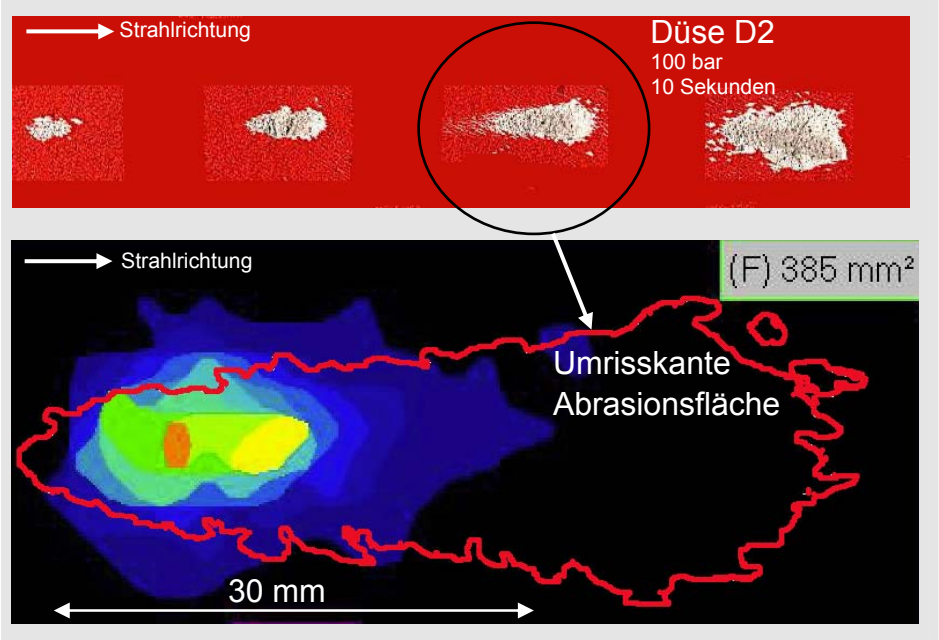


Bild 116: Überlagerung der Umrisskante der Abrasionsfläche mit dem gemessenen Druckprofil, Beispiel Düse D2, 100 bar, Strahlzeit 10 sek.

Im Rahmen der Druckfolienmessungen wurde der enorme **Einfluss des Strahlabstandes** auf die Druckspitzenwerte deutlich. Vor diesem Hintergrund sind in Bild 117 beispielhaft Erosionsbilder zusammengefasst, die den Einfluss des

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Strahlabstandes und des Strahlwinkels auf die Abrasionswirkung von HD-Strahlen abbilden. Nach einer Erhöhung des Abstandes um 50 mm von 18,5 auf 68,5 mm ist selbst bei dem hohen Strahlwinkel von 30° kaum noch Materialabtrag feststellbar.

Der **Strahlwinkel** hat ebenfalls großen Einfluss auf die Abrasionswirkung des Strahls. Während bei einem Strahlwinkel von 30° deutlicher Materialabtrag auftritt, ist bereits bei einem Strahlwinkel von 20° selbst bei kurzem Strahlabstand lediglich geringer Abtrag feststellbar. Bei einem Strahlwinkel von 10° (Düse D12) ist nur noch optisch kleinflächiger Farbabrieb erkennbar, eine Abtragstiefe ist nicht mehr messbar.

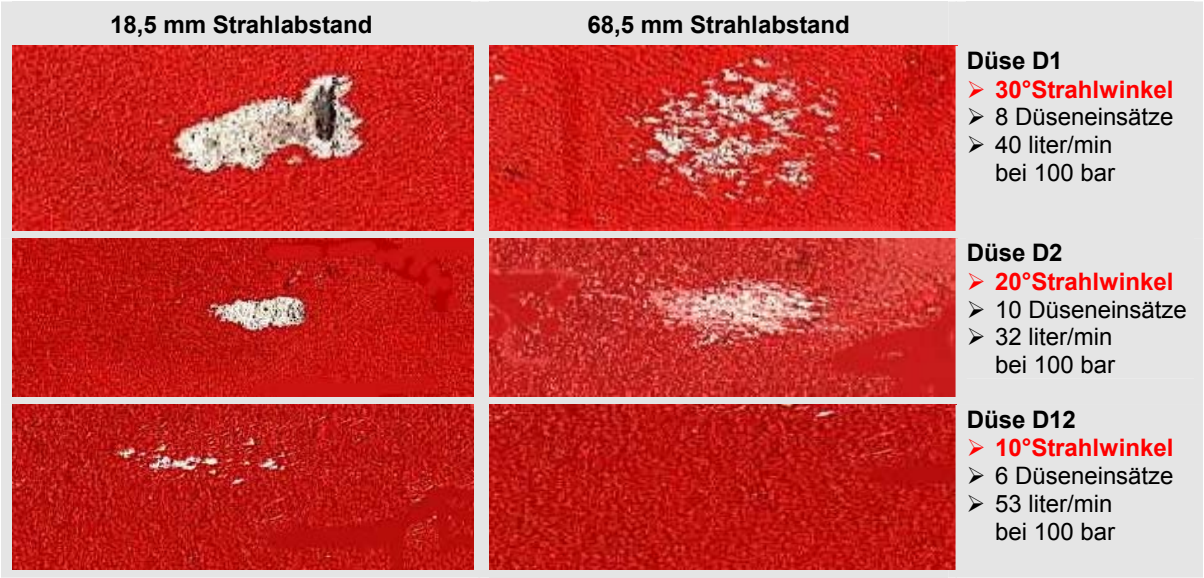


Bild 117: Erosionsflächen in Abhängigkeit von Strahlwinkel und Strahlabstand.

In Bild 118 sind die Erosionsflächen der Düse D1 und Düse D2 einander in Abhängigkeit des Düsendruckes gegenübergestellt. Der Vergleich der beiden Düsen korrespondiert ebenfalls mit den Ergebnissen der Druckfolienmessungen. So wurden im Druckprofil der Düse D1 deutlich höhere Druckspitzen und -flächen als bei der Düse D2 gemessen (vgl. Bild 109 und Bild 110). Dies steht sehr wahrscheinlich im Zusammenhang mit den bei den Abrasionsversuchen beobachteten Abtragstiefen und –flächen. Der HD-Strahl der Düse D1 verursacht vergleichsweise größere Abtragsflächen und deutlich größere Abtragstiefen im Material des Porenbetonsteins. Bei einem Druck von 100 bar entsteht bereits ein ausgeprägtes Loch bzw. eine Aushöhlung des Materials mit einer Tiefe von bis zu einem Zentimeter. Eine Drucksteigerung auf 120 bar führt dann zu einer vergleichsweise großflächigen Abplatzung. Im Gegensatz dazu bleibt der Materialabtrag der Düse D2 oberflächennah und stellt sich fast ausschließlich abrasiv dar, ohne Abplatzungen aufzuweisen wie bei der Düse D1.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

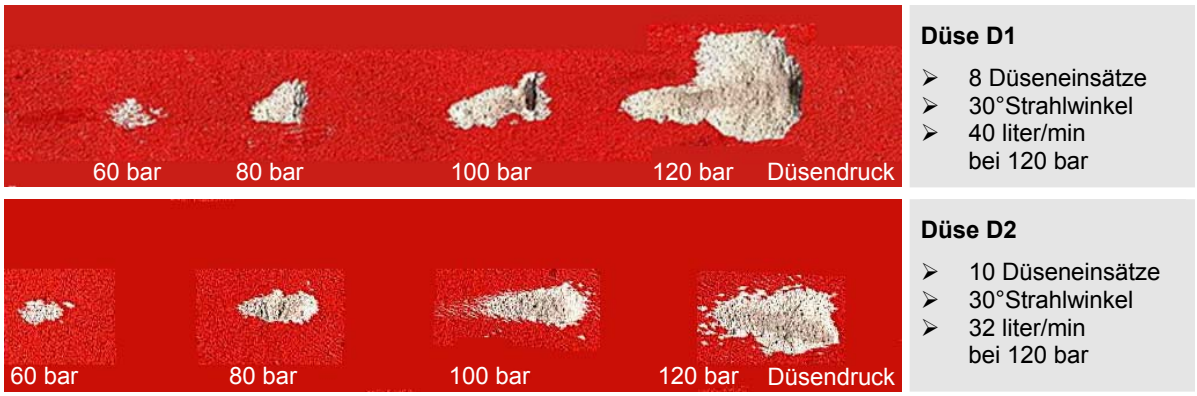


Bild 118: Materialabtrag an oberflächengefärbten Porenbeton-Steinen nach HD-Strahlbelastung, Strahlabstand 18,5 mm, Bildbeispiele

Zusammenfassend können folgende Wechselwirkungen zwischen Strahleigenschaften, Belastungsparametern und spezifischem Materialverhalten des *Porenbetons* aufgezeigt werden:

- Wesentliche Materialbeanspruchungen traten überwiegend nur bei **kurzen Strahlabständen** (bis ca. 2 cm) und **weiten Düsen-Abstrahlwinkeln** auf.
- Bei einem **größeren Strahlabstand** von ca. 7 cm traten an dem Porenbetonstein selbst bei hohen Drücken von 120 bar und weiten Düsen-Abstrahlwinkel von 30° kaum noch nennenswerte Beanspruchungen auf.
- Bei **weiten Düsen-Abstrahlwinkeln** (z.B. 30°) steigt mit dem Düsendruck die Materialbeanspruchung. Der Abtrag wird großflächiger und tiefer.
- Bei **mittleren Düsen-Abstrahlwinkeln** (z.B. 20°) ist die Materialbeanspruchung grundsätzlich geringer und nimmt mit steigendem Düsendruck kaum noch zu.
- Bei **flachen Düsen-Abstrahlwinkeln** (z.B. 10°) ist sogar bei einem Düsendruck von 120 bar kein nennenswerter Materialabtrag feststellbar gewesen.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

4.6 Empfehlungen zur Düsenauswahl

In der ***Reinigungspraxis*** wird aus Kostengründen oftmals auf eine Ergebniskontrolle verzichtet. Somit kann der Reinigungserfolg im Wesentlichen nur durch Einsatz leistungsfähiger Düsen und die Einstellung geeigneter Reinigungsparameter gesichert werden. Das in den voranstehenden Abschnitten dargestellte Versuchsprogramm zum **Räumvermögen und der Lösewirkung** von Düsensystemen zeigte allerdings deutliche Unterschiede auf, so dass die Düsenauswahl auf die jeweilige Reinigungsaufgabe abgestimmt sein sollte. Ziel ist es darüber hinaus, nicht nur den Reinigungserfolg zu sichern, sondern auch Betriebsstoffe einzusparen und Schadensrisiken zu vermindern, z.B. durch Verringerung der Anzahl der Reinigungszyklen bzw. der Reinigungszeit.

Aufgrund der Produktvielfalt (Düsen und Düseneinsätze) und unterschiedlichen Randbedingungen im jeweiligen Kanalnetz (Ablagerungen, Netzzustand) empfiehlt es sich grundsätzlich, vor jedem Kauf einer HD-Düse die Leistung des Düsenprodukts **vor Ort stichprobenhaft mit begleitender TV-Inspektion zu überprüfen**. Für diese Düsen-Tests bietet es sich an, möglichst extreme Reinigungssituationen (z.B. hartnäckige Ablagerungen oder hohes Ablagerungsaufkommen) auch in kritischen Netzbereichen (Schwachstellen, ausgebesserte Streckenabschnitte) entsprechend dem Anwendungsgebiet der HD-Düse auszuwählen. Aussagen zur Leistungsfähigkeit von 5 bis 10 Düsenprodukten lassen sich dabei bereits im Rahmen eines Tageseinsatzes mit einem einzelnen Reinigungsfahrzeug erzielen. Eine besondere Bedeutung gewinnen diese praxisnahen Tests auch dadurch, dass nicht selten im Rahmen von Wartungsplänen turnusmäßig und systematisch das gesamte Kanalnetz gereinigt wird.

Aufbauend auf den erhobenen Betreibererfahrungen und den Erkenntnissen des Untersuchungsprogramms sind in Tabelle 31 die wesentlichen Reinigungssituationen tabellarisch zusammengestellt und in Abhängigkeit der möglichen Netzbedingungen konkrekten Reinigungsempfehlungen zugeordnet.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 31: Auswahl von HD-Reinigungswerkzeugen

REINIGUNGSWERKZEUG					
					
rundumstrahlende Düse	**rotierendstrahlende Düse[10]**	**flachstrahlende Düse**	**Ejektor-düse[7]**	**vorstrahlende (Stocher-) Düse**	**Spezial-gerät[8]**

EMPFEHLUNG zuverlässig wirksam [1] geeignet [2]	Nenn-weite[3]	klein[9] DN 200 – DN 400	mittel DN 500 – DN 1200	groß[4] > DN 1200
Sielhaut wird z.B. zur Vorbereitung einer Inspektion entfernt. Dies ist insbesondere bei großen Nennweiten technisch schwierig und aufwendig.	Werk-zeug[5]			
	An-wen-dung	Reinigungszyklen 1-2 Düsenwinkel 20° - 30° Düsenrückzug ≤ 24 m/min Förderstrom ≤ 280 l/min	Reinigungszyklen 1-3 Düsenwinkel 20° - 30° Düsenrückzug ≤ 24 m/min Förderstrom ≤ 280 l/min	Reinigung der gesamten Rohrwandung äußerst aufwändig; oft manuelle Reinigung notwendig
Lockere Ablagerungen[6] lassen sich i. d. R. leicht lösen und aus dem Netz entfernen. Aufwändig wird die Aufgabe erst, wenn größere Mengen zu transportieren sind. Sind sie eher gering, können Reinigungsintervalle ggf. verlängert werden.	Werk-zeug[5]			
	An-wen-dung	Reinigungszyklen 1 Düsenwinkel ≤ 20° frei wählbar Förderstrom ≤ 280 l/min	Reinigungszyklen 1 Düsenwinkel ≤ 20° Düsenrückzug ≤ 24 m/min Förderstrom ≤ 280 l/min	Reinigungszyklen 1-2 Düsenwinkel ≤ 20° Düsenrückzug ≤ 12 m/min Förderstrom > 280 l/min
Hohes Ablagerungsaufkommen erfordert häufig mehrere Reinigungs-zyklen. Im Extremfall kann sogar eine abschnittsweise Reinigung der Haltung notwendig sein. Die Ursache für das hohe Aufkommen sollte zur Reinigungsplanung bekannt sein.	Werk-zeug[5]			
	An-wen-dung	Reinigungszyklen 1-2 Düsenwinkel ≤ 20° Düsenrückzug ≤ 24 m/min Förderstrom ≤ 280 l/min	Reinigungszyklen 1-2 Düsenwinkel ≤ 20° Düsenrückzug ≤ 12 m/min Förderstrom ≤ 320 l/min	häufig manuelle Reini-gung in Kombination mit HD-Düsen notwendig
Verfestigte Ablagerungen können aus Verfestigungsprozessen im Kanalnetz stammen (Fette, Inkrus-tationen) oder bereits als feste Massen eingetragen werden, z. B. Baustellenrückstände. Extreme Verfestigungen sind oft nur mit Spezialgeräten lösbar.	Werk-zeug[5]			
	An-wen-dung	Reinigungszyklen oft > 1 Düsenwinkel 20° - 30° Düsenrückzug ≤ 12 m/min Förderstrom ≤ 280 l/min evtl. auch Einsatz einer Vibrationsdüse hilfreich	Reinigungszyklen oft >1 Düsenwinkel 20° - 30° Düsenrückzug ≤ 12 m/min Förderstrom ≤ 320 l/min evtl. auch Einsatz einer Vibrationsdüse hilfreich	oft manuelle Reinigung in Kombination mit Spezialgeräteeinsatz notwendig
Wurzeleinwuchs[4] tritt an Muffen, undichten Hausanschluss-Stutzen oder schadhaften Rohrabschnitten auf. Dort bilden sie nach anfänglich feinen Haarwurzeln dichte Wurzelbüsche aus, die den Abfluss stark behindern können.	Werk-zeug[5]			
	An-wen-dung	Einsatz in Abhängigkeit der Verwurzelung und des Rohrwerkstoffs, unter Kamerabeobachtung	Einsatz in Abhängigkeit der Verwurzelung und des Rohrwerkstoffs, unter Kamerabeobachtung	ausschließlich manuelle Reinigung möglich, evtl. in Kombination mit Spezialgeräten
Verstopfung[4] der Leitung durch besondere Abflusshindernisse. Reduzierung des hydraulischen Querschnitts. I.d.R. tritt dies nur aufgrund besonderer Ursachen auf. Grundsätzlich empfiehlt sich die Spül-wasserbeobachtung (Rohrscherben).	Werk-zeug[5]			
	An-wen-dung	Einsatz in Abhängigkeit der Verstopfungssituation, Ursachenermittlung durch Kamerabegleitung der Nacharbeiten	Einsatz in Abhängigkeit der Verstopfungssituation, Ursachenermittlung durch Kamerabegleitung der Nacharbeiten	manuelle Reinigung erst nach Beseitigung des Rückstaus möglich, evtl. in Kombination mit Spezialgerät

<u>Anmerkung:</u> Werkzeuge und Anwendungsparameter sind grundsätzlich situationsabhängig zu wählen. Die Empfehlungen dienen als Orientierungshilfe für die Reinigungsplanung.

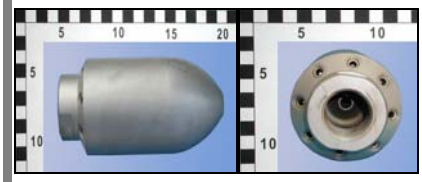
1 Vollständige Reinigung außer bei Extremverschmutzung zuverlässig möglich.
2 Vollständige Reinigung annähernd möglich, u.U. sind zusätzliche Reinigungszyklen notwendig bzw. verbleiben Ablagerungsreste.
3 Fließende Übergänge zwischen den Kategorien grundsätzlich möglich.
4 Empfehlungen ausschließlich auf der Basis von Betreibererfahrungen.
5 Der Einsatz eines Düsenschlittens schont das Rohrmaterial und verbessert mitunter die Reinigungswirkung.
6 Einsatz alternativer Verfahren, z.B.Schwallspülung, grundsätzlich möglich.
7 Zur Entfaltung der Ejektorwirkung muss das Gerät vollständig eingetaucht sein.
8 Z.B. geführte bzw. nennweitenbegrenzte Kettenschleuder, Kanalfräse, Schneidkorb mit Windenzug, evtl. auch Robotoreinsatz.
9 Das Risiko von „Toilettenausblasungen“ vermindern große Düsenabstrahlwinkel (> 20°) bei niedrigen Drücken und Durchflüssen.
10 Rotierendstrahlende Düsen verfügen häufig auch über Düsenabstrahlwinkel > 30°.

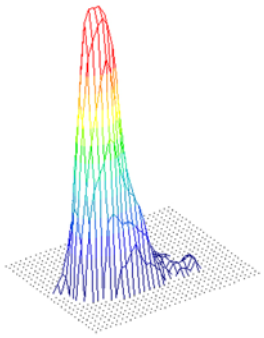
© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die nachfolgend in Abschnitt 5 dargestellten Untersuchungen zur Belastung der Netzzubstanz aus HD-Reinigung setzen die ***Auswahl geeigneter Prüfdüsen*** voraus, hier allerdings mit Blick auf ein breites Spektrum an Anwendungsfällen und kritischen Beanspruchungen. Voraussetzung ist die Kenntnis der Düseneigenschaften unter reproduzierbaren Randbedingungen. Ein Auswertungsbeispiel gibt Tabelle 32. Für die dort dargestellte **Düse D1** (8 x 30°) sind u.a. die Strahlauftreff-Fläche, der Spitzendruck und die Wirkung am Auftreffort dargestellt. Die Düse D1 wird im Rahmen der Untersuchungen nach Abschnitt 5 zur Ausführung der **vergleichenden HD-Systemversuche** eingesetzt. Da bei flacheren Düsen-Abstrahlwinkeln (z.B. 20°) eine geringere Materialbeanspruchung zu erwarten ist, werden darüber hinaus die **Düsen D2 und D4** im Rahmen von **Zusatzversuchen** in das erweiterte Versuchsprogramm einbezogen (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 32: Auswertungsbeispiel für Düse D1 zur Strahldruckverteilung bei 100 bar Düsendruck, Strahlabstand 18,5 mm und einer Messdauer von 10 sec

Düse D1 (8x30°)





8 Düseneinsätze

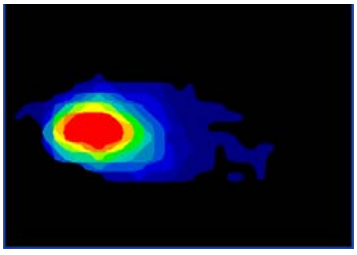
∅ 2,8 mm, runder Einsatz aus Stahl

Strahlausbreitungswinkel: 18°

Strahlwinkel: 30°

Randbedingungen			gemessene Kennwerte		
Düsen-Druck	P	100 [bar]	Auftreff-Fläche	A	621 [mm²]
Strahl-Durchfluss	Q_S	36,9 [l/min]	Spitzendruck	P_{max}	6,1 [bar]

Strahlwirkung am Auftreffort





© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5 Belastungen aus Hochdruckdüsen-Einsatz

Im Abschnitt 4 wurden die Strahleigenschaften und die Reinigungswirkung von Hochdruck-Düsen untersucht. Die daraus resultierenden Belastungen beschränken sich allerdings nicht auf die zu lösenden Ablagerungen, sondern wirken in ähnlicher Weise auch auf den Kanal selbst. Düse und Schlauch werden durch die Vorschubkräfte des Wasserstrahls oder mittels Winde über die Kanaloberfläche gezogen, die austretenden HD-Wasserstrahlen treffen nicht nur auf verfestigte und lose Ablagerungen, sondern auch unmittelbar auf das Rohr, und aus den aufgewirbelten Ablagerungen werden Feststoffpartikel beschleunigt und z.T. mit hoher Geschwindigkeit gegen einzelne Kanalbauteile geschleudert. Auch wurde in einzelnen Reinigungssituationen beobachtet, dass ein Düsenkörper während des Reinigungsvorganges schweben bzw. abheben und auf die Rohrwandung fallen kann. In einigen Fällen werden darüber hinaus Düsen im Freilauf stark beschleunigt, um Verstopfungen zu lösen, und dabei ein unkontrolliertes Auftreffen auf die Rohrwandung bzw. die seitlichen Anschlüsse in Kauf genommen (vgl. Abschnitt 4.2).

5.1 Problemstellung und Vorgehensweise

Im Rahmen der betriebsüblichen Reinigung und Inspektion ist offen, ob Rohrschäden tatsächlich mit früheren HD-Reinigungen in Verbindung gebracht werden können. Naturgemäß liegen kaum Erkenntnisse zum Zustand des Netzes unmittelbar vor der Reinigung vor. So ist unklar, inwieweit bereits Belastungen aus Einbau, Bodenbewegungen und Alterungsprozessen zu Schäden geführt oder Schäden durch HD-Reinigung begünstigt haben. **Ziel** der nachfolgend dargestellten Untersuchungen ist es daher, kritische Belastungssituationen mit Schadensrisiken zu erkennen und Empfehlungen für eine schonende HD-Reinigung abzuleiten. Hierzu werden zunächst die wesentlichen Grundbelastungsarten aus HD-Reinigung identifiziert und entsprechende Prüfaufbauten zur kontrollierten Nachbildung typischer Belastungen ausgewählt bzw. weiterentwickelt. Die Wirkung verschiedener Belastungen wird dann unter Einsatz zahlreicher der heute am Markt vertriebenen Rohrprodukte beobachtet. Im Ergebnis werden die grundsätzliche Aussagekraft und Praxisnähe der eingesetzten Prüfmethoden bewertet, die in der Prüfung beobachteten Materialveränderungen auf kritische Reinigungssituationen und -parameter zurückgeführt und Ansatzpunkte für eine schonende Reinigung identifiziert.

Um einen Einfluss von Alterungseffekten oder Vorschädigungen durch Bau- und Betriebsbelastungen auf die Prüfergebnisse auszuschließen, wurden in den Laboruntersuchungen Neurohre eingesetzt. Neben einem definierten Ausgangszustand vor der Prüfung konnten so auch gezielt verschiedene Rohrwerkstoffe und -geometrien in den Versuchsreihen berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse nicht

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

zur allgemeinen Quantifizierung von Versagensgrenzen (z.B. Druck, Durchfluss) einzelner Werkstoffe dienen. So lassen die unterschiedlichen Werkstoffrezepturen, Herstellverfahren und Anschluss- bzw. Verbindungssysteme der heutigen Produktanbieter eine werkstoffbezogene Verallgemeinerung einzelner Prüfergebnisse nicht zu.

Insgesamt wurden in den Versuchen wechselnde Reinigungssituationen und Randbedingungen berücksichtigt (vgl. Bild 119). So wird die Belastung durch Hochdruckstrahlen nicht allein von Parametern wie Druck und Durchfluss, sondern auch durch die Ablagerungssituation und Anzahl der Reinigungszyklen beeinflusst. Die Form des Düsenkörpers und der Düseneinsätze wiederum bestimmt maßgeblich die Strahleigenschaften.

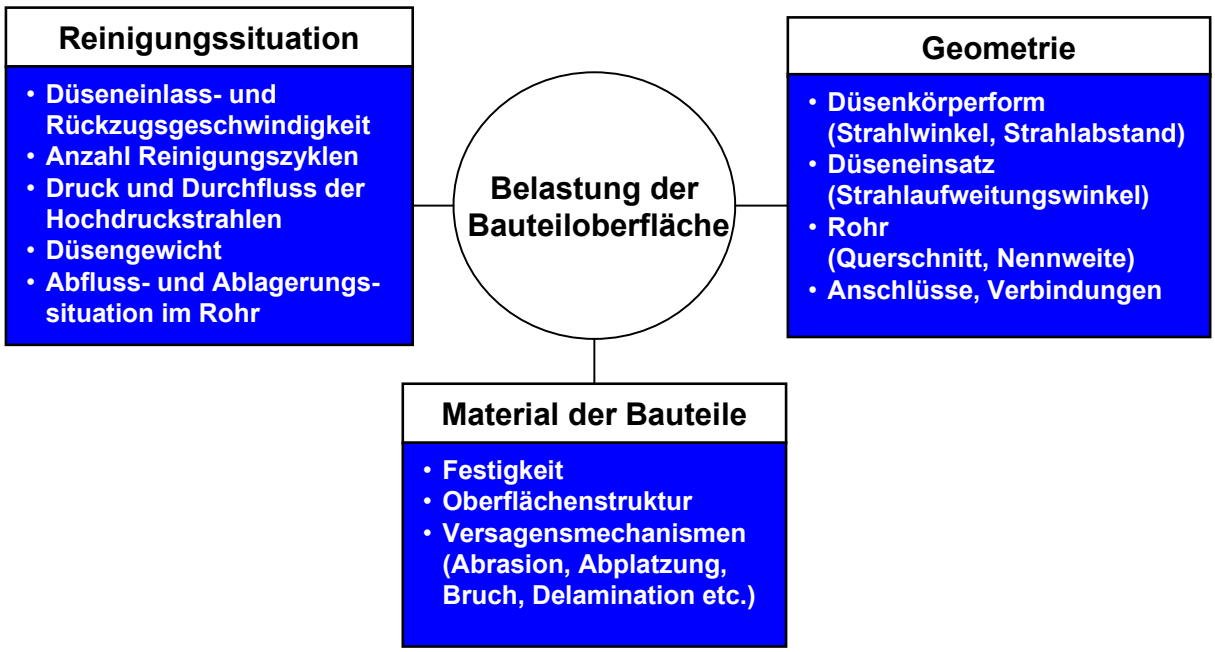


Bild 119: Einflüsse auf die Belastungssituation der Kanalbauteile während der HD-Reinigung

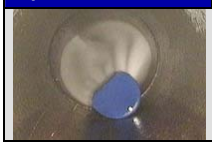
Im Rahmen der nachfolgenden Darstellungen werden zunächst die Reinigungssituationen der Praxis auf Grundbelastungsfälle zurückgeführt und unter Berücksichtigung typischer Belastungssituationen entsprechende Versuchskonzepte ausgewählt bzw. weiterentwickelt. Die Ergebnisse der Belastungsversuche werden hinsichtlich der ggf. aufgetretenen Veränderungen am Bauteil und kritischen Belastungssituationen ausgewertet. Abschließend werden die eingesetzten Prüfverfahren auf Grundlage der Versuchserfahrungen bewertet und sämtliche Ergebnisse zu Reinigungsempfehlungen zusammengefasst.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.2 Grundbelastungen und Versuchskonzept

Als Ausgangspunkt für eine differenzierte Betrachtung der vielfältigen Belastungsszenarien, die während der Hochdruckreinigung auf das Rohrmaterial wirken können, werden in Tabelle 33 zunächst **fünf Grundbelastungsarten** eingeführt, die in Abhängigkeit der örtlichen Reinigungssituation in ihrer Stärke und Intensität variieren können.

Tabelle 33: Grundbelastungsarten für die Rohroberfläche bei der HD-Reinigung

A) HD-Strahl	**HD - Wasserstrahlen treffen auf die Rohroberfläche**
	Die aus der HD-Düse austretenden Wasserstrahlen treffen auf die Ablagerungen an der Rohrwand oder in ablagerungsfreien Bereichen unmittelbar auf die Rohroberfläche.
B) Feststoffe	**Feststoffpartikel aus Ablagerungen treffen auf die Rohroberfläche**
	Aus den aufgewirbelten Ablagerungen werden Feststoffpartikel beschleunigt und treffen mit hoher Geschwindigkeit ebenfalls auf die Rohroberfläche.
C) Schleifen	**Schleifen von Düse und Schlauch über die Rohroberfläche**
	Schlauch und Düse werden entweder durch die Umlenkung des Wasserstrahls im Düsenkörper oder mittels Winde über die Kanaloberfläche gezogen.
D) Fallen	**Fall einer schwebenden Düse auf die Rohrsohle**
	Der Düsenkörper selbst kann während des Reinigungsvorganges schweben bzw. abheben und auf die Rohroberfläche fallen.
E) Prallen	**Prall einer stark beschleunigten Düse gegen die Rohrwandung**
	Im Extremfall kann eine Düse durch Fehlverhalten des Bedienpersonals so stark beschleunigt werden, dass sie unkontrolliert gegen die Rohrwandung oder auch gegen seitliche Anschlüsse prallt.

In Abhängigkeit der örtlichen Reinigungssituation treten Kombinationen aus diesen Grundbelastungsarten mit unterschiedlicher Gewichtung auf. Bei der Intensiv-Reinigung zur Vorbereitung einer Sanierungsmaßnahme steht bspw. die Belastung durch den **HD-Wasserstrahl** (Tabelle 33, Fall A) im Vordergrund. Im Vergleich dazu gewinnt die Belastung aus beschleunigten **Feststoffpartikeln** (Tabelle 33, Fall B) besonders stark bei der Beseitigung von großen Ablagerungsmengen mit scharfkantigem Grobkorn (z.B. aus Einspülungen von Winterstreusplitt oder Schottermaterial von Baumaßnahmen) an Bedeutung.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die Rohrsohle wird durch das **Schleifen** von Schlauch und Düsenkörper durch die Kanalhaltung verfahrensbedingt kontinuierlich mechanisch belastet. Darüber hinaus ist jedoch auch eine impuls- bzw. stoßartige Belastung des Rohres durch den Düsenkörper denkbar. Insbesondere bei Unebenheiten in der Rohrsohle (Muffenversätze u.ä.) und bewegungsempfindlichen Düsenkörpern (vgl. Abschnitt 4.2) kann die Anwendung extremer Reinigungsparameter grundsätzlich auch zum Abheben des Düsenkörpers mit anschließendem **Fallen** auf die Rohrsohle (z.B. bei Rücknahme des Wasserdrucks) führen (vgl. Abschnitt 3.5). Dies bestätigten auch die weiterführenden Laborversuche (vgl. Abschnitt 4.2).

Die Praxiserfahrungen der Netzbetreiber zeigten darüber hinaus, dass die Düsen zum Beispiel zur Verstopfungsbeseitigung durch unsachgemäßen Freilauf der Schlauchführung und Anwendung extremer Reinigungsparameter stark beschleunigt werden. Hier besteht das Risiko, dass der Düsenkörper durch den HD-Strahl getrieben mit hoher Geschwindigkeit auf die Rohrwandung und Anschlüsse auftrifft (vgl. [55]). Dieses **Prallen** einer extrem beschleunigten Düse auf die Rohrwandung (Tabelle 33, Fall E) kann somit grundsätzlich auf Anwendungsfehler des Bedienpersonals zurückgeführt werden und ist durch geeignete Betriebsmaßnahmen entsprechend auszuschließen.

In Tabelle 34 wird der Einfluss der o.a. Grundbelastungsarten für die verschiedenen Reinigungsituationen auf Basis der im Kapitel 3 bzw. Kapitel 4 dargestellten Praxiserfahrungen und Untersuchungen zur Düsenwirkung qualitativ bewertet.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 34: Reinigungssituationen und Grundbelastungsarten (vgl. Tabelle 33), Bewertung auf Basis von Praxiserfahrungen

Reinigungssituation Standardsituation Ausnahmesituation Anwendungsfehler	**geprägt durch** (- nicht, ● gering, ●● mittel, ●●● stark)				
	HD-Strahl	**Fest-stoff**	**Schlei-fen**	**Fallen**	**Prallen**
Unterhaltungsreinigung im Rahmen der betrieblichen Wartung des Kanalnetzes oder zur Vorbereitung einer Inspektion.	●●	●●	●	-	-
Häufiges Reinigen, z.B. von Haltungen mit hohem Ablagerungsaufkommen.	●●●	●●●	●●●	-	-
Grobe, ggf. scharfkantige Inhaltsstoffe, z.B. Winterstreusplitt oder Schottermaterial aus Baumaßnahmen.	●●	●●●	●●	-	-
Intensiv-Reinigung, z.B. bei Inkrustationen, Wurzeleinwuchs oder zur Vorbereitung von Sanierungsmaßnahmen, auch mit extremen Reinigungsparametern (Druck, Durchfluss, Strahl u.a.).	●●●	●●	●	-	-
Stillstand des Düsenkörpers, im Spülbetrieb, z.B. bei der Beseitigung von Verstopfungen oder Störung der Schlauchabwicklung.	●●●	●	●	-	-
Übersteuerte Hochdruckstrahlen, z.B. durch verstopfte Düseneinsätze oder ungeeignete Abstimmung des Durchmessers der Düseneinsätze auf Pumpenleistung, Schlauchlänge und Düsentyp, auch mit extremen Strahleigenschaften, z.B. hinsichtlich Druck, Durchfluss und Strahlwinkel.	●●●	●	●	●	-
Freilauf einer Düse zum „Durchstoßen“ einer Verstopfung, ggf. auch unplanmäßiger Düsen-Freilauf bei Unachtsamkeit des Bedienpersonals.	●	●	●●●	●●	●●●
Extreme Einlass- und Rückzugs-geschwindigkeiten, >> 30 m/min, insbesondere zur Verringerung des Zeitaufwandes für die Reinigung ohne Rücksicht auf den Kanalzustand und mögliche Belastungen der Bausubstanz durch den Düsenkörper.	●	●	●●●	●●	●
Aufschlagen des Düsenkörpers, z.B. beim Herablassen der Düse in den Schacht und Einschwenken in die Haltung.	-	-	-	●●●	-

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Um den Einfluss sämtlicher in Tabelle 33 dargestellter Grundbelastungsarten weitgehend reproduzierbar nachempfinden zu können, wurden fünf unterschiedliche Prüfmethoden angewendet (Tabelle 35). Im Mittelpunkt standen dabei die Systemversuche nach dem Hamburger Modell [40], da hier gleichzeitig drei Grundbelastungsarten mit wesentlichem Einfluss für die Standard-Reinigungssituation praxisnah simuliert werden. Dabei wird das Gesamtsystem aus Rohren, Rohrverbindungen, Anschlussformteilen und Anschlüssen durch Düse und Schlauch, auftreffende Wasserstrahlen und aufgewirbeltes Räumgut belastet.

Tabelle 35: Versuchsmethoden, Übersicht

Untersuchungsschwerpunkt (vergleichende Versuche)	
	**HD-Systemversuch (Hamburger Spülversuch)**
	**Methode:** Rohrstrecken mit mind. 3 Verbindungen und 4 Zuläufen werden oberirdisch auf einer Länge von 20 m aufgebaut und anschließend durch Hochdruckreinigung praxisnah, ggf. unter Zugabe von Splitt belastet. **Belastungsschwerpunkt:** HD-Strahl, Feststoffe und Düsen-Schleifen
Zusatzversuche	
	**Düsen-Strahlversuch mit Einzelstrahl**
	**Methode:** Ein einzelner HD-Strahl wird fünfzig Mal in einem geringen Abstand über einen Abschnitt aus zwei kurzen Prüfrohren geführt. **Belastungsschwerpunkt:** Hochdruckstrahl
	**Düsen-Strahlversuch mit Spüldüse**
	**Methode:** Prüfrohre werden während des Spülvorgangs durch eine Vor- und Rückwärtsbewegung eines schwenkbaren Auflagetisches an einer handelsüblichen HD-Düse fünfzig Mal entlang geführt. **Belastungsschwerpunkt:** Hochdruckstrahl und Düsen-Schleifen
	**Düsen-Schleifversuch**
	**Methode:** Prüfrohre werden im Trockenversuch durch eine Vor- und Rückwärtsbewegung eines schwenkbaren Auflagetisches an einer praxisüblichen HD-Düse fünfzig Mal entlang geführt. **Belastungsschwerpunkt:** Düsen-Schleifen
	**Düsen-Fallversuch**
	**Methode:** Prüfrohre werden durch den Fall einer handelsüblichen Düse (4,5 kg) belastet. Die Düse wird in Rohren DN 300 bis zum Scheitel gehoben und dann auf die Sohle fallen gelassen. **Belastungsschwerpunkt:** Düsen-Fallen

Im Rahmen des Untersuchungsprogramms wurden HD-Systemversuche einerseits unter identischen Bedingungen als vergleichende HD-Systemversuche und andererseits unter wechselnden Einflüssen als Zusatzversuche ausgeführt. Weitere Zusatzversuche (Düsen-Strahl, -Schleif- und Fallversuche) dienten der weitgehend isolierten Betrachtung einzelner Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) bzw. der Variation der Reinigungsbedingungen, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.3 Prüfmethoden

5.3.1 HD-Systemversuche

Die **praxisnahen HD-Systemversuche** wurden in Anlehnung an den sog. „Hamburger Spülversuch“ [40] durchgeführt. Dazu wurden durch die Rohrhersteller oder durch von diesen empfohlene Fachfirmen von jedem der geprüften Rohrprodukte zwischen einer und acht Rohrstrecken mit einer Länge von ca. 20 m aufgebaut. Jede Rohrstrecke verfügte über mindestens drei Rohrverbindungen und mehr als drei seitliche Zuläufe (Anschlussstutzen/Abzweig). Für die Versuchsdurchführung wurden heute übliche Reinigungsfahrzeuge, Spülschläuche und -düsen eingesetzt (Bild 120). Diese Versuche sind charakterisiert durch einen Druck von 120 bar an der Düse und einen Durchfluss von 320 l/min. Das Rohrsystem wurde mit 1 m/sec Einlass- und 0,1 m/sec Rückzugsgeschwindigkeit belastet. Dies sind Betriebsbedingungen, die bei üblichen Kanalreinigungssystemen (Pumpe, Schlauch, Düse) im oberen Leistungsbereich auftreten können (vgl. Abschnitt 3.3). Darüber hinaus kann Prüfgeschiebe zugegeben werden, dass durch die Hochdruckwasserstrahlen und die mitgerissene Luft beschleunigt wird, auf die Rohrwandung schlägt und schließlich aus den Prüfrohren geschleudert wird. Dadurch sollen mit der Praxis vergleichbare Geschiebewirkungen an den Rohrwandungen, den Rohrverbindungen und an den Zuläufen simuliert werden. Alle Rohrstränge wurden auch einer punktuellen Dauerbelastung (stationäre Prüfung) ausgesetzt. Dabei wurde für jeden zu prüfenden Rohrstrang die arbeitende Düse an drei Stellen angehalten und die Rohrleitung jeweils über drei Minuten stationär belastet. Die drei Stellen wurden so ausgewählt, dass ein Rohrstoß, ein Seitenzulauf und ein Rohrschaft auf ihre Belastbarkeit geprüft wurden (vgl. Bild 122).

Es wurden einerseits vergleichende HD-Systemversuche und darüber hinaus HD-Systemversuche als Zusatzversuche durchgeführt.

Die **vergleichenden HD-Systemversuche** unterlagen auch hinsichtlich Düsentyp und Reinigungsanzahl identischen Versuchsrandbedingungen. Eingesetzt wurde eine rundumstrahlende, achtstrahlige Düse mit einem Abstrahlwinkel von 30° (Prüfdüse D1 (8 x 30°), s. Tabelle 36). Es wurden 50 Reinigungszyklen (Vor- und Rückzugsbewegung der Düse) aufgebracht. Dies entspricht der Häufigkeit an Spüldurchgängen, die eine Abwasserleitung während einer Lebensdauer von 50 Jahren bei einer jährlich durchgeführten Reinigung erfährt. Im Falle einer Geschiebezugabe wurden in den vergleichenden HD-Systemversuchen grundsätzlich 5 Liter Kalkstein-Edelsplitt (1 - 5 mm) je Reinigungszyklus zugegeben.

In ergänzenden **Zusatzversuchen** wurden, je nach zu erwartendem Erkenntnisgewinn, weitere Düsensysteme (D2, D4) unter wechselnden Geschiebezugaben (0, 5 und 20 Liter) und Prüfzyklenzahlen (30, 50 und 60) eingesetzt. Die Düsen D2 und D4 sind zehnstrahlig mit Abstrahlwinkeln von 10°, 20°

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

und 30°. Der HD-Einzelstrahl dieser Düsen ist aufgrund des geringeren Förderstroms an den einzelnen Düseneinsätzen und des flacheren Auftreffens auf die Rohrwandung als weniger aggressiv einzuschätzen (vgl. Abschnitt 4.5).



Bild 120: Prüfsituation: Rohrstrangprüfung



Bild 121: 90° Abzweig während der Prüfung



Bild 122: Stat. Belastung durch 3-minütigen Stillstand der Düse an einer Stelle



Bild 123: 8-strahlige Düse am Hochpunkt der Haltung



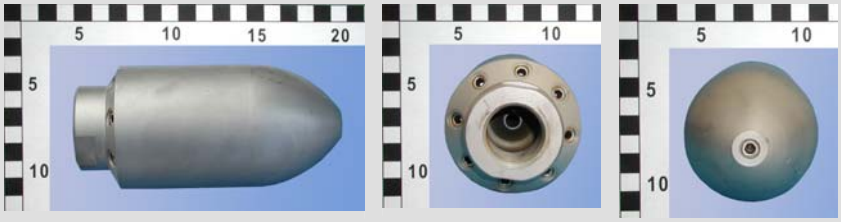
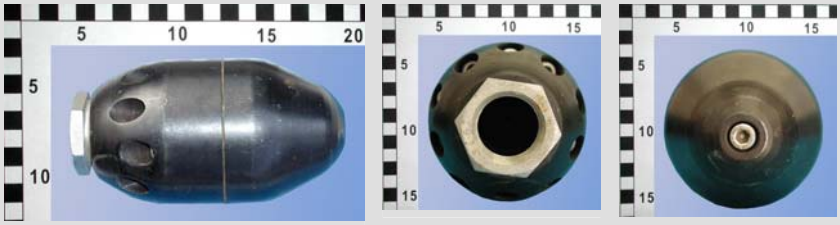
Bild 124: Einfüllen des Prüfgeschiebes



Bild 125: Prüfgeschiebe aus Kalkstein-Edelsplitt

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 36: Gewählte Prüfparameter, vgl. [40]

HD-Systemversuche	Prüfparameter
Düse	
Druck an der Düse	(120 ± 3) bar
Durchfluss	ca. 320 l/min
Abstrahlwinkel	30°, 10°/20° und 20°/30° (3 Prüfdüsen, siehe Bilder unten, vgl. Abschnitt 4.2)
Anzahl der Düseneinsätze	8, 10
∅ Düseneinsätze	2,2 mm, 2,3 mm und 2,8 mm
Vorlaufgeschwindigkeit	1,0 m/s
Rückzugsgeschwindigkeit	0,1 m/s
Prüfgeschiebe	
Art	Winterstreusplitt, gebrochenes Material, Korngröße 2 - 5 mm
Menge	0 Liter, 5 Liter oder 20 Liter je Spüldurchgang
Prüfhaltung	
Prüfstrecke	ca. 20,0 m
Durchmesser	DN 300
Rohrstöße	≥ 3
Hausanschlüsse	4 (2 im Scheitel, 2 im Kämpfer) DN 150
Allgemeines	
Anzahl Reinigungszyklen	50, bzw. bei 20 Liter Splittzugab 60 Zyklen
Stationäre Belastung	durch Stillstand der Düse (jeweils 3 Minuten) an drei Stellen
Prüfdüse D1 8 Düseneinsätze 30° Strahlwinkel	
Prüfdüse D2 10 Düseneinsätze abwechselnd 20° und 30°Strahlwinkel	
Prüfdüse D4 10 Düseneinsätze abwechselnd 10° und 20°Strahlwinkel	

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Der Zustand der Probekörper wurde umfassend dokumentiert. Bereits nach Anlieferung wurden optische Kontrollen der Lieferqualität durchgeführt. Die Rohrstöße und die Seitenzuläufe an den Abzweigen wurden kontrolliert und bei Bedarf fotografiert. Nach Aufbau des Rohrsystems wurde der Ausgangszustand vor der Belastung durch eine TV-Inspektion dokumentiert. Um Zustandsänderungen nach dem Aufbringen der Prüfbelastungen frühzeitig erkennen und deren Entwicklung beobachten zu können, wurde jeweils nach 30, 50 bzw. 60 Reinigungszyklen erneut mittels Schwenkkopf-Kamera inspiziert (Bild 126). Zusätzlich wurden einzelne auffällige Rohrabschnitte nach Abschluss der Prüfungen aufgetrennt, um Materialveränderungen an den Rohrinnenflächen, Rohrstößen und Seitenzuläufen vermessen und detailliert dokumentieren zu können (Bild 127).



Bild 126: Inspektion mit TV-Kamera



Bild 127: Inaugenscheinnahme der Probekörper nach Abschluss der Prüfung

5.3.2 Düsen-Strahlversuche mit HD-Einzelstrahl

Um das Materialverhalten von verschiedenen Rohrprodukten unter extremer Belastung eines Hochdruck-Einzelstrahls zu betrachten, wurden als **Zusatzversuche** im Auftrag des IKT, Gelsenkirchen in der Versuchsanlage der iro GmbH in Oldenburg Rohre der Nennweite DN 300 in Anlehnung an die Vornorm DIN V 19517 [42] geprüft [60] (Bild 128, Bild 129).

Dabei wurde entsprechend [42] grundsätzlich unterschieden zwischen einer

- Prüfung mit stationärer Düse und
- Prüfung mit beweglicher Düse.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH



Bild 128: Versuchsstand der iro GmbH [60]



Bild 129: Belastung durch einen Hochdruck-Einzelstrahl (stationär)

Im Rahmen der **Prüfung mit stationärer Düse** wirkt über eine eigens hergestellte Prüfdüse ein Hochdruckwasserstrahl jeweils für die Dauer von drei Minuten auf einen der insgesamt zehn Prüfpunkte der Rohrinnenfläche. Der Düsendruck wird dann in Intervallen solange gesteigert, bis wesentliche Materialveränderungen bzw. Schädigungen auftreten. Die Prüfung wird an einem Probekörper, bestehend aus einem Rohr ohne Abzweig und ohne Muffe der Nennweite DN 300, von mindestens 1,00 m Länge durchgeführt. In Tabelle 37 werden die Prüfkriterien mit stationärer Düse zusammengefasst. Zwischenzeitlich wurde diese Prüfung in der aktuellen europäischen Normungsentwicklung zurückgezogen [45], so dass im Folgenden auf eine Darstellung verzichtet wird.

Bei der **Prüfung mit beweglicher Düse** wird mit einer eigens hergestellten Prüfdüse ein Einzelstrahl über die Innenfläche des Prüfkörpers (Rohrinnenfläche), bestehend aus einem Rohr der Nennweite DN 300 von mindestens 1,80 m Länge und einem Abzweig, einschließlich Rohrverbindung mit Dichtungsmitteln, bewegt. Dieser Vorgang wird 50 Mal in gleicher Spülspur wiederholt. In Tabelle 37 werden die Randbedingungen der Prüfung mit beweglicher Düse zusammengefasst.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Tabelle 37: gewählte Prüfparameter [60], HD-Rohrspülungen mit Einzelstrahl in Anlehnung an DIN V 19517 [42]

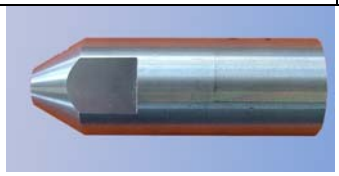
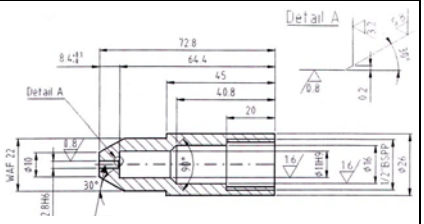
HD-Rohrspülen mit Einzelstrahl 	Prüfverfahren mit beweglicher Düse	Prüfverfahren mit stationärer Düse
Strahlwinkel	(30 ± 1) °	(30 ± 1) °
Mittl. Prüfdruck an der Düse je Prüfung	ca. 120 bar	120 bis 340 bar (nach Angabe des Rohrherstellers)
Mittl. Vorschubgeschwindigkeit	(1,03 – 1,14) m/min	-
Abstand Oberfläche Prüfstück / Mittelpunkt Düsenöffnung	ca. 8* mm	ca. 5,0 mm
Durchmesser Düsenöffnung	(2,8 und 2,81) mm	(1,0 und 1,01) mm
Mittl. Durchfluss je Prüfung	(37,9 – 39,9) l/min	3,65 bis 8,25 l/min (je nach gewählter Druckstufe)
Durchmesser Probekörper	DN 300	DN 300
Prüfstrecke	1,50 m zzgl. Vor- und Nachlaufstrecke	Rohrschaft ohne Abzweig und Muffe
Prüfkörper	Rohrschaft zzgl. Abzweig u. Muffe	10 Einzelprüfungen
Reinigungszyklen/-dauer	50	3 min je Einzelprüfung
Prüfdüse D 20 Düsenbohrung: 1 Strahlwinkel: 30°		

Bild 130: Prüfdüse nach DIN V 19517 [42] für die Prüfung mit beweglicher Düse

* Der mittlere Abstand zwischen der Oberfläche des Probekörpers und der Düsenöffnung wurde im Rahmen der Prüfung mit beweglicher Düse auf ca. 8,5 mm abgestimmt. Durch Höhenversätze im Bereich der Rohrverbindung wurde dieser Abstand z.T. bis zu 1 mm unterschritten.

5.3.3 Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse

Im Rahmen von **Zusatzversuchen** wurde zur Beobachtung des Materialverhaltens verschiedener Rohrprodukte unter praxisnahen und möglichst reproduzierbar gestalteten Belastungsbedingungen eine speziell angefertigte Versuchseinrichtung, der so genannte „Pipe-Tester“ (vgl. [44], Bild 131 und Bild 132) eingesetzt. Der Pipe-Tester bietet den Vorteil, mit wenig Aufwand (Betriebsstoffe/Zeit/Rohrmaterial) zahlreiche Parametervariationen durchführen zu können. So konnten in Einzelfällen auch Versuchsreihen mit unterschiedlichen Düsen durchgeführt werden. Der „Pipe-Tester“ besitzt eine horizontal fahrbare Arbeitsfläche zur Auflagerung der Prüfkörper, die mit Hilfe eines Elektromotors in eine Rechts-/Links-Bewegung versetzt werden kann. Eine in der Praxis häufig verwendete Rundstrahl-Düse liegt während der Prüfung frei auf der Rohrsohle auf. Durch die Fixierung des Spülschlauchs bleibt die Düse ortsfest, während die zu prüfenden Rohre (zwei Kurzrohre mit Verbindung) durch eine Vor- und Rückwärtsbewegung des Auflagetisches an der wasserstrahlenden Prüfdüse entlang geführt werden.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH



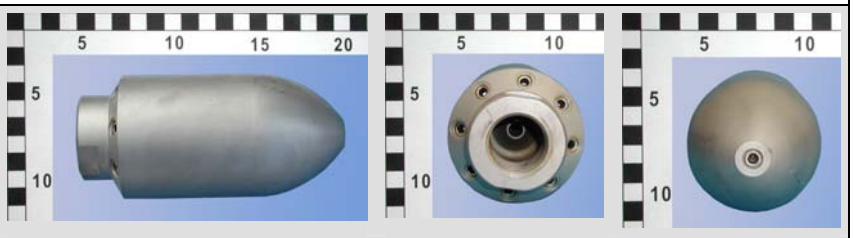
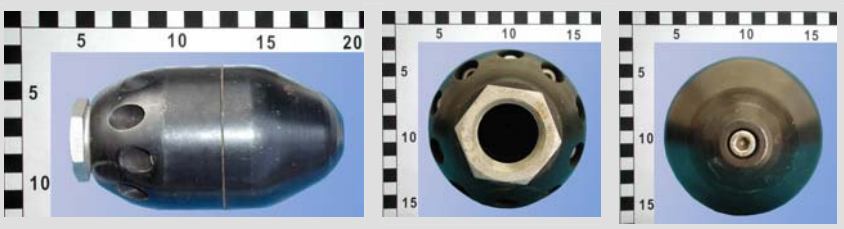
Bild 131: Pipe-Tester: Belastungsprüfung



Bild 132: Prüfdüse liegt im Rohr frei auf

Im Rahmen der Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse wurde wie bei den HD-Systemprüfungen hauptsächlich die achtstrahlige Prüfdüse D1 mit 30° Abstrahlwinkel eingesetzt. Daneben kamen die 10-strahlige Prüfdüse D2 zum Einsatz, um auch den Einfluss geringerer Förderströme im Einzelstrahl hinsichtlich der Rohrbeanspruchung beobachten zu können. Um die wiederholte Kanalreinigung über die Nutzungsdauer nachzuempfinden, wurde der Spülvorgang 50 Mal wiederholt, jedoch ohne Splittzugabe.

Tabelle 38: Prüfparameter HD-Düsenstrahlversuch mit HD-Spüldüse

 **HD-Düsen-strahl-versuch**	**Prüfparameter**
Druck an der Düse	(120 ± 3) bar
Durchfluss	ca. 320 l/min
Abstrahlwinkel	30°, 10°/20°, 20°/30° und 20° (4 Prüfdüsen, siehe Bilder unten, vgl. auch Abschnitt 4.2)
Anzahl der Düseneinsätze	8, 10
∅ Düseneinsätze	2,2 mm, 2,3 mm und 2,8 mm
Schwenk-Geschwindigkeit	0,1 m/s
Prüfkörper	2 Kurzrohre (Länge jeweils ca. 1 m), 1 Verbindung, 1 Abzweig
Anzahl Reinigungszyklen	50 bis 60
Prüfdüse D1 8 Düseneinsätze 30° Strahlwinkel	
Prüfdüse D2 10 Düseneinsätze abwechselnd 20° und 30°Strahlwinkel	

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.3.4 Schleifversuche

Im Rahmen von Zusatzversuchen wurde durch Schleifversuche allein die mechanische Belastung infolge eines Düsenkörpers, der über die Rohrsohle und Rohrverbindung schleift, nachempfunden. Dazu wurde die Versuchseinrichtung „Pipe-Tester“ [44] ähnlich wie in den Spülversuchen nach Abschnitt 5.3.3 genutzt, allerdings in diesem Fall ohne Wasserdruck an der Düse. Die eingesetzten Rohre (2 Kurzrohre und 1 Verbindung) wurden durch eine Vor- und Rückwärtsbewegung des Auflagetisches mit einer Geschwindigkeit von 0,1 m/sec an der Prüfdüse D1 entlang geführt. Vor der Schleifbewegung wurde die Rohrsohle mit Wasser benetzt. Nach 50 Schwenkzyklen wurden die Rohre hinsichtlich optisch feststellbarer Beanspruchungsspuren überprüft.



Bild 133: Vorbereitung des Versuchs im Pipe-Tester



Bild 134: Prüfdüse D1 im Rohr

5.3.5 Düsen-Fall-Versuche

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass Düsen in Ausnahmesituationen an der Rohrwandung hochwandern bzw. auch im Rohr schweben können (vgl. Abschnitt 4.2). Dies kann von dem Bedienpersonal nicht immer erkannt bzw. vermieden werden. Bei einem plötzlichen Druckabfall ist der Fall der Düse auf die Rohrwandung denkbar. Die Auswirkungen eines einzelnen Falls der Düse auf die Rohrwandung wurden daher im Rahmen weiterer Zusatzversuche beobachtet. In den Versuchen wurde eine handelsübliche rundumstrahlende Düse (D1) mit einem Gewicht von 4,5 kg im Rohr 50 cm vor der Rohrverbindung bis zum Rohrscheitel (DN 300) angehoben und fallengelassen. Um dabei die Praxis realitätsnah nachzuempfinden, wurde die Düse an einen Hochdruckspülschlauch aus Gummi DN 32 angeschlossen. Nach dem Fall der Düse wurden die Auftrefffläche betrachtet und Veränderungen dokumentiert (vgl. Bild 135 und Bild 136).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH



Bild 135: Fall-Versuch: Anheben der Düse



Bild 136: Fall-Versuch: Dokumentation

Um auch mögliche Einflüsse der Bettung des Rohres bei der Versuchsdurchführung zu berücksichtigen, wurden im Fall offensichtlicher Materialveränderungen bis zu drei unterschiedliche Versuchsaufbauten ausgeführt:

- **Linienlagerung:**
  Einbau in ein v-förmiges Auflager (Öffnungswinkel 150°± 3°), d.h. das Rohr wurde am Rohrumfang in Anlehnung an DIN EN 1916 [61] zweifach linienförmig gelagert.

- **Sandbettung:**
  Einbau in ein v-förmiges Auflager (Öffnungswinkel 150°± 3°), mit Sandbettung in Anlehnung an DIN EN 1610 [62]. Der Probekörper wurde durch die Sandbettung auf der gesamten Länge unterstützt.

- **Überschüttung:**
  Einbau in ein v-förmiges Auflager, mit Sandbettung in Anlehnung an DIN EN 1610 und Sandüberschüttung.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Produktauswahl und Prüfprogramm

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden neue marktübliche Rohrprodukte den in Tabelle 35 dargestellten Prüfbelastungen ausgesetzt. Im Vordergrund standen dabei das Erkennen von Rohrveränderungen unter üblichen Belastungsbedingungen, die Bewertung der Prüfmethode hinsichtlich ihrer Aussagekraft für die Praxis und die Erarbeitung von Reinigungsempfehlungen für den Kanalbetrieb. Maßgebend für die Auswahl der Rohrprodukte war die Verbreitung der entsprechenden Werkstoff-Gruppen in den Kanalnetzen (vgl. Bild 137), die Verfügbarkeit am Markt und das Interesse der Fachwelt an weiterführenden Erkenntnissen.

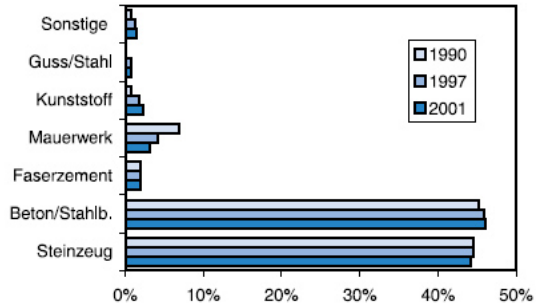


Bild 137: Verbreitung der Rohrwerkstoffe im bundesdeutschen Kanalnetz unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung (von 1990 bis 2001), aus [26]

Eingesetzt wurden klassische Kanalrohrwerkstoffe wie Beton und Steinzeug mit zusammen 90 % Netzbestand. Darüber hinaus wurden Produkte aus Guss, GFK, PE-HD (vollwandig/profiliert) und PVC (mehrschichtig) einbezogen (vgl. Tabelle 39). Zum Einsatz kamen Rohre der Nennweite DN 300 (vgl. [41], [42], [44], Abs. 2.4).

Tabelle 39: Übersicht zu den untersuchten Rohrprodukten der Kreisprofile DN 300

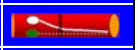
Nr.	Rohrtyp/Werkstoff/Geometrie	Hersteller	Technische Lieferbedingungen
1	**Betonrohre, mit Fuß**	Bellinghausen Kanalrohr GmbH	DIN 4032 [63]*[1] und FBS-Qualitätsrichtlinie [64]
2	**Betonrohre, mit Fuß**, wandverstärkt (HD-Systemversuche)	Berding Beton GmbH	DIN 4032 [63] *[1] und FBS-Qualitätsrichtlinie [64]
3	**glasierte Steinzeugrohre**	Steinzeug Abwasser-systeme GmbH	DIN EN 295 [65] und WN 295 [66]
4	**glasierte Steinzeugrohre**	EuroCeramic GmbH	DIN EN 295 [65] und WN 295 [66]
5	**Duktile Gussrohre** mit Tonerdezementauskleidung	SAINT-GOBAIN GUSS-ROHR GmbH & Co. KG	DIN EN 598 [67]
6	**Geschleuderte GFK-Rohre** (Glasfaserverstärkter Kunststoff)	Hobas Rohre GmbH	DIN 16869 Teil 1 [68] und Teil 2 [69] sowie DIN 19565 [70]
7	**Gewickelte GFK-Rohre** (Glasfaserverstärkter Kunststoff)	Amitech Germany GmbH	DIN 16868 Teil1 [71] und Teil 2 [72] sowie DIN 19565 [70]
8	**Vollwandrohre aus PE-HD** (Polyethylen hoher Dichte)	AGRU FRANK GmbH	DIN 19537 Teil 1 [73], Teil 2 [74], DIN 8074 [75] und DIN 8075 [76]
9	**Vollwandrohre aus PE-HD** (Polyethylen hoher Dichte)	egeplast Werner Strumann GmbH	DIN 19537 Teil 1 [73], Teil 2 [74], DIN 8074 [75] und DIN 8075 [76]
10	**Profilierte Kunststoffrohre aus PE-HD** (Polyethylen hoher Dichte)	Henze GmbH	DIN 16961 [77] u. Entw. DIN 19568 - 100 [78], (prEN 13476, Teil 1 [79])
11	**Profilierte Kunststoffrohre aus PE-HD** (Polyethylen hoher Dichte)	FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH	DIN 16961 [77] u. Entw. DIN 19568-100 [78], (prEN 13476, Teil 1 [79])
12	**Rohre aus PVC-U, mehrschichtig** mit glatter Oberfläche	Funke Kunststoffe GmbH	prEN 13476 T.1 (Wandaufbau) [79] DIN EN 1401 T.1 (Maße) [80]

*[1] teilweise ersetzt durch DIN EN 1916 [81], die Anwendung erfolgt in Deutschland zusammen mit der DIN V 1201 [82]

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Die in den einzelnen Versuchen eingesetzten Produkttypen und die Anzahl der jeweiligen Prüfungen sind in Tabelle 40 zusammengefasst.

Tabelle 40: Anzahl der Versuche nach Rohrprodukten und Prüfmethoden

Prüfmethode	HD- Systemversuch					Düsen-Strahlversuch			Düsen-Schleif-versuch	Düsen-Fall-versuch
						Einzelstrahl	Spüldüse			
										
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	D1		D2		D4	D20	D1	D2	D1	D1
Belastungszyklen [Anz.]	50	50	50	30	60	50	50	50	50	1
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	0	5	0	0	20	0	0	0	0	0
BETON [1]	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3
BETON [2]	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-
gesamt (vgl. Abschn. 5.4.2)	2	1		-	2	3	-	-		3
STEINZEUG [3]	2	1	-	-	1	3	5	-	4	8
STEINZEUG [4]	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3
gesamt (vgl. Abschn.5.4.3)	2	1	-	-	2	3	5	-	4	11
GUSS [5]	2	1	-	-	2	3	6	-	7	3
gesamt (vgl. Abschn.5.4.4)	2	1	-	-	2	3	6	-	7	3
GFK [6]	2 2	1	1	-	2	3	4	2	1	3
GFK [7]	2	-	-	1	-	-	5	-	7	3
gesamt (vgl. Abschn.5.4.5)	6	2	1	-	2	3	9	2	8	6
PE-HD vollwandig [8]	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
PE-HD vollwandig [9]	-	-	-	-	2	3	-	-	-	3
PE-HD profiliert [10]	2	1	-	-	-	-	4	-	3	3
PE-HD profiliert [11]	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
gesamt (vgl. Abschn.5.4.6)	5	3	-	-	2	3	4	-	3	6
PVC-U mehrschichtig [12]	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3
gesamt (vgl. Abschn. 5.4.7)	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3

ROHRHERSTELLER: [1] Bellinghausen Kanalrohr GmbH, [2] Berding Beton GmbH (Werk ehemals: Westrohr GmbH), [3] Steinzeug Abwassersysteme GmbH, [4] EuroCeramic GmbH, [5] SAINT-GOBAIN GUSSROHR GmbH & Co. KG, [6] Hobas Rohre GmbH, [7] Amitech Germany GmbH, [8] AGRU FRANK GmbH, [9] egeplast Werner Strumann GmbH, [10] Henze GmbH, [11] FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH (verschiedene Wanddicken), [12] Funke Kunststoffe GmbH

\- nicht untersucht

■ **Vergleichende Systemversuche**

▒ **Wiederholungsversuche** dienten der Bestätigung bzw. Relativierung von Einzelbeobachtungen an demselben oder einem anderen Produkt der gleichen Werkstoffgruppe.

□ **Zusatzversuche** dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

Um zunächst grundsätzliche Unterschiede im Materialverhalten zu erkennen, wurden für jeweils ein Produkt einer Produktgruppe **vergleichende HD-Systemversuche** durchgeführt. HD-Systemversuche zeichnen sich durch ihre ganzheitliche Belastungssituation aus. So werden sämtliche Bauteile (Rohre, Verbindungen, Anschlüsse) durch praxisübliche Reinigungsstrahlen belastet und die Auswirkungen der mechanischen Einwirkung des Düsenkörpers (Schleifen) sowie ggf. von

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Feststoffpartikeln (Geschiebe) praxisnah simuliert. Für die vergleichend untersuchten Produkte 1, 3, 5, 6, 8, 10 und 12 wurden drei **vergleichende HD-Systemversuche** mit identischen Versuchsrandbedingungen durchgeführt (vgl. Tabelle 40, schwarz unterlegt). Dabei wurden die Rohrstrecken grundsätzlich durch 50 Reinigungszyklen (Vor- und Rückzugsbewegung der Düse) belastet. Dies entspricht der Häufigkeit an Spüldurchgängen, die eine Abwasserleitung während einer Lebensdauer von 50 Jahren bei einer jährlich durchgeführten Reinigung erfährt. Um den Einfluss von Geschiebe auf das Materialverhalten zu beobachten, wurde einer der drei vergleichenden HD-Systemversuche mit Zugabe von 5 Liter Kalkstein-Edelsplitt (1 - 5 mm) bei jedem Reinigungszyklus durchgeführt.

Die **wiederholenden HD-Systemversuche** unter Einsatz der Produkte 6, 7 und 11 (vgl. Tabelle 40, grau unterlegt) dienten der Bestätigung bzw. Relativierung von Einzelbeobachtungen aus den *vergleichenden HD-Systemversuchen* an demselben oder einem anderen Produkt der gleichen Werkstoffgruppe.

Die **Zusatzversuche** an den Produkten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 und 12 (vgl. Tabelle 40, ohne Farbunterlegung) dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (HD-Einzelstrahl, Schleifen, Fallen) und der Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

In den nachfolgenden Abschnitten werden die eingesetzten Produkte und Versuchsergebnisse detailliert beschrieben. Der maßgebliche Ort der jeweiligen Materialveränderung wird den Kategorien Rohrschaft, Rohrverbindung und Abzweig zugeordnet. Im Falle eines deutlichen Materialabtrags ist dessen maximale Fläche und Tiefe dokumentiert worden. Die Häufigkeit, mit der eine Materialveränderung auftrat, wurde nach den Kategorien „in Einzelfällen“ (selten, mindestens zwei Mal beobachtet) oder „regelmäßig“ (Häufigkeit über 50 %)“ bewertet oder in Relation zur Gesamtzahl der geprüften Bauteile (Schaft, Verbindung, Abzweig) dargestellt.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.2 Beton

5.4.2.1 Bellinghausen Kanalsystem GmbH

5.4.2.1.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In vergleichenden HD-Systemversuchen sowie Düsen-Fall-Versuchen wurden Betonrohre von der Bellinghausen Kanalsystem GmbH nach DIN 4032[1] [63] und FBS-Qualitätsrichtlinie [64] mit Kreisquerschnitt und Fuß der Nennweite DN 300 (vgl. Tabelle 41) eingesetzt.

Tabelle 41: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre



Bild 138: FBS-Betonrohre

FBS-Betonrohr DIN 4032[1] – KFW – M 300 x 2500

Wandverstärkte Betonrohre nach DIN 4032[1] [63] und FBS-Qualitätsrichtlinie [64] mit Kreisquerschnitt und Muffe, der Nennweite DN 300 mit Fuß und einer Baulänge von 2,50 m.

Formstücke



Bild 139: FBS-Gelenkstück mit Kernbohrung

FBS-Gelenkstücke DIN 4032[1] – KFW – M 300 x 1000

Wandverstärkte Gelenkstücke aus Beton nach DIN 4032[1] [63] und FBS-Qualitätsrichtlinie [64] mit Kreisquerschnitt, mit Muffe, der Nennweite DN 300 mit Fuß und einer Baulänge von 1,00 m.
An den Gelenkstücken wurden werkseitig Kernbohrungen vorgenommen und diverse Anschlussstutzen eingesetzt. Einige Bohrlöcher wurden nicht mit Anschlusselementen versehen, so dass hier unmittelbar die Bohrkante belastet und hinsichtlich optischer Veränderungen bewertet wurde.

Prüfmethode	HD- Systemversuch				Düsen-Strahlversuche			Düsen-Schleif-Versuch	Düsen-Fall-Versuch
					Einzelstrahl	Spüldüse			
									
Anzahl der Bauteile Rohr/Verbindg./Anschluss	21/30/12				-	-		-	3/-/-
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	D1		D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	0	5	0	20[2]	0	0	0	0	0
Versuchsanzahl	2	1	-	-	-	-	-	-	3

- nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

□ **Zusatzversuche** dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

[1] teilweise ersetzt durch DIN EN 1916 [81], die Anwendung in Deutschland erfolgt zusammen mit der DIN V 1201 [82]

[2] bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.2.1.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Im Rahmen der zwei vergleichenden HD-Systemversuche **ohne Splitt** (vgl. Tabelle 41) waren nach Belastungen mit beweglichem Düsenstrahl im Sohlbereich Auswaschungen an den Innenkanten zum Muffenspiegel, d.h. auf der dem Düsenstrahl zugewandten Seite des Rohrspiegels, feststellbar (vgl. Bild 140 und Bild 141).

Der Versuch mit Zugabe von **5 Liter Splitt** je Reinigungszyklus bestätigte grundsätzlich die Eindrücke aus den Versuchen ohne Splittzugabe. Es war kein signifikant verändertes Materialverhalten zu beobachten. Der vorwiegend im Sohlbereich der Rohrverbindungen beobachtete Materialabtrag war häufig bereits nach 30 Reinigungszyklen (vgl. Bild 143) feststellbar. Nach 50 Reinigungszyklen war der Abtrag etwas größer und tiefer (vgl. Bild 144).

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Hierbei traten lediglich Materialveränderungen auf, wie sie auch in der Prüfung mit beweglicher Düse beobachtet wurden.

HD-Systemversuch (Prüfdüse D1, ohne Splittzugabe)



Bild 140: **Belastung:** 50 Zyklen- kein Splitt -D1 (8x30°)



Bild 141: **Belastung:** 50 Zyklen- kein Splitt -D1 (8x30°)

HD-Systemversuch (Prüfdüse D1, mit 5 Liter Splittzugabe)



Bild 142: vor der HD-Belastung

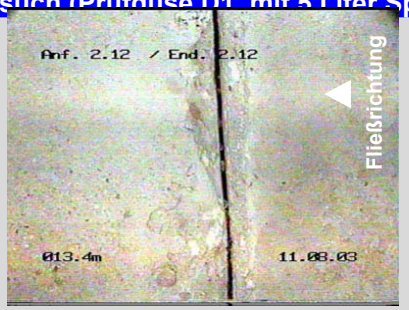


Bild 143: nach 30 Zyklen



Bild 144: nach 50 Zyklen

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft/Verbindung/Abzweig	Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-Systemversuch	Verbindung	< 10	< 5	regelmäßig
Bemerkung:	Materialveränderungen waren bereits nach 30 Reinigungszyklen zu beobachten			

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.2.1.3 Zusatzversuche

Im **Düsen-Fall-Versuch,** nach mechanischer Belastung der Rohrsohle durch den Fall der Düse aus Scheitelhöhe (DN 300) auf die Rohrsohle, wurden keine Materialveränderungen festgestellt.

5.4.2.1.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

In den vergleichenden HD-Systemversuchen (0 und 5 Liter Splittzugabe, 50 Reinigungszyklen) zeigten sich Auswaschungen im Bereich der Rohrverbindung. Diese entsprachen in ihrem Ausmaß den Schwankungen in der Lieferqualität der Prüfrohre (Abplatzungen an den Innenkanten des Muffenspiegels).

Zusatzversuche

Im Düsenfallversuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.2.2 Berding Beton GmbH (Werk ehemals: Westrohr GmbH)

5.4.2.2.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In Ergänzung zu den in Abschnitt 5.4.2.1 dargestellten Prüfungen an einem Betonrohrprodukt eines anderen Herstellers wurden die nachfolgend beschriebenen Zusatzversuche durchgeführt. Dabei wurden Rohre der Berding Beton GmbH (Werk Datteln, ehemals Westrohr GmbH) nach DIN 4032[1] [63] und FBS-Qualitäsrichtlinie [64] mit Kreisquerschnitt und Fuß der Nennweite DN 300 eingesetzt (vgl. Tabelle 42). Es wurden HD-Systemversuche mit erhöhter Splittzugabe bzw. auch erhöhter Anzahl der Reinigungszyklen sowie Düsen-Strahlversuche mit intensivem HD-Einzelstrahl ausgeführt.

Tabelle 42: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

	Rohre
 Bild 145: FBS-Betonrohre	**FBS-Betonrohr DIN 4032[1] – KFW – M 300 x 2500** Wandverstärkte Betonrohre nach DIN 4032[1] [63] und FBS-Qualitäts-richtlinie [64] mit Kreisquerschnitt und Muffe, der Nennweite DN 300 mit Fuß und einer Baulänge von 2,50 m.
	Formstücke
 Bild 146: FBS-Gelenkstück mit Kernbohrung	**FBS-Gelenkstücke DIN 4032[1] – KFW – M 300 x 1000** Wandverstärkte Gelenkstücke aus Beton nach DIN 4032[1] [63] und FBS-Qualitätsrichtlinie [64] mit Kreisquerschnitt, mit Muffe, der Nennweite DN 300 mit Fuß und einer Baulänge von 1,00 m. An den Gelenkstücken wurden werkseitig Kernbohrungen vorgenommen und diverse Anschlussstutzen eingesetzt. Einige Bohrlöcher wurden nicht mit Anschlusselementen versehen, so dass hier unmittelbar die Bohrkante belastet und hinsichtlich optischer Veränderungen bewertet wurde.

Prüfmethode	**HD- Systemversuch**				**Düsen-Strahlversuche**			**Düsen-Schleif-Versuch**	**Düsen-Fall-Versuch**
					Einzelstrahl	**Spüldüse**			
									
Anzahl der Bauteile Rohr/Verbindg./Anschluss	**12/22/12**				**6/3/3**	**-**		**-**	**-**
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	**D1**		**D2**	**D4**	**D20**	**D1**	**D2**	**D1**	**D1**
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	**0**	**5**	**0**	**20[2]**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Versuchsanzahl	**-**	**-**	**-**	**2**	**3**	**-**	**-**	**-**	**-**

- nicht untersucht

■ **Vergleichende Systemversuche**

□ **Zusatzversuche** dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel)

[1] teilweise ersetzt durch DIN EN 1916 [81], die Anwendung in Deutschland erfolgt zusammen mit der DIN V 1201 [82]

[2] bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.2.2.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Für das oben beschriebene Produkt wurden *keine* vergleichenden HD-Systemversuche durchgeführt.

5.4.2.2.3 Zusatzversuche

In zusätzlichen HD-Systemversuchen wurde die Belastung durch Zugabe von ***20 Liter Splitt*** je Reinigungszyklus und 10 zusätzliche Zyklen (insgesamt 60) gegenüber den *vergleichenden HD-Systemversuchen* erhöht. Im Ergebnis zeigte sich ein ähnliches Materialverhalten wie bei dem in Abschnitt 5.4.2.1 dargestellten Betonprodukt. Im Bereich der Rohrverbindung zeigten sich wiederholt Auswaschungen an den Innenkanten des Rohrspiegels (vgl. Bild 147 und Bild 148).

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung traten lediglich Materialveränderungen auf, wie sie auch in der Prüfung mit beweglicher Düse beobachtet wurden.

HD-Systemversuch (Prüfdüse D4, 60 Zyklen mit 20 Liter Splittzugabe)

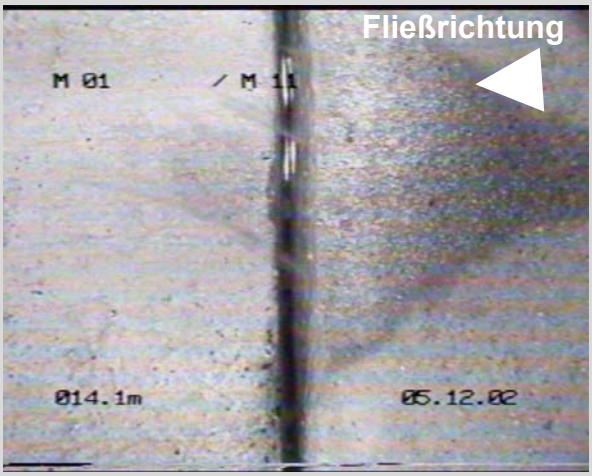


Bild 147: **Belastung:** 60 Zyklen- 20l Splitt -D4 (5x10°, 5x20°)

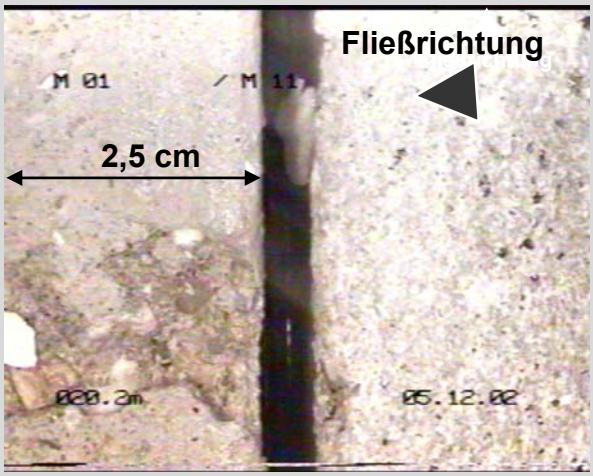


Bild 148: **Belastung:** 60 Zyklen- 20l Splitt -D4 (5x10°, 5x20°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft/Verbindung/Abzweig	Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-Systemversuch	Verbindung	< 10	< 5	regelmäßig
Bemerkung: Materialveränderung waren bereits nach 30 Reinigungszyklen zu beobachten				

Bei den ***Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl*** entstand an den Bauteilkanten der Rohrverbindung und an den Kanten des Abzweigs kleinflächiger Materialabtrag von max. 3 mm Tiefe und eine durchgehende Spülspur, vergleichbar mit der Rauhigkeit des Prüfrohres (vgl. Bild 149 und Bild 150).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl



Bild 149: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)



Bild 150: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft/Verbindung/ Abzweig	Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-Einzelstrahl Prüfung	Verbindung/Abzweig	1	< 3	regelmäßig
Bemerkung:				

5.4.2.2.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

Für dieses Produkt wurden keine vergleichenden HD-Systemversuche durchgeführt.

Zusatzversuche

Im erweiterten HD-Systemversuch, d.h. 20 Liter Splittzugabe und 10 zusätzliche Reinigungszyklen (insgesamt 60), zeigten sich in Folge der Splittzugabe Materialauswaschungen im Bereich der Rohrverbindung mit ähnlicher Intensität wie in den vergleichenden HD-Systemprüfungen des in Abschnitt 5.4.2.1 dargestellten Betonprodukts.

In den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl wurde das im Rahmen der HD-Systemversuche beobachtete Materialverhalten grundsätzlich bestätigt.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.3 Steinzeug

5.4.3.1 Steinzeugrohre glasiert (Steinzeug Abwassersysteme GmbH)

5.4.3.1.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In vergleichenden HD-Systemversuchen und Zusatzversuchen (Düsen-Strahl-, Düsen-Schleif-, Düsen-Fallversuche) wurden innen und außen glasierte Steinzeugrohre nach DIN EN 295 [65] bzw. WN 295 [66] des Herstellers Steinzeug Abwassersysteme GmbH mit der Nennweite DN 300 (vgl. Tabelle 43) eingesetzt.

Tabelle 43: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre	
 Bild 151: Steinzeugmuffen-rohre und Formstücke	**Glasierte Steinzeugrohre der Steinzeug Abwassersysteme GmbH** CeraLong - Rohre mit Steckmuffe K (Verbindungssystem C) sowie CeraLong S Rohre mit Steckmuffe S (Verbindungssystem C) nach DIN EN 295 [65] bzw. WN 295 [66] der Nennweite DN 300 und Tragfähigkeits-klasse 160 (Normallastreihe N , Scheiteldruckkraft FN = 48 [kN/m]). Baulänge: 2,5 m
Formstücke	
 Bild 152: 90° Abzweig  Bild 153: Gelenkstücke	**Glasierte Formstücke aus Steinzeug** nach DIN EN 295 [65] bzw. WN 295 [66], Produktgrupppe CeraLong der Steinzeug Abwassersysteme GmbH**:** Steinzeug-**90° Abzweig,** DN_1/DN_2=300/150 bzw. DN_1/DN_2=300/200 (Normallastreihe N, Tragfähigkeitsklasse 160/160), mit Steckmuffe K/K. Steinzeug-**45° Abzweig**, DN_1/DN_2=300/150 bzw. DN_1/DN_2=300/200 (Normallastreihe N, Tragfähigkeitsklasse 160/160) mit Steckmuffe K/K. Steinzeug-**Gelenkstücke** für den Zulauf (GZ) bzw. für den Ablauf (GA), Nennweite DN 300, Normallastreihe N, Tragfähigkeitsklasse 160, Scheitel-druckkraft FN = 48 [kN/m] mit Steckmuffe K nach dem Verbindungssystem C.

Prüfmethode	**HD- Systemversuch**				**Düsen-Strahlversuch**			**Düsen-Schleif-Versuch**	**Düsen-Fall-Versuch**
					Einzelstrahl	**Spüldüse**			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	**31/45/18**				**6/3/3**	**10/5/-**		**8/4/-**	**8/-/-**
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	**D1**		**D2**	**D4**	**D20**	**D1**	**D2**	**D1**	**D1**
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	**0**	**5**	**0**	**20***	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Versuchsanzahl	**2**	**1**	**-**	**1**	**3**	**5**	**-**	**4**	**8**

- nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

□ Zusatzversuche zur isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel)

* bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.3.1.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Im Rahmen der zwei vergleichenden HD-Systemversuche **ohne Splitt** (vgl. Tabelle 43) war nach Belastungen mit beweglichem Düsenstrahl im Bereich der Rohrverbindung, insbesondere in der Sohle des Muffenrohres, regelmäßig ein kleinflächiger Abtrag der Glasur an der Rohrinnenwand von ca. 1 cm² feststellbar. In einzelnen Fällen betrug die Abtragsfläche bis zu 15 cm² bei einer maximalen Tiefe von ca. 2 mm (vgl. Bild 154 und Bild 155).

Der Versuch mit Zugabe von **5 Liter Splitt** je Reinigungszyklus bestätigte grundsätzlich die Eindrücke aus den Versuchen ohne Splittzugabe. Hier war ebenfalls im Bereich der Rohrverbindung Materialabtrag von einer Fläche bis zu ca. 15 cm² bei einer maximalen Tiefe von 2 mm zu beobachten. Durch abgeschliffene Abtragskanten hatte der Abtrag jedoch eher eine abrasive Ausprägung.

HD-Systemversuche (0 und 5 Litersplittzugabe)

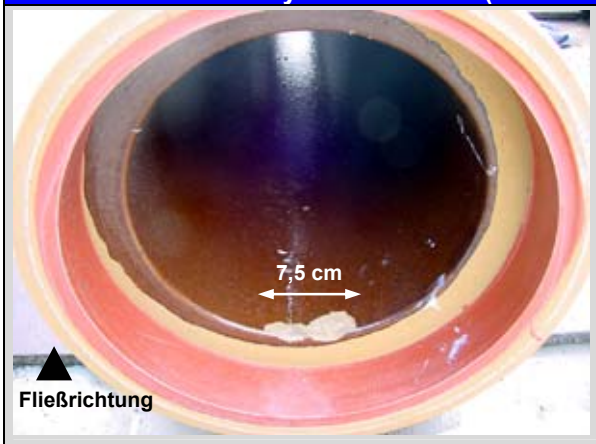


Bild 154: **Belastung:** 50 Zyklen- kein Splitt - D1 (8x30°)

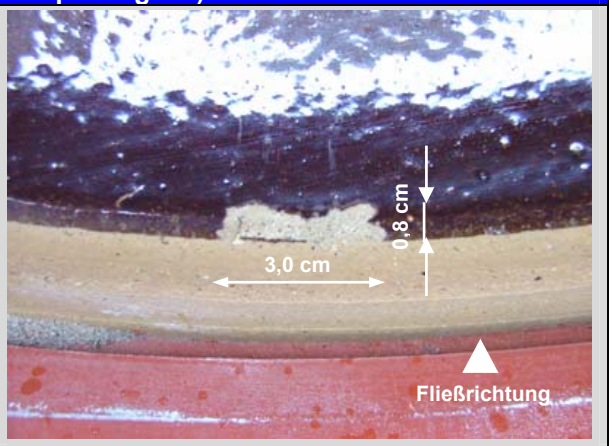


Bild 155: **Belastung:** 50 Zyklen- kein Splitt - D1 (8x30°)

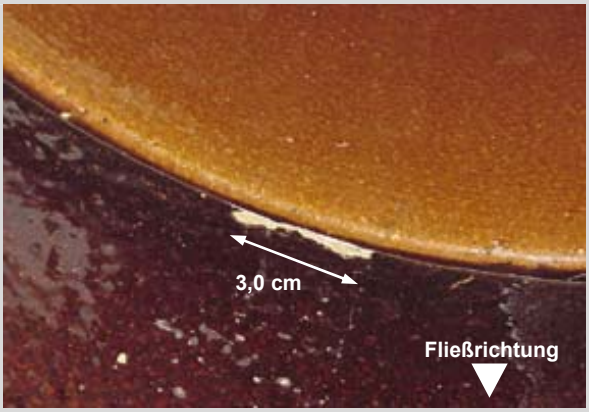


Bild 156: **Belastung:** 50 Zyklen- 5l Splitt - D1 (8x30°)

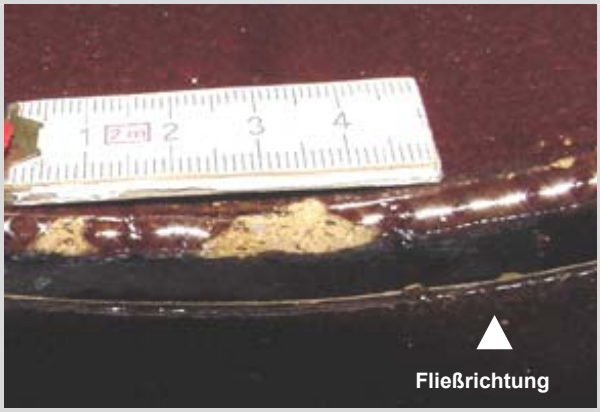


Bild 157: **Belastung:** 50 Zyklen- 5l Splitt - D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft (S) / Verbindung (V) / Abzweig (A)	Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-Systemversuche	Verbindung	< 15	< 2	in Einzelfällen
Bemerkung: Ein Großteil der o.a. Materialveränderungen war bereits nach 30 Spüldurchgängen zu beobachten.				

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung traten keine sichtbaren Materialveränderungen auf.

5.4.3.1.3 Zusatzversuche

Über die vergleichenden ***HD-Systemversuche*** hinaus wurden ergänzende HD-Systemversuche mit einer zusätzlichen Belastung, d.h. einer Zugabe von ***20 Liter Splitt*** je Reinigungszyklus und einer auf 60 Zyklen erhöhten Anzahl an Reinigungsdurchgängen, durchgeführt. Danach war im Bereich der Rohrverbindung ein Abtrag der Glasur mit abrasiver Ausprägung zu beobachten. In einzelnen Fällen wies der Materialabtrag im Sohlbereich eine Breite von ca. 1 cm auf und erstreckte sich bis in die unteren Kämpferbereiche (vgl. Bild 158 und Bild 159). Auch an den Seitenzuläufen traten deutlich erkennbare Materialveränderungen auf. An den Flächen, die den Hochdruckstrahlen zugewandt waren, trat wiederholt ein Abtrag der Glasur mit einer Fläche von bis zu ca. 50 cm² auf (vgl. Bild 160).

HD-Systemversuch (mit Splittzugabe von 20 Liter je Reinigungszyklus)

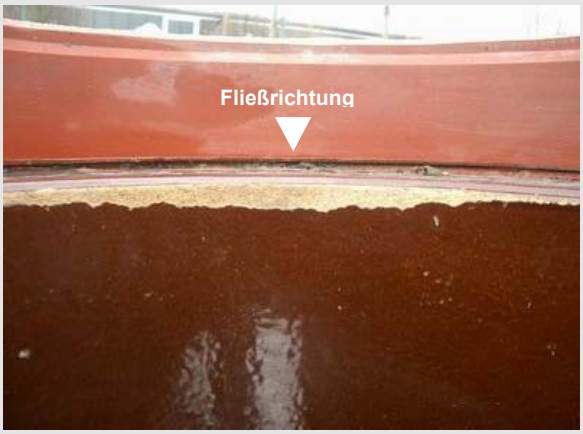


Bild 158: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

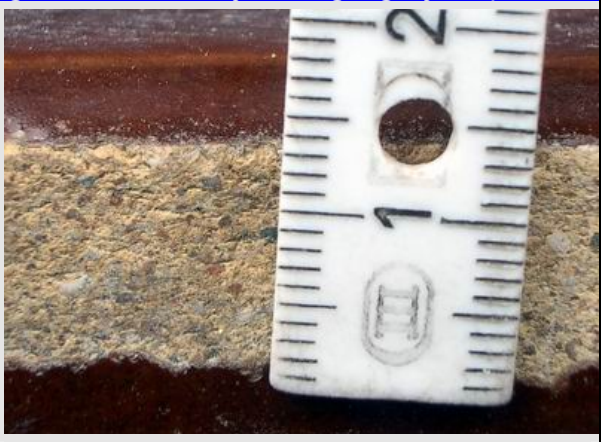
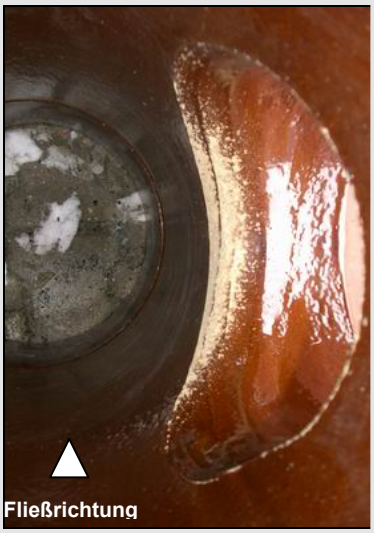
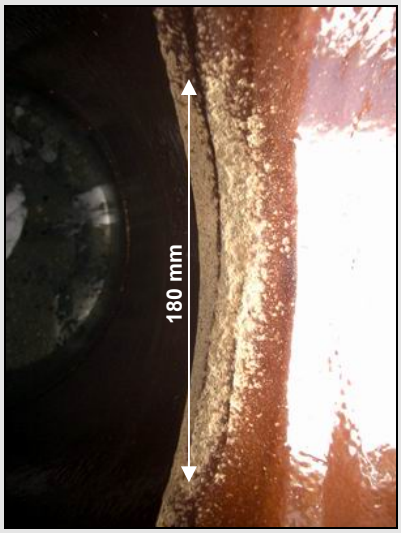


Bild 159: **Belastung:** 60 Zyklen -Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)





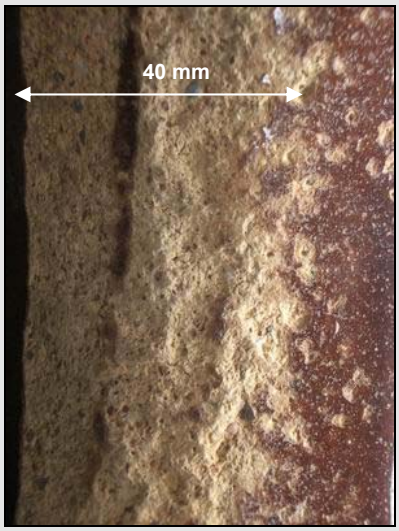


Bild 160: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l- D4 (5x10°, 5x20°) , Abzweig DN 200

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Nach den Belastungen im Rahmen der ***Düsen-Strahlversuche mit HD-Einzelstrahl*** wurde an allen drei getesteten Seitenzuläufen kleinflächiger Materialabtrag bis zu einer Fläche von ca. 3 cm^2 beobachtet (vgl. Bild 161). An zwei von drei Rohrverbindungen trat ebenfalls Materialabtrag mit einer Fläche von ca. 5 cm^2 auf. Die Abtragstiefe war dabei jeweils kleiner als 2 mm.

Im Rahmen der ***Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse*** wurden sowohl mit bewegtem als auch mit stationärem Düsenstrahl keine Materialveränderungen beobachtet (vgl. Bild 162).

Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl

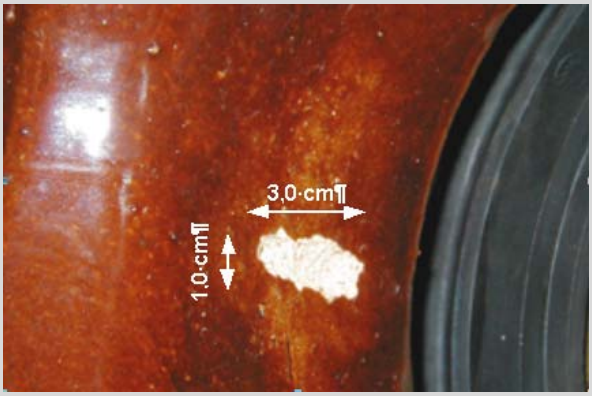


Bild 161: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)

Düsen-Strahlversuch mit HD-Spüldüse



Bild 162: **Belastung:** 50 Zyklen - D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung Schaft (S) / Verbindung (V) / Abzweig (A)	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
		Fläche [cm²]	max. Tiefe [mm]	
HD-Einzelstrahl Prüfung	(A) Abzweig	< 3	< 2	3 (A) von 3 (A)
	(V) Verbindung	< 5	< 2	2 (V) von 3 (V)
HD-Spüldüsenprüfung	keine Veränderung	-	-	-
Bemerkung:				

Nach mechanischer Belastung der Rohrsohle im **Düsen-Schleifversuch** (vgl. Abschnitt 5.3.4) waren keine Materialveränderungen feststellbar (vgl. Bild 162).

Düsen-Fall-Versuch



Bild 163: Rohrinnenansicht,
Belastung: 1 Düsenfall, Düse1 (Gewicht: 4,5kg)
Lagerung: Sandbettung mit Überschüttung



Bild 164: Ansicht Muffe,
Belastung: 1 Düsenfall, Düse1 (Gewicht: 4,5kg)
Lagerung: Sandbettung mit Überschüttung

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Nach der Belastung im **Düsen-Fallversuch** (vgl. Abschnitt 5.3.5) wurden wiederholt deutlich erkennbare Materialveränderungen festgestellt. Zur Durchführung der Düsen-Fall-Versuche wurde eine 4,5 kg schwere Rundstrahldüse bis auf Scheitelhöhe des Rohrdurchmessers DN 300 hochgehoben und dann ein Mal fallengelassen. Infolge dieser Belastung bildete sich ausgehend von dem Auftreffpunkt der Düse ein feiner Haar-Riss von ca. 30 bis 50 cm Länge (vgl. Bild 163 und Bild 164). Um auszuschließen, dass allein die Rohrbettung einen maßgeblichen Einfluss auf das Ausmaß der Materialveränderungen hat, wurden die Düsen-Fall-Versuche unter unterschiedlichen Bettungsbedingungen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3.5). In allen Fällen wurde die vorgenannte Beobachtung bestätigt.

5.4.3.1.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

In den vergleichenden HD-Systemversuchen (0 und 5 Liter Splittzugabe, 50 Reinigungszyklen) wurde an einzelnen Rohrverbindungen und Abzweigen die Glasur und Anteile der keramischen Wandung (max. 2 mm) auf einer Fläche von bis zu 15 cm² abgetragen. In Folge der Splittzugabe (5 Liter) erhielt der Materialabtrag eine abrasive Ausprägung bei ähnlicher Fläche und Tiefe.

Zusatzversuche

Im erweiterten HD-Systemversuch, d.h. 20 Liter Splittzugabe und 10 zusätzliche Reinigungszyklen (insgesamt 60), zeigte sich in Folge der Splittzugabe ein Materialabtrag mit abrasiver Ausprägung und ähnlicher Tiefe wie bei geringerer Splittzugabe, allerdings mit deutlich größerer Fläche (bis zu 50 cm²). In den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl wurde ein ähnliches Materialverhalten (kleinflächiger Materialabtrag) wie in den vergleichenden HD-Systemversuchen ohne Splittzugabe beobachtet. In den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Spüldüse waren keine Materialveränderungen optisch feststellbar. Im Düsen-Schleif-Versuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper. Der Fall eines Düsenkörpers aus Scheitelhöhe (DN 300) auf die Rohrwandung verursachte Risse in der Rohrwand.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.3.2 Steinzeugrohre glasiert (EuroCeramic GmbH)

5.4.3.2.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In Ergänzung zu den in Abschnitt 5.4.3.1 dargestellten Prüfungen an einem Steinzeugrohrprodukt eines anderen Herstellers wurden Zusatzversuche mit Schwerpunkt auf eine Belastung durch Feststoffe (20 Liter Splittzugabe) und den Fall eines Düsenkörper auf die Rohrsohle an innen und außen glasierten Steinzeugrohren nach DIN EN 295 [65] des Herstellers EuroCeramic GmbH mit der Nennweite DN 300 (vgl. Tabelle 44) ausgeführt.

Tabelle 44: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre



Bild 165: Steinzeugrohre

Abwasserrohre aus Steinzeug,
Produktguppe Euro Trad der EuroCeramic GmbH
EuroTrad Rohre nach DIN EN 295 [65], Nennweite DN 300, Tragfähigkeitsklasse 160 (Normallastreihe), Verbindungssystem C
Baulänge: 2,00 m

Formstücke



Bild 166: Abzweig, 45°

Formstücke aus Steinzeug, Produktgruppe EuroTrad nach DIN EN 295 [65]: Steinzeug-**Abzweig 90°,** Nennweite DN 300/150 und DN 300/200 (Tragfähigkeitsklasse 160/160, Normallastreihe), Verbindungssystem C; Steinzeug-**Abzweig 45°**, Nennweite DN 300/150 und DN 300/200 (Tragfähigkeitsklasse 160/160, Normallastreihe), Verbindungssystem C; Steinzeug **Sattelstück 45°** Nennweite DN 150 und DN 200; Steinzeug **Sattelstück 90°** Nennweite DN 150 und DN 200; Steinzeug **Anbohrstutzen 90°** Nennweite DN 150 und DN 200

Prüfmethode	HD- Systemversuch				Düsen-Strahlversuch			Düsen-Schleif-Versuch	Düsen-Fall-Versuch
					Einzelstrahl	Spüldüse			
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	8/11/11				-	-		-	3/-/-
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	D1		D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	0	5	0	20*	0	0	0	0	0
Versuchsanzahl	-	-	-	1	-	-	-	-	3

- nicht untersucht
- ■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**
- □ Zusatzversuche dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).
- * bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

5.4.3.2.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Für das oben beschriebene Produkt wurden *keine* vergleichenden HD-Systemversuche durchgeführt.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.3.2.3 Zusatzversuche

Da bei dem in Abschnitt 5.4.3.1 dargestellten Steinzeugprodukt im Rahmen der HD-Systemversuche Materialveränderungen bei zusätzlicher Splittbelastung auftraten, wurde mit dem vorliegenden Produkt ein weiterer HD-Systemversuch mit Zugabe von **20 Liter Splitt** je Reinigungszyklus durchgeführt. Danach trat im Bereich der Rohrverbindungen in der Sohle des Muffenrohres ein kleinflächiger Abtrag der inneren Glasur von ca. 1 cm² auf (vgl. Bild 168). Insbesondere an den Rohrverbindungen und seitlichen Anschlüssen in der Nähe der Splittzugabe-Station am Anfang der Prüfstrecke war ein deutlicher Abtrag der Glasur mit abrasiver Ausprägung zu beobachten. Dieser hatte im Sohlbereich eine Breite von bis zu 1 cm und erstreckte sich bis in den Kämpferbereich (vgl. Bild 167). Im Bereich der seitlichen Anschlüsse war der Materialabtrag auf den dem Spülstrahl zugewandten Flächen offensichtlich erkennbar, und von deutlich größerer Ausbildung (vgl. Bild 169).

HD-Systemversuch (mit 20 Liter Splittzugabe)

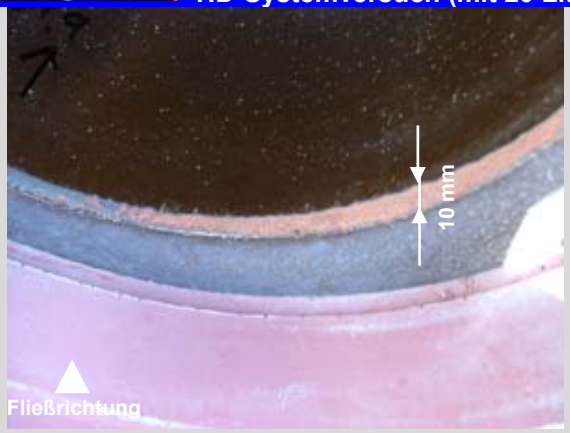


Bild 167: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

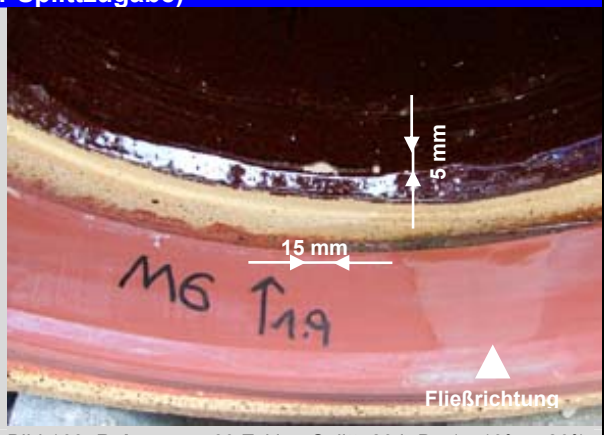


Bild 168: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l- D4 (5x10°, 5x20°)

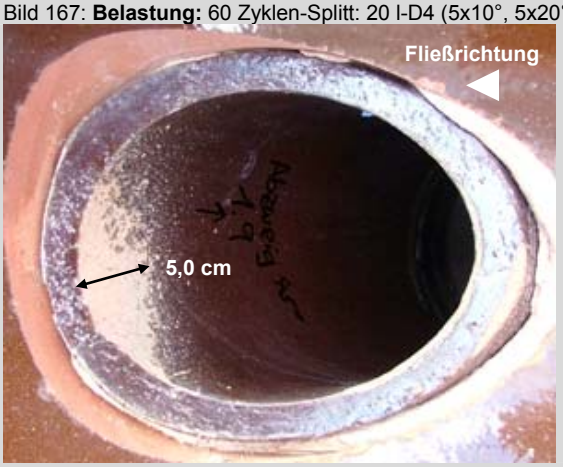
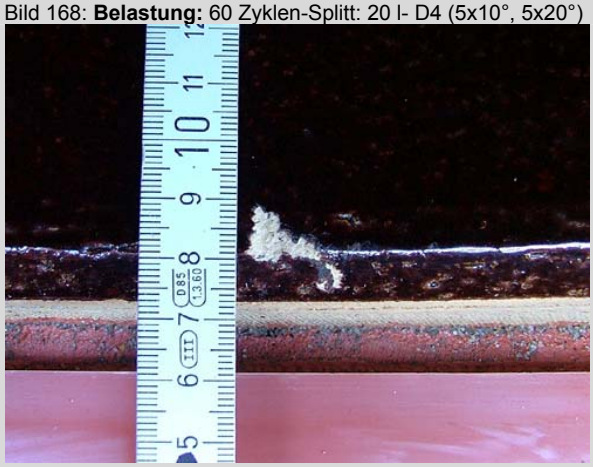


Bild 169: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20l-D4 (5x10°, 5x20°)



Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft/Verbindung/Abzweig	Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-Systemversuch	Rohrschaft/Verbindung/Abzweig	-/bis 25/bis 50	-/2/2	-/regelmäßig/regelmäßig
Bermerkung: Ein Großteil der o.a. Materialveränderungen war bereits nach 30 Spüldurchgängen zu beobachten.				

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung waren keine Materialveränderungen erkennbar.

Im **Düsen-Fall-Versuch** zeigte sich in zwei von drei Versuchen bei Sandbettung bzw. vollständiger Sandüberschüttung des Prüfrohres ein über die Wanddicke durchgehender Haar-Riss bis zur Rohrverbindung (vgl. Bild 170 und Bild 171). In einem Versuch trat ein ca. 1 cm^2 großer Materialabtrag ohne sichtbare Rissbildung an der Auftreffstelle auf (Bild 172).

Düsen-Fall-Versuch

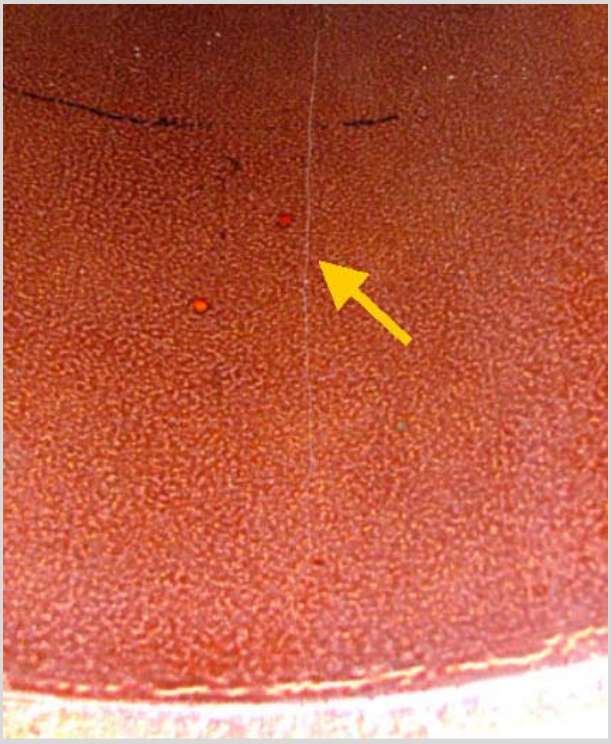


Bild 170: *Rohrinnenansicht*
Belastung: 1 Düsenfall mit Düse D1 (4,5 kg)
Lagerung: vollständige Überschüttung

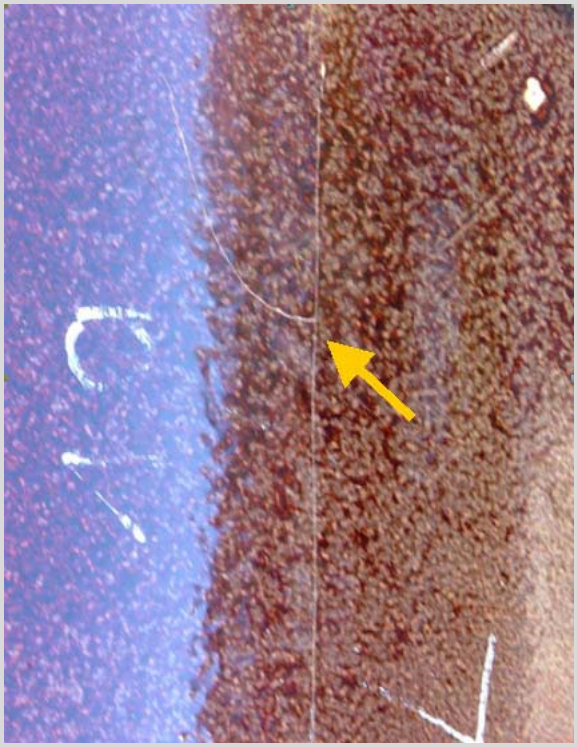
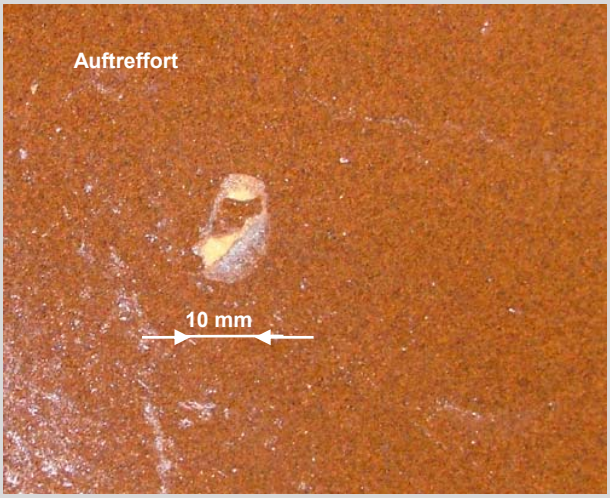


Bild 171: *Rohraußenansicht*
Belastung: 1 Düsenfall mit Düse D1 (4,5 kg)
Lagerung: vollständige Überschüttung



172: **Belastung:** 1 Düsenfall mit Düse D1 (4,5 kg)
Lagerung: vollständige Überschüttung

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.3.2.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

Vergleichende HD-Systemversuche (0 und 5 Liter Splittzugabe) wurden für dieses Produkt *nicht* durchgeführt.

Zusatzversuche

Im erweiterten HD-Systemversuch mit 20 Liter Splittzugabe und im Düsen-Fall-Versuch zeigte sich ein ähnliches Materialverhalten wie bei dem nach Abschnitt 5.4.3.1 untersuchten Produkt aus Steinzeug. An den Rohrverbindungen und Abzweigen wurden die Glasur und Anteile der keramischen Wandung abgetragen (max. 2 mm). In Folge der Splittzugabe erhielt der Materialabtrag eine abrasive Ausprägung. Der Fall eines Düsenkörpers aus Scheitelhöhe (DN 300) auf die Rohrwandung verursachte in zwei von drei Versuchen Risse in der Rohrwand.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.4 Guss

5.4.4.1 Duktile Gussrohre mit Tonerdezementmörtelauskleidung (Saint Gobain Gussrohr GmbH & Co. KG)

5.4.4.1.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In vergleichenden HD-Systemversuchen und Zusatzversuchen (Düsen-Strahl-, Düsen-Schleif-, Düsen-Fallversuche) wurden duktile Gussrohren mit Tonerdezementmörtelauskleidung nach DIN EN 598 [67] der Saint-Gobain Gussrohr GmbH & Co. KG eingesetzt (vgl. Tabelle 45).

Tabelle 45: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

	Rohre
 Bild 173: INTEGRAL®-Abwasser-Rohre DN 300	**INTEGRAL®-Abwasser-Muffenrohre DN 300** aus duktilem Gusseisen mit Tonerdezementmörtelauskleidung nach DIN EN 598 [67] mit Steckmuffenverbindung Tyton nach DIN 28603 [83] einschließlich Dichtungen aus NBR. Baulängen: 6,0 m mit Muffe, 3,0 m mit Muffe sowie 3,00 m Glattrohre
	Formstücke
 Bild 174: KSM-Kanalsattel	**KSM Kanalsattel** DN 300/150, 90° aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 [67]; **KSB Kanalsattel** DN 300/150, 90° aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 [67], Einsteckende für Rohre aus STZ/GGG; **ABS-Stück**, Anbohrsattelstück, DN 300/150, 45° aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 [67], mit Muffen für Rohre aus STZ/GGG; **INTEGRAL®-Rohrkupplung** aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 [67] mit Steckmuffenverbindung nach DIN 28603 [83] und Dichtungen aus NBR

Prüfmethode	**HD- Systemversuch**				**Düsen-Strahlversuch**			**Düsen-Schleif-Versuch**	**Düsen-Fall-Versuch**
					Einzelstrahl	**Spüldüse**			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	**20/15/16**				**9/3/3**	**12/6/-**		**14/7/-**	**3/-/-**
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	**D1**		**D2**	**D4**	**D20**	**D1**	**D2**	**D1**	**D1**
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	**0**	**5**	**0**	**20***	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Versuchsanzahl	**2**	**1**	**-**	**2**	**3**	**6**	**-**	**7**	**3**

– nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

□ Zusatzversuche dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

* bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

5.4.4.1.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Im Rahmen der vergleichenden HD-Systemversuche **ohne Splittzugabe** war wiederholt kleinflächiger Materialabtrag (bis zu 15 cm²) mit einer Tiefe von ein bis

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

maximal zwei Millimetern zu beobachten. Dieser trat überwiegend im Sohlbereich der Rohrverbindung, insbesondere an dem Rohrspiegel, der dem Düsenstrahl zugewandt war, auf (Bild 175 und Bild 176).

Im Ergebnis des HD-Systemversuchs mit **5 Liter Splittzugabe** war ein Einfluss aus Feststoffbelastung nicht erkennbar. Um den KSM-Kanalsattel einbauen zu können, mussten Kernbohrungen an dem Gussrohr vorgenommen werden. Dabei trat an den Bohrkanten kleinflächiger Materialabtrag auf. An diesen Stellen war infolge der Prüfbelastung keine nennenswerte Vergrößerung der Abtragsfläche erkennbar (vgl. Bild 177 und Bild 178).

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung wurden optisch keine Materialveränderungen festgestellt.

HD-Systemversuch (ohne Splittzugabe)



Bild 175: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)



Bild 176: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

HD-Systemversuch (mit 5 Liter Splittzugabe)



Bild 177: **Belastung:** 50 Zyklen-Splitt: 5 Liter- D1 (8x30°)



Bild 178: **Belastung:** 50 Zyklen- Splitt: 5 Liter- D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft (S) / Verbindung (V) / Abzweig (A)	Fläche [cm²]	max. Tiefe [mm]	
HD-Systemversuch	Verbindung	< 6	< 2	regelmäßig
Bemerkung: Ein Großteil der o.a. Materialveränderungen war bereits nach 30 Spüldurchgängen zu beobachten.				

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.4.1.3 Zusatzversuche

Über die vergleichenden HD-Systemversuche hinaus wurden ergänzende Versuche mit einer zusätzlichen Belastung, d.h. einer Zugabe von 20 Liter Splitt je Reinigungszyklus und einer auf 60 Zyklen erhöhten Anzahl an Reinigungsdurchgängen, durchgeführt. Danach zeigte sich in Folge der Splittzugabe an einzelnen Rohrverbindungen Materialabtrag in Form von Abrasion. Eine Zunahme der Tiefe und Fläche des Abtrags war nicht feststellbar (vgl. Bild 179). Im Bereich der Seitenzuläufe zeigten sich Abrasionserscheinungen an der Innenoberfläche der Abzweige, die dem Hochdruckwasserstrahl zugewandt war. Die Oberfläche des Materials (Farbbeschichtung) wurde dabei abgespült bzw. aufgerauht (vgl. Bild 180).

HD-Systemversuch (mit Zugabe von 20 Liter Splitt je Reinigungszyklus)

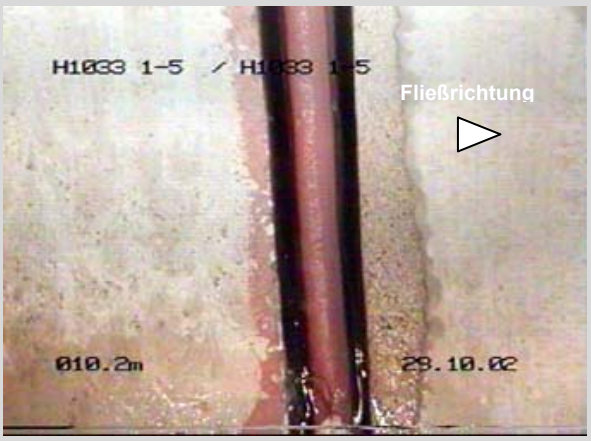


Bild 179: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

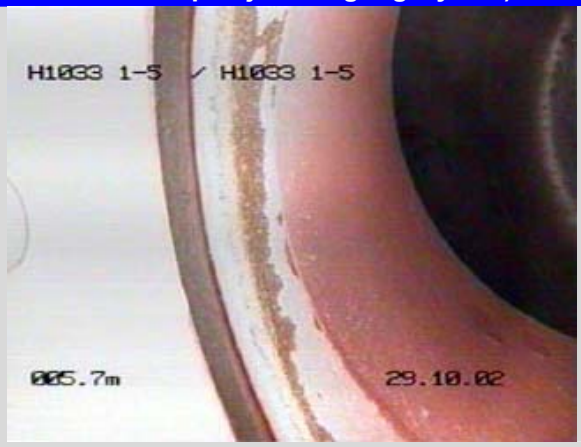


Bild 180: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

In den **Düsen-Strahlversuchen mit HD-Spüldüse** wurde in einzelnen Fällen ebenfalls Materialabtrag festgestellt. Im Vergleich zu den Beobachtungen bei den HD-Systemversuchen war die Abtragstiefe jedoch wesentlich geringer und auch die Abtragsflächen waren deutlich kleiner, so dass meistens lediglich die farbige Beschichtung am Rohrstoß abgetragen wurde (vgl. Bild 181).

Düsen-Strahlversuch mit HD-Spüldüse



Bild 181: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Im Vergleich zu den o.a. Ergebnissen aus den HD-Systemversuchen mit und ohne Splittzugabe und den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Spüldüse war der im Rahmen der **Düsen-Strahlversuche mit HD-Einzelstrahl** beobachtete Materialabtrag deutlich gravierender. Im Verbindungsbereich wurde bei zwei von drei Prüfungen die komplette Zementmörtelschicht großflächig abgetragen (vgl. Bild 182). Im Anschlussbereich wurde ebenfalls Materialabtrag festgestellt. Dabei wurde offensichtlich auch die Dichtung des Kanalsattels angegriffen (vgl. Bild 183). Hier zeigt sich sowohl im Bereich der Anschlüsse als auch der Rohrverbindung ein deutlicher Unterschied zu den Ergebnissen der praxisnahen HD-Systemversuche bzw. der Düsen-Strahlversuche mit Spüldüse.

Düsen-Strahlversuche mit HD-Einzelstrahl



Bild 182: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)



Bild 183: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft (S) / Verbindung (V) / Abzweig (A)	Fläche [cm²]	max. Tiefe [mm]	
HD-Einzelstrahl Prüfung	Verbindung	400	2 - 8	2 (V) von 3 (V)
	Abzweig (Dichtung)	3	< 2	3 (A) von 3 (A)
Bemerkung: Ein Großteil der o.a. Materialveränderungen war bereits nach 30 Spüldurchgängen zu beobachten.				

In den **Düsen-Schleif-Versuchen** wurden leichte Schleifspuren an der Oberfläche der Rohrwandung (vgl. Bild 177) und geringer Farbabtrag des Schutzanstriches im Verbindungsbereich beobachtet.

Im **Düsen-Fall-Versuch** war an den Auftreffstellen der Düse ein Abdruck in der Mörtelschicht von ca. 5 x 5 mm Größe erkennbar (vgl. Bild 178).

Düsen-Schleif-Versuch



Bild 184: **Belastung:** 50 Zyklen - D1 (4,5 kg)

Düsen-Fall-Versuch



Bild 185: **Belastung:** 1 Düsenfall mit Düse D1 (4,5 kg)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.4.1.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

In den vergleichenden HD-Systemversuchen (0 und 5 Liter Splittzugabe, 50 Reinigungszyklen) wurde an einzelnen Rohrverbindungen deutlich erkennbar Material der Zementmörtelauskleidung abgetragen, allerdings ohne die Gussoberfläche freizulegen. Im Ergebnis des HD-Systemversuchs mit 5 Liter Splittzugabe war ein Einfluss aus Feststoffbelastung nicht erkennbar.

Zusatzversuche

Im erweiterten HD-Systemversuch, der mit 20 Liter Splittzugabe und 10 zusätzlichen Reinigungszyklen (insgesamt 60 Zyklen) über die Anforderungen der vergleichenden HD-Systemversuche hinausging, zeigte sich in Folge der Splittzugabe an einzelnen Rohrverbindungen und seitlichen Anschlüssen Materialabtrag in Form von Abrasion. Eine Zunahme der Tiefe und Fläche des Abtrags war nicht feststellbar. Sowohl im Düsen-Schleif- als auch im Düsen-Fall-Versuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper. In der HD-Einzelstrahlprüfung mit extremen Reinigungsparametern zeigten sich demgegenüber deutliche Abplatzungen im Verbindungsbereich mit freigelegter Gussoberfläche und ein Angriff an der Dichtung des Anschlusssattels. In der Betriebspraxis ist allerdings davon auszugehen, dass der HD-Strahl erst nach einem deutlich längeren Strahlweg auf den seitlichen Anschluss im Kämpfer bzw. Scheitel trifft (vgl. 8 mm Strahlabstand im Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.5 GFK

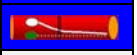
5.4.5.1 Geschleuderte GFK-Rohre (Hobas Rohre GmbH)

5.4.5.1.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In vergleichenden HD-Systemversuchen und Zusatzversuchen (Düsen-Strahl-, Düsen-Schleif-, Düsen-Fallversuche) wurden geschleuderte GFK-Kanalrohre (glasfaserverstärkte Kunststoffrohre nach DIN 16869 Teil 1 [68] und Teil 2 [69] sowie DIN 19565 [70]) der Hobas Rohre GmbH eingesetzt (vgl. Tabelle 46).

Tabelle 46: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

	Rohre
 Bild 186: geschleuderte GFK-Rohre DN 300	**Geschleuderte GFK Kanalrohre der Hobas Rohre GmbH:** Kanalrohre aus geschleuderten, glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) nach DIN 16869 [68 und 69] sowie DIN 19565 [70], ohne oder mit einseitig aufgezogener Kupplung (vgl. Formstücke), Nennweite DN 300, Nenndruck PN1 (Freispiegel) und einer Nennsteifigkeit SN 10.000 N/m^2. Die Baulänge der Rohre beträgt 0,5 m, 1,0 m und 3,0 m.
	Formstücke
 Bild 187: 90° T-Stück DN 300/150 aus GFK	**Formstücke aus geschleuderten, glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) nach DIN 19565 [70] der Hobas Rohre GmbH:** GFK-**Kupplung** für vg. Kanalrohre mit einer EPDM Dichung (Membran), Nenndruck PN1 (Freispiegel) bzw. PN6 (Druckrohr). GFK-**T-Stück 90°**, Nennweite DN 300/150 (DA324/168) (vgl, Bild 187) und DN 300/200 (DA324/220), Abgang spitz, PN 1 (Freispiegel), SN 10.000 N/m^2; GFK-**Abzweig 45°**, DN 300/150 (DA324/168) und DN 300/200, Abgang spitz, PN 01, SN 10.000 N/m^2; GFK-**Sattelstücke 90°** mit PVC-Abgang, DN 300/150.

Prüfmethode	**HD- Systemversuch**				**Düsen-Strahlversuch**			**Düsen-Schleif-Versuch**	**Düsen-Fall-Versuch**
					Einzelstrahl	**Spüldüse**			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	**43/66/41**				**6/3/3**	**14/7/-**		**2/1/-**	**3/-/-**
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	**D1**		**D2**	**D4**	**D20**	**D1**	**D2**	**D1**	**D1**
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	**0**	**5**	**0**	**20***	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Versuchsanzahl	**2**	**2** / **1**	**1**	**2**	**3**	**4**	**2**	**1**	**3**

– nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

▒ **Wiederholungsversuche** dienten der Bestätigung bzw. Relativierung von Einzelbeobachtungen an demselben oder einem anderen Produkt der gleichen Werkstoffgruppe.

□ **Zusatzversuche** dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

* bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

5.4.5.1.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Im Rahmen der vergleichenden HD-Systemversuche **ohne Splittzugabe** wurden an allen drei Prüfhaltungen Materialveränderungen beobachtet. Klein- bis großflächige Delaminationen der harzreichen Innenschicht (ca. 10 – 200 cm²) waren die wesentlichsten und am häufigsten auftretenden Materialveränderungen. Sie traten

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

ausschließlich im Bereich der Rohrverbindungen auf, insbesondere an den Rohrspiegeln, die dem Düsenstrahl zugewandt sind. Die Dicke der abgetragenen bzw. delaminierten Schicht betrug maximal 2 mm und reichte bis zu einer innenliegenden glasfaserverstärkten Schicht, so dass auch einzelne Glasfasern freigelegt wurden (vgl. Bild 188 und Bild 189). Der überwiegende Teil der Materialveränderungen beschränkte sich jedoch auf den durch die äußere Kupplung und die umlaufende Dichtung gekammerten Bereich bis 4 cm Rohrlänge (Bild 190 Abschnitt 5.4.5.1.4). Im Ergebnis des HD-Systemversuchs mit **5 Liter Splittzugabe** war ein Einfluss aus Feststoffbelastung nicht erkennbar.

HD-Systemversuch (ohne Splittzugabe)



Bild 188: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

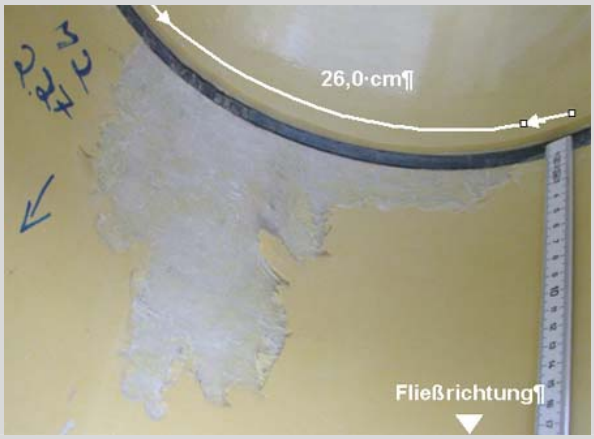


Bild 189: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

HD-Systemversuch (mit 5 Liter Splittzugabe)

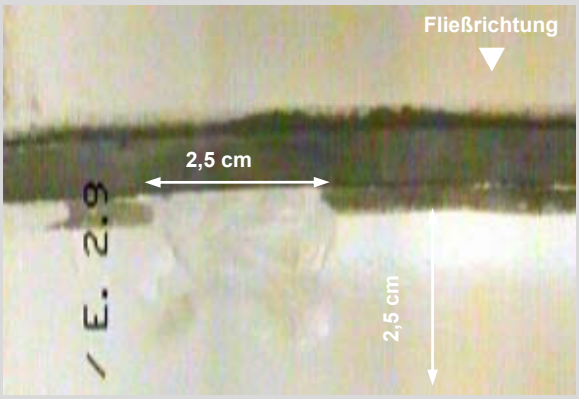


Bild 190: **Belastung:** 50 Zyklen-5 l Splitt-D1 (8x30°)

HD-Systemversuch (stationäre Belastung)

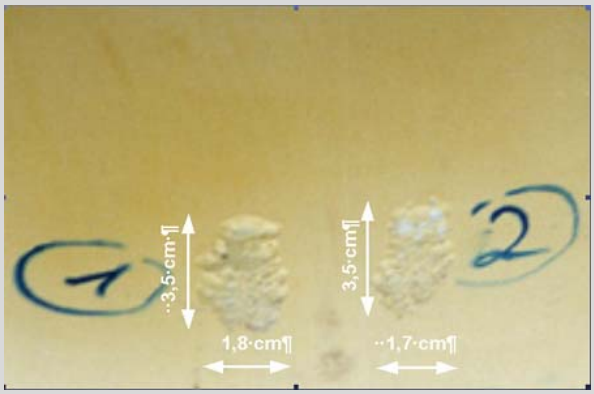


Bild 191: **Belastung:** 3 min stationär - D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung Schaft(S) / Verbindung (V) / Abzweig (A)	beobachtete Häufigkeit	Größe des Abtrags	
			Fläche [cm²]	max. Tiefe [mm]
HD-System-versuch	(V), Materialveränderung beschränkte sich auf den gekammerten Verbindungsbereich	13 von 27 (V)	$L_{Rohrachse}$ < 4 cm	< 2
	(V), Materialveränderung ging über den gekammerten Verbindungsbereich hinaus (> 4 cm Rohrlänge)	7 von 27 (V)	bis 200	< 2
Bemerkung: Ein Großteil der o.a. Materialveränderungen war bereits nach 30 Spüldurchgängen zu beobachten				

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung wurde kleinflächiger Materialabtrag bis zu 10 cm² mit einer Abtragstiefe von max. 1,5 mm in der Rohrsohle beobachtet (vgl. Bild 191).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.5.1.3 Wiederholungsversuche

Um die o.a. Versuchsergebnisse ggf. zu bestätigen bzw. auch zu relativieren wurden zwei weitere HD-Systemversuche ohne Splittzugabe durchgeführt. In diesen Versuchen wurden die Ergebnisse aus den vergleichenden HD-Systemversuchen bestätigt, auch hier waren Materialveränderungen ähnlicher Intensität als klein- bis großflächige Delaminationen der harzreichen Innenschicht zu beobachten.

5.4.5.1.4 Zusatzversuche

Über die vergleichenden HD-Systemversuche hinaus wurden ergänzende Versuche mit einer zusätzlichen Belastung, d.h. einer Zugabe von **20 Liter Splitt** je Reinigungszyklus und einer auf 60 Zyklen erhöhten Anzahl an Reinigungsdurchgängen, durchgeführt. Infolge der Feststoffbelastung hatte der Materialabtrag nun eine abrasive Ausprägung (vgl. Bild 192 und Bild 193).

HD-Systemversuche (mit Zugabe von 20 Liter Splitt je Reinigungszyklus)

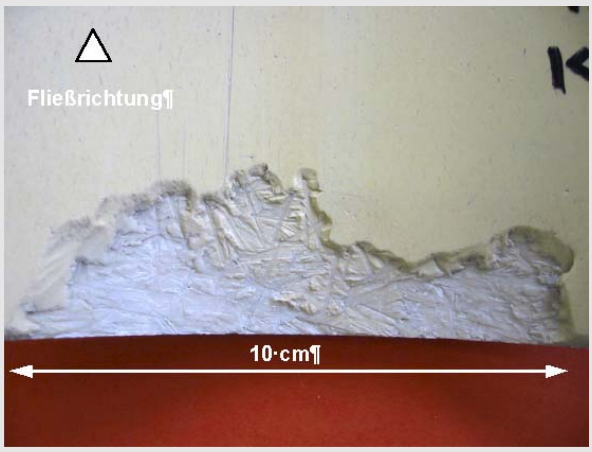


Bild 192: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

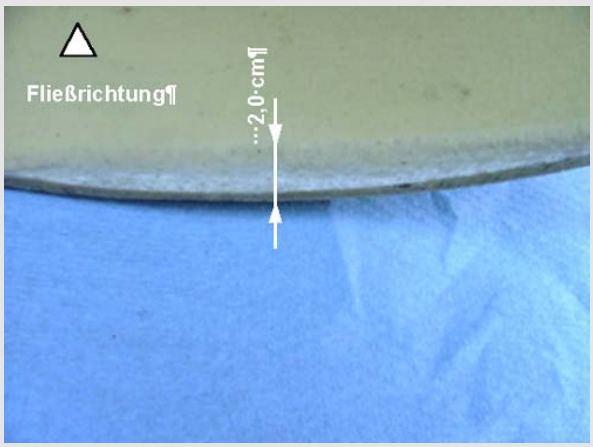


Bild 193: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

Eine Zunahme der Intensität der Veränderungen gegenüber den Ergebnissen der Versuche mit geringer bzw. ohne Splittbelastung war nicht feststellbar. Jedoch traten an den Abzweigen erst durch die Splittzugabe Materialveränderungen auf. Dort wurde Abrasion geringer Tiefe (vgl. Bild 194) und kleinflächiger Materialabtrag beobachtet (Bild 195).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

HD-Systemversuche (mit Zugabe von 20 Liter Splitt je Reinigungszyklus)



Bild 194: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

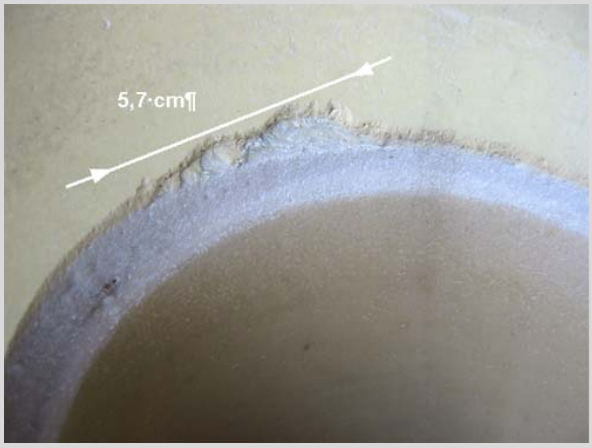


Bild 195: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

Darüber hinaus wurde ein zusätzlicher HD-Systemversuch **ohne Splittzugabe** mit der 10-strahligen Prüfdüse D2, die über zwei verschiedene Düsenstrahlwinkel (5x20° und 5x30°) verfügt, durchgeführt. Auch nach dieser Belastungssituation waren klein- bis großflächige Delaminationen der harzreichen Innenschicht zu beobachten (vgl. Bild 196 und Bild 197)

HD-Systemversuch (mit Prüfdüse D2 (5x20°, 5x30°) ohne Splittzugabe)

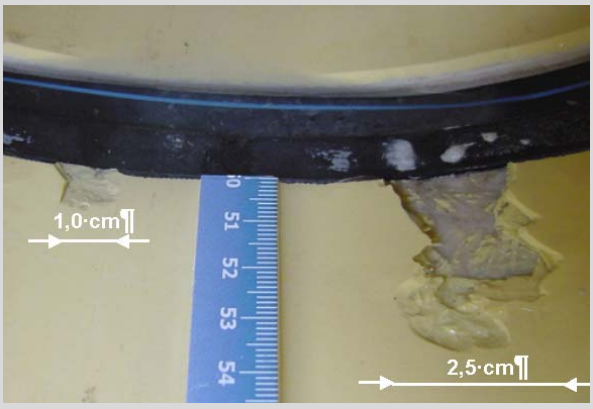


Bild 196: **Belastung:** 50 Zyklen-ohne Splitt-D2 (5x20°, 5x30°)

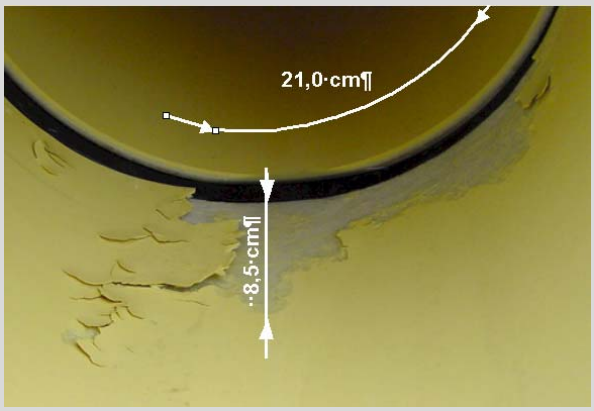


Bild 197: **Belastung:** 50 Zyklen-ohne Splitt- D2 (5x20°, 5x30°)

Im **Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl** zeigte sich Materialabtrag im Bereich der Rohrverbindung mit einer Fläche von ca. 10 cm². Die maximale Abtragstiefe war jedoch im Vergleich zu den HD-Systemversuchen deutlich höher. An der Kante des Rohrspiegels wurde über die gesamte Wanddicke Material abgetragen (Bild 198).

Die **Düsen-Strahlversuche** mit **HD-Spüldüse** ergaben ähnliche Materialveränderungen wie bereits in den HD-Systemversuchen ohne Splittzugabe beobachtet, allerdings von kleinerer Fläche (Bild 199).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl

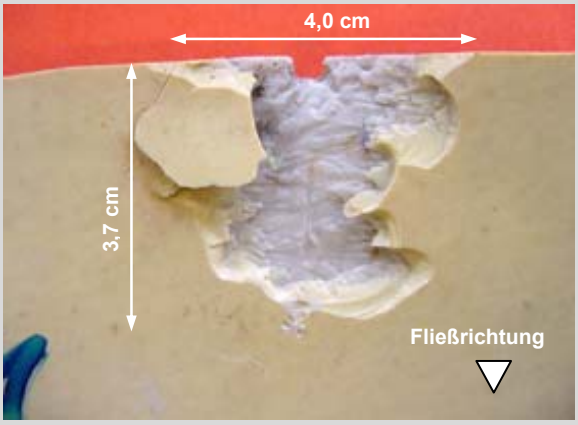


Bild 198: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)

Düsen-Strahlversuch mit HD-Spüldüse

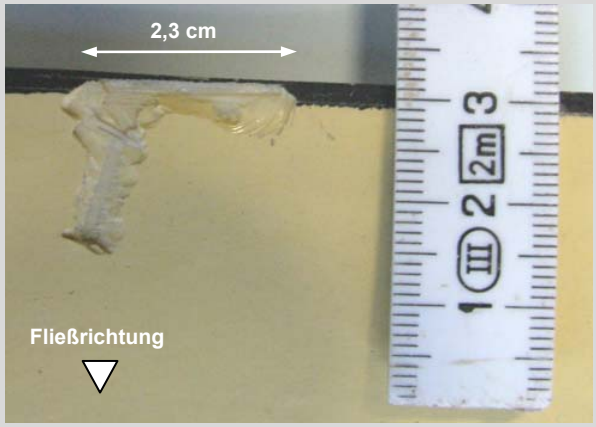


Bild 199: **Belastung:** 50 Zyklen (100bar) - D2 (5x20°, 5x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung Schaft(S) /Verbindung (V)/ Abzweig (A)	beobachtete Häufigkeit	Größe des Abtrags	
			Fläche [cm²]	max. Tiefe [mm]
HD-Einzelstrahl-Prüfung	Verbindung	3 (V) von 3 (V)	< 15	< 6
HD-Spüldüsen-Prüfung	Verbindung	6 (V) von 7 (V)	< 15	< 2

Nach mechanischen Belastungen der Rohrsohle im **Düsen-Schleif-Versuch** und **Düsen-Fall-Versuch** waren keine Materialveränderungen erkennbar (vgl. Bild 200 und Bild 201).

Düsen-Schleif-Versuch



Bild 200: **Belastung:** 50 Zyklen ohne Wasser, Prüfdüse D1

Düsen-Fall-Versuch



Bild 201: **Belastung:** 1 Düsenfall, Prüfdüse D1
Lagerung: Sandbettung

Ergänzende Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse

Aufgrund der deutlichen Materialveränderungen nach HD-Strahlbelastung wurden 20 zusätzliche Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse im Pipe-Tester mit verschiedenen Düsen, erhöhtem Strahlabstand und verschiedenen Düsendrücken durchgeführt. Um einen definierten Strahlabstand einzurichten, wurde die Düse an eine freitragende Stange fixiert. Der Abstand zwischen der Unterkante des Düsenkörpers und der Rohrsohle betrug dabei ca. 1cm (Bild 202). In der Praxis kann der Strahlabstand durch Verwendung eines Düsenschlittens bzw. –korbes ebenfalls erhöht werden. Um den Einfluss flacher Abstrahlwinkel hinsichtlich der

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Rohrbeanspruchung beobachten zu können wurde in diesen Versuchen auch die Düse D19 (8x20°) mit ausschließlich flachen Abstrahlwinkeln von 20° eingesetzt (vgl. Abschnitt 4.2, Tabelle 19).



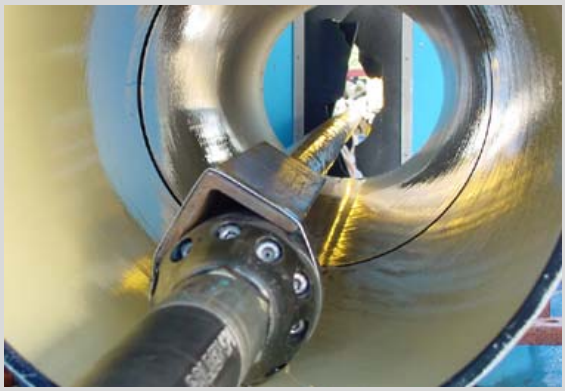


Bild 202: Vorrichtung zur Einstellung eines definierten Strahlabstandes durch Fixierung der Düse an einer freitragenden Stange, das Rohrprüfstück auf dem Schwenktisch ist unterhalb der Düse frei beweglich

Die Versuchsergebnisse dieser ergänzenden Versuche zeigten deutliche Unterschiede in der Wirkung verschiedener Düsensysteme. Während in den Versuchen unter Einsatz der Prüfdüse D2 (5x20°, 5x30°) auch bei einem Düsenabstand von ca. 1 cm und einem reduzierten Druck von 100 bar noch deutlich sichtbare Materialveränderungen im Verbindungsbereich festgestellt wurden (vgl. Bild 203), wiesen die Rohre nach Einsatz der achtstrahligen-Düse D19 mit ausschließlich flachen Abstrahlwinkeln von 20° (vgl. Tabelle 19) auch unter hohen Drücken von 120 bar keine wesentlichen Veränderungen auf (vgl. Bild 204).

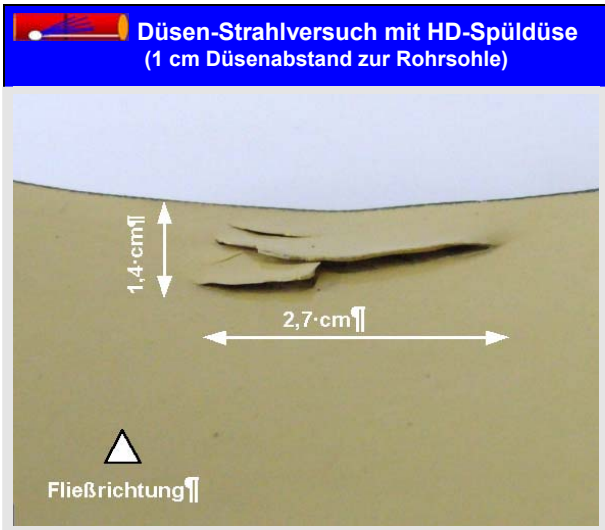


Bild 203: **Belastung:** 50 Zyklen - **100 bar** - D2 (5x20°, 5x30°)



Bild 204: **Belastung:** 50 Zyklen - **120 bar** - D19 (8x20°)

Wasserundurchlässigkeitsprüfung und Dichtheit

Die Wasserundurchlässigkeit des Materials wurde im Bereich erkennbar beanspruchter Rohrstellen stichprobenhaft untersucht. Dazu wurden drei Rohrstellen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

mit deutlichem Materialabtrag aus dem Rohr herausgeschnitten und mit der Außenseite auf eine Dichtung gepresst, die an ein Kolbengefäß anschließt. Mit Hilfe einer Vakuumpumpe wurde in dem Kolben ein Unterdruck von 0,5 bar über eine Prüfzeit von 15 min aufgebracht. Zu Beginn der Prüfung wurde die beanspruchte Rohrinnenfläche mit gefärbten Wasser beträufelt. Befindet sich nach Abschluss der Prüfzeit kein Wasser im Kolbengefäß, bzw. auf der Außenseite des Rohrabschnittes, gilt das Prüfkriterium der Wasserundurchlässigkeit als erfüllt. In den drei Versuchen wurden die Prüfkriterien stets erfüllt und die Wasserundurchlässigkeit des Materials im Bereich der beanspruchten Rohrstellen bestätigt (vgl. Bild 205 und Bild 206).

Wasserundurchlässigkeitsprüfung

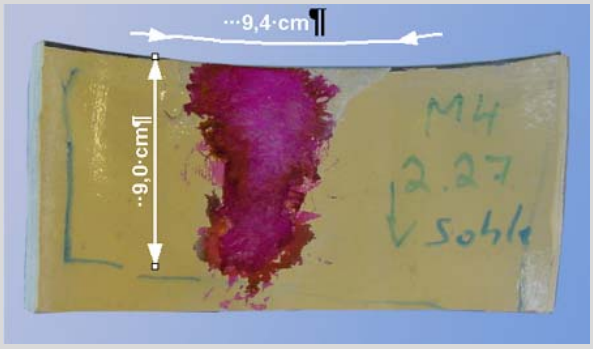


Bild 205: Haltung 2.27, Verbindung 4, (Rohrinnenfläche)



Bild 206: Haltung 2.27, Verbindung 4, (Rohraußenfläche nach Prüfabschluss)

Konstruktionsbedingt ist zu erwarten, dass die Rohrverbindungen unabhängig von der Tiefe der Materialveränderung dicht bleiben, wenn diese Veränderungen ausschließlich im gekammerten Bereich der Überschiebkupplung liegen. Dies wurde durch eine ergänzende Dichtheitsprüfung (Muffenprüfung) an einer Rohrverbindung bestätigt, aus der zuvor ein Abschnitt von 3,2 cm x 6 cm (Rohrlänge x Umfang) Größe am Rohrende herausgeschnitten wurde (vgl. Bild 208). Die von diesem vollständigen „Materialabtrag“ betroffene Rohrverbindung wurde in Anlehnung an DIN EN 1610 [62] durch eine Wasserdruckprüfung mit einem Prüfdruck von 0,5 bar, d.h. mit 5 m Wassersäule, auf Dichtheit überprüft. Während der Prüfzeit trat kein Wasser an der Rohraußenseite oder im Verbindungsbereich aus.

Dichtheitsprüfung an Rohrverbindung mit Rohrausschnitt



Bild 207: Zusammengebaute Prüfkörper

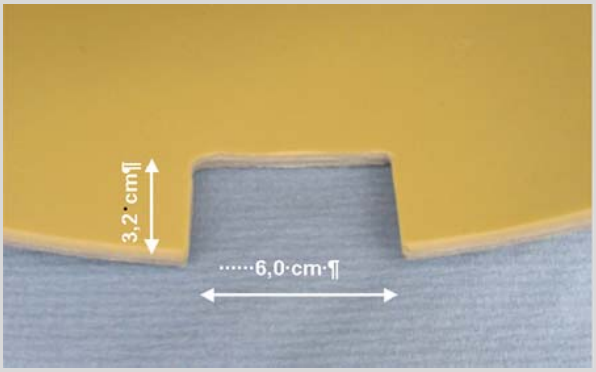


Bild 208: Prüfstück mit Ausschnitt 3,2 cm x 6 cm am Rohrstoß

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Wiederholungsuntersuchung nach Produktmodifikationen

Im Zuge der Untersuchungen veranlasste die Hobas Rohre GmbH bereits eine Produktweiterentwicklung. Die Rohreigenschaften wurden in mehreren Entwicklungsschritten mit dem Ziel einer verbesserten Widerstandsfähigkeit gegenüber der HD-Strahlbelastung modifiziert. Anschließend beauftragte der Rohrhersteller die Prüfstelle für Bauprodukte des IKT, Gelsenkirchen mit einem **HD-Systemversuch mit Splittzugabe** an den modifizierten Rohren. Die Ergebnisse wurden in einem umfassenden Prüfbericht für den Auftraggeber zusammengestellt [84].

Im Gesamtblick der Ergebnisse wurden an den **modifizierten Rohren** an zwei von drei Rohrverbindungen punktförmiger Materialabtrag geringer Größe (ca. 4 x 11 mm) beobachtet (vgl. Bild 209). Der Materialabtrag reichte an der Kante des Rohrspiegels über die harzreiche Verschleißschicht hinaus. Es wurden jedoch keine Glasfasern freigelegt.

Ergänzend wurden an den modifizierten Rohren drei **stationäre Belastungen** über drei Minuten mit 120 ± 3 bar an der stillstehenden Düse durchgeführt. In zwei Fällen wurden visuell keinerlei Veränderungen festgestellt. Die dritte stationäre Belastung führte in der Rohrsohle zu einem Materialabtrag von ca. 5 mm Länge (in Rohrachse) und ca. 3 mm Breite. Die Abtragstiefe betrug maximal ca. 1 mm und lag im Grenzbereich der harzreichen Innenschicht. Freiliegende Fasern waren nicht feststellbar (vgl. Bild 210).

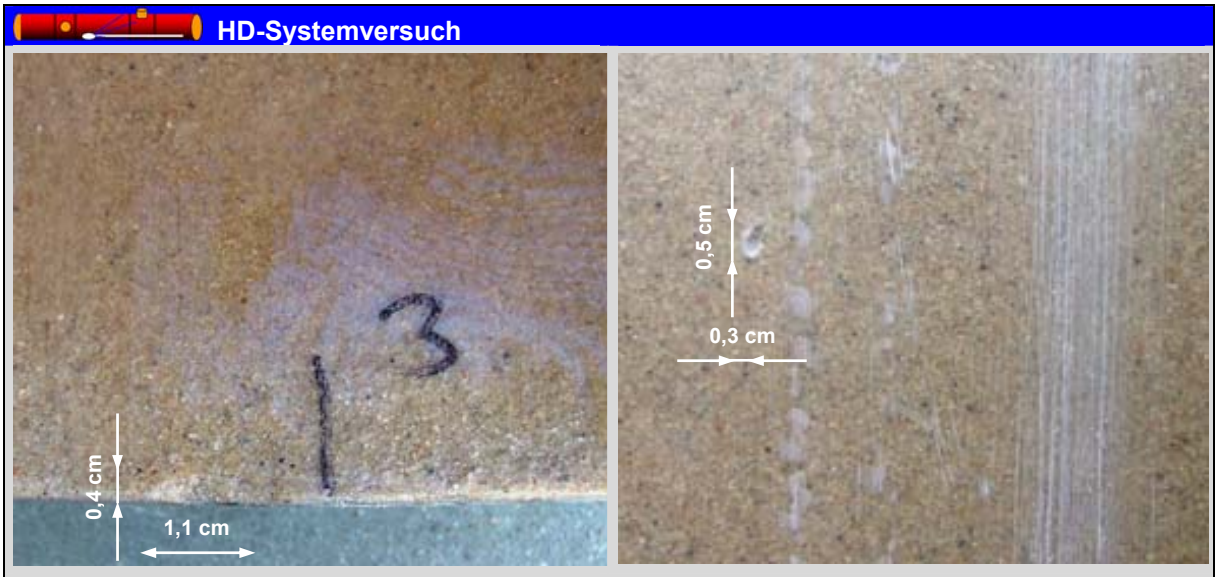


Bild 209: *Modifiziertes Rohr, HOBAS Rohre GmbH,* **Belastung:** 50 Zyklen – 5l Splitt-D1 (8x30°)

Bild 210: *Modifiziertes Rohr, HOBAS Rohre GmbH,* **Belastung:** 3 min stationär - D1 (8x30°)

Darüber hinaus wurden zwei **Düsen-Strahlversuche mit HD-Einzelstrahl** in Anlehnung an DIN V 19517 [42] an den modifizierten Rohren durchgeführt. Im ersten Fall trat im 46. Reinigungszyklus, nachdem 45 Belastungen in gleicher Spülspur ohne sichtbare Veränderungen blieben, eine deutliche Materialveränderung in Form einer delaminierten Fläche von ca. 35 x 45 mm auf (vgl. Bild 211). Im zweiten

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Versuch lag nach Abschluss der 50 Reinigungszyklen ein kleinflächiger Materialabtrag von ca. 4 x 12 mm vor. Freiliegende Fasern waren in diesem Fall nicht feststellbar (vgl. Bild 212).

Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl (beweglicher Düsenstrahl)

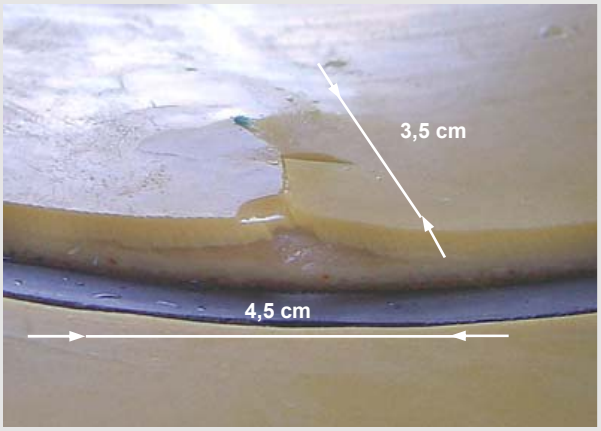


Bild 211: *Modifiziertes Rohr HOBAS Rohre GmbH,* HD-Einzelstrahlbelastung, beweglicher Düsenstrahl in Anlehnung an [42]

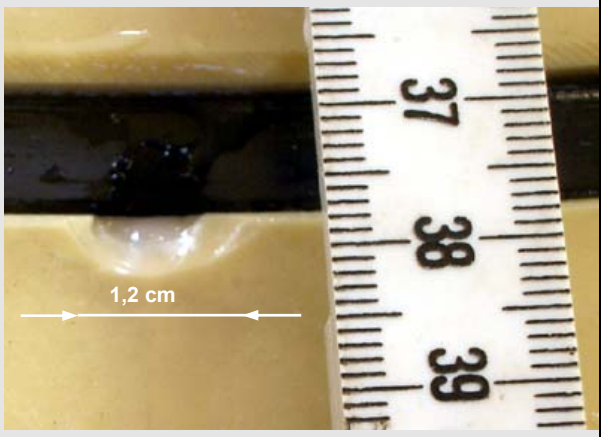


Bild 212: *Modifiziertes Rohr, HOBAS Rohre GmbH,* HD-Einzelstrahlbelastung, beweglicher Düsenstrahl in Anlehnung an [42]

5.4.5.1.5 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

In den vergleichenden HD-Systemversuchen (0 und 5 Liter Splittzugabe, 50 Reinigungszyklen) wurde an einzelnen Rohrverbindungen deutlich erkennbar Material abgetragen, so dass Faserbereiche freilagen. In Folge der Splittzugabe (5 Liter) erhielt der Materialabtrag eine abrasive Ausprägung bei ähnlicher Fläche und Tiefe.

Wiederholungsversuche

Im Rahmen der Wiederholungsversuche wurden die Ergebnisse aus den vergleichenden HD-Systemversuchen bestätigt, auch hier waren im Verbindungsbereich Materialveränderungen ähnlicher Intensität als klein- bis großflächige Delaminationen der harzreichen Innenschicht zu beobachten.

Zusatzversuche

Im erweiterten HD-Systemversuch, d.h. 20 Liter Splittzugabe und 10 zusätzliche Reinigungszyklen (insgesamt 60), zeigten sich ähnliche Materialveränderungen wie im vergleichenden HD-Systemversuch mit 5 Liter Splitt. Eine Zunahme in der Intensität der Materialveränderungen war nicht feststellbar. In den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Spüldüse und HD-Einzelstrahl wurden die Beobachtungen aus den vergleichenden HD-Systemversuchen ohne Splittzugabe grundsätzlich bestätigt. Allerdings zeigten ergänzende Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse bei einem Düsenabstand zur Rohrsohle von ca. 1cm deutliche Unterschiede in der

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Wirkung verschiedener Düsensysteme. Während bei Einsatz von Düsen mit großem Abstrahlwinkel (Düse D2, 5x30°, 5x20°) sichtbare Veränderungen in den Rohrverbindungen auftraten, wiesen die Rohre nach Einsatz einer Düse mit ausschließlich flachen Abstrahlwinkeln von 20° auch unter hohen Drücken von 120 bar nahezu keine Veränderungen auf. Im Düsenschleif- und –fallversuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper.

Ergänzende Untersuchungen an modifizierten Prüfkörpern

Die zusammenfassende Betrachtung der Prüfergebnisse an den **modifizierten Prüfkörpern** zeigt, dass in diesen Fällen die Widerstandsfähigkeit gegenüber den HD-Strahlbelastungen sowohl in den HD-System- als auch Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl deutlich verbessert wurde.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.5.2 Gewickelte GFK-Rohre (Amitech Germany GmbH)

5.4.5.2.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

Zur Bestätigung bzw. Relativierung des in Abschnitt 5.4.5.1 beobachteten Materialverhaltens wurden HD-Systemversuche an Rohrleitungen einer weiteren Produktvariante aus GFK wiederholt und Zusatzversuche (HD-Systemversuch mit Prüfdüse D2, Düsen-Strahlversuche mit Prüfdüse D1 sowie Düsen-Schleif- und Düsen-Fall-Versuche) ausgeführt. Dazu eingesetzt wurden gewickelte GFK-Rohre (Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz) nach DIN 16868 Teil 1 [71] und Teil 2 [72] sowie DIN 19565 [70]) der Amitech Germany GmbH (vgl. Tabelle 47).

Tabelle 47: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre



Bild 213: gewickelte GFK-Rohre DN 300

Flowtite GFK Kanalrohre der Amitech Germany GmbH
Kanalrohre aus gewickeltem, glasfaserverstärkten Polyesterharz (UP-GF) nach DIN 16868 [71 und 72] sowie DIN 19565 [70], ohne oder mit einseitig aufgezogener Kupplung (vgl. Formstücke), Nennweite DN 300, Nenndruck PN 1 (Freispiegel) und einer Nennsteifigkeit SN 10.000 N/m^2, mit versiegelten Rohrspiegelkanten. Die Baulänge der Rohre beträgt 6 m.

Formstücke



Bild 214: 45° GFK-Anschlusssattel DN150

Formstücke aus gewickeltem, glasfaserverstärkten Polyesterharz (UP-GF) nach DIN 16868 [71 und 72] sowie DIN 19565 [70]:
REKA Kupplung für Flowtite Kanalrohre (vgl. auch Bild 213) mit Dichtringen aus EPDM und Anschlagring für vg. Flowtite Kanalrohre.
GFK-**Anschlussstutzen** DN150 (vgl. Bild 214), direkt einlaminiert, 45° und einem Nenndruck PN 1 (Freispiegel).
GFK-**Gelenkstücke** ohne oder mit einseitig aufgezogener Kupplung, Nennweite DN 300, Nenndruck PN 1 (Freispiegel) und einer Nennsteifigkeit SN 10.000 N/m^2. Die Baulänge der Gelenkstücke beträgt 1 m.

Prüfmethode	HD- Systemversuch				Düsen-Strahlversuch			Düsen-Schleif-Versuch	Düsen-Fall-Versuch
					Einzelstrahl	Spüldüse			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	**11/8/12**				**-**	**24/12/-**		**14/7/-**	**3/-/-**
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	**D1**		**D2**	**D4**	**D20**	**D1**	**D2**	**D1**	**D1**
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	**0**	**5**	**0**[1]	**20**[2]	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Versuchsanzahl	**2**	**-**	**1**	**-**	**-**	**5**	**-**	**7**	**3**

– nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

▒ **Wiederholungsversuche** dienten der Bestätigung bzw. Relativierung von Einzelbeobachtungen an demselben oder einem anderen Produkt der gleichen Werkstoffgruppe.

□ **Zusatzversuche** dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

1 30 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

2 bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.5.2.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Für das oben beschriebene Produkt wurden *keine* vergleichenden HD-Systemversuche durchgeführt.

5.4.5.2.3 Wiederholungsversuche

Zur Bestätigung bzw. Relativierung des in Abschnitt 5.4.5.1 beobachteten Materialverhaltens an einem anderen Produkt der gleichen Werkstoffgruppe wurden mit dem hier eingesetzten Produkt insgesamt zwei Wiederholungsversuche als **HD-Systemversuch ohne Splittzugabe** durchgeführt. Im Gesamtblick beider Versuche wurde an 3 von 6 Rohrverbindungen kleinflächiger Materialabtrag im Bereich des Rohrspiegels, der dem Düsenstrahl zugewandt ist, festgestellt. Die Abtragsflächen haben eine Größe von ca. 3 bis 25 cm² und eine maximale Tiefe von 2,0 mm. Die harzreiche Innenschicht ist dabei stellenweise abgetragen, so dass Fasern der Tragschicht freiliegen (vgl. Bild 215). An der Oberfläche der Abzweige waren keine Materialveränderung optisch feststellbar (vgl. Bild 216 und Bild 217).

HD-Systemversuch (ohne Splittzugabe)

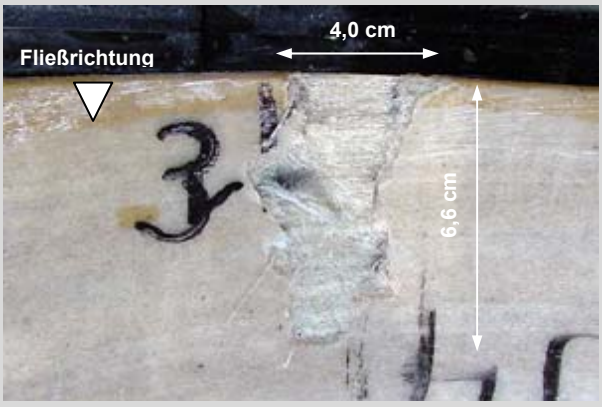




Bild 215: **Belastung:** 50 Zyklen- kein Splitt- Düse D1 (8 * 30°), rechts vergrößert dargestellt

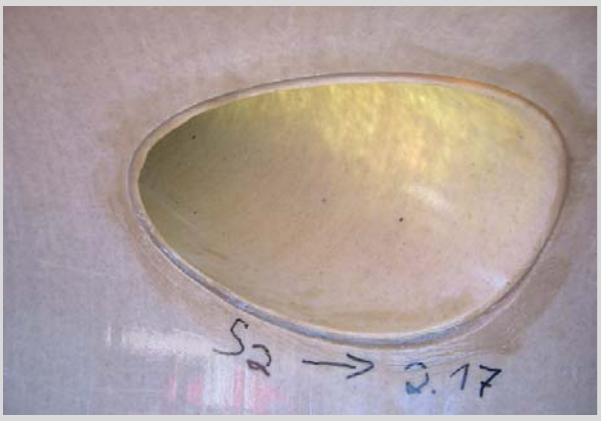


Bild 216: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

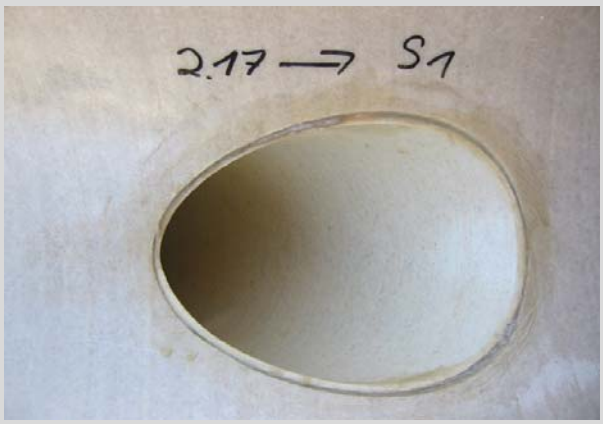


Bild 217: **Belastung:** 50 Zyklen-keinSplitt-D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft(S) /Verbindung (V)/ Abzweig (A)	Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-System-versuch	(V), Materialveränderung beschränkte sich auf den gekammerten Verbindungsbereich	< 25	< 2	3 (V) von 6 (V)
Bemerkung: Nach den Prüfbelastungen wurden durch Materialabtrag Textilglas-Fasern freigelegt				

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung zeigten sich an der Rohroberfläche optisch keine Veränderungen (vgl. Bild 218 und Bild 219). Die auf den Bildern sichtbaren schwarzen Verfärbungen resultieren aus dem Abrieb des Spülschlauchmaterials.

HD-Systemversuch (stationärer Düsenstrahl)

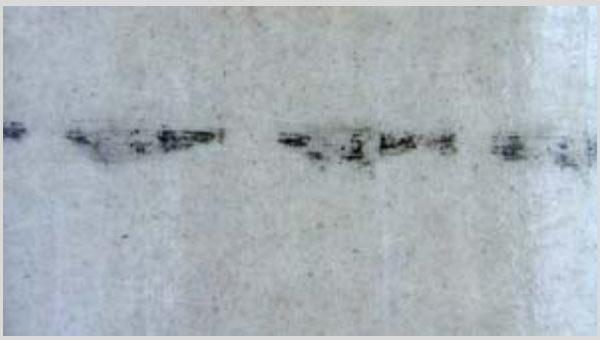


Bild 218: **Belastung:** 3 min stationär - kein Splitt- D1 (8x30°)

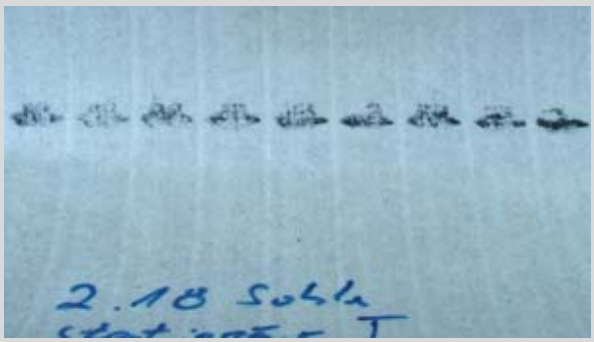


Bild 219: **Belastung:** 3 min stationär - kein Splitt- D1 (8x30°)

5.4.5.2.4 Zusatzversuche

Über die Wiederholungsversuche hinaus wurde ein HD-Systemversuch mit der Prüfdüse D2 und 30 Reinigungszyklen ohne Splittzugabe durchgeführt. Im Ergebnis wurden nach dieser Versuchsbelastung keine nennenswerten Materialveränderungen beobachtet (vgl. Bild 222 und Bild 221).

HD-Systemversuch (30 Zyklen ohne Splittzugabe)



Bild 220: **Belastung:** 30 Zyklen -kein Splitt-D2 (5x20°, 5x30°)

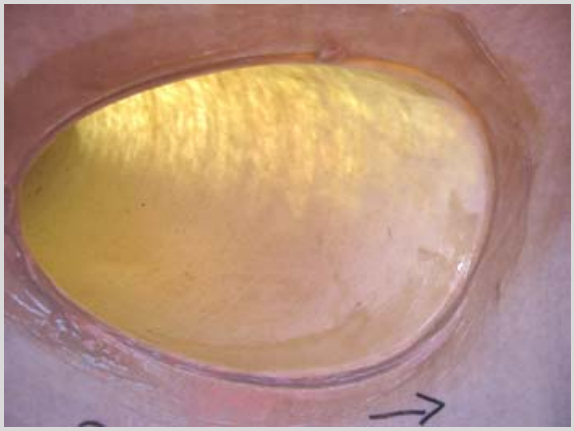


Bild 221: **Belastung:** 30 Zyklen -keinSplitt- D2 (5x20°, 5x30°)

Im Rahmen der **Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse** wurde die Belastung mit der Prüfdüse D1, die über 8 Düseneinsätze unter einem Strahlwinkel von 30° verfügt, aufgebracht. Dabei wurde an zwei von fünf Rohrverbindungen ebenfalls Materialabtrag festgestellt (vgl. Bild 222). Die Ausprägung der beobachteten Materialveränderungen ist vergleichbar mit den Ergebnissen aus dem HD-Systemversuch. Um den Einfluss der Zahl der Reinigungsvorgänge zu verifizieren, wurde in einer Sonderprüfung die Prüfbelastung auf 100 Reinigungszyklen

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

gesteigert. Die Abtragsfläche vergrößerte sich durch abrasive Ausprägung, allerdings überstieg die Gesamtfläche nicht das bereits in den HD-Systemversuchen bei 50 Zyklen beobachtete Maß (vgl. Bild 223).

Düsen-Strahlversuch mit HD-Spüldüse



Bild 222: **Belastung:** 50 Zyklen - D1 (8x30°)

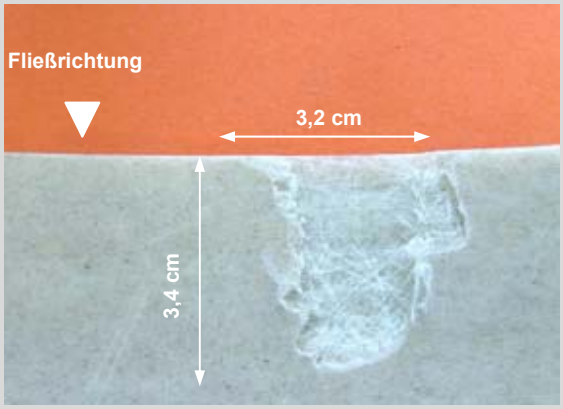


Bild 223: **Belastung:** 100 Zyklen - D1 (8x30°)

Nach den ***Düsen-Schleif-*** und ***Düsen-Fall-Versuchen*** waren keine Materialveränderungen optisch feststellbar.

Tabelle 48: Material nach mechanischer Belastung durch Düse

Düsen-Schleif-Versuch

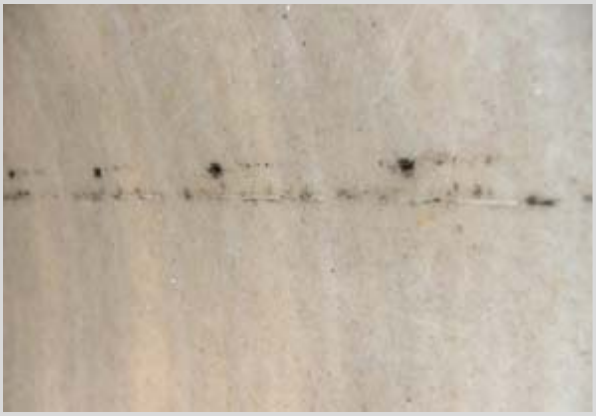


Bild 224: **Belastung:** 50 Zyklen ohne Wasser, D1 (8x30°) (4,5 kg)

Düsen-Fall-Versuch



Bild 225: **Belastung:** 1 Düsenfall, D1 (8x30°) (4,5 kg)
Lagerung: Sandbettung

Wasserundurchlässigkeit und Dichtheit

Die drei Rohrstellen mit deutlichem Materialabtrag in den HD-Systemversuchen wurden aus dem Rohr herausgeschnitten und hinsichtlich ihrer Wasserundurchlässigkeit (vgl. auch Abschnitt 5.4.2) überprüft. Bei sämtlichen drei Prüfungen wurden die Prüfkriterien der Wasserundurchlässigkeit erfüllt (vgl. Bild 226 und Bild 227).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Wasserundurchlässigkeitsprüfung

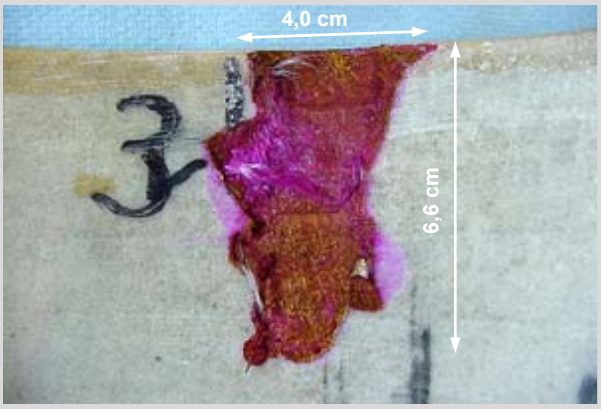


Bild 226: **Ort:** Haltung 2.17, Rohrstoß 3, Rohrinnenfläche



Bild 227: **Ort:** Haltung 2.17, Rohrstoß 3, Rohraußenfläche nach Prüfabschluss

Konstruktionsbedingt ist zu erwarten, dass die Rohrverbindungen unabhängig von der Tiefe der Materialveränderung dicht bleiben, wenn diese Veränderungen ausschließlich im Überdeckungsbereich der Überschiebkupplung liegen. Dies wurde durch eine ergänzende Dichtheitsprüfung (Muffenprüfung) an einer Rohrverbindung bestätigt, aus der zuvor ein Abschnitt von 4,0 x 6,6 cm Größe im Überdeckungsbereich der Überschiebkupplung herausgeschnitten wurde (vgl. Bild 229). Die von diesem Materialabtrag betroffene Rohrverbindung wurde in Anlehnung an DIN EN 1610 [62] durch eine Wasserdruckprüfung mit einem Prüfdruck von 0,5 bar, d.h. mit 5 m Wassersäule, auf Dichtheit überprüft. Während der Prüfzeit trat kein Wasser an der Rohraußenseite oder im Verbindungsbereich aus. In den vorliegenden HD-Belastungsversuchen wurden in keinem Fall Abtragsflächen an den Rohrverbindungen festgestellt, die das hier angesetzte Maß von 4,0 x 6,6 cm überschritten.

Dichtheitsprüfung an Rohrverbindung mit Rohrausschnitt

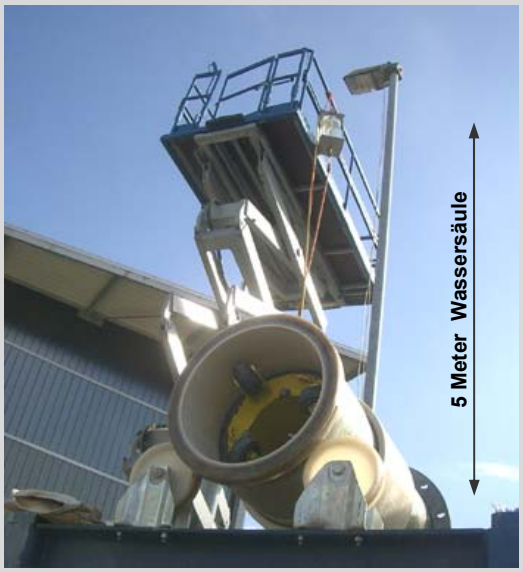


Bild 228: Prüfaufbau

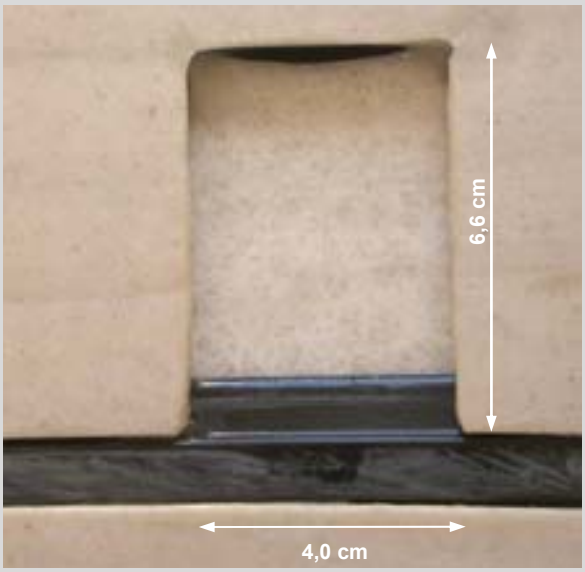


Bild 229: Prüfstück mit Ausschnitt am Rohrstoß

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.5.2.5 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

Vergleichende HD-Systemversuche (2 Versuche ohne Splittzugabe und 1 Versuch mit 5 Liter Splittzugabe) wurden für dieses Produkt *nicht* durchgeführt.

Wiederholungsversuche

Zur Bestätigung bzw. Relativierung des in Abschnitt 5.4.5.1 beobachteten Materialverhaltens an einem anderen Rohrprodukt der gleichen Werkstoffgruppe wurden einzelne HD-Systemversuche an dem hier dargestellten Produkt durchgeführt. In zwei HD-Systemversuchen ohne Splittzugabe wurde an einzelnen Rohrverbindungen deutlich erkennbar Material abgetragen, so dass Faserbereiche freigelagen.

Zusatzversuche

In den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Spüldüse wurden die o.a. Beobachtungen der *Wiederholungsversuche* grundsätzlich bestätigt. Auch hier wurde an einzelnen Rohrverbindungen deutlich erkennbar Material abgetragen, so dass Faserbereiche freigelagen. Im Vergleich war der Materialabtrag jedoch kleinflächiger (< 3 cm²). In einem HD-Systemversuch mit der Prüfdüse D2 und 30 Belastungszyklen ohne Splittzugabe wurden keine nennenswerten Materialveränderungen festgestellt. Im Düsenschleif- und –fallversuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.6 PE-HD

5.4.6.1 Vollwandrohre aus PE-HD (AGRU-FRANK GmbH)

5.4.6.1.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

Im Bereich des Werkstoffs PE-HD wurden zunächst Prüfungen an Vollwandrohren ausgeführt. Dabei wurden im Rahmen der vergleichenden HD-Systemversuche glattwandige Vollwandrohre aus PE 80 (Rohre aus Polyethylen hoher Dichte) für Abwasserkanäle und -leitungen nach DIN 19537 [73, 74], DIN 8074 [75] und DIN 8075 [76] der Nennweite DN 300 des Herstellers AGRU-FRANK GmbH eingesetzt (vgl. Tabelle 49).

Tabelle 49: Übersicht zu Probekörpern, Anzahl der Prüfungen und Prüfparametern

	Rohre
 Bild 230: PE 80 Kanalrohre	**Extrudierte Kanalrohre aus PEHD der Agru-Frank GmbH, Rohr nach DIN 19537 – DN 300 x 6 - 4,** Glattwandige Vollwandrohre aus PE 80 (Rohre aus Polyethylen hoher Dichte) Nennweite DN 300, d_1 = 355mm, s = 20,1 mm, SDR 17,6, PN 6 für Abwasserkanäle und -leitungen nach DIN 19537 [73, 74], DIN 8074 [75] sowie 8075 [76] mit heller Innenbeschichtung. Die Baulänge beträgt 6,0 m. Jeweils 2 Rohrverbindungen wurden mit einer Stumpfschweißnaht ausgeführt. Bei einer Verbindung wurde die Innenwulst entfernt. Die dritte Verbindung wurde mit einer Heißwendelschweißmuffe hergestellt.
	Formstücke
 Bild 231: PE 80 Seitenzuläufe	**Heizwendelschweißmuffe** aus PE 100, SDR11, PN16, in Anlehnung an DIN 16963 Teil 5 [85] für v.g. PE-HD Rohre. Eingeschweißte 90° bzw. 45° **Seitenzuläufe** aus glattwandigen Vollwandrohren aus PE 80 (Rohre aus Polyethylen hoher Dichte), d_1 = 160mm, s=9,1 mm, SDR 17,6 nach DIN 19537 [73, 74], DIN 8074 [75] sowie 8075 [76] mit heller Innenbeschichtung (vgl. Bild 231).

Prüfmethode	**HD- Systemversuch**				**Düsen-Strahlversuch**			**Düsen-Schleif-Versuch**	**Düsen-Fall-Versuch**
					Einzelstrahl	**Spüldüse**			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	**12/9/12**				-	-		-	
Prüfdüse (vgl. Abschn.4.2)	**D1**		**D2**	**D4**	**D20**	**D1**	**D2**	**D1**	**D1**
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	**0**	**5**	**0**	**20**[1]	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Versuchsanzahl	**2**	**1**	-	-	-	-	-	-	-

\- nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

□ Zusatzversuche dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel)

1 bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

5.4.6.1.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Im Rahmen der zwei vergleichenden HD-Systemversuche **ohne Splitt** waren nach Belastung mit beweglichem Düsenstrahl lediglich leichte Schleifspuren in der Rohrsohle der Verbindungsbereiche feststellbar.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Nach Zugabe von **5 Liter Splitt** je Reinigungszyklus war im Sohlbereich der Rohre und an den Rohrverbindungen im Vergleich zu den Ergebnissen ohne Splittzugabe der Abrieb etwas ausgeprägter. Insbesondere war nahe der Splittzugabe-Station die Rohrwandung und der Einbindungsbereich der dortigen Abzweige leicht aufgeraut. Der Materialabtrag lag dabei unterhalb von 1 mm.

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung traten keine sichtbaren Materialveränderungen auf.

Die Materialveränderungen waren durch TV-Inspektion kaum feststellbar. Sie waren erst durch die unmittelbare Inaugenscheinnahme der Bauteiloberflächen nach dem Aufschneiden der Prüfkörper erkennbar.

HD-Systemversuch (ohne Splittzugabe)



Bild 232: **Belastung:** 50 Zyklen-ohne Splitt-D1 (8x30°)



Bild 233: **Belastung:** 50 Zyklen-ohne Splitt-D1 (8x30°)

HD-Systemversuch (mit Zugabe von 5 Liter Splitt je Zyklus)



Bild 234: **Belastung:** 50 Zyklen-Splitt: 5l-D1 (8x30°)



Bild 235: **Belastung:** 50 Zyklen-Splitt: 5l-D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	beobachtete Häufigkeit	Größe des Abtrags	
			Fläche [cm²]	max. Tiefe [mm]
HD-Systemversuche	Verbindung/Abzweig	regelmäßig	unregelmäßig	leicht aufgerauht
***Bemerkung:** -				

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.6.1.3 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

In den vergleichenden HD-Systemversuchen (0 und 5 Liter Splittzugabe, 50 Reinigungszyklen) zeigte sich an einzelnen Rohrverbindungen und Abzweigen ein Materialabtrag von max. 1 mm Tiefe. Die Materialveränderungen waren durch TV-Inspektion kaum feststellbar. Sie waren erst durch die unmittelbare Inaugenscheinnahme der Bauteiloberflächen nach dem Aufschneiden der Prüfkörper erkennbar.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.6.2 Vollwandrohre aus PE-HD (egeplast Werner Strumann GmbH & Co. KG)

5.4.6.2.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In Ergänzung zu den in Abschnitt 5.4.6.1 dargestellten Prüfungen an einem PE-HD-Rohrprodukt eines anderen Herstellers wurden die nachfolgend beschriebenen Zusatzversuche durchgeführt. Dabei wurden glattwandige Vollwandrohre aus PE 80 (Rohre aus Polyethylen hoher Dichte) für Abwasserkanäle und -leitungen nach DIN 19537 ([73, 74]), DIN 8074 [75] und DIN 8075 [76] des Herstellers egeplast Werner Strumann GmbH & Co. KG eingesetzt (vgl. Tabelle 50). Es wurden HD-Systemversuche mit erhöhter Splittzugabe bzw. auch erhöhter Anzahl der Reinigungszyklen und Düsen-Strahlversuche mit intensivem HD-Einzelstrahl sowie Düsen-Fall-Versuche ausgeführt.

Tabelle 50: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre	
 Bild 236: SL-® Kanalrohr mit Heizwendelschweißmuffe	**PE-HD Rohr, egeplast SL-(Safety -Line®) Kanalrohre** Glattwandige Vollwandrohre aus PE 80 (Rohre aus Polyethylen hoher Dichte), d_e= 315 x 17,9 mm (HD-Systemversuche) und d_e= 355 * 20,1 mm (Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl), SDR 17,6 , PN 06 für Abwasserkanäle und -leitungen nach DIN 19537 [73, 74]) und DIN 8074 [75] sowie 8075 [76] mit heller Innenbeschichtung. Baulänge: 6,0 m, 3,0 m*[1], 1,0 m*[1]
Formstücke/Verbindungsmittel	
 Bild 237: Friafit® ASA TL Heizwendelschweißsattel	**Abwassersystem FRIAFIT® der FRIATEC AG** Heizwendelschweißmuffe Friafit® AM, SDR17, PE 100 nach DIN 19537 [73, 74] für PE-HD Rohre DA 315 und DA 355 (vgl. Bild 236). Heizwendelschweißsattel FRIAFIT® ASA-TL d = 315/160 und d = 355/160 aus PE 100.

Prüfmethode	HD- Systemversuch				Düsen-Strahlversuch			Düsen-Schleif-Versuch	Düsen-Fall-Versuch
					Einzelstrahl	Spüldüse			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	10/8/8				6/3/2	-		-	3/-/-
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	D1		D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	0	5	0	20*[2]	0	0	0	0	0
Versuchsanzahl	-	-	-	2	3	-	-	-	3

– nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

□ Zusatzversuche zur isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel)

*1 keine Standardbaulängen, die Probekörper wurden auf die erforderlichen Längen geschnitten

*2 bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

5.4.6.2.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Für das oben beschriebene Produkt wurden *keine* vergleichenden HD-Systemversuche (2 Versuche ohne Splittzugabe und ein Versuch mit 5 Liter Splittzugabe) durchgeführt.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.6.2.3 Zusatzversuche

In den zwei HD-Systemversuchen mit zusätzlicher Belastung durch Splittzugabe von **20 Litern** je Reinigungszyklus und 10 zusätzlichen Reinigungszyklen (insgesamt 60 Zyklen) zeigten sich leichte Schleifspuren und vereinzelt auch punktförmiger Materialabtrag von maximal 1 mm Tiefe. Insbesondere im Bereich der Splittzugabestelle wurde eine leicht aufgeraute Rohrwandung über den Rohrumfang beobachtet. Die Rohrstöße zeigen im Sohlbereich, auf der dem Wasserstrahl zugewandten Seite, geringen Materialabtrag auf kleiner Fläche (vgl. Bild 239). Geringfügiger Materialabtrag wurde auch im Einbindungsbereich der Heizwendelschweißsättel an den Bohrkanten beobachtet. Dieser erstreckte sich mit einer Breite von 0,5 cm über eine Umfangslänge von ca. 20 cm (vgl. Bild 240 und Bild 241).

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung waren optisch keine Materialveränderungen feststellbar.

HD-Systemversuch (mit 20 Litern Splittzugabe je Zyklus)



Bild 238: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20l-D4 (5x10°, 5x20°)

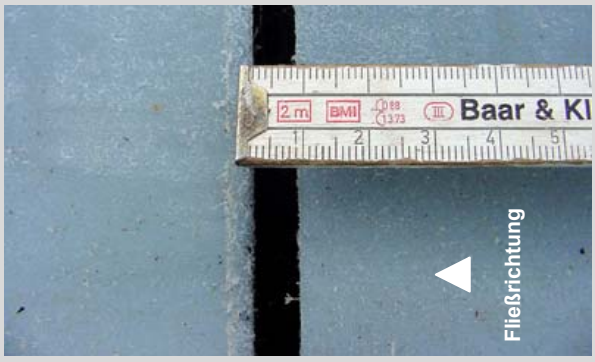


Bild 239: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20l-D4 (5x10°, 5x20°)

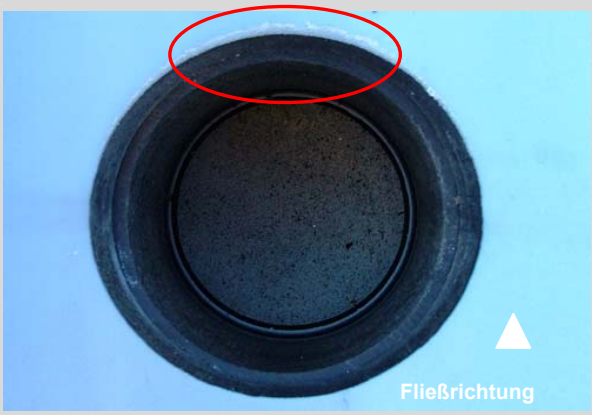


Bild 240: **Belastung:** 60 Zyklen-Splitt: 20 l-D4 (5x10°, 5x20°)

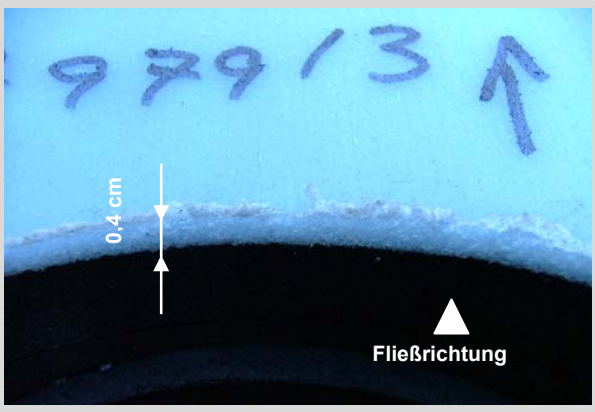


Bild 241: **Ort:** Detailansicht von Bild 240

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung Schaft (S)/Verbindung (V)/ Abzweig (A)	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
		Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-Systemversuch	Verbindung, Abzweig	10	1	regelmäßig
Bemerkung: ---				

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Bei den ***Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl*** konnten im Bereich des Rohrschaftes und der Verbindungen keine Materialveränderungen optisch festgestellt werden. Bei allen drei durchgeführten Prüfungen war jedoch bereits nach den ersten Belastungszyklen eine Undichtigkeit an den angeschweißten Sattelstücken durch sichtbar austretendes Spülwasser erkennbar. Im Bereich der Schnittkante der Kernbohrung des Rohres und der während der Prüfung nicht abgedeckten Schweißzone war Materialabtrag deutlich erkennbar (vgl. Bild 242). Offen bleibt, ob diese Undichtigkeiten bereits nach Einbau der Sattelstücke, d.h. vor der Spühlstrahlbelastung, bestanden.

Düsen-Strahlversuch mit HD-Einzelstrahl

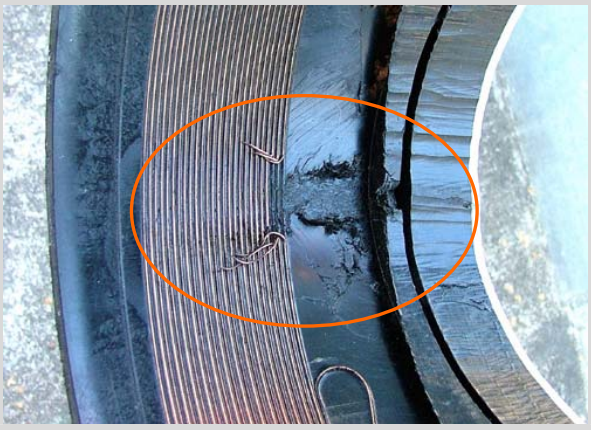


Bild 242: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)



Bild 243: **Belastung:** 50 Zyklen - D20 (1x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	Größe des Abtrags		beobachtete Häufigkeit
	Schaft (S)/Verbindung (V)/ Abzweig (A)	Fläche [cm²]/	max. Tiefe [mm]	
HD-Einzelstrahlprüfung	Abzweig (A)		1	regelmäßig
Bemerkung: An der Rohraußenseite im Sattelbereich sichtbar austretendes Wasser während der HD-Einzelstrahlprüfung				

Im **Düsen-Fall-Versuch,** nach mechanischer Belastung der Rohrsohle durch den Fall der Düse aus Scheitelhöhe (DN 300) auf die Rohrsohle, wurden optisch keine Materialveränderungen festgestellt.

Düsen-Fall-Versuch

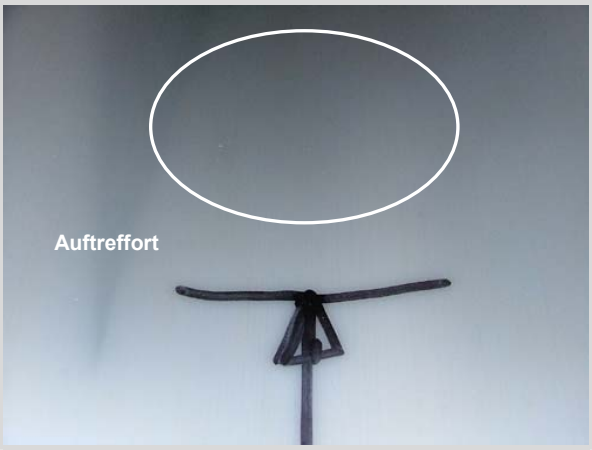


Bild 244: **Belastung:** 1 Düsenfall, Düse D1 (4,5 kg)
Lagerung: Sandbettung

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.6.2.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

Für dieses Produkt wurden *keine* vergleichenden HD-Systemversuche durchgeführt.

Zusatzversuche

In den zwei erweiterten HD-Systemversuchen mit 20 Liter Splittzugabe und 10 zusätzlichen Reinigungszyklen (insgesamt 60) zeigte sich an einzelnen Rohrverbindungen ein Materialabtrag von max. 1 mm. In den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl und extremen Reinigungsparametern wurden diese Beobachtungen für die Rohrwandung grundsätzlich bestätigt. Jedoch waren im Anschlussbereich der Heizwendelschweißsättel offensichtliche Material-veränderungen feststellbar. Darüber hinaus zeigten sich Undichtigkeiten an den Sattelstücken. Offen bleibt allerdings, ob diese Undichtigkeiten bereits nach Einbau der Sattelstücke, d.h. vor der Spühlstrahlbelastung, bestanden. In der Betriebspraxis ist allerdings davon auszugehen, dass der HD-Strahl erst nach einem deutlich längeren Strahlweg auf den seitlichen Anschluss im Kämpfer bzw. Scheitel trifft (vgl. 8 mm Strahlabstand in der HD-Einzelstrahlprüfung). Im Düsen–Fall-Versuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.6.3 Profilierte Kunststoffrohre aus PE-HD (Henze GmbH)

5.4.6.3.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

Neben den Untersuchungen an Vollwandrohren wurden auch an profilierten Rohren aus PE-HD vergleichende HD-Systemprüfungen und Zusatzversuche (Düsen-Strahlversuche mit HD-Spüldüse, Düsen-Schleif- und Düsen-Fall-Versuche) ausgeführt. Dabei wurden Rohre und Formstücke aus PE-HD mit profilierter Wandung und glatter Rohrinnenfläche nach DIN 16961 Teil 1 [77] und Entwurf DIN 19568-100 [78] bzw. prEN 13476 T.1 [79] mit einem Außendurchmesser von DA 360 des Herstellers Henze GmbH eingesetzt (vgl. Tabelle 51).

Tabelle 51: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre



Bild 245: Profilierte Rohre

Profilierte Kunststoffrohre aus PE 80 der Henze GmbH

Profil-Wickelrohr nach DIN 16961 [77] und Entwurf DIN 19568-100 [78] bzw. prEN 13476 T.1 [79] mit glatter, gelber Innenfläche und hohlem spiralförmig profilierten Außenprofil der Henze-Profilausführung Typ II aus PE-80, Rohrnennweite DN 300, Außendurchmesser DA 374, Mindeswanddicke 5,0 mm, Ringsteifigkeit S_{R24} = 90 KN/m². Die Baulänge der Abwasserrohre beträgt 6,0 m. Die Verbindung besteht aus Spitzende und Muffe und wurde durch Extrusionsschweißen hergestellt.

Formstücke

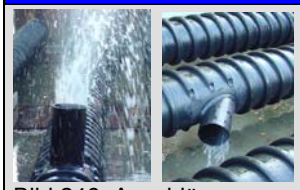


Bild 246: Anschlüsse

Eingeschweißte Seitenzuläufe aus PE-80 der Henze GmbH

Eingeschweißte Abzweige aus PE 80 (Abzweige aus Polyethylen hoher Dichte) nach DIN 16961 [77], 90° bzw. 45°, Rohrnennweite DN_1 300 / DN_2 150, DA_1 374 / DA_2 160, s= 4,9 mm und SDR 33.

Prüfmethode	HD- Systemversuch				Düsen-Strahlversuch			Düsen-Schleif-Versuch	Düsen-Fall-Versuch
					Einzelstrahl	Spüldüse			
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	12/9/12				--	10/5/-		6/3/-	3/-/-
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	D1		D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	0	5	0	20[1]	0	0	0	0	0
Versuchsanzahl	2	1	-	-	-	4	-	3	3

\- nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

□ **Zusatzversuche** zur isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel)

* bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

5.4.6.3.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Im Rahmen der drei vergleichenden **HD-Systemversuche** (2 Versuche ohne und 1 Versuch mit 5 Liter Splittzugabe) wurden lediglich leichte Materialveränderungen in

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Form von geringfügigem Abtrag und Schleifspuren im Sohlbereich festgestellt. In den zwei Versuchen **ohne Splittzugabe** wurden herstellungsbedingte Nahtkanten der gelben Innenschicht in einzelnen Fällen geringfügig abgetragen (vgl. Bild 248).

Im Rahmen des Versuchs mit einer zusätzlichen Belastung durch Zugabe von **5 Liter Splitt** je Reinigungszyklus war kein signifikant verändertes Materialverhalten zu beobachten. Es wurde lediglich die gelbe Innenschicht im Sohlbereich stärker aufgerauht und an einzelnen Stellen kleinflächig abgetragen (vgl. Bild 249). Bild 250 zeigt einen Versatz im Verbindungsbereich der Sohle, der bereits vor der Prüfung vorhanden war. Durch den Spülvorgang und zusätzliche Belastung durch Splitt wurde die vorstehende Kante der gelben Innenschicht abgeschliffen.

HD-Systemversuch (ohne Splittzugabe)



Bild 247: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

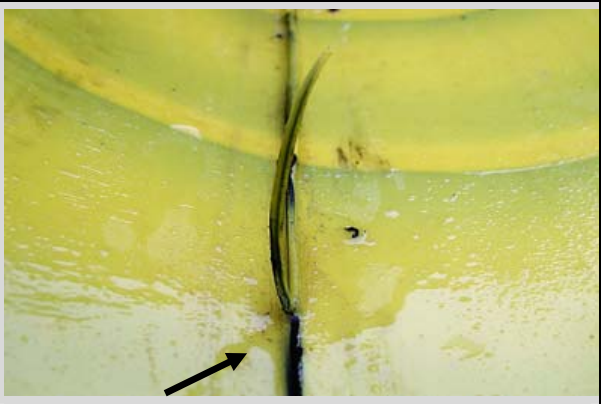


Bild 248: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

HD-Systemversuch (mit Zugabe von 5 Litern Splitt)



Bild 249: **Belastung:** 50 Zyklen-Splitt: 5l-D1 (8x30°)



Bild 250: **Belastung:** 50 Zyklen-Splitt: 5l-D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung	beobachtete Häufigkeit	Größe des Abtrags	
	Schaft(S) /Verbindung (V)/ Abzweig (A)		Fläche [cm²]	max. Tiefe [mm]
HD-Systemversuch	S	in Einzelfällen	3	1
***Bemerkung:**				

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung traten keine sichtbaren Materialveränderungen auf.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Im TV-Inspektionsvideo erschienen die Materialveränderungen aufgrund des starken Farbkontrastes zwischen der gelben Innenschicht und dem schwarzen Rohrmaterial optisch als sehr gravierend. Erst durch das Aufschneiden der Prüfkörper konnte nachgewiesen werden, dass es sich um unwesentliche Materialveränderungen handelte, die mit Qualitätsschwankungen im Rahmen der Lieferqualität der Prüfkörper vergleichbar waren.

5.4.6.3.3 Zusatzversuche

Bei den ***Düsen-Strahlversuchen mit HD-Spüldüse*** konnten im Bereich des Rohrschaftes, der Verbindungen sowie der seitlichen Anschlüsse ebenfalls keine Materialveränderungen festgestellt werden. Die in Bild 251 sichtbare Fehlstelle der gelben Innenschicht ist im Rahmen der Rohrfertigung entstanden. Durch die Hochdruckspülbelastung wurden keine weitergehenden Materialveränderungen verursacht (vgl. Bild 251).

Düsen-Strahlversuch mit HD-Spüldüse

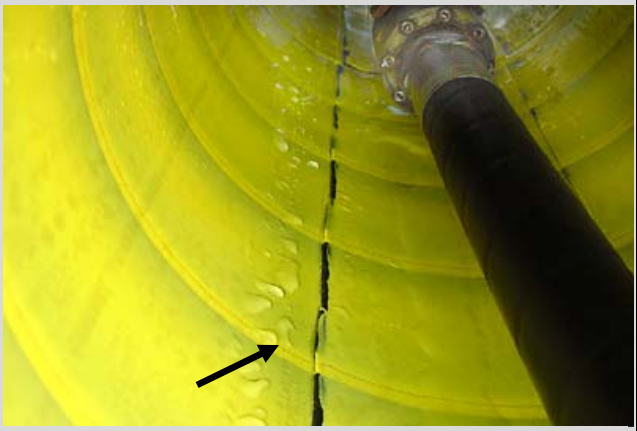


Bild 251: **Belastung:** 50 Zyklen-kein Splitt-D1 (8x30°)

Nach mechanischer Belastung der Rohrsohle im **Düsen-Schleif-Versuch** und **Düsen-Fall-Versuch** waren optisch keine Materialveränderungen feststellbar.

5.4.6.3.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemversuche

In den vergleichenden HD-Systemversuchen (0 und 5 Liter Splittzugabe, 50 Reinigungszyklen) zeigte sich an einzelnen Rohrverbindungen ein Materialabtrag von maximal 1 mm. Infolge der Splittzugabe war lediglich stellenweise eine Aufrauhung der Oberfläche der Rohrwandung erkennbar. Die Bewertung der o.a. Materialveränderungen allein auf der Grundlage der TV-Inspektionsergebnisse war unsicher. Im TV-Inspektionsvideo erschienen die Materialveränderungen aufgrund des starken Farbkontrastes zwischen der gelben Innenschicht und dem schwarzen Rohrmaterial optisch als sehr gravierend. Erst durch das Aufschneiden der Prüfkörper konnte nachgewiesen werden, dass es sich um unwesentliche

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Materialveränderungen handelte, die mit Qualitätsschwankungen im Rahmen der Lieferqualität der Prüfkörper vergleichbar waren.

Zusatzversuche

In den Düsen-Strahlversuchen mit HD-Spüldüse wurden die Beobachtungen der vergleichenden HD-Systemversuche grundsätzlich bestätigt. Sowohl im Düsen-Schleifversuch als auch im Düsen-Fallversuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper.

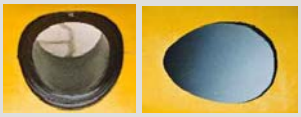
© 2005 All rights reserved by GEK mbH

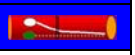
5.4.6.4 Profilierte Kunststoffrohre aus PE-HD (FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH)

5.4.6.4.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

Zur Bestätigung bzw. Relativierung des in Abschnitt 5.4.6.3 beobachteten Materialverhaltens wurden HD-Systemversuche an einer weiteren Produktvariante mit zwei unterschiedlichen gemessenen Grundwanddicken (ca. 6 mm bzw. 12 mm) wiederholt. Dabei wurden Rohre und Formstücke aus PE-HD mit profilierter Wandung und glatter Rohrinnenfläche nach DIN 16961 [77] des Herstellers FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH eingesetzt (vgl. Tabelle 52). Im Vergleich zu dem in Abschnitt 5.4.6.3 untersuchten Prüfkörpern verfügten diese über eine andere Wandungsgeometrie und Anschlusstechnik.

Tabelle 52: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre	
 Bild 252: PKS-Rohr	**Profilierte Kunststoffrohre aus PE 80 der FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH** PKS-Profilkanalrohre nach DIN 16961 [77] und Entwurf DIN 19568-100 [78] bzw. prEN 13476 T.1 [79] mit glatter, gelber Innenfläche und hohlem spiralförmig gerippten Außenprofil der Frank & Krah Reihe PR 34 aus PE-80, gemessene Wanddicke ca. 6 bzw. 12 mm, Ringsteifigkeit > S_{R24} = 63 kN/m^2, Verbindung mit Heißwendelschweißmuffe und -spitzende, Baulänge: 6,00 m.
Formstücke	
 Bild 253: Anschluss	**Abwassersattel Typ Condor E/i** der Frank & Krah Wickelrohr GmbH Abwassersattel DN 150 für Profilwickelrohr DA 355 aus PE 100 nach DIN 16961 [77] u. Entwurf DIN 19568-100 [78] bzw. prEN 13476 T.1 [79] Eingeschweißte 45° **Seitenzuläufe** aus glattwandigen Vollwandrohren aus PE 80 (Rohre aus Polyethylen hoher Dichte), d_1 = 160 mm, s=9,1 mm, SDR 17,6 nach DIN 19537 [73, 74], DIN 8074 [75] sowie 8075 [76] mit heller Innenbeschichtung.

Prüfmethode	**HD- Systemversuch**				**Düsen-Strahlversuch**			**Düsen-Schleif-Versuch**	**Düsen-Fall-Versuch**
					Einzelstrahl	**Spüldüse**			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	**4/3/4**				-	-		-	-
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	**D1**		**D2**	**D4**	**D20**	**D1**	**D2**	**D1**	**D1**
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	**0**	**5**	**0**	**20**[1]	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Versuchsanzahl	**1**[2]	**1**[3]	-	-	-	-	-	-	-

- – nicht untersucht
- ■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**
- ■ **Wiederholungsversuche** dienten der Bestätigung bzw. Relativierung von Einzelbeobachtungen an demselben oder einem anderen Produkt der gleichen Werkstoffgruppe.
- □ **Zusatzversuche** dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel)

1 bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

2 Produktvariante mit ca. 6 mm gemessener Grundwanddicke

3 Produktvariante mit ca. 12 mm gemessener Grundwanddicke

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.6.4.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Für dieses Produkt wurden *keine* vergleichenden HD-Systemversuche (2 Versuche ohne Splittzugabe und ein Versuch mit 5 Liter Splittzugabe) durchgeführt.

5.4.6.4.3 Wiederholungsversuche

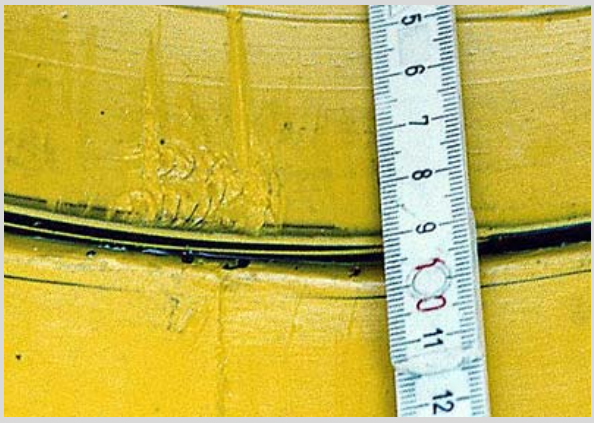
Zur Bestätigung bzw. Relativierung des in Abschnitt 5.4.6.3 beobachteten Materialverhaltens eines anderen Produktes der gleichen Werkstoffgruppe wurden mit dem hier eingesetzten Produkt zwei ergänzende HD-Systemversuche durchgeführt. In dem HD-Systemversuch ohne Splittzugabe wurden Prüfkörper mit einer gemessenen Grundwanddicke von 6 mm (Produkt A) untersucht. In dem Versuch mit 5 Litern Splittzugabe betrug die gemessene Grundwanddicke 12 mm (Produkt B).

Produkt A, gemessene Grundwanddicke 6 mm

Im Rahmen der HD-Systemversuche **ohne Splittzugabe** wurden Materialveränderungen optisch festgestellt. In einzelnen Fällen war Material der gelben Innenschicht geringfügig abgetragen bzw. auch aufgeschoben worden (vgl. Bild 254 und Bild 255).

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung waren keine Materialveränderungen feststellbar.

Tabelle 53: Materialveränderungen nach HD-Systemversuch, ohne Splittzugabe

<table>
<tr><th colspan="5">HD-Systemversuch</th></tr>
<tr><td colspan="3">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">Bild 254: Belastung: 50 Zyklen - kein Splitt - D1 (8x30°)</td><td colspan="2">Bild 255: Belastung: 50 Zyklen - kein Splitt - D1 (8x30°)</td></tr>
<tr><th rowspan="2">Prüfung</th><th rowspan="2">maßgeblicher Ort der Materialveränderung</th><th colspan="2">Größe des Abtrags</th><th rowspan="2">beobachtete Häufigkeit</th></tr>
<tr><th>Schaft/Verbindung/ Abzweig</th><th>Fläche [cm²]/</th><th>max. Tiefe [mm]</th></tr>
<tr><td>HD-Systemversuch</td><td>Schaft/Verbindung</td><td>< 30</td><td>1</td><td>in Einzelfällen</td></tr>
<tr><td colspan="5">*Bemerkung: ---</td></tr>
</table>

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Produkt B, Grundwanddicke 12 mm

Bei diesem Produkt handelt es sich ebenfalls um Rohre und Formstücke aus PE-HD mit profilierter Wandung und glatter Rohrinnenfläche nach DIN 16961 [77] des Herstellers FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH mit einer gemessenen Grundwanddicke von 12 mm (vgl. Tabelle 52).

Nach der Prüfbelastung im Rahmen eines HD-Systemversuchs mit Zugabe von **5 Liter Splitt** je Reinigungszyklus wurden im TV-Inspektionsvideo Materialveränderungen festgestellt. In einzelnen Fällen war Material der gelben Innenschicht geringfügig abgetragen bzw. auch aufgeschoben worden. In Folge der Splittzugabe traten darüber hinaus an Rohrschaft und Abzweig oberflächliche Materialveränderungen (Aufrauhung) an der gelben Innenbeschichtung auf (vgl. Bild 256 und Bild 257).

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung waren keine Materialveränderungen feststellbar.

HD-Systemversuch (mit Zugabe von 5 Liter Splitt je Zyklus)



Bild 256: **Belastung:** 50 Zyklen – Splitt 5 l – D1 (8x30°)



Bild 257: **Belastung:** 50 Zyklen - Splitt 5 l – D1 (8x30°)

5.4.6.4.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemprüfungen

Vergleichende HD-Systemprüfungen (insgesamt 2 Versuche ohne Splittzugabe und ein Versuch mit 5 Liter Splittzugabe) wurden für dieses Produkt *nicht* durchgeführt.

Wiederholungsversuche

Zur Bestätigung bzw. Relativierung des in Abschnitt 5.4.6.3 beobachteten Materialverhaltens an einem anderen Produkt der gleichen Werkstoffgruppe wurden mit dem hier eingesetzten Produkt HD-Systemversuche ohne und mit 5 Liter Splittzugabe durchgeführt. Für die Prüfkörper mit einer gemessenen Grundwanddicke von 6 mm zeigte sich in dem HD-Systemversuch ohne Splittzugabe

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

an einzelnen Stellen der Rohrsohle ein Materialabtrag von maximal 1 mm Tiefe. Die Prüfkörper mit einer gemessenen Grundwanddicke von 12 mm zeigten ein ähnliches Materialverhalten in dem HD-Systemversuch mit 5 Liter Splittzugabe.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.7 PVC-U

5.4.7.1 Mehrschichtige Rohre aus PVC-U (Funke Kunststoff GmbH)

5.4.7.1.1 Produktbeschreibung und Versuchsübersicht

In vergleichenden HD-Systemversuchen sowie Düsen-Fall-Versuchen wurden Rohre und Formstücke des Herstellers Funke Kunststoff GmbH aus PVC-U (weichmacherfreiem Polyvinylchlorid), SN 8, SDR 34 nach DIN EN 13476 Teil 1 [79]) der Nennweite DN 300 eingesetzt (vgl. Tabelle 54).

Tabelle 54: Übersicht zu Probekörpern, Prüfungen und Prüfparametern

Rohre



Bild 258: CONNEX®-Kanalrohr mit HD-Düse

Abwasserrohre aus PVC-U,
Produktgruppe CONNEX® der Funke Kunststoffe GmbH
Kanalrohre aus PVC-U (weichmacherfreiem Polyvinylchlorid) mit einem dreischichtigen Wandaufbau und geschäumter Mittelschicht, Nennweite DN/OD 315, Wanddicke e= 9,2 mm, SDR 34, Nenn-Ringsteifigkeit SN 8 nach DIN EN 1401 [80] (Konstruktionsmaße) sowie prEN 13476 [79] (Produktion, Wandaufbau), mit angeformter Steckmuffe und fest integriertem Zweikomponenten CONNEX®-CI-Dichtsystem inkl. gelben Stützring aus Polypropylen (PP). Die Baulänge der Rohre beträgt 3,0 m.

Formstücke



Bild 259: Anschluss

Kompaktabzweige aus PVC-U (weichmacherfreiem Polyvinylchlorid) der Produktgruppe CONNEX®, Nennweite DN_1/OD_1 / DN_2/OD_2 =315/160, 45° nach sowie prEN 13476 [79] (Produktion, Wandaufbau).
Sattelstücke aus PVC-U (weichmacherfreiem Polyvinylchlorid), DN/OD 200, 90°, zum Anschluß von FABEKUN®-HS- oder KG-Rohren nach DIN EN 1401 DN/OD 200 (bzw. DN/OD 160 mittels Übergangsrohr) an CONNEX®-Kanalrohre.

Prüfmethode	HD- Systemversuch				Düsen-Strahlversuch			Düsen-Schleif-Versuch	Düsen-Fall-Versuch
					Einzelstrahl	HD-Spüldüse			
									
Anzahl Bauteile Rohr/Verbindung/Anschluss	9/4/12				2/1/1	-		-	3/-/-
Prüfdüse (vgl. Abschn. 4.2)	D1		D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1
Splittzugabe [Liter/Zyklus]	0	5	0	20*	0	0	0	0	0
Versuchsanzahl	2	1	-	-		-	-	-	3

- nicht untersucht

■ **Vergleichende HD-Systemversuche mit 0 bzw. 5 Liter Splittzugabe**

□ Zusatzversuche dienten der isolierten Betrachtung von Einflussfaktoren (Schleifen, HD-Einzelstrahl) und Variation der Reinigungsbedingungen, wie Ablagerungsmenge, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

* bei 20 l Splittzugabe grundsätzlich mit 10 zusätzlichen Zyklen, d.h. insgesamt 60 Reinigungszyklen durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3)

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.7.1.2 Vergleichende HD-Systemversuche

Im Rahmen der vergleichenden HD-Systemversuche **ohne Splittzugabe** waren lediglich leichte Schleifspuren im Sohlbereich feststellbar. In einzelnen Fällen wurde Klebe-Material im Bereich der seitlichen Anschlüsse abgetragen (vgl. Bild 260 und Bild 261).

Nach einer zusätzlichen Belastung, durch Zugabe von **5 Liter Splitt** je Reinigungszyklus, war in einzelnen Fällen im Bereich der seitlichen Anschlüsse und der Rohrsohle die Rohroberfläche leicht aufgerauht (Bild 262 und Bild 263).

Im Rahmen der HD-Systemversuche wurden die Rohrstränge auch einer **stationären Belastung**, d.h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse, ausgesetzt. Infolge dieser Belastung traten keine sichtbaren Materialveränderungen auf.

HD-Systemversuch (ohne Splittzugabe)



Bild 260: **Belastung:** 50 Zyklen - kein Splitt - D1 (8x30°)



Bild 261: **Belastung:** 50 Zyklen - kein Splitt - D1 (8x30°)

HD-Systemversuch (mit Zugabe von 5 Litern Splitt)



Bild 262: **Belastung:** 50 Zyklen-Splitt 5 l-D1 (8x30°)



Bild 263: **Belastung:** 50 Zyklen-Splitt 5 l-D1 (8x30°)

Prüfung	maßgeblicher Ort der Materialveränderung Schaft/Verbindung/ Abzweig	Größe des Abtrags Fläche [cm²]/	Größe des Abtrags max. Tiefe [mm]	beobachtete Häufigkeit
HD-Systemversuch	Schaft/Verbindung	unregelmäßig	aufgeraut	Streckenbeginn
***Bemerkung:** -				

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.4.7.1.3 Zusatzversuche

Nach mechanischer Belastung der Rohrsohle im **Düsen-Fall-Versuch** waren keine sichtbaren Materialveränderungen feststellbar.

5.4.7.1.4 Zusammenfassung

Vergleichende HD-Systemprüfungen

In den vergleichenden HD-Systemversuchen (0 und 5 Liter Splittzugabe) zeigten sich lediglich oberflächliche Materialveränderungen (Aufrauhung), insbesondere in Folge der Splittzugabe.

Zusatzversuche

Im Düsenfallversuch zeigten sich die Probekörper widerstandsfähig gegenüber der mechanischen Belastung durch den Düsenkörper.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

5.5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Belastungsversuche an Rohrwerkstoffen zeigen, dass unter üblichen Reinigungsbedingungen an den untersuchten Produkten z.T. deutlich erkennbare Materialveränderungen auftreten. Die Intensität der Beanspruchung reichte von geringen Schleifspuren bis hin zu deutlichen Veränderungen mit Risiken für die Dichtfunktion. Besondere Angriffspunkte bieten sich offensichtlich in der Sohle der Rohrverbindungen und an den seitlichen Anschlüssen, da dort Flächenbereiche direkt dem HD-Düsenstrahl zugewandt sind (vgl. Bild 264). Häufig traten Materialveränderungen gleichzeitig im Rohrverbindungs- und Anschlussbereich der seitlichen Zuläufe auf, mit tendenziell stärkerer Ausprägung im Sohlbereich der Verbindung (vgl. Abschnitt 5.4.2 bis 5.4.7).

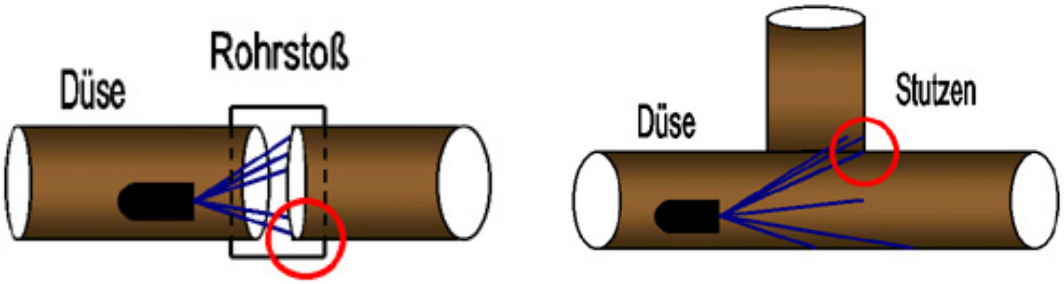


Bild 264: Besondere Angriffspunkte für Materialveränderungen, Rohrverbindung (links), seitlicher Anschluss (rechts)

Netzbetreibern, die die beobachteten Auswirkungen während der Kanalreinigung vermeiden wollen, wird empfohlen, den **Reinigungsprozess** ggf. durch eine veränderte Auswahl und Anwendung der Reinigungswerkzeuge anzupassen, um den **Rohrwerkstoff zu schonen**. Dabei bieten sich folgende grundsätzliche **Ansatzpunkte** an:

- Schon in der **Reinigungsplanung** sollten Kanalhaltungen mit besonderen Risiken für die Netzsubstanz identifiziert werden. Hierzu gehören insbesondere Strecken, die bereits in der TV-Inspektion besondere Angriffspunkte für die HD-Reinigung zeigten, wie z.B. brüchige Schadstellen, Versätze und einragende Stutzen.

- Als Grundlage für die **Düsenauswahl** ist der **Reinigungszweck** zu beachten, d.h. ob neben der Transportleistung auch eine Lösewirkung der Düsen verlangt wird. Steht allein das Transportverhalten im Vordergrund, sollten nach Möglichkeit **Düsen mit flachen Abstrahlwinkeln** (kleiner 20°) oder Düsen mit Ejektorwirkung eingesetzt werden. Werden aggressive Düsen eingesetzt, sollte durch Stichprobenkontrolle an einzelnen Kanalhaltungen (parallele TV-Inspektion) die Wirkung der eingesetzten Düsensysteme auf Rohrprodukte, Anschluss- und Verbindungstechnik unter betriebsüblichen Reinigungsbedingungen überprüft werden.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

- Unerwünschte Materialveränderungen können häufig bereits durch **Erhöhung des Strahlabstandes** zur Rohrwandung, z.B. durch Verwendung eines Düsenschlittens, vermieden werden.

- In der Regel lassen sich übliche Reinigungsaufgaben mit Drücken **unter 120 bar** zuverlässig lösen. Durch regelmäßige **Leistungskontrollen** (vgl. Abschnitt 3.3) lässt sich die Wirkung der gewählten Düseneinsatzdurchmesser, Pumpenleistung und Schlauchlängen auf Förderstrom und Düsendruck erkennen und einschätzen.

Risiken für die Netzsubstanz lassen sich vielfach schon durch **einfache Betriebsmaßnahmen** deutlich verringern:

- Beim **Einlassen der Düsen** in den Kanal ist ein Aufschlagen auf die Schacht- oder Rohrwandung zu vermeiden.

- Die **Düsengeschwindigkeit** sollte überwacht werden. Ein Freilauf der Düse ist in jedem Falle auszuschließen.

- Durch fortlaufende Überwachung der Pumpendrücke und korrespondierenden Motordrehzahl lassen sich **Unregelmäßigkeiten erkennen**. So kann ein Druckanstieg auf Verstopfungen der Düseneinsätze und somit Gefahren durch übermäßig aggressive HD-Strahlen hinweisen. Geringe Pumpendrücke lassen wiederum auf abgenutzte Düseneinsätze mit mangelhafter Lösewirkung schließen.

- Der **Pumpendruck** sollte nach Möglichkeit langsam zurückgefahren werden, um ein Fallen des Düsenkörpers auf die Rohrwand auszuschließen.

- In jedem Fall empfiehlt sich die **Beobachtung des Spülwassers**, um evtl. Einbrüche bei bereits bestehenden Kanalschäden frühzeitig zu erkennen.

Mit Blick auf die eingesetzten **Prüfverfahren**, deren Aussagekraft und Anwendungsbereiche lassen sich folgende Schlussfolgerungen zusammenfassen:

- Die in der Praxis relevanten **Grundbelastungsarten** (HD-Strahl, Feststoff, Schleifen, Fallen) lassen sich durch die fünf im Rahmen des Vorhabens eingesetzten Prüfmethoden gezielt nachempfinden.

- Zur Identifizierung von Einflüssen aus HD-Reinigung auf verschiedene Rohrprodukte bieten sich die **HD-Systemprüfungen** an. Die Systemversuche gestatten es, gleichzeitig mehrere Grundbelastungsarten praxisnah zu simulieren. Dabei wird das Gesamtsystem aus Rohren, Rohrverbindungen, Anschlussformteilen und nachträglichen Anschlüssen durch Düse und Schlauch, auftreffende Wasserstrahlen und aufgewirbeltes Räumgut belastet.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

- In den **Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl** zeigten sich in einzelnen Fällen deutliche Abweichungen zu den Beobachtungen aus den HD-Systemprüfungen. Insbesondere die Dichtungssysteme im Anschlussbereich werden aufgrund des geringen Strahlabstandes (ca. 1 cm) deutlich stärker belastet, als dies in der Praxis zu erwarten ist.

- Die Intensität der Materialveränderungen wurde durch die **Zugabe von Splitt** in den HD-Systemprüfungen kaum beeinflusst. Die Abtragsflächen erhielten i.d.R. lediglich eine abrasive Ausprägung. Ein Einfluss war häufig erst bei 20 Liter Splittzugabe im Rahmen der Zusatzversuche zu erkennen.

- Aus den **Düsen-Schleif-Versuchen** ließen sich für die untersuchten Werkstoffgruppen keine nennenswerten Erkenntnisse gewinnen. Im **Düsen-Fall-Versuch** zeigten sich nur bei wenigen Produkten sichtbare Materialveränderungen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass der Reinigungsprozess, die eingesetzte Gerätetechnik und die Schulung des Personals zahlreiche Ansatzpunkte zur schonenden und damit schadensfreien Reinigung des Netzes bieten. Darüber hinaus kann in Einzelfällen auch durch die Rohrhersteller das Materialverhalten mit Blick auf die Kanalreinigung optimiert werden. Dabei sind allerdings stets auch weitere bautechnische und betriebliche Qualitätsanforderungen zu berücksichtigen.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Reinigung der Abwasserkanäle gehört zu den Kernaufgaben der kommunalen Netzbetreiber. Sie sichert den Entwässerungskomfort der Bürger, z.B. durch Beseitigung von Geruchsbelästigungen und Verstopfungen, trägt aber auch wesentlich zum Werterhalt der Netze bei, z.B. durch Verringerung von Korrosionserscheinungen. Künftig ist mit einer wachsenden Bedeutung der Kanalreinigung zu rechnen, da bei gleichen Rohrdurchmessern deutlich weniger Abwasser abgeleitet wird und damit eine stärkere Bildung von Kanalablagerungen zu erwarten ist. Ursachen sind z.B. Trinkwassereinsparung, Regenwasserrückhalt, und ein verringertes Fremdwasseraufkommen.

Derzeit ist vor einem Reinigungseinsatz jedoch häufig nicht einmal bekannt, ob überhaupt Ablagerungen im Kanal zu erwarten sind und welche Beschaffenheit diese haben könnten. Von den 396 Netzbetreibern in NRW vergeben 77 % die Kanalreinigung an private Dienstleister. Ein Rückfluss von Betriebsinformationen über das Ablagerungsaufkommen an den auftraggebenden Kanalbetrieb findet dabei selten statt. Diesen Kanalbetrieben fehlen so jedoch notwendige Planungsgrundlagen zur Spülplanerstellung. Doch auch die kleinere Gruppe der meist größeren Kanalbetriebe, die mit eigenem Personal reinigen, beginnt i.d.R. erst jetzt Ablagerungsdaten systematisch für die Reinigungsplanung zu nutzen. Häufig mit dem Ziel, die Betriebssicherheit zu erhöhen und gleichzeitig den Reinigungsaufwand zu senken. Denn für den Fall, dass Netzbetreiber keine eigene Planung vorlegen können, hat der nordrhein-westfälische Gesetzgeber Überwachungshäufigkeiten und Reinigungsfristen festgelegt.

Konkret wird in der **Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) [4]** gefordert, dass die Ablagerungssituation auf Grundlage eines Einsatz- bzw. Spülplanes oder, bei Nichtvorliegen eines solchen Planes, alle 2 Jahre überprüft werden muss. Werden bei dieser Überprüfung Ablagerungen festgestellt, sind die im **Runderlass [5] des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft** beschriebenen Maßnahmen durchzuführen. So ist bei Ablagerungshöhen von mehr als 15 % der Profilhöhe (geschätzt) nach Reinigungsplan zu reinigen. Liegt ein solcher Plan nicht vor, sind Leitungen bis DN 1000 innerhalb von 3 Monaten und Leitungen größer DN 1000 innerhalb von 6 Monaten zu reinigen. Eine umfassende IKT-Erhebung bei sämtlichen NRW-Betreibern aus dem Jahr 2001 zeigt im Gesamtblick, dass das nordrhein-westfälische Kanalnetz von ca. 90.000 km Länge innerhalb von 2-3 Jahren vollständig gereinigt wird (vgl. [1]). Offensichtlich werden seitens der Netzbetreiber nur selten eigenständige Einsatz- bzw. Spülpläne entwickelt und stattdessen die Standardvorgaben nach SüwV Kan (2-jährliche Ablagerungskontrolle) übernommen.

Offen bleibt derzeit, wie die Reinigungsprozesse und –intervalle unter **wirtschaftlichen Gesichtspunkten** optimiert werden können. Diese Situation verschärft sich insbesondere dadurch, dass es kaum dokumentiertes Wissen gibt

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

über Möglichkeiten zur effizienten, wirkungsvollen und den Rohrwerkstoff schonenden Kanalreinigung. Die Reinigungsarbeit findet weitestgehend im **"Kanaldunkeln"** statt. Auch aus Kostengründen wird meist auf eine Kontrolle des Reinigungserfolges gänzlich verzichtet. Entsprechend hängt auch die Auswahl wichtiger Reinigungsparameter wie Düsen, Düseneinsätze, Pumpendruck und Durchzugsgeschwindigkeit in der Regel allein von den Erfahrungen und subjektiven Einschätzungen der Verantwortlichen vor Ort ab. Belastbare Aussagen als Grundlage für eine weitergehende Optimierung der Reinigungsprozesse und –strategien fehlen.

Vor diesem Hintergrund beauftragte das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen mit dem vorliegenden Forschungsprojekt.

Ziel des Vorhabens ist es, Empfehlungen für die technische und wirtschaftliche Optimierung des Kanalreinigungsprozesses mit dem Hochdruckspülverfahren zu erarbeiten. Im Vordergrund steht dabei sowohl der optimale Einsatz der verwendeten Geräte als auch die Durchführung des Verfahrens an sich mit Blick auf die wesentlichen verfahrenstechnischen Parameter. Ein besonderes Augenmerk gilt der Auswahl geeigneter Düsen für die jeweilige Reinigungsaufgabe sowie der Sicherung der bestehenden Netzsubstanz durch Vermeidung übermäßiger Belastungen aus Hochdruckstrahlen oder Düsenkörper- bzw. Schlauchbewegung. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine stark **praxisorientierte Vorgehensweise** gewählt. Zunächst wurden zahlreiche Reinigungseinsätze vor Ort begleitet, um die relevanten technischen Parameter und den mit heutigen Mitteln erzielbaren Reinigungserfolg zu ermitteln. Darüber hinaus wurden weitere betriebliche Einflussfaktoren, wie Mitarbeiter- und Fahrzeugeinsatz, Reinigungsabläufe und spezifische Ablagerungssituationen, aufgenommen. Diese Praxiserfahrungen bildeten die Basis, d.h. die Anforderungen, für die weiteren Untersuchungen unter reproduzierbaren Randbedingungen. Ein Teil dieser Untersuchungen, die Bewertung typischer Kanalablagerungen, war dabei eng mit den Vor-Ort-Einsätzen verknüpft.

Zur Erfassung der wesentlichen Randbedingungen des Reinigungsprozesses und als Basis für die Auslegung der praxisorientierten Versuche in den IKT-Prüfstrecken wurden **Reinigungseinsätze in den Kanalnetzen** der beteiligten Netzbetreiber vor Ort begleitet und die Ablagerungseigenschaften auf Grundlage von umfassenden Probenentnahmen untersucht. Im Vordergrund stand dabei insbesondere die Aufnahme von betrieblichen Einflussfaktoren, die in Laborversuchen nur schwer nachzubilden sind, wie Mitarbeiter- und Fahrzeugeinsatz, Reinigungsabläufe und die spezifische Ablagerungs- und Reinigungssituation, wie sie oft erst nach mehrmonatiger Betriebsdauer durch komplexe mechanische und biologische Prozesse entsteht.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Im Einzelnen wurden Untersuchungen in den Netzen der Städte **Bochum, Detmold, Gelsenkirchen, Hagen, Holzwickede, München, Ratingen, Recklinghausen, Warendorf, Witten und Wuppertal** durchgeführt und dabei über 100 Reinigungseinsätze begleitet. Es wurden elf verschiedene Fahrzeugtypen und vierzehn Düsenprodukte eingesetzt. In allen Fällen wurden die vor Ort eingesetzte Gerätetechnik erfasst und das Betriebspersonal bzw. die beteiligten Dienstleister hinsichtlich der üblichen und speziellen Reinigungsmethoden sowie Praxisprobleme und der derzeit umgesetzten Lösungsansätze befragt. Im Ergebnis konnten weitreichende Schlussfolgerungen zur Zusammensetzung von Ablagerungen, deren Bildung, Menge und Eigenschaften sowie den Reinigungsprozessen und -situationen gezogen werden.

Um die **Zusammensetzung von Ablagerungen** näher zu beschreiben und auch **praxisnahe Modellsedimente** für die labortechnischen Versuche zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit von HD-Düsen auswählen zu können, wurden in den Kanalnetzen der Städte Bochum, Gelsenkirchen, Hagen, Holzwickede, Recklinghausen und München Ablagerungsproben aus insgesamt 64 Haltungen entnommen und unmittelbar nach der Entnahme hinsichtlich der Parameter Trockensubstanz (TS), Glühverlust (oTS), gesamter Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB_{tot}) und gelöster Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB_{diss}) untersucht. Darüber hinaus wurden im Bodenlabor des IKT die physikalischen Parameter Dichte, mittlerer Korndurchmesser und die Sieblinie ermittelt und mit Literaturangaben verglichen. Als Fazit kann festgestellt werden, dass die Anteile von organischem und mineralischem Material insbesondere in Mischwasserkanälen sehr unterschiedlich ausfallen und auch jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen können. So wurden in vier Haltungen der Stadt München über das gesamte Jahr verteilt mehrfach Proben entnommen. In den Wintermonaten wurde ein erhöhter Eintrag von mineralischem Material, sehr wahrscheinlich Winterstreusplitt, festgestellt. Darüber hinaus verändern sich einige Eigenschaften der Ablagerungen, wie bspw. die Kohäsion und Lagerungsdichte, mit zunehmendem Alter. Im Einzelfall kann dies evtl. zu einer starken Verfestigung führen.

Zur Einschätzung der **Ablagerungsbildung und -mengen** sowie des Einflusses der Reinigungshäufigkeit wurden weitergehende Untersuchungen in den Kanalnetzen der Stadt München und der Gemeinde Holzwickede in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Die **Stadtentwässerungswerke München** betreiben ca. 2300 km Kanalnetz. Aus diesen wurden 4 verschiedene Netzstränge (bestehend aus 5 Haltungen) mit ähnlichen Nennweiten, Querschnitten und Netzsituationen (Mischwasser-Hauptsammler) ausgewählt. Insgesamt wurde eine Kanallänge von ca. 1,6 km untersucht, um die zeitliche Entwicklung von Ablagerungen zu erfassen. Durchschnittlich wurden 3,4 kg Ablagerungen pro Kanalmeter entnommen. Im Kanalnetz der **Gemeinde Holzwickede** (Gesamtlänge ca. 92 km) wurde über 2 Jahre die Entwicklung der Ablagerungssituation an 2.280 Haltungen beobachtet. Ausgangspunkt war die Aufnahme der Ablagerungssituation im Schachtgerinne im

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Rahmen der nach ATV A 147, Teil 1 geforderten 2-jährlichen Schachtinspektion. Darüber hinaus wurden auch die oberhalb und unterhalb angeschlossenen Haltungen eingesehen - zunächst mit Hilfe der klassischen Methode des Spiegelns bzw. im zweiten Untersuchungsjahr auch durch eine speziell für diesen Einsatz entwickelte Schacht-Videokamera. In Holzwickede wurden die Ergebnisse der Schachtinspektion und Spiegelung optisch eingeschätzt, drei Verschmutzungsklassen zugeordnet und die Verschmutzungssituationen anhand von Bildbeispielen aus der Schachtinspektion katalogisiert. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass in den betrachteten Untersuchungsgebieten zum Zeitpunkt der eigentlich turnusmäßig geplanten Kanalreinigung der überwiegende Teil der Haltungen als nur gering verschmutzt und somit ohne Reinigungsbedarf bewertet wurde. Die Literaturangabe [24], dass „im Allgemeinen Ablagerungen in Kanälen nicht als kontinuierliche Fläche sondern als Dünen auftreten, die Längen zwischen 2 m und 5 m besitzen“, konnte im Rahmen der Untersuchungen bestätigt werden. Große Ablagerungsmengen und hartnäckige Inkrustationen traten hier nur in Ausnahmefällen und fast immer aufgrund von Besonderheiten der örtlichen Netzsituation, z.B. durch seitlich steil angeschlossene Zuläufe, die den Abfluss im Hauptkanal einschränken, auf.

Die einzelnen **Abläufe bei der HD-Reinigung** wurden in der Praxis detalliert erfasst und dokumentiert. Der Reinigungsablauf vor Ort am Arbeitsschacht gliederte sich in der Regel in die Arbeitsschritte „Herablassen der HD-Düse in den Schacht“, „Einschwenken in den Zulauf“, „Einspülen“, „Rückzug von Schlauch und HD-Düse“ und „Absaugen des Spülwassers“. Grundsätzlich wurden die eingesetzten Geräte, wie HD-Fahrzeug, HD-Pumpe, HD-Schlauch und weitere Reinigungswerkzeuge durch das Betriebspersonal in Abhängigkeit der jeweiligen **Reinigungssituation**, d.h. Bauwerks-, Netz- und Ablagerungsbedingungen, ausgewählt. Im Gesamtblick wurde deutlich, dass einige Netzbetreiber über leistungsstarke HD-Pumpensysteme verfügen und diese in Einzelfällen auch mit Düsendrücken über 120 bar und Förderströmen von mehr als 320 l/min einsetzen. Die aufgenommenen Messergebnisse waren auch Grundlage für die Wahl der Belastungsparameter in den Werkstoff-Tests zur Hochdruckspülbeständigkeit.

Vor dem Hintergrund der zahlreichen vor Ort begleiteten Reinigungseinsätze sowie der intensiven Gespräche mit den beteiligten Netzbetreibern lassen sich die für das Hochdruckspülverfahren in der Praxis beobachteten **Reinigungssituationen** in 9 Einzelsituationen gliedern (vgl. Tabelle 17), die wiederum zu den folgenden drei **Grundsituationen** zusammengefasst werden können:

- **Standardsituationen**, wie sie z.B. im Rahmen der betrieblichen Wartung als Unterhaltungsreinigung oder bei der Reinigung zur Vorbereitung einer Inspektion häufig auftreten. Der Düsendruck beträgt weniger als 120 bar. Der Durchfluss ist angepasst an Kanalnennweite, Wasserstand im Rohr, Ablagerungsgrad und –menge. Die Düse bewegt sich in moderatem Tempo

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

(Düsenrückzugsgeschwindigkeit ca. 5 - 30 m/min) mittig in der Sohle. Bei rundumstrahlenden Düsen beträgt der Strahlwinkel weniger als 30°.

- **Ausnahmesituationen**, wie sie i.d.R. selten, z.B. bei einer Intensiv-Reinigung zur Lösung von hartnäckigen Inkrustationen oder zur Vorbereitung einer Sanierungsmaßnahme, zu beobachten sind, aber auch bei gestörten HD-Strahlen durch verstopfte Düseneinsätze oder ungeeignete Abstimmung des Durchmessers der Düseneinsätze auf Pumpenleistung, Schlauchlänge und Düsentyp auftreten können. Eine Ausnahmesituation ist gekennzeichnet durch extreme Strahleigenschaften, z.B. hinsichtlich Druck, Durchfluss und Strahlwinkel. Darüber hinaus kann es in Ausnahmesituationen, bspw. bei einer Verstopfung, zum Stillstand der Düse und damit verbunden zu einer stationären Belastung des Rohrwerkstoffs kommen.

- **Anwendungsfehler**, die zwar derzeit in der betrieblichen Praxis auftreten, aber grundsätzlich zu übermäßigen Beanspruchungen der Rohrsubstanz führen und daher durch geeignete Personalunterweisung und entsprechenden Geräteeinsatz zu vermeiden sind. Hier sind bspw. extreme Einlass- und Rückzugsgeschwindigkeiten (>> 30 m/min), insbesondere zur Verringerung des Zeitaufwandes für die Reinigung ohne Rücksicht auf den Kanalzustand, und mögliche Belastungen der Bausubstanz durch den Düsenkörper zu nennen. Ein extremer Fall ist dabei der sogenannte „Düsen-Freilauf“ zum Durchstoßen einer Verstopfung. Darüber hinaus stellt das Aufprallen des Düsenkörpers, z.B. beim Herablassen der Düse in den Schacht und Einschwenken in die Haltung einen vermeidbaren Anwendungsfehler dar.

Die labortechnischen Versuche bauen auf diesem Hintergrund auf und setzen sich aus Untersuchungen zur Düsenwirkung und den aus HD-Reinigung resultierenden Netzbelastungen zusammen. Die einzelnen Prüfaufgaben wurden z.T. parallel bearbeitet. Wechselwirkungen zwischen einzelnen Ergebnissen und übergreifende Schlussfolgerungen konnten so frühzeitig in der Entwicklung der Prüfaufbauten, der Ergebnisbewertung sowie den In-situ-Untersuchungen berücksichtigt werden.

Im Rahmen der **Untersuchungen zur Düsenwirkung** wurden zahlreiche der am Markt verfügbaren **Düsen und Düseneinsätze** untersucht (vgl. Marktübersicht „HD-Düsen“ unter www.ikt.de). Ziel war es, praxisorientierte Empfehlungen zur Düsenauswahl zu entwickeln. Hierzu wurden die Bewegungen der Düsen beobachtet, die Aggressivität der Hochdruckstrahlen und ihr tatsächlicher Einfluss auf das Lösen von Ablagerungen beschrieben und die Transport- bzw. Räumleistung der Düsen in Versuchen mit unterschiedlichen Druck- und Duchflussszenarien untersucht. Im Vordergrund dieser praxisorientierten Untersuchungen stand die Identifizierung und Beobachtung der wesentlichen Einflussfaktoren, wie Betriebsparameter, Düseneigenschaften und Ablagerungssituation, für die Reinigungsleistung von Hochdruckdüsen und deren Wechselwirkungen mit der

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Kanalrohr-Beanspruchung. Den Schwerpunkt bildeten rundumstrahlende und flachstrahlende Düsen, da diese in der Betriebspraxis, in den Standardsituationen der Unterhaltungsreinigung, am häufigsten eingesetzt werden.

Die **Transport- bzw. Räumleistung** der Düsen wurde in Versuchen mit unterschiedlichen Druck- und Duchflussszenarien untersucht. Insbesondere der Rückzuggeschwindigkeit kam dabei eine besondere Bedeutung zu. Voraussetzung für eine vergleichende Betrachtung war die Herstellung von reproduzierbaren Ablagerungssituationen. Hierzu wurden zwei oberirdische Versuchsstrecken von jeweils ca. 35 m Länge mit den Nennweiten DN 800 (PVC) bzw. DN 300 (Plexiglas) errichtet.

Die **Modellsedimente** (lockere bis leicht verfestigte Ablagerungen; Kies-/Sandgemisch 0-16 mm) wurden in den Versuchen auf einer Prüfstreckenlänge von ca. vier, sieben und in Einzelfällen sogar 35 Meter Länge eingebaut. Die Einbauhöhe bzw. der Verschmutzungsgrad betrug dabei 15%, 30%, 45% bzw. auch 100 % (Verstopfung, DN 300) des Rohrdurchmessers. In den Versuchsstrecken DN 300 und DN 800 wurden **10 unterschiedliche Düsen-Systeme** unter Variation der Reinigungsparameter Düsendruck, -durchfluss und -geschwindigkeit betrachtet. Die Ausstattung der Düsensysteme mit Düseneinsätzen erfolgte nach Herstellerangaben. Im Versuchskanal DN 800 kamen neben rundumstrahlenden Düsen auch Sohlenreiniger zum Einsatz. Zur Durchführung der Reinigungsversuche wurden marktübliche Hochdruck-Spülfahrzeug eingesetzt. Für jeden Versuch wurden das Bewegungsverhalten der Düse, die Zugleistung bzw. das Vermögen, die Ablagerungen zu überwinden, die Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen zur vollständigen Reinigung der Versuchsstrecke und evtl. auftretende Besonderheiten dokumentiert. Insgesamt wurden über 600 Einzelversuche (einschließlich Vorversuche) durchgeführt und gezielt Parametervariationen vorgenommen. Dies betraf insbesondere die Wahl des Verschmutzungsgrades, der Düsen, der Düsen-Rückzugsgeschwindigkeit und des Förderstroms.

Mehrere Reinigungszyklen wurden im Rahmen der Transportversuche immer dann notwendig, wenn die Düse unter den eingestellten Randbedingungen nicht in der Lage war, die aufgewirbelten Ablagerungsmengen vollständig weiter zu transportieren. Dann entsteht durch die erneute Ablagerungsbildung ein Wasserrückstau vor der Düse, der zusätzlich die Reinigungswirkung der Hochdruckstrahlen reduziert. Typischerweise bildet sich dabei wiederum eine Ablagerungsbank, die dann von der Düse überfahren wird und im Kanal zurückbleibt. Für das Bedienpersonal am Fahrzeug war dieser Vorgang nur in Extremfällen anhand der Schlauchbewegungen bzw. des stockenden Rückzugs feststellbar, wenn sich z.B. Schlauch und Düse in den zuvor aufgewirbelten Ablagerungen festgesetzt hatten. In einigen Fällen, insbesondere bei geringer Durchflussrate und niedriger Einlassgeschwindigkeit, konnte die Düse die Modellsedimente erst gar nicht überfahren und grub sich in die Ablagerungsbank ein. Erst durch erneutes

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Zurückziehen der Düse und deutliche Erhöhung des Pumpendrucks konnte die Ablagerung überwunden werden.

Im Gesamtblick der Transportversuche für die Teststrecken DN 300 und DN 800 lassen sich folgende Schlussfolgerungen festhalten:

In der Versuchsstrecke **DN 300** (Plexiglas) wurde deutlich, dass auch mit niedrigeren Förderströmen (ca. 240 l/min) und schnelleren Düsenrückzugsgeschwindigkeiten (ca. 24 m/min) bereits eine ausreichende Transportleistung erzielt werden kann, um größere Ablagerungsmengen zu transportieren. Dies lässt sich im Wesentlichen dadurch begründen, dass insbesondere in kleineren Querschnitten die Sedimente nicht nur durch das beschleunigte Spülwasser, sondern auch in besonderem Maße durch den Luftstrom mitgerissen und transportiert werden. Vor diesem Hintergrund wirken sich Leistungsunterschiede von HD-Düsen im Hinblick auf den Feststofftransport vornehmlich nur bei extremen Ablagerungsmengen und –graden aus.

In der Versuchsstrecke **DN 800** (PVC) zeigte sich, dass bei einem Füllgrad von 15 % der Querschnittshöhe alle Düsen die Modellsedimente noch mit einem einzigen Reinigungszyklus aus der Versuchsstrecke befördern konnten. Jedoch stieg bei Füllhöhen von 30 % und 45 % (auf einer Länge von ca. 4 Metern) die Anzahl der notwendigen Reinigungszyklen deutlich an. Eine Verbesserung der Transportleistung zeigte sich bei Erhöhung des Förderstroms, z.B. auf 320 liter/min. Mit niedrigen Rückzugsgeschwindigkeiten (12 m/min) ließen sich die Reinigungssituationen häufig in einem einzelnen, stets aber in maximal zwei Zyklen bewältigen. Auch im Kanal DN 800 zeigten die verschiedenen Düsenprodukte erkennbare Unterschiede in der Transportleistung.

Bevor verfestigte Ablagerungen transportiert und aus dem Kanal geräumt werden, müssen sie zunächst von der Rohrwandung gelöst werden. In der Betriebspraxis der Unterhaltungs-Reinigung - zur Verbesserung der hydraulischen Kanaleigenschaften - stellt das **Lösen von Ablagerungen** jedoch vergleichsweise selten ein Problem dar. Starke Verfestigungen und hartnäckige Inkrustationen sind eher die Ausnahme und dabei oft Ursache einzelner Fehleinleitungen, z.B. aus Abscheideanlagen oder Baustellenrückständen. Dann haften sie häufig so hartnäckig an der Rohrwandung, dass seltener HD-Düsen, sondern bevorzugt an die Einzelfallsituation angepasste Spezialwerkzeuge wie bspw. Kettenschleudern oder Kanalfräsen angewendet werden. Die Lösewirksamkeit von Düsen wird häufig dann diskutiert, wenn die gesamte Rohrwandung vorbereitend für eine Inspektions- oder Sanierungsmaßnahme **komplett** zu reinigen ist. In diesem Fall bestimmen die für die jeweilige Düse charakteristischen Hochdruck-Wasserstrahleigenschaften in Verbindung mit den angewendeten Betriebsparametern (Druck, Durchfluss und Geschwindigkeit der Düse) wesentlich den Reinigungserfolg.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Zunächst wurde das **Strahlbild** rundumstrahlender Düsen näher erfasst. Dabei zeigten die Düsensysteme sehr unterschiedliche Strahlbilder bei annähernd gleichen Reinigungsparametern (Durchfluss und Druck in der Düse). Es wurden sowohl sehr kompakte und gebündelte Strahlen als auch weit auffächernde Strahlen beobachtet. Die charakteristische Ausbildung des Einzelstrahls ist maßgeblich von der Wasserführung am Düsenaustritt bzw. von der Geometrie des Düseneinsatzes abhängig. Um die **Wirkung von HD-Strahlen** am Auftreff-Ort untersuchen zu können, wurden eine Versuchseinrichtung und ein Messprogramm entwickelt, mit denen das Strahl- und Druckbild von HD-Einzelstrahlen weitgehend erfasst werden konnten. Ziel der Versuche war es, die charakteristische Druckverteilung von HD-Strahlen auf einer bestrahlten Oberfläche messen zu können. Dazu wurde jeweils ein einzelner Strahl einer mehrstrahligen Düse auf eine **Druckmessfolie** geleitet.

Es vwurden die Strahlbilder von zwei Düsen beispielhaft untersucht. Bei der Auswahl der Düsen wurden möglichst unterschiedliche Strahlwinkel und Strahldurchflüsse berücksichtigt. Es wurden weit über 200 Versuche mit der Messfolie aufgezeichnet. Dabei wurde die **Strahlauftrefffläche** bestimmt und deren Form betrachtet. Es zeigte sich, dass die über Drucksensoren ermittelte Auftreff-Fläche deutlich größer ist, als nach den geometrischen Berechnungen zu erwarten war. Die Anschauung der Druckbilder und auch die Beobachtung von HD-Strahlen in einem durchsichtigen Plexiglaskanal lassen vermuten, dass ein Teil des auftreffenden Wassers zurückspritzt, aber ein anderer Teil als Film über die Oberfläche abfließt. Dieser Film verteilt vermutlich die Druckkraft.

In den gemessenen Druckprofilen waren prinzipiell ausgeprägte Druckspitzen im Strahlkern erkennbar. Ein Vergleich der **Druckbilder für verschiedene Düseneinsätze** zeigte, dass diese einen erheblichen Einfluss auf das Strahldruckbild haben. Inwieweit diese Eigenschaften des Druckprofils tatsächlich die Aggressivität bzw. abrasive Wirkung des HD-Strahls gegenüber einer Ablagerung oder einem Rohrwerkstoff charakterisieren, konnte allein auf Basis dieser Messungen aber nicht geklärt werden. Anschaulich ist die abrasive Wirkung eines HD-Strahls auf eine Oberfläche immer auch von der Einwirkzeit und den dortigen Materialeigenschaften abhängig. Vor diesem Hintergrund wurden weitergehende Versuche zur Abbildung der **Lösewirkung von HD-Strahlen an Modellsedimenten** durchgeführt.

Im Rahmen von ersten Vorversuchen wurden Rohrsegmente mit Mörtel beschichtet und durch einzelne Hochdruckwasserstrahlen belastet. Um die Abrasionswirkung von HD-Strahlen reproduzierbar untersuchen zu können, wurden weitergehende Untersuchungen mit industriell hergestellten Steinen aus **Porenbeton** durchgeführt. Neben abrasivem Materialverhalten waren auch Abplatzungen zu erkennen. Im Kanalnetz sind ebenfalls deutliche Unterschiede im Materialverhalten von Inkrustationen und Verfestigungen zu erwarten, da sie meist aus unterschiedlichen Quellen und Entstehungsprozessen stammen. Die Versuche mit Porenbeton stellten vor diesem Hintergrund Orientierungsversuche dar, um die grundsätzlichen Einflüsse

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

von Strahlgeometrie und Belastungsparametern auf die Abrasionswirkung von HD-Strahlen zu erfassen. Insgesamt wurden in dem Düsen-Versuchsstand weit über 500 Belastungsversuche auf simulierte Modell-Verfestigungen (Mörtel und Porenbeton) mit variierenden Parametern (Strahlabstand, Auftreffwinkel, Abstrahlwinkel, Ausbreitungswinkel, Druck und Durchfluss) durchgeführt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die **Erosionsbilder** in deutlichem Zusammenhang zu den charakteristischen Merkmalen der zugehörigen **Druckprofilmessungen** stehen. Dort wurde mit zunehmendem Druck ein Anstieg des Spitzendruckes und der strahlwirksamen Fläche gemessen. Eine Überlagerung der Umrisskante der Materialabtragsflächen mit den Druckprofilbildern aus den Druckfolienmessungen bestätigte den Zusammenhang zwischen der anfänglichen Flächencharakteristik der Erosionsfläche und Fläche des gemessenen Druckbildes. Im Rahmen der Druckfolienmessungen wurde aber auch der große Einfluss des Strahlabstandes auf die Druckspitzenwerte deutlich. Es bestätigte sich, dass der **Strahlabstand** tatsächlich die Erosionswirkung des HD-Strahls maßgeblich bestimmt. Nach einer Erhöhung des Abstandes um 50 mm von 18,5 auf 68,5 mm ist selbst bei dem hohen Strahlwinkel von 30° kaum noch Materialabtrag feststellbar. Der **Strahlwinkel** hat ebenfalls großen Einfluss auf die Abrasionswirkung des Strahls. Während bei einem Strahlwinkel von 30° deutlicher Materialabtrag auftritt, ist bereits bei einem Strahlwinkel von 20° selbst bei kurzem Strahlabstand lediglich geringer Abtrag feststellbar. Bei einem Strahlwinkel von 10° ist nur noch optisch kleinflächiger Abrieb erkennbar, eine Abtragstiefe ist nicht mehr messbar.

Die **Düsenbewegungen** wurden während des gesamten Reinigungsprozesses, insbesondere in Extremsituationen bei starker Beschleunigung, beobachtet. Während der Versuche wurden keine Anhaltspunkte für ein unkontrolliertes Schlagen der Düsen im Rohrkörper gefunden. Andererseits zeigte sich, dass Düsen im Kanal schweben oder beim Zurückziehen an Muffenversätzen haken können. Dies wurde auch durch die Betreibererfahrungen bestätigt. Allerdings sind **schwebende Düsen** meist auf extreme Betriebsparameter zurückzuführen. Stark beschleunigte Düsenkörper, z.B. durch Freilauf der Düsen zur Verstopfungsbeseitigung, sollten als Anwendungsfehler grundsätzlich im Rahmen der Unterweisung des Betriebspersonals ausgeschlossen werden.

Im Rahmen der Versuche zur **Belastung aus HD-Reinigung** wurde untersucht, inwieweit diese Belastungen den Kanal selbst beanspruchen und dort zu Schadensrisiken führen können. Düse und Schlauch werden durch die Vorschubkräfte des Wasserstrahls oder mittels Winde über die Kanaloberfläche gezogen, die austretenden HD-Wasserstrahlen treffen nicht nur auf verfestigte und lose Ablagerungen, sondern auch unmittelbar auf das Rohr, und aus den aufgewirbelten Ablagerungen werden Feststoffpartikel beschleunigt und z.T. mit hoher Geschwindigkeit gegen einzelne Kanalbauteile geschleudert. In einzelnen Reinigungssituationen wurde beobachtet, dass ein Düsenkörper während des

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Reinigungsvorganges schweben bzw. abheben und auf die Rohrwandung fallen kann. In einigen Fällen werden darüber hinaus Düsen im Freilauf stark beschleunigt, um Verstopfungen zu lösen, und dabei ein unkontrolliertes Auftreffen auf die Rohrwandung bzw. die seitlichen Anschlüsse in Kauf genommen. **Ziel der Versuche** zur Belastung aus HD-Reinigung war es vor diesem Hintergrund, Empfehlungen für eine schonende HD-Reinigung abzuleiten.

Um einen Einfluss von Alterungseffekten oder Vorschädigungen durch Bau- und Betriebsbelastungen auf die Prüfergebnisse auszuschließen, wurden in den Laboruntersuchungen **Neurohre** eingesetzt. Neben einem definierten Ausgangszustand vor der Prüfung konnten so auch gezielt verschiedene Rohrwerkstoffe und -geometrien in den Versuchsreihen berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse nicht zur allgemeinen Quantifizierung von Versagensgrenzen (z.B. Druck, Durchfluss) einzelner Werkstoffe dienen. So lassen die unterschiedlichen Werkstoffrezepturen, Herstellverfahren und Anschluss- bzw. Verbindungssysteme der heutigen Produktanbieter eine werkstoffbezogene Verallgemeinerung einzelner Prüfergebnisse nicht zu. Eingesetzt wurden klassische Kanalrohrwerkstoffe wie Beton und Steinzeug mit zusammen 90 % Netzbestand. Darüber hinaus wurden Produkte aus Guss, GFK, PE-HD (vollwandig/profiliert) und PVC (mehrschichtig) einbezogen. Zum Einsatz kamen Rohre der Nennweite DN 300 (vgl. [41], [42], [44]).

Insgesamt wurden in den Versuchen **vielfältige Reinigungssituationen und Randbedingungen** berücksichtigt. So wird die Belastung durch Hochdruckstrahlen nicht allein von Parametern wie Druck und Durchfluss, sondern auch durch die Ablagerungssituation und Anzahl der Reinigungszyklen beeinflusst. Die Form des Düsenkörpers und der Düseneinsätze wiederum bestimmt maßgeblich die Strahleigenschaften.

Als Ausgangspunkt für eine differenzierte Betrachtung der Belastungsszenarien, die während der Hochdruckreinigung auf das Rohrmaterial wirken können, wurden zunächst **fünf Grundbelastungsarten (HD-Strahl, Feststoff, Schleifen, Fallen, Prallen)** eingeführt, die in Abhängigkeit der örtlichen Reinigungssituation in ihrer Stärke und Intensität variieren können. In der Regel treten Kombinationen aus diesen Grundbelastungsarten mit unterschiedlicher Gewichtung auf. Bei der Intensiv-Reinigung zur Vorbereitung einer Sanierungsmaßnahme steht bspw. die Belastung durch den **HD-Wasserstrahl** im Vordergrund. Im Vergleich dazu gewinnt die Belastung aus beschleunigten **Feststoffpartikeln** besonders stark bei der Beseitigung von großen Ablagerungsmengen mit scharfkantigem Grobkorn (z.B. aus Einspülungen von Winterstreusplitt oder Schottermaterial von Baumaßnahmen) an Bedeutung.

Um den Einfluss sämtlicher Grundbelastungsarten weitestgehend reproduzierbar nachempfinden zu können, wurden **fünf unterschiedliche Prüfmethoden**

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

angewendet. Im Mittelpunkt standen dabei die Systemversuche nach dem Hamburger Modell [40], da hier gleichzeitig drei Grundbelastungsarten mit wesentlichem Einfluss für die Standard-Reinigungssituation praxisnah simuliert werden. Dabei wird das Gesamtsystem aus Rohren, Rohrverbindungen, Anschlussformteilen und nachträglichen Anschlüssen durch Düse und Schlauch, auftreffende Wasserstrahlen und aufgewirbeltes Räumgut belastet. Die HD-Systemversuche wurden einerseits unter identischen Bedingungen als vergleichende HD-Systemversuche und andererseits unter wechselnden Einflüssen als Zusatzversuche ausgeführt. Weitere Zusatzversuche (Düsen-Strahl, -Schleif- und Fallversuche) dienten der weitgehend isolierten Betrachtung einzelner Einflussfaktoren (HD-Einzelstrahl, Schleifen, Fallen) bzw. der Variation der Reinigungsbedingungen, Reinigungszyklen und Düseneigenschaften (Düsenstrahl und -winkel).

Die eingesetzten Produkte und entsprechenden **Versuchsergebnisse** sind im vorliegenden Bericht detailliert beschrieben. Der maßgebliche Ort der jeweiligen Materialveränderung wird den Kategorien Rohrschaft, Rohrverbindung und Abzweig zugeordnet. Im Falle eines deutlichen Materialabtrags ist dessen Fläche und maximale Tiefe dokumentiert worden. Die Häufigkeit, mit der eine Materialveränderung auftrat, wurde nach den Kategorien „in Einzelfällen“ (selten, mindestens zwei Mal beobachtet) oder „regelmäßig“ (Häufigkeit über 50 %)“ bewertet oder in Relation zur Gesamtzahl der geprüften Bauteile (Schaft, Verbindung, Abzweig) dargestellt.

Im Gesamtblick zeigen die **Ergebnisse der Belastungsversuche** an Rohrwerkstoffen, dass unter üblichen Reinigungsbedingungen an den untersuchten Produkten z.T. deutlich erkennbare Materialveränderungen auftreten. Die Intensität der Beanspruchung reichte von geringen Schleifspuren bis hin zu deutlichen Veränderungen mit Risiken für die Dichtfunktion. Besondere Angriffspunkte bieten sich offensichtlich in der Sohle der Rohrverbindungen und an den seitlichen Anschlüssen, da dort Flächenbereiche direkt dem HD-Düsenstrahl zugewandt sind. Häufig traten Materialveränderungen gleichzeitig im Rohrverbindungs- und Anschlussbereich der seitlichen Zuläufe auf, mit tendenziell stärkerer Ausprägung im Sohlbereich der Verbindung.

Netzbetreibern, die die beobachteten Auswirkungen während der Kanalreinigung vermeiden wollen, wird empfohlen, den **Reinigungsprozess** ggf. durch eine veränderte Auswahl und Anwendung der Reinigungswerkzeuge anzupassen, um den **Rohrwerkstoff zu schonen**. Wesentliche Risiken für die Netzsubstanz lassen sich vielfach schon durch **einfache Betriebsmaßnahmen** deutlich verringern. Mit Blick auf die eingesetzten **Prüfverfahren**, deren Aussagekraft und Anwendungsbereiche ist insbesondere festzuhalten, dass es die **HD-Systemprüfungen** gestatten, gleichzeitig mehrere Grundbelastungsarten praxisnah

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

zu simulieren. In den **Düsen-Strahlversuchen mit HD-Einzelstrahl** zeigten sich allerdings in einzelnen Fällen deutliche Abweichungen zu den Beobachtungen aus den HD-Systemprüfungen. Aus den **Düsen-Schleif-Versuchen** ließen sich für die untersuchten Werkstoffgruppen keine nennenswerten Erkenntnisse gewinnen. Im **Düsen-Fall-Versuch** zeigten sich nur bei wenigen Produkten sichtbare Materialveränderungen.

Abschließend bleibt festzustellen, dass der Reinigungsprozess, die eingesetzte Gerätetechnik und die Schulung des Personals zahlreiche Ansatzpunkte zur schonenden und damit schadensfreien Reinigung des Netzes bieten. Darüber hinaus kann in Einzelfällen auch durch die Rohrhersteller das Materialverhalten mit Blick auf die Kanalreinigung optimiert werden. Dabei sind allerdings stets auch weitere bautechnische und betriebliche Qualitätsanforderungen zu berücksichtigen.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

7 Fazit

Insgesamt zeigten die **Praxiserfahrungen**, dass vor einem Reinigungseinsatz häufig nicht bekannt ist, ob überhaupt Ablagerungen im Kanal zu erwarten sind und welche Beschaffenheit diese haben könnten. Insbesondere wenn die Kanalreinigung an private Dienstleister vergeben wird, fließen kaum Betriebsinformationen über das Ablagerungsaufkommen an den auftraggebenden Kanalbetrieb zurück. In der Folge fehlen die notwendigen Planungsgrundlagen zur Spülplanerstellung, so dass auch die Möglichkeiten zur eigenverantwortlichen Selbstüberwachung und Reinigungsplanung nach SüwV Kan [4] bzw. Runderlass [5] nicht optimal genutzt werden. Vor diesem Hintergrund ist es zu empfehlen, die **Ablagerungssituation vor und während der Reinigung zu bewerten** und verwandte Betriebsprozesse enger zu verzahnen, so z.B. indem weitergehende Informationen zur Ablagerungssituation auch im Rahmen der regelmäßigen **Schachtinspektion** gewonnen werden.

Der Reinigungserfolg kann im Wesentlichen nur durch Einsatz leistungsfähiger Düsen und die Einstellung geeigneter Reinigungsparameter gesichert werden. Aufgrund der Produktvielfalt (Düsen und Düseneinsätze) und unterschiedlichen Randbedingungen im jeweiligen Kanalnetz (Ablagerungen, Netzzustand) empfiehlt es sich grundsätzlich, vor jedem Kauf einer HD-Düse die **Leistung des Düsenprodukts vor Ort stichprobenhaft mit begleitender TV-Inspektion zu überprüfen**. Für diese Düsen-Tests bietet es sich an, möglichst extreme Reinigungssituationen (z.B. hartnäckige Ablagerungen oder hohes Ablagerungsaufkommen) auch in kritischen Netzbereichen (Schwachstellen, ausgebesserte Streckenabschnitte) entsprechend dem Anwendungsgebiet der HD-Düse auszuwählen. Aussagen zur Leistungsfähigkeit und Aggressivität von 5 bis 10 Düsenprodukten lassen sich dabei bereits im Rahmen eines Tageseinsatzes mit einem einzelnen Reinigungsfahrzeug erzielen.

Netzbetreibern, die eine möglicherweise schädigende Wirkung aus HD-Reinigung vermeiden wollen, wird empfohlen, den **Reinigungsprozess** ggf. durch eine veränderte Auswahl und Anwendung der Reinigungswerkzeuge anzupassen, um den **Rohrwerkstoff zu schonen**. Dabei bieten sich folgende grundsätzliche **Ansatzpunkte** an:

- Schon in der **Reinigungsplanung** sollten Kanalhaltungen mit besonderen Risiken für die Netzsubstanz identifiziert werden. Hierzu gehören insbesondere Strecken, die bereits in der TV-Inspektion besondere Angriffspunkte für die HD-Reinigung zeigten, wie z.B. brüchige Schadstellen, Versätze und einragende Stutzen.

- Als Grundlage für die **Düsenauswahl** ist der **Reinigungszweck** zu beachten, d.h. ob neben der Transportleistung auch eine Lösewirkung der Düsen verlangt wird. Steht allein das Transportverhalten im Vordergrund, sollten nach

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

Möglichkeit **Düsen mit flachen Abstrahlwinkeln** (kleiner 20°) oder Düsen mit Ejektorwirkung eingesetzt werden. Werden aggressive Düsen eingesetzt, sollte durch Stichprobenkontrolle an einzelnen Kanalhaltungen (parallele TV-Inspektion) die Wirkung der eingesetzten Düsensysteme auf Rohrprodukte, Anschluss- und Verbindungstechnik unter betriebsüblichen Reinigungsbedingungen überprüft werden.

- Unerwünschte Materialveränderungen können häufig bereits durch **Erhöhung des Strahlabstandes** zur Rohrwandung, z.B. durch Verwendung eines Düsenschlittens, vermieden werden.

- In der Regel lassen sich übliche Reinigungsaufgaben mit Drücken **unter 120 bar** zuverlässig lösen. Durch regelmäßige **Leistungskontrollen** lässt sich die Wirkung der gewählten Düseneinsatzdurchmesser, Pumpenleistung und Schlauchlängen auf Förderstrom und Düsendruck erkennen und einschätzen.

Wesentliche Risiken für die Netzsubstanz lassen sich vielfach schon durch **einfache Betriebsmaßnahmen** deutlich verringern:

- Beim **Einlassen der Düsen** in den Kanal ist ein Aufschlagen auf die Schacht- oder Rohrwandung zu vermeiden.

- Die **Düsengeschwindigkeit** sollte überwacht werden. Ein Freilauf der Düse ist in jedem Falle auszuschließen.

- Durch fortlaufende Überwachung der Pumpendrücke und korrespondierenden Motordrehzahl lassen sich **Unregelmäßigkeiten erkennen**. So kann ein Druckanstieg auf Verstopfungen der Düseneinsätze und somit Gefahren durch übermäßig aggressive HD-Strahlen hinweisen. Geringe Pumpendrücke lassen wiederum auf abgenutzte Düseneinsätze mit mangelhafter Lösewirkung schließen.

- Der **Pumpendruck** sollte nach Möglichkeit langsam zurückgefahren werden, um ein Fallen des Düsenkörpers auf die Rohrwand auszuschließen.

- In jedem Fall empfiehlt sich die **Beobachtung des Spülwassers**, um evtl. Einbrüche bei bereits bestehenden Kanalschäden frühzeitig zu erkennen.

Sämtliche Empfehlungen wurden abschließend in einem praxisorientierten „**IKT-Handbuch Kanalreinigung**“ [2] zusammengefasst, dass in enger Abstimmung mit zahlreichen Netzbetreibern aus NRW sowie weiteren interessierten Fachleuten formuliert wurde.

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

8 Literaturverzeichnis

[1] Bosseler, B., Birkner, T.: Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwVKan) bei den kommunalen Netzbetreibern und Wasserverbänden in NRW; Endbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (Dezember 2003).

[2] IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur: Handbuch Kanalreinigung (Entwurf Dezember 2004).

[3] Bosseler, B.; Birkner, T.: Erfahrung mit der Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) in NRW, Entwicklung in der Kanalisationstechnik; Tagung am 4. und 5. September 2001 Maternushaus, Köln.

[4] Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen – Nr. 10 vom 10. Februar 1995, „Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal – SüwVKan)“, vom 16. Januar 1995, S. 64-67.

[5] Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen – Nr. 14 vom 10. Februar 1995, „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisaionsnetzen“, RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 3.1.1995 – IV B 6 – 031 002 0201, S. 250-253.

[6] Falk, C.; Schlüter, M.; Meyer, P.; Schlemminger, F.: Empfehlungen zur Kanalreinigung; Endbericht des IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW; Gelsenkirchen (Mai 2000).

[7] ATV-DVWK Arbeitsblatt A 147 Teil 1: Betriebsaufwand für die Kanalisation, Teil 1: Betriebsaufgaben und Intervalle (Mai 1993).

[8] ATV-Arbeitsblatt A 140 Regeln für den Kanalbetrieb (März 1990).

[9] ATV-DVWK Arbeitsblatt A 147 Teil 1: Betriebsaufwand für die Kanalisation, Teil 1: Betriebsaufgaben und Häufigkeiten (April 2003).

[10] ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 147 Teil 2 (Entwurf): Betriebsaufwand für die Kanalisation, Teil 2 - Personal-, Fahrzeug- und Gerätebedarf (März 1995).

[11] DIN 30702 Teil 5: Kommunalfahrzeuge; Begriffe für Saugfahrzeuge und Hochdruckspülfahrzeuge (Oktober 1987).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

[12] DIN 30 705 Teil 1: Saugfahrzeuge und Hochdruck-Spülfahrzeuge; Kanal und Senkkasten Reinigungsfahrzeuge, Gruben-Reinigungsfahrzeuge (09.87); Teil 4 - Saugfahrzeuge und Hochdruckspülfahrzeuge; Hochdruck-Spülfahrzeuge (Juni 1991).

[13] Water Research Centre: Sewer Jetting Code of Practice (1st edn), WRc plc, Swindon UK, (Juni 1997).

[14] Schweizer Norm SN 592 012: Rohre, Formstücke, Verbindungen und andere Rohrleitungsteile (Bau-, Funktions- und Prüfnorm) (1994).

[15] DIN EN 752-7: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 7 - Betrieb und Unterhalt (Juni 1998).

[16] ATV-DVWK-M 197 (Entwurf): Ausschreibung von Kanalreinigungsleitungen mit dem Hochdruckspülverfahren (Mai 2003).

[17] DIN EN 14654 (Entwurf): Planung, Durchführung und Überwachung von Reinigungsmaßnahmen in Abwasserkanälen und –leitungen (Mai 2003).

[18] Blumberg, D., Bauer, W.: Beseitigung von Ablagerungen in Abwasserkanälen großer Durchmesser, Korrespondenz Abwasser, Heft 12, S. 1063 - 1066 (1984).

[19] Brombach, H.; Kuhn, B.: Häufigkeit und Verteilung der Kanalisationsverfahren in Deutschland, Korrespondenz Abwasser, Heft 8, S. 1106 - 1112 (1992).

[20] Artières, O.: Bildung und Remobilisierung von Ablagerungen in Mischkanalisationen, Korrespondenz Abwasser, Heft 10, S. 1026 - 1032 (1988).

[21] Müller, W.: Reinigung von Kanalisationen - Methoden und Praxiserfahrungen, Vortrag im Rahmen des Weiterbildenden Studiums 1995 an der Ruhr-Universität Bochum (1995).

[22] Brombach, H.; Michelbach, S.; Wöhrle, C.: Feststoffe in der Mischwasser-kanalisation, Korrespondenz Abwasser, Heft 12, S. 1910 - 1926 (1993).

[23] Novak, B.: Ablagerungen in Abwasserkanälen, 59. Siedlungswasserwirtschaft Kolloquium Stuttgart - Kanalisation und Regenwasserbehandlung (1984).

[24] Macke, E.: Ablagerungs- und Ausspülverhalten in Kanalisationen. ATV-Fortbildungskurs F/1 Abwasserableitung, Fulda, S. 11.1-11.25 (1987).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

[25] Ristenpart, E.: Feststoffe in der Mischwasserkanalisation, Vorkommen, Bewegung und Verschmutzungspotential, Schriftenreihe Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Hannover, Heft 11, Dissertation (1995).

[26] Berger, C.; Lohaus, J.: Zustand der Kanalisation – Ergebnisse der ATV-DVWK-Umfrage 2001, http://www.atv-dvwk.de/download/kanalumfrage.pdf, (09/2004).

[27] Lenz, J.; Wielenberg, M.; Geib, M.: Reinigung von Abwasserkanälen durch Hochdruckspülung, Schriftenreihe iro-Institut für Rohrleitungsbau Oldenburg, Band 11, 2. Auflage Vulkan-Verlag Essen, (2002).

[28] Stein, D.; Kaufmann, O.: Schadensanalyse an Abwasserkanälen aus Beton- und Steinzeugrohren der Bundesrepublik Deutschland-West. Korrespondenz Abwasser (KA) 40, H.2, S. 168-179 (Februar 1993).

[29] Bosseler, B.; Redmann, A.: Infektionsgefahr durch Austrag von Krankheitserregern aus Einsteigschächten von Kanalisationen durch Aerosole, Forschungsendbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (Dezember 2000).

[30] Wünscher, H.-J.; Schinke, U.:, Jähnel, H.: Probleme bei der Reinigung der Kanalisation im VÈB Leuna Werk, Walter Ulbricht. Wasserwirtschaft Wassertechnik (WWT) 32, H.2, S.55-59 (1982).

[31] Güteschutz Kanalbau: Auftragsvergabe, Qualifikationsanforderungen und Qualifikationsnachweise (Juni 1999).

[32] Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.7.3 „Regeln für den Kanalbetrieb“ (TC 165/ WG 22) im ATV-Fachausschuss 1.7 „Betrieb und Unterhalt“: Kanalreinigung mit dem Hochdruckspülverfahren, Korrespondenz Abwasser (KA) 44, H. 4, S. 727-730 (April 1997).

[33] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage, Ernst & Sohn 1998.

[34] Güteschutz Kanalbau: Leitfaden für die Eigenüberwachung, Prüfzeichen (R) Reinigung (Mai 2003).

[35] DIN 30705 Teil 4: Saugfahrzeuge und Hochdruck-Spülfahrzeuge; Hochdruck-Spülfahrzeuge (Juni 1991).

[36] Dipl.-Ing. Begemann, H.: Vortragsmanuskript aus dem ATV-Tagungsband vom ATV-Infotag in Weimar „Kanalreinigung mit dem Hochdruckspül-Verfahren“ (September 1999).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

[37] Störner, S.: Die Vergabe von Reinigungsleistungen von Regen– und Abwasserkanälen, Seminarunterlagen (Mai 1996).

[38] Ney, J.: Kanalreinigung mit dem Hochdruckspül-Verfahren, Vortragsmanuskript aus dem ATV-Tagungsband vom ATV-Infotag in Weimar (September1999).

[39] Bosseler, B.; Bennerscheidt, C.: Einsatz der Ejektortechnik bei der Dükerreinigung und –inspektion; Endbericht des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (Juni 2004).

[40] Hoppe, F.: Parameter des Hochdruckspülversuches nach dem Hamburger Modell der Stadtentwässerung Hamburg, schriftliche Mitteilung (August 2002).

[41] DIN 4264 (Entwurf): Anforderungen und Prüfungen für Abwasserkanäle und -leitungen bei Hochdruckreinigung (Stand 29.10.1999).

[42] DIN V 19517 (Entwurf): Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit von Rohren für Abwasserleitungen und –kanäle (Januar 2002).

[43] Cant J., Trew J.: High-Pressure Water Jetting: Avoiding Damage to Sewers. Technical Note WRc plc. Swindon UK, Journal CIWEM (August 1998).

[44] Zimmermann, F.: Vergleichende Prüfungen zur Hochdruckspülfestigkeit verschiedener genormter Werkstoffe für Abwasserleitungen und -kanäle (Prüfbericht) (Dezember 2000).

[45] Technical Report prCEN TR 14920 (Final Draft): Jetting resistance of drain and sewer pipes – Moving jet test method (April 2004).

[46] Geiger, W.F.; Frehmann, T.: Analyse von Kanalablagerungen; Abschluss-bericht im Auftrag des IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur, unveröffentlicht (April 2003).

[47] DIN 18123: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung (November 1996).

[48] Crabtree, R.W.; Forster, C. F.: Preparation Protocols for the analysis of combined sewer sediment samples, Water Research Center (WRc) Engeneering, ER 354E (1989).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

[49] Schnitzlein, M.; Blumberg, D.; Bauer, W.: Voruntersuchungen zur Entschlammung des innerstädtischen Mischsielnetzes Hamburgs, Korrespondenz Abwasser, Heft 12, S. 1058-1062 (1984).

[50] Ashley, R.M., Crabtree R.W.: Sediment origins, deposition and build-up in combined sewer systems, Water Sience and Technologie, Heft 8, S. 1 – 12 (1992).

[51] Macke, E.: Bemessung ablagerungsfreier Strömungszustände in Kanalisationsleitungen, Korrespondenz Abwasser, Heft 07, S 462 – 473 (1983).

[52] Schütz, M.: Vermeidung von Ablagerungen in Kanalisationsleitungen, gwf-wasser/abwasser (124), Heft 8, S. 393 – 398 (1983).

[53] Broschüre: Im Untergrund von München - Die Kanaler einer Großstadt erzählen, Stadtentwässerungswerke München (Februar 2001).

[54] Marktübersicht HD-Düsen: www.ikt.de, Startseite des Internetauftritts des IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen (Stand 12/2004).

[55] Lorenzen, A.: Umweltschutz durch Vermeidung unsachgemäßer Hochdruckreinigung von Abwasserkanälen, Berlin (April 2004).

[56] Thiel, J.: Auswertung der Betriebsdaten von HD-Reinigungsfahrzeugen der Entwässerungsbetriebe Witten, unveröffentlicht (Mai 2004).

[57] Hösel, W.: Gutachten zu HD-Einzelstrahlen von Kanalreinigungsdüsen, unveröffentlicht (Dezember 2004).

[58] Aigner, D.; Mathias, A.; Pollock, M.: Hydraulische Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Hochdruckspülverfahren, Forschungsbericht Technische Universität Dresden (April 2002).

[59] Momber, A.: Handbuch Druckwasserstrahltechnik, Beton Verlag GmbH Düsseldorf (1993).

[60] Wegener, Th.; Geib, M.: Materialprüfung durch Hochdruckspülung nach der DIN V 19517 im Auftrag des IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur, unveröffentlicht (September 2002).

[61] DIN EN 1916: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (April 2003).

[62] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen (Oktober 1997).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

[63] DIN 4032: Betonrohre und Formstücke, Maße, Technische Lieferbedingungen (Januar 1981).

[64] FBS-Qualitätsrichtlinie: Betonrohre, Stahlbetonrohre, Vortriebsrohre und Schachtbauteile in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserkanäle und –leitungen (August 2000).

[65] DIN EN 295: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle (Mai 1999).

[66] Werknorm WN 295: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle (Mai 1999).

[67] DIN EN 598: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung (November 1994).

[68] DIN 16869 Teil 1: Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UF-GF), geschleudert, gefüllt; Teil1 - Maße (Dezember 1995).

[69] DIN 16869 Teil 2: Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UF-GF), geschleudert, gefüllt; Teil 2 - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung (Dezember 1995).

[70] DIN 19565: Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UF-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; geschleudert, gefüllt. (März 1989).

[71] DIN 16868 Teil 1: Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) Teil 1 - Gewickelt, gefüllt; Maße (November 1994).

[72] DIN 16868 Teil 2: Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) Teil 2 - Gewickelt, gefüllt; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung (November 1994).

[73] DIN 19537 Teil 1: Rohre und Formstücke aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) für Abwasserkanäle und –leitungen; Teil 2 - Maße (Oktober 1983).

[74] DIN 19537 Teil 2: Rohre und Formstücke aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) für Abwasserkanäle und -leitungen; Teil 2 - Technische Lieferbedingungen (Januar 1988).

[75] DIN 8074: Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD - Maße (August 1999).

[76] DIN 8075: Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung (August 1999).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

[77] DIN 16961: Rohre und Formstücke aus thermoplastischen Kunststoffen mit profilierter Wandung und glatter Rohrinnenfläche (März 2000)

[78] DIN 19568-100 (Entwurf): Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) mit profilierter Wandung und glatter Rohrinnenoberfläche, Teil 1 - Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (Mai 1998).

[79] prEN 13476 Teil 1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen - Rohrleitungssysteme mit profilierter Wandung aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE), Teil 1 - Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (September 2002).

[80] DIN EN 1401 Teil 1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U), Teil 1 - Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (Dezember 1998).

[81] DIN EN 1916: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (April 2004).

[82] DIN V 1201: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für Abwasserleitungen und –kanäle, Typ 1 und Typ 2 - Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität (August 2004).

[83] DIN 28603: Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen - Steckmuffen-Verbindungen - Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen (Mai 2002).

[84] Homann, D.: Prüfbericht Nr. PA0709 des IKT – Gelsenkirchen im Auftrag der Hobas Rohre GmbH (September 2004).

[85] DIN 16963 Teil 5: Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polyethylen (PE), PE 80 und PE 100, Teil 5 - Allgemeine Qualitätsanforderungen, Prüfung (Oktober 1999).

© 2005 All rights reserved by GEK mbH

УСТОЙЧИВАЯ САНИТАРИЯ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ – отвечая потребностям небольших и средних поселков

Под редакцией

Игоря Бодика и Питера Риддерстолпа

Глобальное Водное Партнерство Международному 2008 году Санитарии

Global Water Partnership
Central and Eastern Europe

Опубликовано:
Первое издание – 2007 г.

© Глобальное Водное Партнерство ЦАК, 2007 год

Дизайн и фотографии:
Богдан Макарол (Словения)

Отпечатано: ООО “Vita Color”

ISBN 978-80-969874-0-5

Выражение признательности 5

Авторы 6

Предисловие 5

Глава 1 – Время устойчивой санитарии 12

Глава 2 – Текущее состояние сектора водоснабжения
и санитарии в странах ГВП ЦВЕ 16

Глава 3 – Создание устойчивых санитарных условий в небольших и средних
поселках Центральной и Восточной Европы 28

Глава 4 – Примеры устойчивых санитарных систем 54

Вэтланд “SVETI TOMAZ”, построенный в Словении 54

Орошение сточными водами плантаций тополя –устойчивое решение
для небольших поселков без систем канализации в Венгрии 59

Школьные “сухие” туалеты в селах Украины 65

Устойчивая санитария и управление сточными водами в Швеции –
краткий обзор 71

Экологическая санитария в Германии – системы с разделением
сточных вод по фракциям в местах их формирования 78

Глава 5 – Законодательная база устойчивой санитарии в ЕС 84

Глава 6 – Выводы и рекомендации 91

Список использованной литературы 96

Выражение признательности

Прежде всего, мы хотели бы выразить нашу благодарность господину Милану Матушке, региональному координатору Глобального Водного Партнерства ЦВЕ, который инициировал публикацию этого сборника статей (совместно с Бьёрном Гутерстамом), обеспечив существенную поддержку и помощь в ходе подготовки публикации не только в решении организационных вопросов, но также и профессиональными советами, что повысило качество её содержания.

Несмотря на многие выполняемые обязанности в ГВП, господин Бьёрн Гутерстам всегда находил время для решения проблем, которые возникали при подготовке этой публикации и, главным образом, за его помощь в решении финансовых вопросов и обеспечение успешного завершения данной работы в назначенные сроки. Большое спасибо, Бьёрн!

В подготовке глав 2 и 5 участвовали многие эксперты ГВП стран Центральной и Восточной Европы. Всем им наша особая благодарность за эффективную, очень важную и трудоемкую работу, связанную с поиском данных и подготовкой информации для заполнения вопросников. Персональная благодарность, прежде всего, Галие Бардарска (Болгария), Карелу Плотени (Чешская Республика), Марис Озолинс (Латвия), Разе Скепанавиче (Литва), Хелве Лаос (Эстония), Илдико Сзараз (Венгрия), Павлу Блазжику (Польша), Константину Каталин и Севаститу Вракиу (Румыния), Елене Раджуковой и Петру Белика (Словакия).

В составе шведской группы мы хотим поблагодарить Эрика Каррмана (научно-исследовательская программа «Ecoloop and Urban Water») за его советы по подготовке главы 3, Гуннара Норена, («Coolition Clean Baltic») за ценные идеи, основанные на его большом опыте внедрения технологий экологической санитарии в странах Восточной Балтики.

Мы также признательны Ричарду Мюллера из секретариата ГВП Центральной и Восточной Европы в Братиславе за его помощь и поддержку в ходе подготовки этого проекта.

Мы хотели бы выразить нашу благодарность Джеймсу Ленахану за редактирование и обеспечение безупречного английского языка нашей рукописи.

Перевод на русский язык осуществлен Николаем Горошковым и при поддержке GWP CACENA опубликована русская версия данной книги.

Авторы



Доцент, магистр химии и экологических технологий, доктор Игорь Бодик в настоящее время занимает должность доцента в Словацком технологическом университете в Братиславе (Словакия). Его основная деятельность связана с разработкой технологий всех аспектов биологической очистки сточных вод при удалении питательных веществ (исследования в RWTH, Ахен, Германия, 1990-1991 гг.). Игорь является автором многих технологических решений для крупных очистных сооружений сточных вод (ОССВ), реализованных за последние годы в Словацкой Республике (Трнава, Мартин-Врутку, Миява, РСА Пежо Трнава и т.д.), а также автор многочисленных научных публикаций в международных журналах и сборниках конференций. В качестве руководителя проектов, участвовал в исследованиях и внедрении мелкомасштабных анаэробно-аэробных ОССВ (почти 1000 в странах ЕС). Игорь - один из основателей и действующий член координационного комитета Ассоциации экспертов по очистке сточных вод в Словацкой Республике.

Контактная информация:Institute of Chemical and Environmental Engineering, Faculty of Chemical and Food Technology, SUT BratislavaE-mail: igor.bodik@stuba.sk Website: www.uchei.sk



Питер Риддерстолп, магистр биологии и прикладных экологических технологий, - основатель консультативной компании «WRS Uppsala AB», где он в настоящее время работает, занимаясь проектированием систем очистки ливневых и сточных вод. Питер выполнил ряд исследовательских работ по разработке туалетов, отделяющих мочу, компактных биологических фильтров, внешних систем очистки сточных вод и планированию методов устойчивой санитарии. Как разработчик многих крупных вэтландов для очистки сточных вод, он в 2005 году получил приз Водой Академии Швеции за их проектирование. На протяжении многих лет, Питер занимался международной деятельностью, способствуя продвижению идей устойчивой санитарии. В 1991 году он организовал первую международную конференцию по экологической инженерии в Стенсунде, которая положила начало длительному и тесному сотрудничеству с компании «Coalition Clean Baltic» и многими бывшими странами Советского Союза в Восточной Балтии. Питер участвовал в разработке новой стратегии водоснабжения и санитарии для Шведского международного агентства развития (SIDA) и является членом экспертной группы научно-исследовательской программы «EcoSanRes», финансируемой SIDA. В рамках программы «EcoSanRes», Питер проводит работы в экспериментальных проектах по разработке систем с разделением фракций фекалий и локальной очистки «серой воды» в Китае и Южной Африке. Питер написал несколько книг, популяризирующих устойчивую санитарию, а также ряд научных статей.

Контактная информация:WRS Uppsala AB, Uppsala, Sweden. E-mail: peter.ridderstolpe@wrs.se Website: www.wrs.se

Соавторы



Марика Палмер Ривера, MSc., является инженером-экологом консультативной компании «WRS Uppsala AB», Швеция, где её работа связана с разработкой мелкомасштабных систем устойчивой санитарии. Марика участвовала в разработке первого шведского вебсайта, способствующего распространению идей создания мелкомасштабных систем устойчивой санитарии, и была редактором вебсайта шведской научно-исследовательской программы «Устойчивое управление городскими водными ресурсами». Она также занимается планированием, проектированием и строительством очистных сооружений для сточных вод, типа песчаных фильтров и систем разделения фракций в источнике.

Контактная информация: WRS Uppsala AB, Uppsala, Sweden.E-mail: marika@wrs.se Website: www.wrs.se



Богдан Макарол - эколог-исследователь. Изучал биологию, со специализацией в экологии, в университете в Любляне. С 1995 года он - член группы «Limnos», в которой занимает должность менеджера проектов по управлению водными ресурсами, охране окружающей среды, устойчивому развитию, восстановлению экосистем, оценке экологических воздействий и охране природы. Имеет опыт фотографа.

Контактная информация:Limnos, Company for Applied Ecology, Ljubljana, SloveniaE-mail: bogdan@limnos.si Website: www.limnos.si



Доктор Джонас Кристенсен, как юрист, имеет глубокие знания экологического и административного законодательства. Он имеет степень доктора по экологическому законодательству (Университет Упсалы, 1998 г.), опыт работы в местных природоохранных комитетах и национальном агентстве по продовольствию, а также длительный стаж преподавания в университете Упсалы на юридическом факультете. Доктор Кристенсен работает в качестве консультанта по экологическому законодательству и как преподаватель в своей юридической фирме «Ekolagen Miljqjuridik AB». Он консультирует местные природоохранные комитеты, неправительственные организации, государственных служащих, политиков и руководителей различных отраслей экономики по вопросам экологического законодательства, государственного права и другим юридическим аспектам экологического надзора.

Контактная информация:Ekolagen Miljqjuridik AB, Uppsala, SwedenE-mail: juristen@ekolagen.se
Website: www.ekolagen.se



Профессор Ральф Оттерпохл - инженер и директор Института управления сточными водами и охраны водных ресурсов при Гамбургском технологическом университете (TUHH), Германия, с 1998 года. Он защитил свою докторскую степень в RWTH, Ахене, завершив исследования компьютерного моделирования работы очистных сооружений сточных вод. Ральф Оттерпохл - совладелец консультативной фирмы «Otterwasser GmbH», специализирующейся в области моделировании крупных очистных сооружений сточных вод и инновационных технологий децентрализованной очистки. Он является председателем экспертной группы Международной водной ассоциации (МВФ) по ресурсно-ориентированной санитарии.

Контактная информация: IWMWP Hamburg University of Technology, GermanyE-mail: ro@tuhh.de Webside: www.tuhh.de

Госпожа Викториа Маржисак окончила курс обучения в техническом колледже «Pollбk Mihбly» и ей присвоена степень бакалавра естественных наук по специальности «Управление водными ресурсами и очистка сточных вод». Позже она получила диплом инженера-эколога в IHE (Дельфт, Нидерланды). После окончания высшего учебного заведения, работала в течение 8 лет в управлении региональной водохозяйственной инфраструктуры Северной Венгрии, а затем в компании «VITUKI CONSULT». В настоящее время она находится на декретном отпуске, работая в Министерстве окружающей среды и водных ресурсов Венгрии. Имеет более чем 15-летний опыт исследований и консультирования по вопросам, связанных с загрязнением водных ресурсов, повторным использованием сточных вод и созданию вэтландов. Она участвовала, как ключевой эксперт, в нескольких международных и венгерских проектах по охране водных ресурсов, очистке сточных вод и восстановлению вэтландов.

Контактная информация:VITUKI CONSULT Zrt. E-mail: vitukiconsult@vituki-consult.hu Website: www.vituki-consult.hu



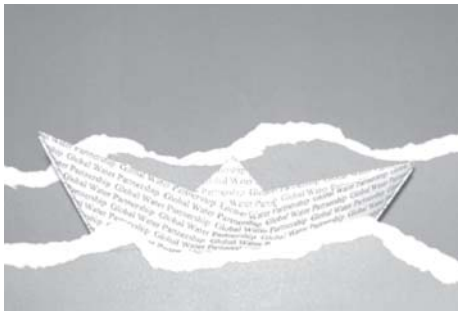
Анна Цветкова - координатор программы “Водоснабжение и санитария” всеукраинской экологической неправительственной организации “МАМА 86”, национальный координатор WSSCC на Украине и центра украинского ГВП, а также член совета ГВП Центральной и Восточной Европы. В 1984-1993 гг. она исследовала различные аспекты загрязнения вод и наносов и их токсичность в Институте гидробиологии Академии Наук Украины. С 1997 года работает в неправительственной организации “МАМА 86”. В качестве координатора кампании участвовала в подготовке и выполнении 5 проектов и 17 пилотных проектов по улучшению доступа к чистой воде и санитарным услугам и способствовала внедрению подходов

экологически чистой санитарии и «сухих» туалетов на Украине. Автор нескольких статей и докладов, представленных в международных журналах и на конференциях.
Контактная информация:NGO “MAMA-86”, Kyiv, Ukraine
E-mail: atsvet@mama-86.org.ua Website: www.mama-86.org.ua



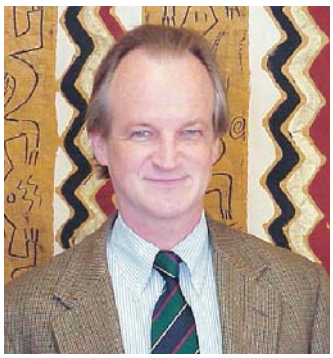
Профессор Даниэль Врховжек, владелец и менеджер компании «Limnos» имеет более чем 30-летний опыт работы в водной экологии, охране экосистем и окружающей среды. С 1976 года, им разработано более 100 различных проектов и подготовлено более 40 научных статей по вопросам водной экологии. Участвовал в разработке более 60 проектов по созданию вэтландов для очистки сточных вод и более 25 проектов восстановления участков захоронения мусора. Получил два словенских патента и один в Хорватии по технологиям очистки сточных вод и награжден премией «Спринт» в 1995 году. Даниэль Врховжек является членом Международного комитета экологии озер (Япония), Международного общества моделирования экологических процессов (Дания), МСОП (Женева) - консультант, общества восстановления экосистем водной растительности (США) и консультант Мирового Банка.

Контактная информация:Limnos, Company for Applied Ecology, Ljubljana, SloveniaE-mail: dani@limnos.si
Website: www.limnos.si



Предисловие

Роберто Лентон



На Всемирном саммите по устойчивому развитию в 2002 году, международное сообщество обратилось к странам с призывом подготовить планы интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) и их эффективного использования до 2005 года. С тех пор, Глобальное Водное Партнерство оказало существенную поддержку странам, которые пытаются реализовать этот призыв. С объявлением 2008 года, как международного года улучшения санитарных условий, ГВП имеет отличную возможность поддержать национальные усилия по выполнению одной из целей, установленных на том же саммите – сократить в два раза к 2015 году долю населения, не имеющего элементарных санитарных условий.

Поэтому я искренне рад написать предисловие для новой публикации регионального ГВП Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ) *"Устойчивая санитария в странах Центральной и Восточной Европы - отвечая потребностям небольших и средних поселков*" Авторы данной публикации признают, что создание нормальных санитарных условий – фундамент общественного здоровья, достоинства и развития. Публикация привлекает внимание к серьезной проблеме - как радикально увеличить доступ к элементарным санитарным условиям, используя методы, которые отражают принципы экономической эффективности, социальной справедливости и экологической устойчивости – три столпа, на которых строится интегрированный подход к управлению водными ресурсами.

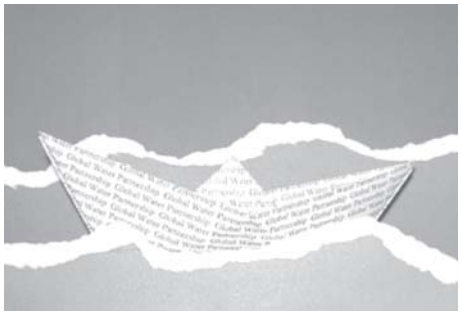
Особое значение этой публикации заключается в привлечении внимания к вопросам обеспечения надлежащего места устойчивой санитарии в планах ИУВР и эффективного использования водных ресурсов, согласно призывам Йоханнесбургского плана выполнения. Используя свой опыт для облегчения подготовки планов ИУВР в ряде стран, ГВП имеет хорошие позиции для демонстрации нашим партнерам сильных взаимосвязей между управлением водными ресурсами и созданием нормальных санитарных условий. Включение задач улучшения санитарных условий в текущее планирование могло бы ускорить продвижение по пути реализации Целей Развития Тысячелетия в сфере оказания санитарных услуг и приблизить нас к достижению надлежащего баланса между эффективностью мероприятий, социальной справедливостью и экологической устойчивостью.

Публикация *"Устойчивая санитария в странах Центральной и Восточной Европы - отвечая потребностям небольших и средних поселков*" содержит превосходный краткий обзор состояния сектора санитарных услуг в странах Центральной и Восточной Европы, и предлагает устойчивые решения по обеспечению нормальных санитарных условий, а также примеры, иллюстрирующие новые санитарные системы, которые могли быть внедрены во всем регионе. Инициатива создания устойчивых санитарных условий, предпринятая ГВП Центральной и Восточной Европы, отражает дополнительное значение партнерства, соответствующее его миссии по поддержке стран в вопросах организации устойчивого управления их водными

ресурсами. В данном регионе, который имеет десятилетний опыт партнерства в условиях переходного периода и теперь вступает в Европейский Союз, выявлен недостаток инфраструктуры для обеспечения нормальных санитарных условий, что ограничивает усилия по повышению уровня благосостояния, а также обеспечению социальной справедливости, хорошего качества водных ресурсов и экономического развития. Исследование, осуществленное ГВП Центральной и Восточной Европы, идентифицировало наличие 20-40% сельского населения, которое не охвачено стратегий создания приемлемых санитарных условий, потому что, в соответствии с приоритетами, согласованными с Европейской Комиссией, программы многих правительств, связанные с сектором оказания санитарных услуг в регионе, до настоящего времени не включали поселки с численностью населения до 2000 человек.

Инициатива ГВП Центральной и Восточной Европы по подготовке этой публикации является превосходным примером международного сотрудничества, когда эксперты ЦВЕ, совместно с их шведскими и немецкими коллегами, изучили проблемы сектора оказания санитарных услуг, учитывая перспективы внедрения ИУВР. Инициатива также стимулирует обсуждение в сети ГВП необходимость усиления интеграции вопросов санитарии при развитии, планировании и управлении водными ресурсами, предлагая практические пути их решения. Эта публикация весьма своевременна и вносит свой вклад в мероприятия Международного года улучшения санитарных условий (2008 г.), когда мы будем иметь уникальную возможность повысить уровень общественной осведомленности и усилить политическую активность, особенно на национальном уровне. Данная публикация критически рассматривает деятельность национальных правительств, работающих с общинами, муниципалитетами и международными организациями, которые, в конечном счете, должны обеспечить развитие сектора санитарных услуг. В тоже время, представляя эту публикацию, ГВП также должно сыграть важную роль в реализации её положений.

Роберто Лентон
Июль 2007 года



Глава 1

Время устойчивой санитарии

Даниэл Врховжек

В 2004 году приблизительно 3.5 миллиардов человек во всем мире пользовались водопроводной водой в своих домах. Кроме того, 1.3 миллиарда человек могли пользоваться безопасной питьевой водой, используя другие источники, а именно, общественные стояки водопроводной сети, охраняемые родники или колодцы. Однако, более одного миллиарда человек не имело доступа к безопасной воде, и вынуждены были употреблять неочищенную воду из незащищенных колодцев или родников, каналов, озер или рек.

В 2000 году все государства-члены ООН подписали Декларацию Тысячелетия Организации Объединенных Наций (ДТ ООН), определяющую восемь основных целей развития в новом тысячелетии (ЦРТ). Цель, значащаяся в декларации под седьмым номером, обязывает государства обеспечить экологическую устойчивость, сократив наполовину до 2015 года долю населения без устойчивого доступа к безопасной питьевой воде. Это обязательство было снова подтверждено на Всемирном саммите по устойчивому развитию в Иоганнесбурге в 2002 году, где деятельность по созданию элементарных санитарных условий была добавлена к работам в рамках вышеупомянутых Целей Развития Тысячелетия, по той причине, что 3 миллиарда человек не обеспечены элементарными санитарными условиями.

Фактически, в 2007 году, ситуация, связанная с питьевым водоснабжением в развивающихся странах стала еще хуже, чем несколько лет назад, главным образом, из-за загрязнения источников водоснабжения, ирригации, недостатка средств, войн и продолжающегося изменения климата. Всемирная Организация Здравоохранения считает, что потребление около 20 литров воды на душу населения в день является минимальной нормой для поддержания жизненных потребностей - хотя эта норма все еще вызывает серьезную обеспокоенность в плане достаточности для здорового образа жизни - а потребление 100 литров на душу населения в день как оптимальную норму, обеспечивающую низкие риски для здоровья населения. При этом, адекватное количество воды хорошего качества необходимо для удовлетворения гигиенических нужд людей. Помимо удовлетворения бытовых нужд людей в воде, естественная растительность, животные и другие организмы также нуждаются в воде.

Возникает вопрос, что нужно делать в ситуации, когда нарастает дефицит воды для всех видов потребления, не говоря уже о растущем населении планеты, которое год за годом требует все больших объемов водоснабжения?

Одним из возможных ответов является организация более тщательной очистки сточных вод, при которой очищенная вода может быть направлена для повторного использования. В последние десятилетия “обычная очистка” подвергалась серьезной критике, и поэтому многим

определениям, концепциям и типовым подходам была предложена альтернатива в виде “устойчивой санитарии”. В целом, устойчивая санитария является более интегрированным подходом обеспечения санитарных условий, приемлемых с природоохранной и экономической точек зрения. Данный подход включает отвод и очистку сточных вод, борьбу с распространением инфекций и другие меры по предотвращению болезней. Создание устойчивых санитарных условий базируется на трех столпах устойчивости - экологии, экономике и социальной защищенности. Экологическая составляющая, в этом случае, предопределяет применение принципов рециркуляции при охране местной окружающей среды. Ключевая цель этого подхода применение новой философии устойчивого развития, при которой отходы используются в качестве ресурса. Подход базируется на реализации процесса, ориентированного на повторное использование материальных ресурсов, в качестве целостной альтернативы обычным решениям. В идеальном случае, системы обеспечения устойчивых санитарных условий позволяют полностью восстановить все питательные вещества из фекалий, мочи и возвратных вод с выгодой для сельского хозяйства и при минимизации загрязнения водных ресурсов, в то же самое время гарантируя, что вода используется экономно, при повторном использовании, в максимально возможной степени, особенно в целях устойчивого орошения.

Сборник статей ГВП Центральной и Восточной Европы (ГВП-ЦВЕ) по устойчивой санитарии, который Вы сейчас читаете, является важным шагом в направлении более устойчивого будущего “человечества”. В нем приводятся сведения о текущем состоянии сектора водоснабжения и санитарии в странах Центральной и Восточной Европы, информация по созданию устойчивых санитарных условий в маленьких и средних по размеру поселках в Центральной и Восточной Европе, несколько примеров из практики европейских стран, таких как Венгрия, Украина и Словении, а также общая информация относительно обеспечения устойчивой ситуации в вопросах оказания санитарных услуг в Германии и Швеции, и краткий обзор законодательства, связанного с поддержанием устойчивой санитарии в странах ЕС и в некоторых странах Центральной и Восточной Европы.

Данное исследование фокусируется на одиннадцати странах региона ГВП Центральной и Восточной Европы, которые занимают приблизительно 16 % территории континента и где проживает около 20 % европейского населения. Территория, простирающаяся от Балтийского моря до Адриатического и Черного морей, характеризуется различными природными и социально-экономическими условиями, а также различными подходами к управлению водными ресурсами. Важный элемент структуры населения и демографической ситуации стран Центральной и Восточной Европы - относительно высокая доля жителей, живущих в сельских районах, по сравнению со странами Западной Европы. Из общего числа поселков в странах Центральной и Восточной Европы, 91.4% поселков насчитывают менее 2000 жителей, составляя 20% населения Центральной и Восточной Европы. Основной акцент законодательства Европейского Союза делается на решении проблем утилизации сточных вод в поселках с населением более 2000 человек до 2015 года, кажется, что деревни с менее чем 2000 жителями по-прежнему игнорируются лицами принимающими решения и руководителями водохозяйственного сектора. С другой стороны, общины в этих сельских районах часто экономически слабы и, следовательно, менее развиты в плане инфраструктуры. Именно поэтому, данное исследование, прежде всего, сфокусировано на тех поселках, где устойчивые подходы по созданию нормальных санитарных условий требуют меньших финансовых инвестиций по сравнению с обычными высокотехнологичными и дорогими альтернативами. Для большинства этих поселков концепция устойчивой санитарии является наиболее адекватной концептуальной базой для достижения ЦРТ до 2015 года.

Процент населения в странах Центральной и Восточной Европы, обслуживаемого централизованными системами водоснабжения изменяется в диапазоне от 53.5 до 98.8 %, в

зависимости от страны, в то время как доля населения, обслуживаемая очистными сооружениями сточных вод (ОССВ) изменяется от 30 до 80 %. Данные по отдельным странам показывают, что в планах большинства стран предусматривается обеспечить 75-90 % поселков канализацией и очистными сооружениями. Как уже говорилось, согласно Директиве ЕС, строительство ОССВ в поселках с населением менее 2000 человек необязательное мероприятие. Но страны обязаны, согласно Водной рамочной директиве ЕС (ЕС ВРД), обеспечить "хорошее состояние всех водоемов" на их территориях. При этом образуется разрыв в 10-15 % населения (что соответствует приблизительно 20 миллионам сельских жителей), которое остается без надлежащих систем водоснабжения и канализации после 2015 года. С точки зрения существующих систем утилизации сточных вод доминирующим в небольших поселках в странах Центральной и Восточной Европы является использование выгребных ям. Это очень несовершенный способ утилизации сточных вод, потому что он заключается только "накоплении" или "предварительной обработке" сточных вод, а не является процессом очистки в полном объеме. Второй общепринятый способ утилизации сточных вод в небольших и сельских поселках в регионе - биологическая очистка, процесс активации. В отношении ОССВ, страны Центральной и Восточной Европы будут стоять перед проблемой избавления от отстоя сточных вод, поэтому экологически безопасные методы обработки отстоя должны применяться, с целью уменьшения объемов отстоя и максимальной переработки отстоя, без угрозы здоровью населения. Природные системы очистки сбросных вод должны использоваться в регионе в приемлемых масштабах. В странах Центральной и Восточной Европы наиболее широко используемые природные процессы - устройство вэтландов, фильтрация через толщу почвы/ песка, медленное протекание сточных вод через заросли макрофитов, утилизация в лагунах и ирригационные системы, использующие сточные воды.

В некоторых европейских странах, так называемые "системы устойчивой санитарии" уже были разработаны и внедрены. Эти системы включают начальное разделение коммунальных сбросных вод на отдельные фракции, типа "серой воды"[1], мочи и фекалий для повторного использования природных ресурсов (питательные вещества, вода и тепло). Очистка сточных вод, по определению, является гигиенической утилизацией или рециркуляцией сточных вод, а также стратегией и практикой защиты здоровья людей с помощью гигиенических мер. "Устойчивая санитария" как новая концепция санитарии включает экологические, социальные и экономические аспекты, а также все три первичные функции очистки и утилизации сточных вод: охрана здоровья населения, рециркуляция питательных веществ и защита от экологической деградации. Сточные воды, как известно, основная среда для распространения болезней в мире, поэтому необходимо использовать различные барьеры для предотвращения соприкосновения необработанных фекалий с окружающей средой. Такие решения использованы в системах устойчивой санитарии. Использование искусственных минеральных удобрений создало условия, когда многие фермеры не заинтересованы в рециркуляции питательных веществ, накапливаемых в выгребных ямах, которые, если не обрабатываются должным образом, становятся экологической проблемой. Чтобы сделать устойчивыми в долгосрочном плане как очистку сточных вод, так и сельскохозяйственное производство, питательные вещества содержащиеся в выгребных ямах туалетов, наряду с очищенными сточными водами, должны повторно использоваться, главным образом, в сельском хозяйстве. Также известно, что неочищенные или плохо очищенные сточные воды, могут привести к экологической деградации за счет эвтрофикации, засоления почв и других последствий, что невозможно при устойчивой санитарии. Важной причиной для выбора системы, которая выполняет функции очистки на протяжении всего года при изменении нагрузок является, в большинстве случаев, низкая

[1] вода, которая была использована для определенной цели, но может быть использована вторично без предварительной очистки, например, вода после купания может использоваться для полива растений (пояснение из словаря Коллинза)

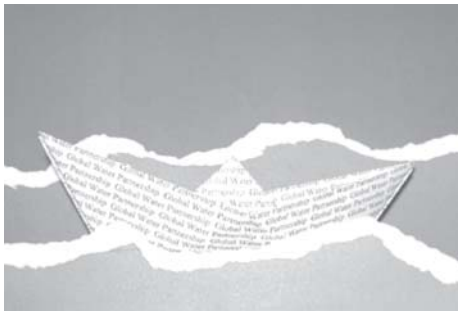
стоимость строительства и эксплуатации по сравнению с обычными методами очистки. Хотя очистка с помощью обычных очистных сооружений сточных вод, кажется весьма отличной от природных процессов очистки (стабилизационные пруды, отстойники, создание вэтландов и т.д.), все они базируются на тех же самых физических, химических и биологических принципах. Для обеспечения хорошо функционирующей системы очистки, выбранная экологическая система должна быть модифицирована, удовлетворяя местным условиям и потребностям.
Для демонстрации практических достижений, несколько примеров представлено более подробно в главе 4: «Сухие» школьные туалеты в селах Украины; Орошение сточными водами плантаций тополя - устойчивое решение для небольшого поселка без системы канализации - в Венгрии; и Искусственный вэтланд “Свети Томаш” в Словении. В этой же самой главе, две западноевропейских страны представляют свой опыт: Устойчивая санитария и управления сточными водами в Швеции; Обзор сектора и экологическая санитария в Германии: высоко-, средне и низко-технологичные проекты развития.

С точки зрения законодательства, основным выводом является то, что закон ЕС, не предписывает государствам-членам обязательное строительство канализационных систем, которые разделяют фракции экскрементов человека. Существуют юридические препятствия для использования отстоя сточных вод, но вопрос заключается в том, подразумеваются ли чистые фракции мочи и/или фекалий под термином “отстой” или нет? Так как государства-члены ЕС должны адоптировать директивы ЕС в их национальном законодательстве, все 11 стран выполнили положения относительно водного законодательства ЕС.

Устойчивые санитарные системы имеют большие перспективы. Использование органических веществ не предусматривается в большинстве современных “обычных” технологий. Однако, в полностью устойчивом мире все потоки органических веществ должны повторно использоваться. Устойчивые санитарные системы весьма эффективны, так как они потребляют мало энергии и, более того, некоторые из них даже обеспечивают новые источники энергии (биомасса древесины или биогаз), в то время как другие являются поглотителями CO_2, являющегося важным компонентом парникового газа. Вследствие наличия непредсказуемых изменений климата, важно, чтобы устойчивые санитарные системы могли использоваться как водоудерживающие бассейны. И, как новый биотоп, они могут функционировать в качестве места обитания для некоторых организмов.

Согласно некоторым оценкам по мировым ценам, для проведения очистки сточных вод в глобальном масштабе необходимо потратить 68 миллиардов долларов США. За счет этих денег можно закрыть проблему, но без тщательного анализа того, как они тратятся, решая одну проблему, можно создать другую.

Устойчивые санитарные системы соответствуют культурным особенностям регионов, отвечают местным условиям и функционируют стабильно. Их распространение в более широком масштабе потребует изменений в инженерной инфраструктуре санитарии и её финансировании. Существующая инфраструктура должна быть заменена на ту, которая поддерживает экологические инновации в сфере очистки сточных вод. Ликвидация практики, которая угрожает здоровью людей или окружающей среде, а также реконструкция санитарной инфраструктуры, обеспечивая ее устойчивость, - две трудные задачи. Наши общие задачи.



Глава 2

Текущее состояние сектора водоснабжения и санитарии в странах ГВП ЦВЕ

Игорь Бодик

ВВЕДЕНИЕ

После более пятидесяти лет бесхозяйственности и пренебрежения вопросами охраны окружающей среды в государствах посткоммунистической Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ), эти страны начали исправлять последствия политики предыдущего руководства в этой сфере деятельности. Поскольку окружающая среда и загрязнение водных ресурсов вызывают большую обеспокоенность, можно сказать, что наследие прошлого режима довольно плачевно. Оно характеризуется высоким уровнем загрязнения водных ресурсов, сосуществованием проблем, возникающих в результате воздействия традиционных загрязняющих веществ, а также точечных и рассредоточенных источников загрязнения. Дополнительные трудности вызваны прошлым загрязнением почв, наносов и грунтовых вод, устранение которого проблематично из-за больших затрат и медленных темпов восстановления. В европейском контексте, человеческий фактор делает ситуацию, связанную с неадекватностью систем санитарии, более острой и требует безотлагательного решения этой проблемы в странах Центральной и Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ЦВЕКЦА). Доступ к неадекватным санитарным услугам или полное его отсутствие затрагивает, прежде всего, самые бедные и уязвимые слои населения.

Несмотря на вышеупомянутые особенности, проблемы загрязнения водных ресурсов в странах Центральной и Восточной Европы нельзя считать уникальным явлением с технической точки зрения. Подобные ситуации существовали и в промышленно развитых странах Запада приблизительно тридцать лет назад (например, реки Рур и Рейн в Германии) и, очевидно, что разработаны инструменты и технологии для их очистки. Уникальность ситуации состоит в сочетании необходимости решать серьезные проблемы, упомянутые выше, с весьма специфическими политическими, экономическими и социальными условиями, которые сложились в этом регионе.

Основная задача данного раздела состоит в анализе текущего состояния систем управления сточными водами в странах Центральной и Восточной Европы, фокусируясь на состоянии канализации и муниципальных систем очистки сточных вод в этом регионе.

ОСНОВНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Всего одиннадцать европейских стран расположены в регионе ГВП Центральной и Восточной Европы - см. рисунок 2.1. Некоторые основные географические и экономические показатели, характеризующие эти страны, представлены в таблице 2.1.

Данные, представленные на рисунке 2.1 и в таблице 2.1, свидетельствуют, что страны Центральной и Восточной Европы представляют довольно существенную часть Европы. От всей площади европейского континента (10.5 миллионов квадратных километров) страны Центральной и Восточной Европы занимают приблизительно 16% территории, и около 20 % населения Европы проживает в странах Центральной и Восточной Европы. В семействе стран ЦВЕ есть небольшие страны (Словения, Балтийские страны) и крупные страны (с территориальной точки зрения и согласно численности населения), такие как Украина, Польша и Румыния. Украина - самая большая страна в семействе стран ЦВЕ согласно её территории (603.000 км2) и численности населения (47.7 миллионов человек). Самой маленькой страной Центральной и Восточной Европы является Словения (20.300 км2), в то время как наименьшая численность населения в Эстонии (1.3 миллионов человек). С гидрографической точки зрения, территория стран ЦВЕ принадлежит бассейнам пяти морей:

- Черное море - большая часть площади ЦВЕ принадлежит бассейну Черного моря (общая площадь Венгрии, Румынии и Украины, преобладающая часть Словакии и Словении, незначительная часть Чешской Республики и Болгарии, и небольшая часть Польши);
- Балтийское море – вся территория Литвы, Латвии и Эстонии, преобладающая часть Польши, незначительные территории Чешской Республики и Украины и небольшая часть Словакии;
- Северное море - существенная часть Чешской Республики;
- Эгейское море - существенная часть территории Болгарии;
- Адриатическое море - небольшая часть территории Словении.

Страны ЦВЕ расположены не только в Центральной и Восточной Европе (согласно “официальному” названию), но они также составляют значительную часть Северной и Южной Европы. Прибрежные и континентальные страны, равнинные и гористые страны, более или менее богатые, промышленно развитые и сельскохозяйственные, а также страны с умеренным и северным климатом принадлежат к этой группе. Соответственно, климатические, географические, погодные, термальные, гидрологические, социальные, экономические и другие условия в этих странах различны, следовательно, и требования к управлению водными ресурсами также отличны.

Важным элементом в структуре населения и демографической структуре стран Центральной и Восточной Европы является относительно высокая доля населения, проживающая в сельских районах по сравнению со странами Западной Европы. Доля жителей сельских поселков варьирует от 25% (Чешская Республика) до 50.5% (Словения), а общая численность населения, проживающего в сельских поселках, согласно оценкам, составляет приблизительно 56 миллионов человек (37.3%). Из общего числа поселков (142.645) в странах ЦВЕ, 130.347 поселков (91.4 %) имеют население менее 2000 человек. Согласно этому показателю, относительно большие различия могут наблюдаться между странами; например, доля поселков с населением 2000 и меньше человек в Венгрии составляет 74.7 %, в то время как в Польше, Словении, Латвии и Литве этот показатель превышает 95 %. Удивительно, что на Украине только около 5 % сельского населения живет в поселках с менее 2000 жителями. Вследствие этого, “небольшими поселками” на Украине считаются те, которые насчитывают 20.000 жителей и меньше и представляют 30 % всего населения Украины.



Рис. 2.1 Географическое положение стран в Центральной и Восточной Европе.

Поселки с населением менее 2000 человек являются важным аспектом демографической ситуации в странах ЦВЕ, насчитывая 20.0% общей численности населения, проживающего в странах ЦВЕ. В Словении, 51.5% населения живет в таких поселках (наиболее высокий показатель для Центральной и Восточной Европы), в то время как самые низкие показатели характерны для Румынии (9.2%) и Украины (4.8%), см. рис. 2.2.

Жители поселков с населением менее 2000 человек играют важную роль в управлении водными ресурсами. Европейская Директива 271/91/ЕЭС по очистке городских стоков обязывает государства-членов построить и ввести в эксплуатацию системы биологической очистки сточных вод во всех поселках с численностью населения более 2000 человек до 2015 года. Поскольку выполнение этого обязательства субсидируется из европейских фондов во всех странах Центральной и Восточной Европы, все страны прилагают значительные усилия для выполнения этой директивы.

Table 2.1 Основные географические и демографические показатели стран ЦВЕ (2005 г.)

Страна		Площадь	Население	Число поселков	Число поселков < 2000 жителей	Население поселков < 2000 жителей	
		1000 км^2	млн.	-	-	млн.	%
Болгария	BGR	111,0	7,7	5332	4941	1,88	24,4
Чехия	CZE	78,9	10,2	6249	5619	2,65	26,0
Эстония	EST	45,0	1,3	4700	4000	0,34	26,2
Венгрия	HUN	93,0	10,1	3145	2348	1,71	16,9
Латвия	LVA	65,0	2,3	6300	6200	0,52	22,6
Литва	LTU	65,0	3,4	22153	21800	1,17	34,4
Польша	POL	312,7	38,2	40000	39000	14,70	38,5
Румыния	ROU	237,5	21,7	16043	13092	1,99	9,2
Словакия	SVK	49,0	5,4	2891	2512	1,65	30,6
Словения	SVN	20,3	2,0	5928	5835	1,03	51,5
Украина	UKR	603,7	47,7	29904	4300	2,3	4,8
Всего	**ЦВЕ**	**1681,1**	**150**	**142645**	**109647**	**29,94**	**20,0**

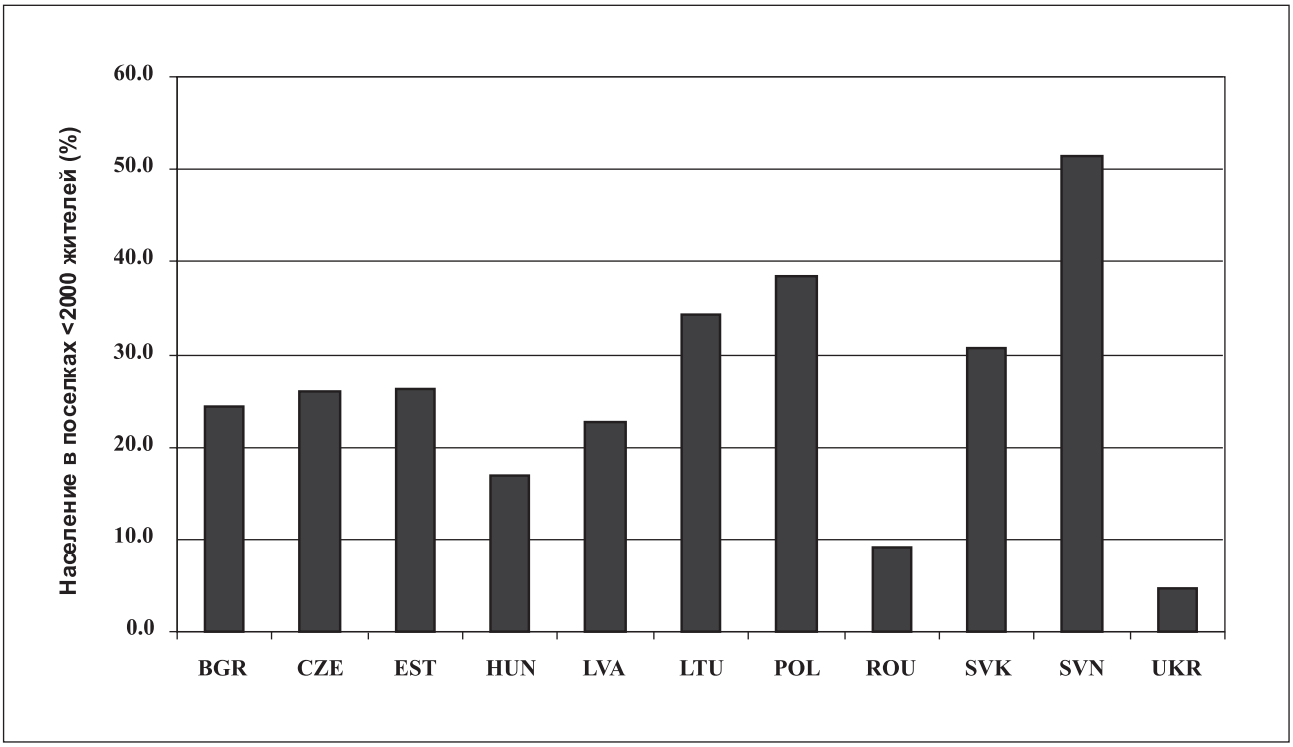


Рис. 2.2. Процент населения, живущего в поселках с населением менее 2000 человек, в странах ЦВЕ.

Доля населения, живущего в небольших поселках (менее 2000 жителей), кажется, осталась без внимания лиц принимающих решения и руководителей водохозяйственной отрасли, так как приоритеты устанавливались странами. Как показывают представленные данные, жители поселков с населением менее 2000 человек являются существенной частью населения Центральной и Восточной Европы. Население сельских районов часто экономически слабое, а сельские регионы менее развиты и имеют недостаточные возможности получения необходимой экономичной помощи для развития водохозяйственной и санитарной инфраструктуры. Учитывая влияние этого фактора на качество вод в европейских водоемах и благосостояние людей, необходимо рассматривать развитие систем сельского водоснабжения и санитарии, как неотложную задачу.

Основные экономические характеристики стран Центральной и Восточной Европы

Согласно данным, приведенным на рисунке 2.3, страны Центральной и Восточной Европы могут быть разделены на три группы, согласно их экономическому потенциалу: “богатые страны” (Чешская Республика, Словения) с внутренним валовым продуктом (ВВП) на душу населения более 70% от среднего показателя для 25 стран ЕС, “средне зажиточные страны” (Эстония, Венгрия, Латвия, Литва, Польша и Словакия) с диапазоном разброса 45-70 % от среднего показателя и “более бедные страны” (Болгария, Румыния и Украина) с ВВП ниже 45 % от среднего показателя для 25 стран ЕС. Среднее расчетное значение ВВП на душу населения в странах Центральной и Восточной Европы составляет 41.0 % от среднего показателя для 25 стран ЕС.

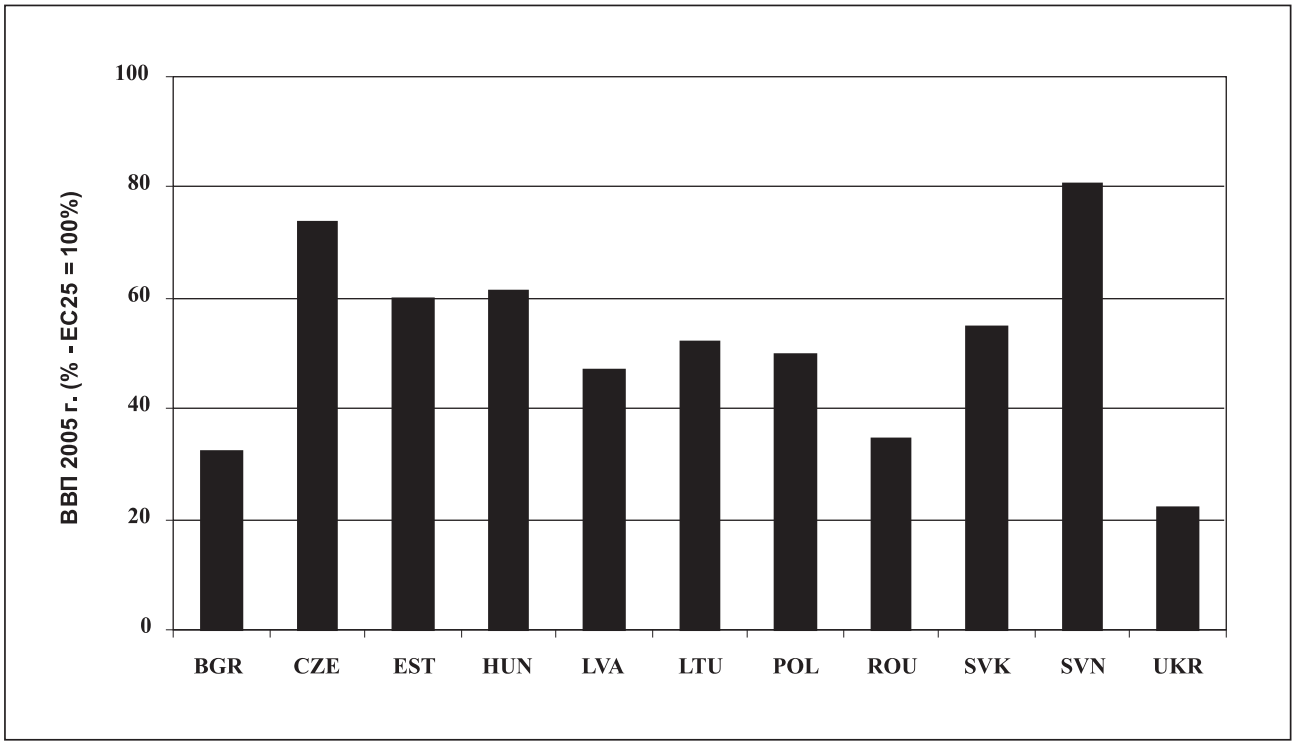


Рис. 2.3 ВВП на душу населения в странах ЦВЕ (2005 г. - ЕС 25 = 100 %)

ВВП на душу населения (как паритет покупательной способности) изменяется в 11 странах Центральной и Восточной Европы от 4.480 Евро (Украина) до 16.300 Евро (Словения), то есть приблизительно в 3.6 раза. В среднем для всех стран ЦВЕ, экономическое состояние характеризуется годовым ВВП, составляющим 8.300 Евро. С позиций экономических возможностей, жители стран Центральной и Восточной Европы представляют наиболее бедную часть Европы, но с точки зрения экономического развития, страны ЦВЕ представляют наиболее динамичную и развивающуюся часть Европы. Текущая ситуация, характеризующаяся низкой стоимостью трудовых ресурсов, повышенными инвестициями и развивающейся инфраструктурой, делает регион ЦВЕ привлекательным с точки зрения экономических перспектив.

Все вышеприведенные географические, демографические и экономические параметры нужно оценить и совместно определить проблемы управления водными ресурсами в регионе, а также в каждой стране Центральной и Восточной Европы. Потребность в улучшении качества питьевой воды, состояния систем канализации, тип, число и работоспособность сооружений для очистки сточных вод - ключевые вопросы управления водными ресурсами в странах ЦВЕ, в их усилиях реализовать водное законодательство ЕС.

Питьевое водоснабжение

Существует много критериев, отражающих текущую ситуацию в питьевом водоснабжении в странах ЦВЕ. В таблице 2.2 приводятся некоторые важные параметры питьевого водоснабжения в странах Центральной и Восточной Европы. Один из часто используемых параметров, которые характеризуют степень развития системы управления водными ресурсами в конкретной стране, - подключение жителей к коммунальной водопроводной сети. Этот параметр представляет долю жителей в стране, которые обеспечены качественной питьевой водой из общественных водных источников (очищенная питьевая вода). Остальная часть жителей обычно используют воду из местных источников (частные колодцы). Однако, в этом случае, качество воды не контролируется правительственными органами, и часто может не соответствовать стандартным параметрам качества питьевой воды.

В странах ЦВЕ процент подключения домохозяйств к общественным системам водоснабжения относительно высок, и может превышать вышеупомянутые 75 %. Исключением являются Литва и Румыния, которые имеют более низкий показатель подключения домохозяйств к общественному водоснабжению. Доля населения, имеющего централизованное водоснабжение, изменяется от 53.5% в Румынии до 98.8% в Болгарии (цифры для Болгарии весьма неожиданны, поскольку они сопоставимы с уровнем многих высокоразвитых стран Западной Европы, типа Дании, Германии и других). Цифры обеспеченности жителей водопроводом более 60 % указывают на то, что, в основном, городское население страны обеспечено системами централизованного водоснабжения. Цифры, превышающие 80 %, говорят о том, что преобладающая часть сельских жителей также подключены к коммунальному водоснабжению, и только незначительная часть жителей, живущих на хуторах, не имеет никакого доступа к системе коммунального водопровода.

Коммунальное водопотребление определяется количеством воды, которое фактически используется частными домохозяйствами и которое измеряется и подлежит оплате. Коммунальное водопотребление варьирует от 74 л/чел/сут в Литве, что является чрезвычайно низким показателем, до 250-320 л/чел/сут в Румынии и на Украине, что является чрезвычайно высоким потреблением, вероятно, вследствие использования воды на небольших приусадебных участках, иррационального потребления, высоких потерь воды, отсутствия водоучета и других причин. Остальные страны имеют сопоставимые цифры водопотребления, в пределах 90-150 л/чел/сут Заметное различие наблюдается в водопотреблении городских и сельских районов. Техническая оснащенность жилых зданий в городах обычно выше, чем в сельских районах, что приводит к более высокому уровню потребления воды из коммунальной водопроводной сети. С другой стороны, сельские жители обычно используют другие источники воды (частные колодцы), когда водопотребление не оплачивается и не контролируется.

Вообще, серьезное снижение уровня общего спроса на воду и коммунального водопотребления было отмечено за последние десять лет во всех странах постсоциалистической Центральной и Восточной Европы (главным образом, в результате приватизации компаний водоснабжения и увеличения стоимости поставок воды). Этот факт можно проиллюстрировать цифрами водопотребления домохозяйствами в Словацкой Республике (рис. 2.4) и увеличением стоимости воды в Чешской Республике за период 1993-2005 гг. (рис. 2.5). Стоимость воды в отдельных странах Центральной и Восточной Европы изменяется от 0.15 Евро/м3 на Украине до 2.00 Евро/м3 в Румынии. Можно ожидать, что стоимость воды в странах ЦВЕ повысится в последующие годы и, вероятно, достигнет той же самой стоимости, что и в более богатых странах Европы (3-4 Евро/м3). Хотя водопотребление существенно снизилось за прошедший период (рис. 2.4), рост стоимости воды ожидается в долгосрочной перспективе в странах ЦВЕ. Снижение в водопотреблении может ожидаться, главным образом, в сельских районах.

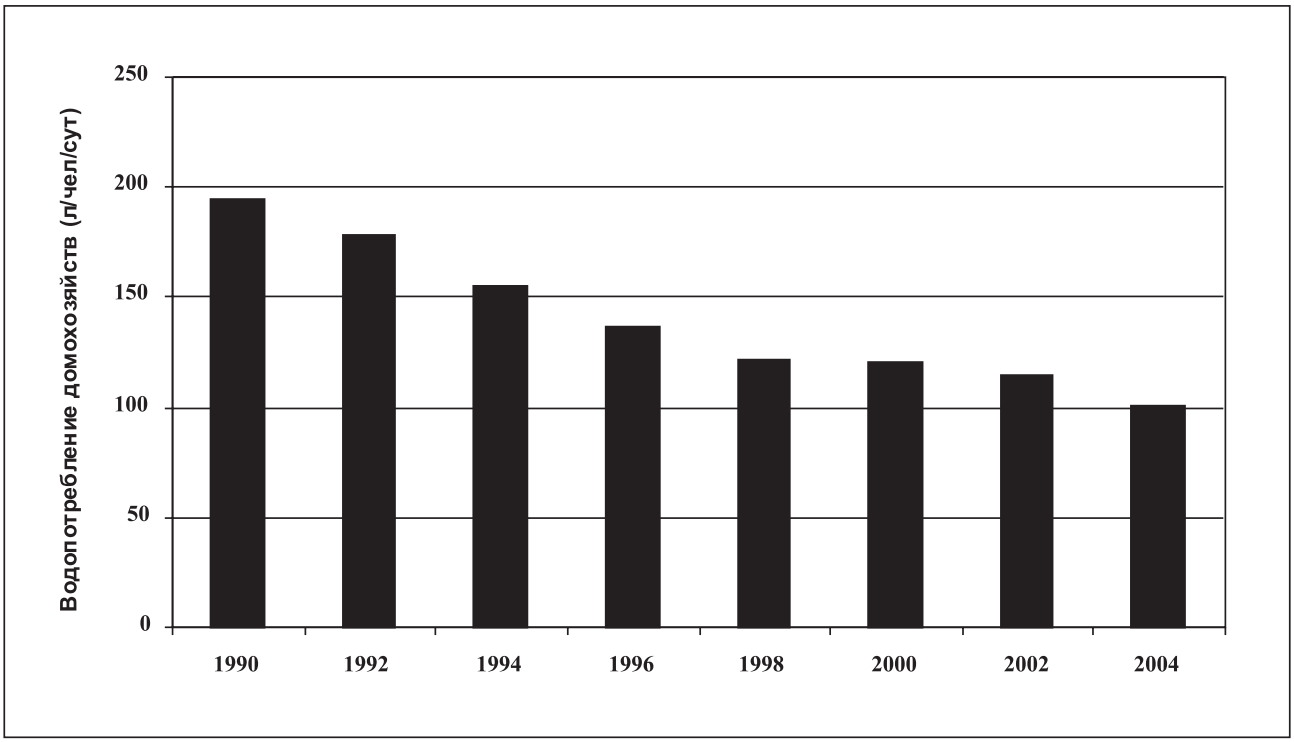


Рис. 2.4 Динамика коммунального водопотребления в Словакии

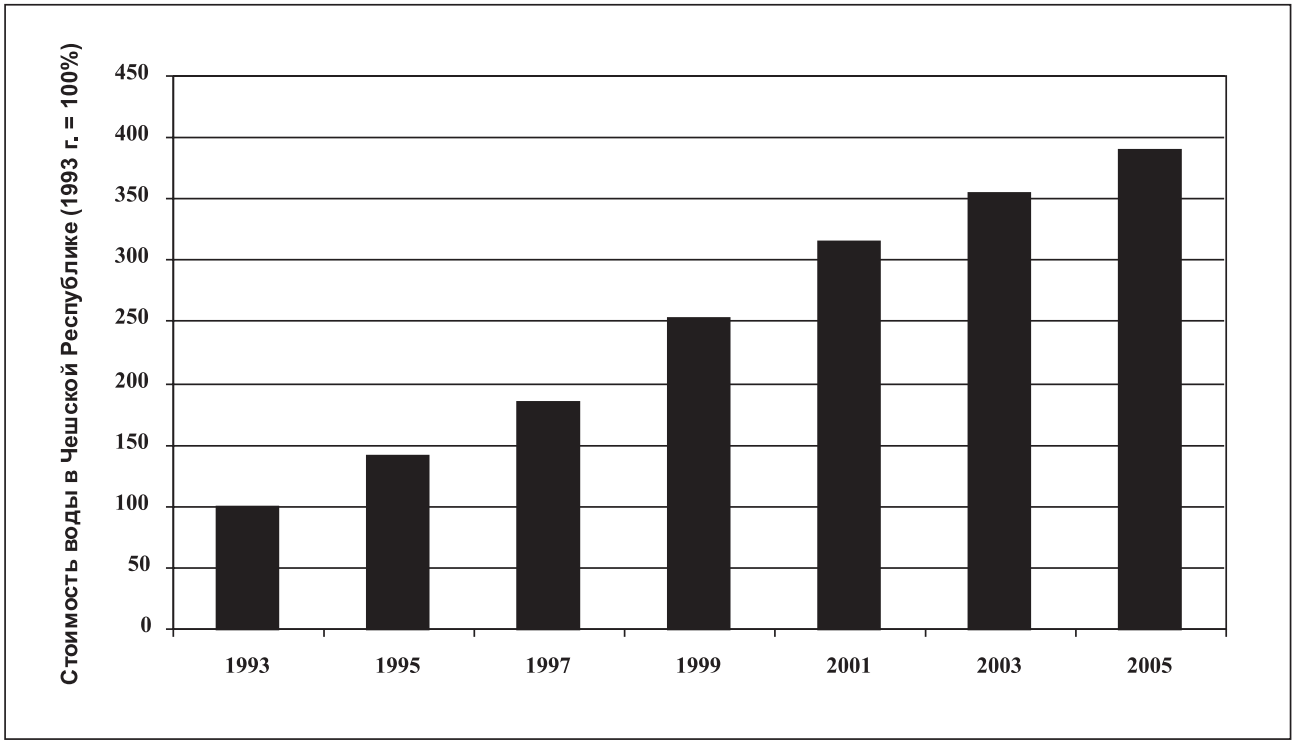


Рис. 2.5 Динамика цен на воду в Чешской Республике в 1993–2005 гг

Таблица 2.2. Основные характеристики водоснабжения в странах ЦВЕ.

	BGR	CZE	EST	HUN	LVA	LTU	POL	ROU	SVK	SVN	UKR
Население, обеспеченное водопроводом, (%)	98,8	91,6	77,0	93,0	75,0	66,0	85,4	53,5	85,3	92,0	70,0
Коммунальное водопотребление (л/чел*сут)	94	103	100	151	50-150	74	103	80-250	95	146	60-320
Стоимость воды – доставка + очистка (Евро/м^3)	0,62	1,40	1,50	2,46	1,05	1,08	1,15	2,00	1,35	1,72	0,15

Канализация и системы очистки сточных вод в небольших поселках

Подключение жителей к системам канализации и ОССВ - показатель качества управления водными ресурсами страны. Процент подключений в странах Центральной и Восточной Европы относительно низок по сравнению с развитыми странами Западной Европы. Это можно отнести за счет длительного пренебрежения вопросами развития инфраструктуры в коммунистическую эру во всех странах ЦВЕ. Доля населения, подключенного к централизованным системам канализации с ОССВ, варьирует от 30% (Румыния) до 80% (Чешская Республика). Приведенные данные не всегда отражают реальное состояние развития ОССВ, например, в Словении относительно высокий процент сточных вод (приблизительно 40%) очищают только механически, и качество очищенных сточных вод низкое.

Вследствие экономических проблем после крушения коммунистических режимов, темпы строительства канализационной инфраструктуры были не высокими. Низкие темпы строительства были предопределены финансовыми затруднениями, испытываемыми в течение перехода к новым экономическим отношениям и процессам, невразумительной ситуацией с приватизацией систем канализации и другими факторами. Однако, позже все страны ЦВЕ (за исключением Украины) в значительной степени развили свои системы канализации и очистки сточных вод, и они продолжают наращивать темпы этих работ, главным образом, благодаря поддержке, предоставляемой европейскими фондами присоединения (PHARE, ISPA, Фонд Единства и другие).

Данные, приведенные на рис. 2.6, свидетельствуют, что во всех странах ЦВЕ (кроме Болгарии, Румынии и Украины) почти все городское население, а также часть сельского населения подключена к системам канализации. Характеризуя будущее развитие водохозяйственной инфраструктуры, отдельные страны приводят данные, демонстрирующие, что все страны планируют подключить около 75-90 % населения к системам канализации и очистки сточных вод. Помимо формирующихся конгломератов поселков - то есть, подключения небольших поселков к системам очистки сточных вод больших городов или подключения небольших поселков к единому комплексу ОССВ - такой подход окажет серьезное влияние на достижение поставленных целей в сельских районах.

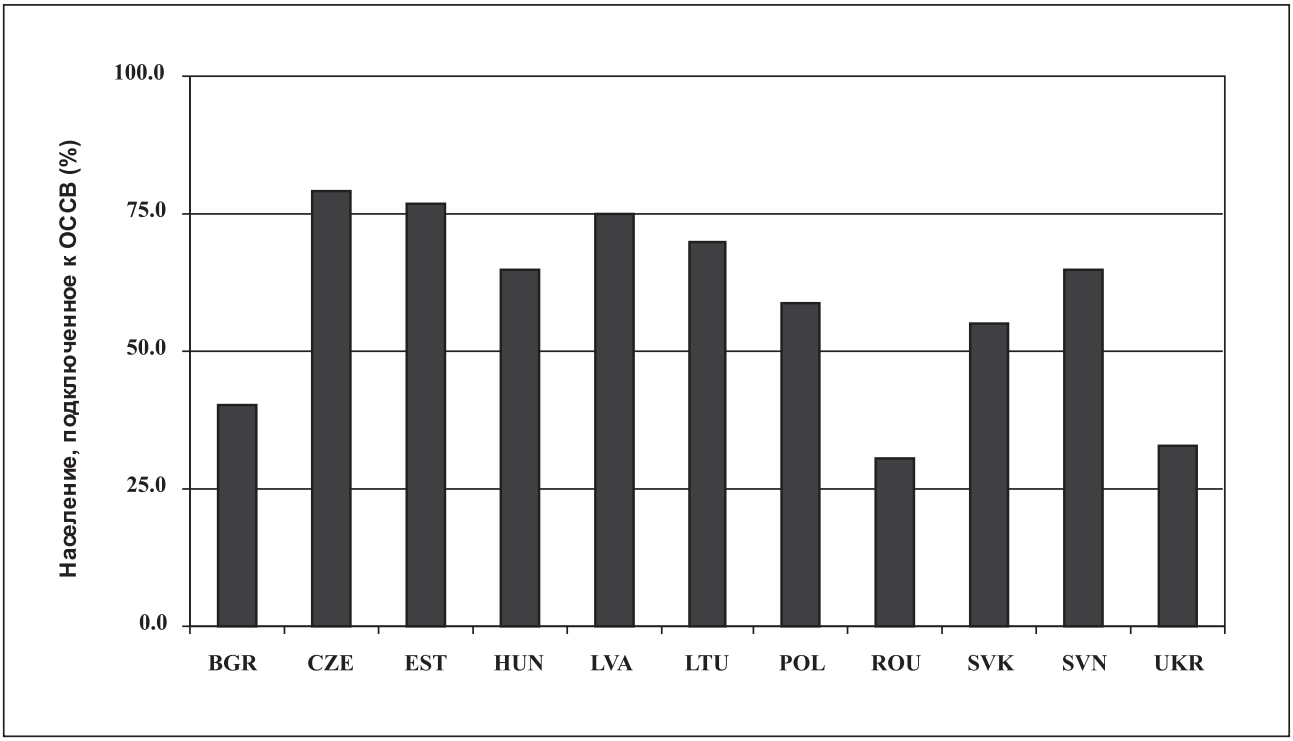


Рис. 2.6 Доля жителей, подключенных к коммунальной канализации с ОССВ в странах Центральной и Восточной Европы

Доля населения, которое живет в сельских районах в странах Центральной и Восточной Европы, относительно высока (рис. 2.2). Это дает основание для поиска соответствующих технологий очистки сточных вод для этой части населения. В основном, рассматриваются три альтернативы подключения сельского населения к системам канализации и очистки сточных вод:

1. Подключение небольших поселков к системам очистки сточных вод больших городов. Если расстояние от поселка до ближайшего крупного ОССВ не очень большое (или при наличии подходящих топографических условий), то вариант подключения небольших поселков к городским системам должен быть проработан. В настоящее время, эта альтернатива реализуется в Чешской Республике и Словакии, при реконструкции и модернизации централизованных ОССВ с целью подключения дополнительных сельских поселков. Компании, занимающиеся водоснабжением и канализацией, предпочитают эксплуатацию централизованных ОССВ для ряда спутниковых поселков или работу с отдельными ОССВ для группы небольших поселков. С точки зрения инвестиций стоимость строительства в этом случае достаточно высока (1 км трубопровода для транспортирования сточных вод стоит около 250.000 Евро), что сегодня “к счастью” оплачивается из средств ЕС.
2. Подключение нескольких небольших поселков к одной объединенной системы канализации и очистки сточных вод. И снова экономическая оценка всех факторов играет важную роль. Эта альтернатива строительства для небольших и сельских участков используется в меньшей степени в странах ЦВЕ, чем предыдущая.
3. Строительство индивидуальных ОССВ для каждого небольшого поселка весьма часто применяется в странах ЦВЕ. Однако строительство ОССВ для поселков с числом жителей менее 2000 человек не является обязательным мероприятием согласно Директиве ЕС. Это обычно инициатива провинциального или местного муниципалитета. При этом, следует отметить, что страны Центральной и Восточной Европы часто поддерживают и субсидируют строительство небольших ОССВ, без серьезного учета того факта, что амортизация (спустя десяток лет), затраты на поддержание и эксплуатацию будут финансироваться “бедными” водопользователями.

Идентифицированные недостатки в организации санитарных услуг в сельской местности

Согласно результатам анкетных опросов данного исследования, приблизительно 150 миллионов человек живут в странах ЦВЕ, из которых 30 миллионов или 20 % живут в сельских поселках с населением менее 2000 жителей. В составе этого сельского населения, приблизительно 3.5 миллионов человек обслуживаются системами ОССВ больших городов, и около 1.5 миллионов обслуживаются небольшими муниципальными ОССВ. Остальные 25 миллионов сельских жителей в странах ЦВЕ не обслуживаются централизованными системами очистки сточных вод. В перспективе до 2015 года, 75-90% общего населения Центральной и Восточной Европы будет обслуживаться централизованными системами канализации и очистки сточных вод. Таким образом, 10-15% или приблизительно 20 миллионов сельских жителей останутся без обслуживания современными санитарными системами, которые отвечали бы любым экологическим или социально приемлемым стандартам после 2015 года!

Выгребные ямы

С точки зрения существующих систем очистки сточных вод, доминирующий метод в небольших поселках в странах ЦВЕ - использование выгребных ям. Это очень несовершенный метод очистки сточных вод (в основном, только накопление или предварительная обработка сточных вод, без полноценной очистки). Необходимо отметить, что на сегодняшний день, приблизительно 75% сельского населения в странах ЦВЕ используют этот простейший тип утилизации сточных вод (рис. 2.7). В некоторых районах Центральной Европы, выгребные ямы служат предварительным этапом очистки сточных вод перед их заключительным сбросом в водоприемную систему. Выгребные ямы часто переполняются и, кроме того, они не отвечают основным законодательным требованиям в отношении очистки сточных вод. Обычно, в основном, старые здания (20 лет и более) оборудованы ими, и очень сложно (законодательными и техническими средствами) обеспечить какие-либо улучшения в их работе.

Биологическая очистка

Вторым наиболее распространенным методом очистки сточных вод в небольших и сельских поселках является биологическая очистка - процесс активации. Активация осадка при очистке сточных вод является одним из методов очистки, при котором содержащее углерод органическое вещество сточных вод является источником энергии для производства новых клеток смешанными популяциями микроорганизмов в водной аэробной среде. Микробы преобразуют углерод в ткань клеток и конечные продукты окисления, которые включают углекислый газ и воду. Активация, в основном, используется в сельских районах Эстонии и Литвы. Этот процесс предъявляет более высокие технические требования, но при правильном использовании, он обычно отвечает всем стандартам очистки сточных вод. Процесс активации в сельских условиях обычно организуется на небольших ОССВ (для 50 и более обслуживаемых жителей) или ОССВ домохозяйств (5-50 обслуживаемых жителей). ОССВ, обслуживающие домохозяйства, стали более популярными в сельских районах стран Центральной и Восточной Европы за прошедший период. Например, в Чешской Республике приблизительно 20.000 ОССВ домохозяйств были построены в течение последних 10 лет, обслуживая 100.000 жителей (1.0% населения Чешской Республики).

Природные системы очистки сточных вод

Природные системы очистки сточных вод используются в ограниченных масштабах в регионах Центральной и Восточной Европы. С одной стороны, есть страны с долгосрочным положительным опытом использования этого метода очистки, например, Эстония, Чешская Республика, Венгрия, Польша и Словения (рис. 2.8). С другой стороны, имеются страны, которые не имеют опыта использования природных систем очистки сточных вод, например, Словакия и Болгария. В странах ЦВЕ общие подходы к использованию природных процессов включают создание вэтландов, фильтрацию сточных вод через почвы или песок, протекание через заросли макрофитов, лагуны и ирригационные системы, использующие сточные воды для орошения.

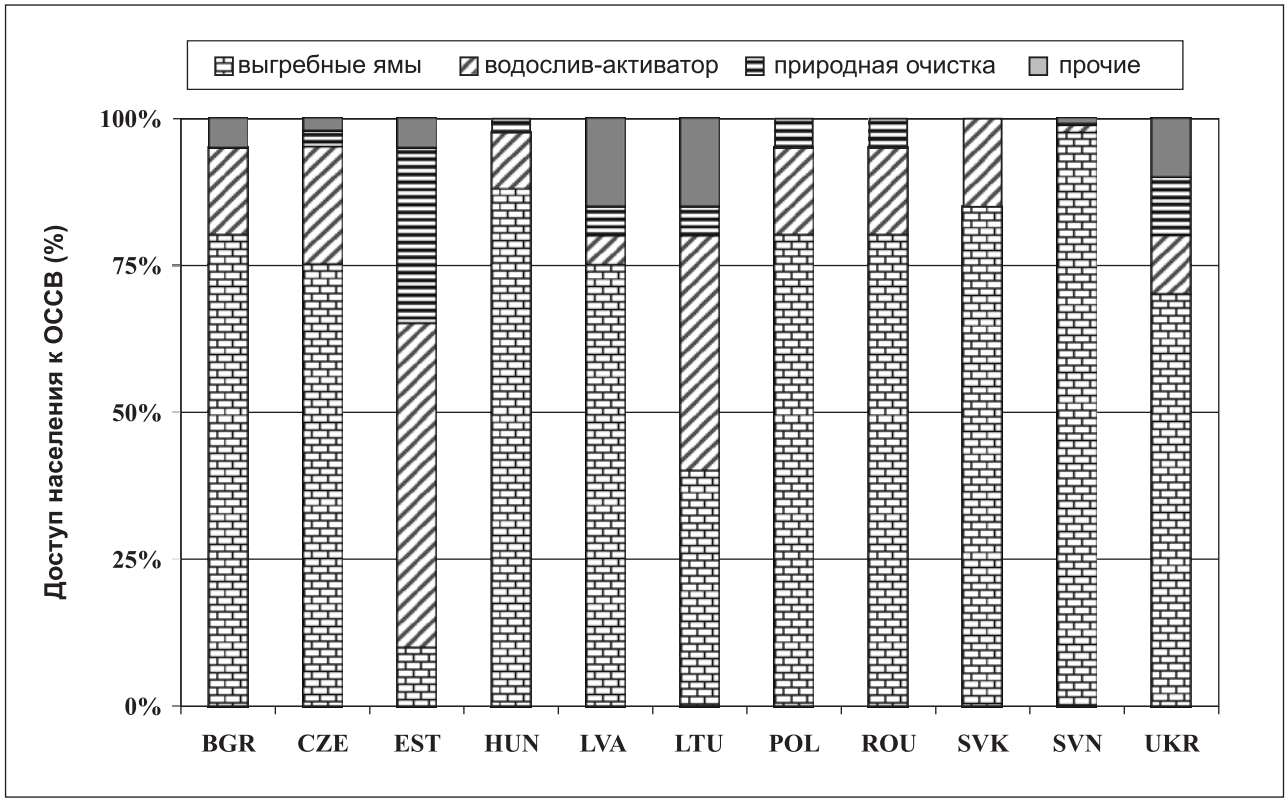


Рис. 2.7. Соотношение методов очистки сточных вод в сельской местности

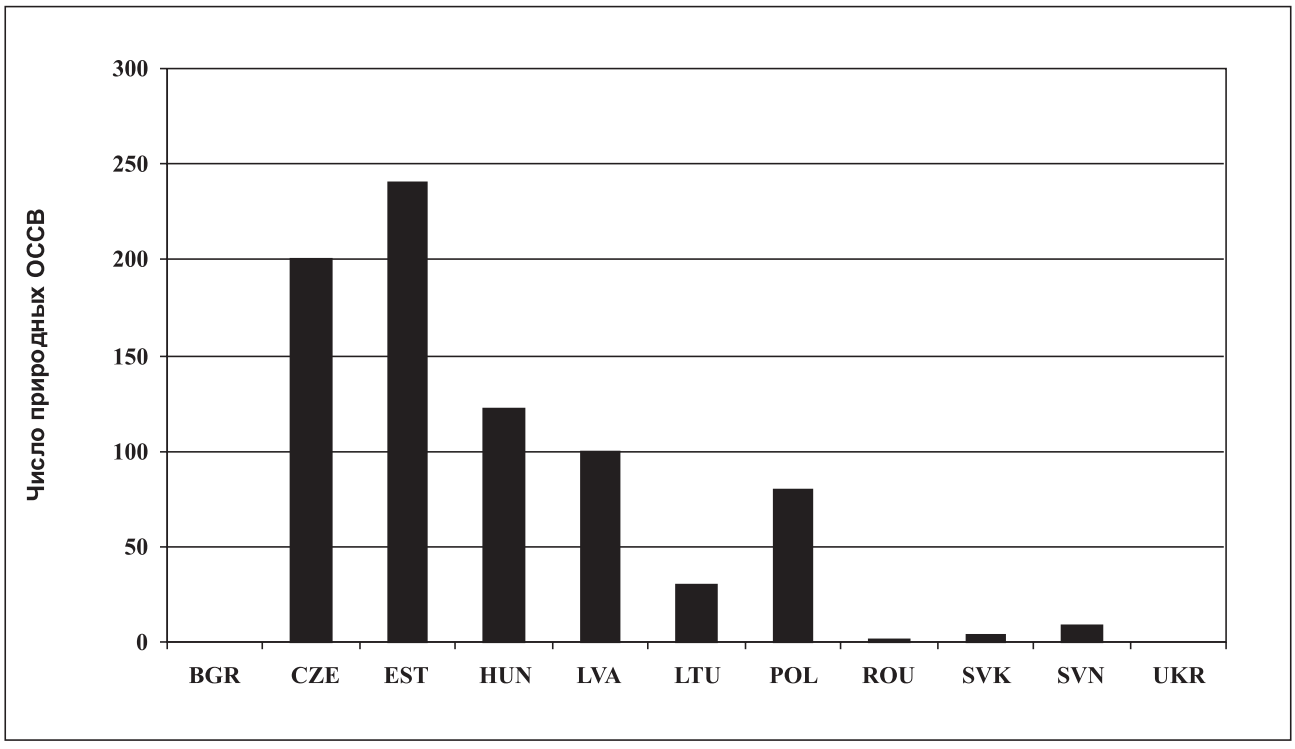


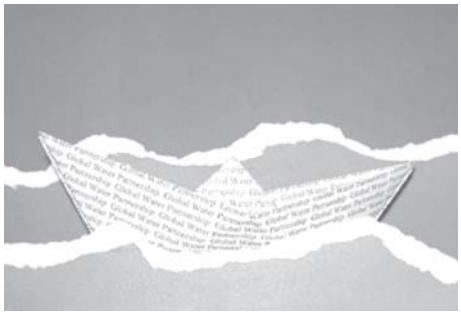
Рис. 2.8. Количество природных ОССВ в странах ЦВЕ.

В Эстонии и Литве есть положительный опыт использования природных систем очистки сточных вод. Прежде всего, использование вертикальных фильтров из тростника и песка оказалось наиболее эффективным. Они могут использоваться при холодных климатических условиях Прибалтики, обеспечивая высокую степень очистки органических веществ. Основным условием успешного применения этих систем является эффективная предварительная обработка сточных вод. При этом, в Словакии только 10 ОССВ были построены за последние

10 лет, в основном, вэтланды. Сегодня, действуют только три, и все они используются как третичный этап очистки. В Словакии, в основном, сложилось отрицательное мнение о функциональных возможностях этих методов очистки; оппоненты говорят о завышенных требованиях в отношении свойств почв, несоответствующем климате и природных условиях, низкой эффективности очистки и так далее.

Вообще, можно сказать, что природные системы очистки сточных вод в незначительной степени используются в странах Центральной и Восточной Европы. Существующие системы либо отличаются неверно заданными параметрами и являются устаревшими, либо плохо эксплуатируются. Это привело к низкой экспертной оценке и осведомленности общественности о природных системах очистки сточных вод и их потенциале для достижения экологических, социальных и экономических целей. Напротив, в регионах Центральной и Восточной Европы все еще доминируют национальные и международные “лоббисты” обычных “бетонных и стальных” систем очистки. Приверженцы природных систем очистки, главным образом, присутствуют среди инженеров-экологов, экологических неправительственных организаций и представителей “движения зеленых”, которые сталкиваются с трудностями внедрения новых идей в умы руководителей, которые привыкли “вести бизнес как обычно” и профессионалов, разрабатывающих традиционные методы очистки сточных вод.

В некоторых европейских странах, таких как Швеция, Германия и Норвегия, так называемые устойчивые санитарные системы были разработаны и внедрены в течение последних десяти лет. Эти новые подходы к обеспечению санитарных услуг разрабатываются для достижения целей устойчивого развития, то есть системы должны быть экономически эффективными, отвечая социальным целям, а также целям более качественной защиты окружающей среды. Эти системы включают начальное разделение коммунальных сточных вод на фракции, типа “серой воды”, мочи и фекалий для повторного использования природных ресурсов (питательные вещества, вода и тепловая энергия). Новые концепции очистки пока еще не внедрены в регионе ЦВЕ.



Глава 3

Создание устойчивых санитарных условий в небольших и средних поселках Центральной и Восточной Европы

Питер Риддерстолп и Марика Палмер Ривера

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение нормальных санитарных условий - одна из фундаментальных функций общества. Мы должны есть и пить, и поэтому всегда будут экскременты. Чтобы оставаться здоровыми, мы должны мыться, стирать одежду и поддерживать чистоту в наших жилищах. Поэтому, загрязнение определенных объемов воды неизбежно. Соответствующие санитарные условия являются обязательным условием для удовлетворения основных потребностей каждого человека и охраны общих ценностей, таких как водная окружающая среда, источники питьевой воды и питательных веществ, используемых при производстве продовольствия. Поэтому планирующие органы и политики должны иметь всестороннее понимание роли и методов санитарной очистки для развития благополучного и устойчивого общества.

На заре человечества, экскременты людей ассимилировались природной средой, где происходило разложение их на составные части и интегрирование в процессы естественного кругооборота элементов. Когда люди начали селиться на постоянной основе, экскременты стали оказывать отрицательное воздействие на индивидуумов, общество, а также природу. Поэтому, по мере развития общества, разрабатывались санитарные нормы, и строилась инфраструктура для утилизации экскрементов.

История показывает, что при всех общественных формациях на всей планете системы управления экскрементами (а позже сточными водами) разрабатывались с учетом основных потребностей и задач. При этом, можно отметить различие между индивидуальными и общественными целями и задачами. Индивидуальная цель включает создание надежных, удобных и доступных санитарных условий для пользователей при исключении неприятных запахов и загрязнения. Там где люди занимаются сельским хозяйством, безопасное повторное использование экскрементов человека в виде удобрения также является одной из частных задач. Общие цели включают недопущение скопления отходов и рисков для здоровья на общих территориях, защищая окружающую среду и повышая уровень продовольственной безопасности через кругооборот питательных веществ.

Повторное использование питательных веществ, присутствующих в экскрементах человека, стало основной движущей силой развития санитарии в Европе в период от средневековья до конца 19-ого столетия, когда были внедрены канализационные системы, и началась утилизация твердых отходов в городах. В начале двадцатого века, фокус этой деятельности сместился с повторного использования на утилизацию. Несколько причин объясняют это изменение в подходах. Одной из них являлось структурное изменение в сельском хозяйстве в результате использования искусственных удобрений, а также тот факт, что загрязнение экскрементами и сточными водами - главным образом, питьевой воды - связывалось, например, с возникновением эпидемий холеры. Таким образом, защита здоровья людей стала следующим важным фактором для развития сектора санитарии.

Во второй половине 20-ого столетия, массовое и часто заметное уничтожение водоемов за пределами городов создало третью движущую силу для развития сектора санитарии - охрана окружающей среды. История учит нас, что хорошо функционирущая и долгосрочно-устойчивая система санитарии должна охватывать как основные частные цели, так и долгосрочные общие цели. Реализация всех этих целей - наша общая задача в будущем.

В контексте 21-ого столетия, устойчивая санитария - логическое следствие глобальных обязательств, выраженных на Всемирном саммите по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в 2002 году, где раздел обеспечения санитарных услуг был добавлен к Целям Развития Тысячелетия. Первым шагом в решении как задач водоснабжения, так санитарных задач была разработка национальных планов интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) и эффективного использования водных ресурсов до 2005 года. Обследование 100 стран, выполненное Глобальным Водным Партнерством в 2005 году, показало, что только приблизительно 30% из них имели подготовленные планы, в которых развитие санитарных услуг являлось одной из приоритетных задач.

В данной главе, рассматриваются принципы организации устойчивой системы санитарных услуг. Глава состоит из двух частей; в первой части формулируются концепции устойчивой санитарии, а во второй части представлен метод планирования при выборе подходящего решения по организации санитарных услуг.

3.1 КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОЙ САНИТАРИИ

На протяжении всей истории человечества, общими целями оказания санитарных услуг и очистки сточных вод были охрана здоровья населения, рециркуляция питательных веществ и борьба с экологической деградацией. Достижение этих целей и в будущем останется функцией общества первостепенной важности. Для обеспечения устойчивости системы, эти функции должны быть сбалансированы с экономической, социально-культурной (среди них присутствуют и частные цели) и технической составляющими. Данный баланс иллюстрируется рисунком 3.1.

Ниже, дается определение, и рассматриваются различные концепции обеспечения устойчивых санитарных услуг и систем санитарии. Также описаны основные функции, практические соображения и технические варианты. Чтобы проиллюстрировать эти концепции, оценивается обычная система очистки сточных вод (централизованные очистные сооружения) по ее эксплуатационным характеристикам в отношении первоочередных функций и практических соображений.

Что означает термин «устойчивая санитария»?
Термин «устойчивая санитария» используется с целью включения проблематики санитарии в

общее русло концепции устойчивого развития, согласованной главами государств на конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году. Он означает, что решения по оказанию санитарных услуг должны быть экономически и технически выполнимыми и соответствующими экологическим критериям, при обеспечении социальной справедливости.

На практике это означает, что новые инвестиционные проекты по развитию инфраструктуры и разработке технологий, позволяющих обслужить 3 миллиарда человек, которые сегодня не имеют нормальных санитарных условий, должны подвергнуться экспертизе на их устойчивость прежде, чем будет принято решение об их реализации. Такой подход потребует проведения консультаций со всеми заинтересованными сторонами с целью поиска оптимального варианта использования имеющихся экономических и природных ресурсов, а также удовлетворения нужд населения наилучшим способом. Санитария часто является частью национальных планов интегрированного управления водными ресурсами. Во многих случаях, Глобальное Водное Партнерство выступает в роли помощника правительств в их усилиях по поиску оптимальных решений при выполнении этих планов, организуя диалоги с заинтересованными сторонами[1].

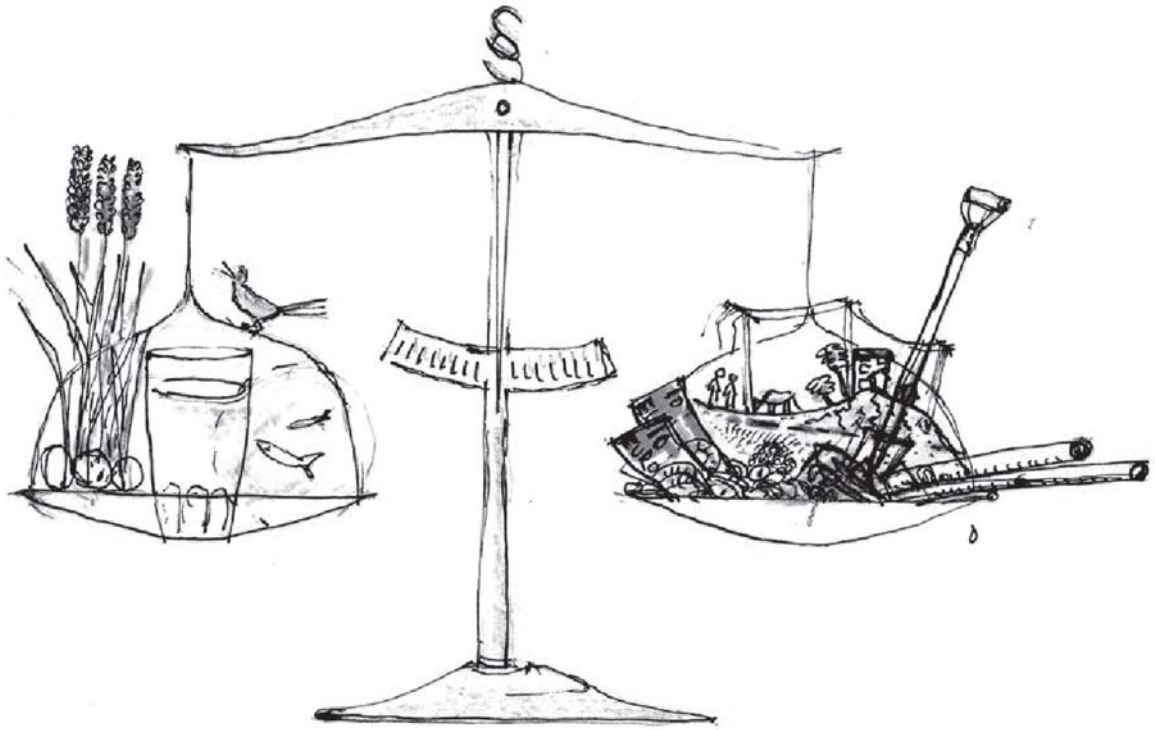


Рис. 3.1 Основные функции санитарии (охрана здоровья населения, рециркуляция питательных веществ и борьба с экологической деградацией) должны быть сбалансированы при учете практических соображений. Местная ситуация предопределяет уровень предосторожностей и технических решений.

[1] ГВП, 2003 г.

Устойчивая санитария может быть определена как *оказание экономически выполнимых и социально справедливых санитарных услуг населению, за счет которых обеспечивается охрана и улучшение здоровья людей, технически и институционально приемлемым способом, не причиняя ущерба окружающей среде и не истощая ресурсную базу*. Это определение используется, например, при оздоровлении окружающей среды в Швеции и Германии. Подобное определение используется в шведской научно-исследовательской программе "Вода городов", в которой рассматриваются пять аспектов устойчивости: здоровье, окружающая среда, экономика, социально-культурная сфера и техническая надежность.

Сноска 3.1: Взаимосвязи между питьевой водой и санитарией

- Недостаточно очищенные сточные воды могут загрязнить источники воды, используемые для питьевого водоснабжения, например, болезнетворными микроорганизмами (переносчиками болезней) или нитратами (см. раздел 3.1.3 – Охрана здоровья).
- Для обеспечения крепкого здоровья населения, питьевая вода должна быть доступна в достаточных количествах. Поэтому санитарная система не должна использовать больше воды, чем необходимо (см. раздел 3.1.3 - Охрана здоровья).
- Сельское хозяйство использует много пресной воды. Повторное использование сточных вод в сельскохозяйственном секторе означает снижение нагрузки на источники питьевой воды. Чистые и хорошо очищенные сточные воды могут также использоваться для пополнения подземных вод (см. раздел 3.1.3 – Повторное использование).
- Стоимость системы очистки сточных вод, во многом, зависит от объемов используемой воды, так как расходы воды определяют параметры системы, а также влияют на затраты энергии и химикалий (где они применяются) при их эксплуатации (см. раздел 3.1.4 - Экономика).

Многие международные организации рассматривают устойчивую санитарию, как фундаментальную проблему, которую следует учитывать при работе в сфере здравоохранения и развития, а также охраны окружающей среды. Одним из примеров является международное сотрудничество под эгидой Декларации Тысячелетия ООН, которая объединила многих мировых лидеров в преддверье 2000 года. Повестка дня, названная "Цели Развития Тысячелетия ООН", поддерживается и реализуется такими организациями, как Всемирная Организация Здравоохранения и УНИСЕФ. Цель декларации состоит в том, чтобы сократить число людей, испытывающих нищету и голод, используя методологии устойчивого развития. Цель под номером 7, в частности, фокусируется на водоснабжении и санитарии: *"Сократить вдвое, к 2015 году, долю населения без устойчивого доступа к безопасной питьевой воде и элементарным санитарным услугам"*.

После долгих обсуждений, рабочая группа проекта ООН по водоснабжению и санитарии пришла к выводу, что при работе с концепцией устойчивой санитарии, помимо экологического аспекта и охраны здоровья, дополнительными аспектами, которые необходимо учитывать, должны стать институциональные, финансовые и технические характеристики. Другим примером признания концепции устойчивой санитарии является стратегия развития санитарных услуг Комиссии ООН по устойчивому развитию, в которой подчеркивается важность очистки сточных вод, экономически эффективным и социально приемлемым способом, включая возможность повторного использования питательных веществ и воды[2].

[2] Комиссия ООН по устойчивому развитию, 2005 г.

Устойчивое развитие может быть определено как “развитие, при котором удовлетворение нужд сегодняшнего дня, не ставит под угрозу потенциал будущих поколений удовлетворять их собственные потребности”. Таким образом, при устойчивой санитарной системе, проблемы решаются на долгосрочной основе, а не сиюминутно и только для отдельного географического региона (например, неочищенные сточные воды сбрасываются в водоемы “и с глаз долой” или производится захоронение отстоя сточных вод, не предотвращая медленного проникновения вредных веществ в почвы, что приведет к экологической деградации в будущем).

3.1.1 САНИТАРНАЯ СИСТЕМА

При планировании и сравнении различных санитарных систем, необходимо определить их границы. При исследованиях или долгосрочном стратегическом планировании, санитарная система может рассматриваться в более широком плане и включать сельскохозяйственное производство, а иногда и пользователей. Сельскохозяйственные системы тесно связаны с санитарией, так как сельскохозяйственный сектор производит продовольствие, которое, после употребления, перерабатывается системами санитарии. В хорошо отлаженной социально-сельскохозяйственной системе, продукция санитарных систем возвращается в сельское хозяйство, таким образом, замыкая кругооборот питательных веществ.

При практическом планировании и проектировании, более продуктивно рассматривать санитарную систему, как чисто техническую систему. Таким образом, более прагматичное определение санитарии включает все компоненты, от источников (например, туалеты, раковины и так далее.) до конца трубы перед сбросом в водоприемную систему. При практическом планировании также обязательно рассматривать взаимодействия между технической санитарной системой и окружающими её системами и бенефициариями. При проектировании и оценке, необходимо учитывать воздействия технической системы на пользователей, население, живущие поблизости, и будущие поколения, экономику, институциональный потенциал, а также на сельское хозяйство и водоприемники. Концептуальный эскиз санитарной системы приводится на рис. 3.2.

Техническая система не обязательно подразумевает сооружение из “стали и бетона”. Природные системы (под открытым небом) также могут использоваться для очистки сточных вод. Особенно в сельских районах и на ирригационных системах, фильтрация воды через почву или песок или протекание сточных вод через созданные системы вэтландов являются приемлемыми решениями для очистки сточных вод. Исполнение требований, предъявляемых к санитарным системам, может контролироваться с помощью замеров на всех участках от точки происхождения загрязнения до водоприемника. Поэтому, важно знать о входной точке, а также выходной точке системы. В процессе планирования, необходимо определить, например, где начинается система в доме или на краю сада, сколько зданий, необходимо подключить к системе и нужно ли выводить систему в точку, где весь очищенный сток может быть измерен, или может ли система быть увеличена по сравнению с исходными параметрами, чтобы охватить, например, часть поля, где выращиваются сельскохозяйственные культуры. В последнем случае, производительность системы не может быть измерена традиционными методами. Четко определенные границы систем необходимы для того, чтобы сравнивать различные решения и оценивать устойчивость санитарной системы. Более детальное описание планирования и использования различных систем приводится в разделе “Планирование устойчивой санитарии” (ниже).

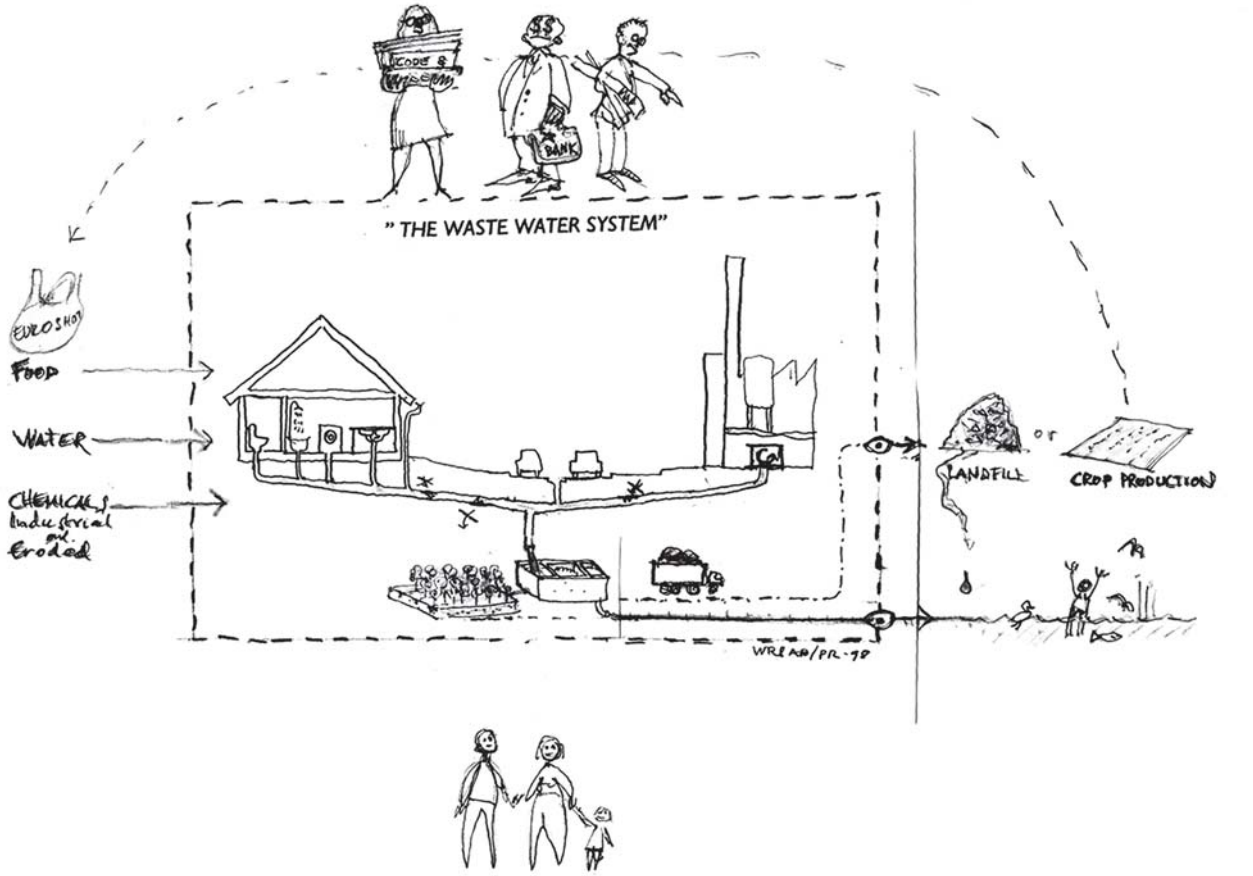


Рис. 3.2. Концептуальный эскиз “системы сточных вод”. В границах системы (отмечено пунктирной линией) - все технические компоненты, от источников загрязнения до водоприемников. Меры по охране окружающей среды и здоровья населения, а также по созданию потенциала для повторного использования воды и питательных веществ, могут и должны быть предприняты в пределах всей системы. Окружающие системы и бенефициарии (например, система водоснабжения, система сельскохозяйственного производства, регулирующая система, система финансирования, пользователи системы и люди, живущие в непосредственной близости и ниже по течению) необходимо принять во внимание, и их представители должны участвовать в процессе планирования (эскиз П. Риддерстолп, 1998 г.).

Важно иметь данные обо всей системе и рассмотреть, что “поступает и выходит”. Таким образом, качество очищенных сточных вод и продуктов отстоя (фекалии, моча или осадок) зависит, в большой степени, от входных параметров поступающих сбросных вод. Например, если токсичные компоненты и тяжелые металлы присутствуют в питьевой воде или в химикалиях, используемых домохозяйствами, то эти компоненты будут присутствовать и в отводимых водах или остальных продуктах. “Системный подход” к санитарии, таким образом, означает, что предупредительные меры (контроль источников) нужно всегда рассматривать, например, отделение отходов туалетов от “серой воды”, или снижение содержания фосфора в домашних моющих средствах. Для облегчения очистки и повторного использования, ливневые воды и промышленные сточные воды всегда необходимо отводить от санитарных систем домохозяйств.

3.1.1 Основные функции санитарных систем

Как было отмечено выше, основными функциями санитарных систем являются охрана здоровья населения, повторное использование питательных веществ и борьба с экологической деградацией (что проиллюстрировано на рис. 3.3).

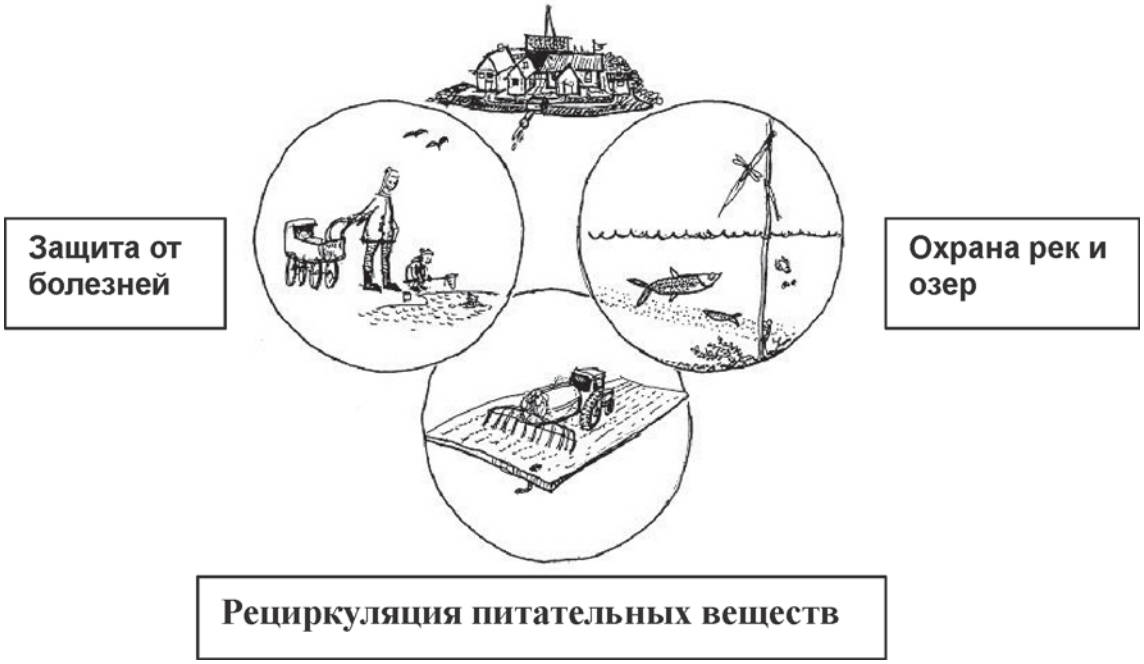


Рис. 3.3 Основные функции санитарных систем: охрана здоровья населения, защита окружающей среды и рециркуляции питательных веществ. Устойчивые санитарные решения должно объединить все эти функции.

Санитарные системы имеют дело с утилизацией мочи, экскрементов (отходы туалетов) и “серой воды” (вода, используемая для купания, стирки и так далее), отдельно или при сочетании этих фракций. Эти фракции имеют разные характеристики, как в отношении содержания загрязняющих веществ, так и в отношении их объемов. Основные характеристики мочи, экскрементов и “серой воды”; воздействия различных загрязняющих веществ и возможные мероприятия по их очистке приводятся в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Содержание различных фракций в сточных водах домохозяйств, экологические воздействия и средства контроля загрязнителей/воздействий[1]. Цифры предоставлены Швецией[2].

Вещество	**Содержание в различных фракциях**			**Воздействие**	**Средства контроля**
	Фекалии	**Моча**	**Серая вода**		
Вода л/чел/сут (включая смывную воду)	4-10	20-40	80-200	▪ Дефицит в некоторых местах ▪ Потери тепла при сбросах ▪ Инвестиции в очистку ▪ Воздействие на землю и здания	▪ Поведение ▪ Система оплаты ▪ Водосберегающее оборудование
	Обобщенные данные: новые дома: 150 старые дома: 180				
Патогенны	высокое	очень низкое	низкое	▪ Инфекции	▪ Не смешивать фекалии с водой. ▪ Гигиеническая обработка фекалий, например, дезинфицирование ▪ Очистка воды на аэробных биологических фильтрах: капельный биофильтр или вертикальные песчаные фильтры ▪ Уменьшить риск внешних воздействий
Органическое вещество (БПК) кг/чел/год	5,5	2	10	Недостаток кислорода может привести к: ▪ запаху ▪ токсичности воды Жиры, масла и рост бактерий способствуют закупорки труб, пор грунта и т.д.	▪ Удаление посредством флотации и осаждения ▪ Аэробная минерализация, например, вертикальными песчаными фильтрами ▪ Аэробная минерализация, например, биологические емкости или создание вэтландов
	Фекалии + моча = 7,5				
Фосфор кг/чел/год	0,2	0,4	0,05-0,3*	▪ эвтрофикация ▪ ограниченные ресурсы	▪ Снижение содержания Р в моющих средствах ▪ Раздельная очистка мочи и "черной воды" ▪ Химическое осаждение ▪ Сорбция в почвах или фильтрах ▪ Потребление бактериями, зелеными насаждениями
	Обобщенные данные: 0,8				
Азот кг/чел/год	0,5	4	0,5	▪ эвтрофикация (в море) ▪ Потребление кислорода воды ▪ Потребление энергии	▪ Раздельная очистка мочи и "черной воды" ▪ Очистка аэробными/ анаэробными фильтрами ▪ Потребление бактериями, зелеными насаждениями
	Обобщенные данные: 5,0				
Тяжелые металлы	присутствие	незначительное	присутствие	▪ Токсичны для людей и экосистем	▪ Предупреждение у источника например, информация или запрещение
Органические токсичные компоненты	незначительное	незначительное	присутствие	▪ Токсичны для людей и экосистем	▪ Предупреждение у источника например, информация или запрещение ▪ Очистка аэробными

**Содержание фосфора в "серых водах" зависит от содержания фосфора в моющих средствах, и изменяется в диапазоне 10-50% общего содержания фосфора на душу населения.*

[1] Таблица подготовлена П. Риддерстолп совместно с "Коалицией чистой Балтики".

[2] Шведское природоохранное агентство, NFS 2006:7

Как показано в таблице 3.1, есть много способов обеспечения основных функций при рассмотрении всей технической системы от источника до сброса в водоприемник. Цифры в таблице могут использоваться для приблизительных расчетов содержания питательных веществ и нагрузки для предварительного планирования (при проектировании и определении параметров технических компонентов необходимо провести более точные расчеты).

Охрана здоровья населения
Сточные воды – основной путь распространения болезней. Согласно оценкам Всемирной Организации Здравоохранения около 13.500 детей моложе 14 лет умирают каждый год в Европе от диареи, что связано с плохим качеством воды и низким уровнем санитарии и личной гигиены. Большинство смертных случаев имеет место в Восточной Европе.

Риски для здоровья связаны, главным образом, с содержанием болезнетворных микроорганизмов (патогенны) и являются функцией фекального загрязнения. Моча и "серая вода" обычно не имеют высоких концентраций болезнетворных микроорганизмов, но могут содержать их в небольших количествах, в результате фекального перекрестного загрязнения.

Таким образом, чтобы предотвратить распространение болезней, необходимо предотвратить воздействие фекалий на людей. Следует рассмотреть все пути воздействия от пользователя системы до обработки остатков продуктов и сброса очищенных сточных вод. Возможные пути воздействия представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Возможные пути воздействия фекалий в различных частях санитарной системы и при использовании конечных продуктов в сельском хозяйстве.

Часть системы	**Возможные пути воздействия**
Туалеты	▪ в течение и после использования ▪ в ходе очистки
Система очистки	▪ в течение обслуживания ▪ в случае нарушения процесса ▪ прямой контакт при очистке сточных вод
Сброс	▪ контакт с очищенной водой ▪ использование загрязненной грунтовой воды, в качестве источника питьевой воды ▪ контакт с загрязненными насекомыми или дикими животными
Обработка остатков продуктов	▪ при вывозе собранных остатков продуктов
Использование конечных продуктов	▪ при использовании на пахотных землях ▪ при потреблении, например, овощей, удобряемых сточными водами

Защитные меры, которые могут использоваться для предотвращения воздействий фекалий. Концепция защитных мер включает все средства, способные уменьшить риск воздействия, например, ограниченный доступ к открытым процессам очистки сточных вод, которые уменьшают содержание болезнетворных микроорганизмов, и хранение остатков продуктов в условиях, способствующих гибели болезнетворных микроорганизмов. Если гигиеническое качество очищенных сточных вод таково, что представляет риск для здоровья людей, они могут сбрасываться таким способом, который предотвращает их воздействие, пока число болезнетворных микроорганизмов не будет уменьшено до безопасных уровней, например, в вэтланды с ограниченным доступом. Защитные меры при использовании конечных продуктов на пахотных землях включают применение специальных технологий и ограничения состава выращиваемых культур.

Хотя инфекционные болезни представляют основную угрозу для здоровья людей, связанную с санитарными условиями, другие компоненты, присутствующие в сточных водах также могут быть опасны для здоровья населения. Нитраты, например, если проникают в грунтовые воды, которые используются для питьевых целей, могут вызвать ухудшение здоровья маленьких детей (болезнь, иногда называемая синдромом детей с врожденным пороком сердца).

Сточные воды могут также содержать токсичные вещества, которые представляют угрозу для здоровья людей, например, тяжелые металлы, антибиотики (лекарства), фталаты и фенолы. Процессы очистки, в основном, не разрабатываются для удаления этих компонентов, и лучший способ уменьшить их содержание в сточных водах состоит в том, чтобы уменьшить их в источнике загрязнения, например, сокращая количество химикалий, используемых в домохозяйствах. Для снижения уровня угроз для здоровья населения этих компонентов может быть использована концепция защитных мер от их воздействий, описанная выше.

Чтобы гарантировать надлежащую гигиену и таким образом хорошее здоровье, питьевая вода должно быть доступна в достаточных количествах, а также хорошего качества. На территориях, где воды недостаточно, это должно быть учтено при проектировании санитарной системы.

Рециркуляция

В принципе, все питательные вещества, которые мы потребляем, становятся экскрементами. Помимо макроэлементов, подобно фосфору, азоту, калию и сере, существует около двадцати других микроэлементов, присутствующих в отходах туалетов, которые важны для роста растений. Производство культур обычно выигрывает от добавления в почву азота, однако ряд элементов может снизить продуктивность почв, особенно, если они в обороте в течение долгого времени. Жизнь водных растений обычно регулируется содержанием в воде фосфора, а иногда азота. Если эти питательные вещества сбрасываются в водоемы, они могут вызвать эвтрофикацию (зарастание водоёма водорослями), и поэтому традиционная стратегия очистки сточных вод состояла в удалении питательных веществ, перенасыщающих воду. Однако устойчивое решение предполагает, что удаляемые питательные вещества должны повторно использоваться. Простой сброс извлекаемых из отстоя питательных веществ является дорогостоящим подходом, перемещающим проблему эутрофикации либо будущим поколениям, либо жителям других мест.

Изобилие химических удобрений после второй Мировой войны привело к тому, что многие фермеры, по крайней мере, в западном мире, перестали повторно использовать питательные вещества отходов туалетов. Использование искусственных удобрений, однако, создает несколько проблем. Фосфор искусственных удобрений производится из фосфатов, которые являются ограниченным ресурсом, и некоторые фосфатные минералы имеют высокое содержание тяжелых металлов. Азот может быть произведен из неограниченного источника азота - воздуха, но этот процесс характеризуется высоким уровнем потребления энергии. Разные почвы нуждаются в различном составе макро - и микро питательных веществ. При использовании искусственных удобрений их трудно сбалансировать. Поэтому, чтобы обеспечить очистку сточных вод и долгосрочную устойчивость сельскохозяйственного производства, все питательные вещества, содержащиеся в отходах туалетов должны повторно использоваться в сельском хозяйстве. К сожалению, современная система агрообщества является в большей степени линейной системой потока питательных веществ от запасов минеральных ресурсов до их утилизации в водоприемниках (см. рис. 3.4).

В регионах с дефицитом водных ресурсов, повторное использование воды может также стать важной функцией санитарных систем. Сельское хозяйство потребляет крайне большие объемы пресных вод, и использование сточных вод при орошении уменьшает нагрузку на источники питьевой воды. Вопросы водосбережения рассматриваются в разделе “Экономика и управление ресурсами” (ниже).

Решение одной проблемы не должно создавать новые проблемы, и поэтому, рециркуляция питательных веществ должна осуществляться приемлемыми способами. Существуют определенные риски, связанные с рециркуляцией отходов туалетов и сточных вод, которые включают фекальное загрязнение (распространение инфекционных болезней), засоление почв (при орошении сточными водами в условиях полуаридного или аридного климата) и повышенное содержание тяжелых металлов и других токсичных веществ в почвах и выращиваемых культурах.

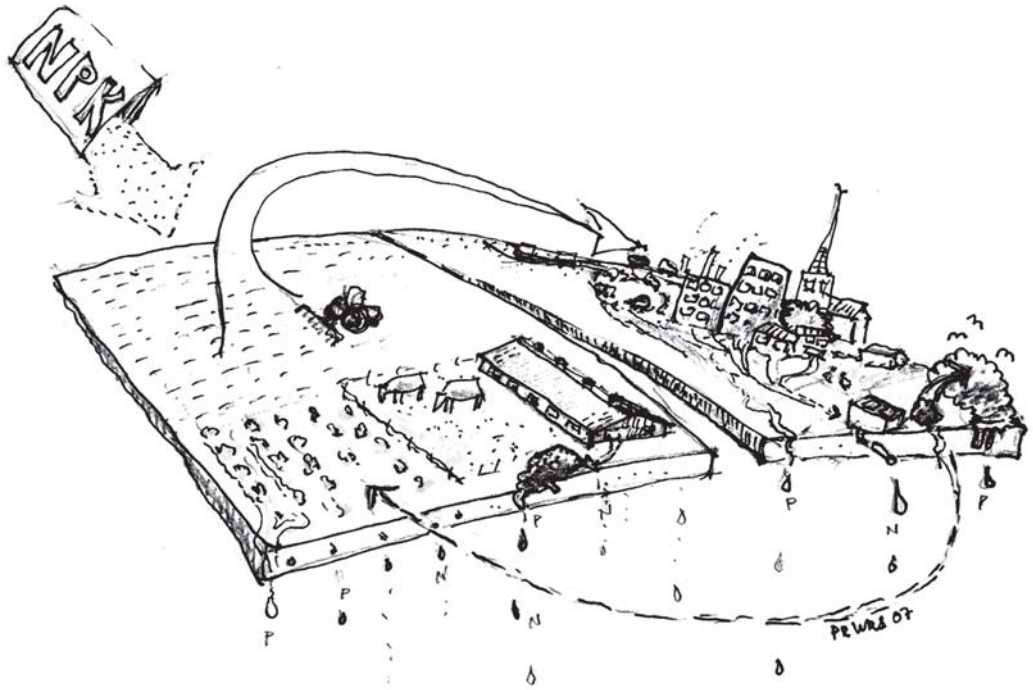


Рисунок 3.4. Химические удобрения позволили современному сельскому хозяйству стать независимым от рециркуляции питательных веществ, содержащихся в отходах туалетов. Отсутствие стимулов для создания “замкнутого цикла” превращает сельское хозяйство в систему “утечки” питательных веществ в поверхностные и грунтовые воды. Только незначительная часть всех питательных веществ, поступающих с искусственными удобрениями, преобразуется в продовольствие, поставляемое обществу. После потребления, питательные вещества сбрасываются вместе со сточными водами. В современном обществе (при использовании обычных систем отвода сточных вод), незначительная часть питательных веществ возвращается сельскому хозяйству. Загрязнение и неустойчивая система агрообщества являются результатом подобной практики (эскиз П. Риддерстолп, 2007 г.).

Однако можно успешно управлять рисками. Разработаны гигиенически безопасные и эффективные методы использования отходов туалетов на сельскохозяйственных угодьях. Всемирная Организация Здравоохранения издала руководство по безопасному использованию сточных вод, отходов туалетов и “серой воды” (Всемирная Организация Здравоохранения, 2006 год). Согласно положениям руководства Всемирной Организация Здравоохранения, “прямое использование экскрементов и “серой воды” для удобрения сельскохозяйственных земель способствует минимизации экологических воздействий, как в местном, так и в глобальном контексте”.

Управление ресурсами также является экономической и практической задачей, которая рассматривается в разделе “Экономика и управление ресурсами” (см. ниже).

Борьба с экологической деградацией

Эвтрофикация - серьезная экологическая проблема, вызванная недостаточной очисткой сточных вод, что приводит к чрезмерному росту и гниению растений, стимулируя доминирование определенных видов сорной растительности над другими, и вызывает серьезное ухудшение качества воды. Интенсивное цветение водорослей в Балтийском море в течение летнего периода в последние годы является следствием эвтрофикации.

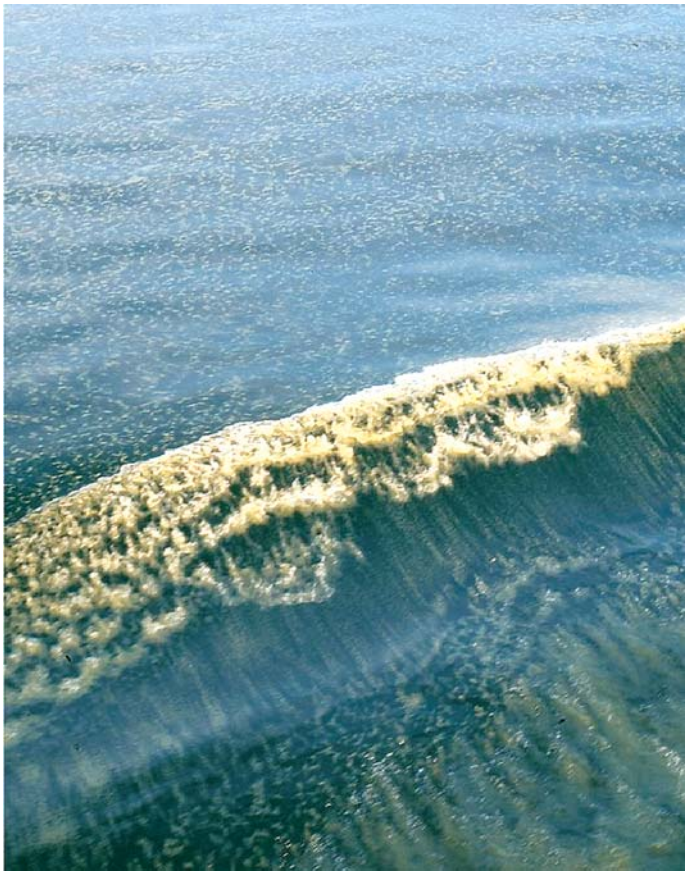


Рис. 3.5. Экологические последствия плохой санитарии; увеличение цветения морских водорослей в Балтийском море.
Фотография П. Риддерстолп, 1998 г.

Высокое содержание органических веществ, в результате сброса неочищенных сточных вод в водоёмы, может привести к резкому снижению уровня содержания кислорода в воде. При этом содержание растворенного кислорода в воде водоемов уменьшается ниже уровней, которые необходимы для жизни, что приводит к гибели рыбы и другой водной фауны. Растительные питательные вещества в сточных водах наносят ущерб водным экосистемам даже в большей степени. Рост морских водорослей и других организмов стимулируется, и органическая нагрузка на водные экосистемы возрастает. В водах с недостаточным содержанием кислорода, фосфор может выделяться из анаэробных отложений, что приводит к дальнейшей эвтрофикации. При такой ситуации с ускорением эвтрофикации трудно разорвать этот “порочный круг”. Последствия эвтрофикации более заметны в небольших водоприемниках, но большие и глубокие водоприемники также чувствительны к этим воздействиям и очень медленно восстанавливаются от нанесенного ущерба. Балтийское море и Черное море оба являются чувствительными водоемами, которые по прошествию десятилетий загрязнения, в настоящее время страдают от “порочного круга” эвтрофикации (рис. 3.5).

Токсичные вещества, присутствующие в сточных водах, типа тяжелых металлов, органических химикалий и медикаментов, создают экологические проблемы, а также угрозы для здоровья людей, так как они ядовиты для водных и наземных организмов. Эти вещества трудно удалить в процессе очистки сточных вод, и лучше всего уменьшить их содержание в источнике загрязнения (см. выше, охрана здоровья населения).

Почвы и подземные воды иногда используются как приемники сточных вод. Процессы, происходящие в почвах, типа деятельности микробов, способствуют снижению уровня содержания органических и питательных веществ в сточных водах прежде, чем они достигнут подземных вод. Поэтому почвы менее чувствительны к загрязнению сточных вод в качестве водоприемника, по сравнению с водоемами. Однако, токсичные вещества, которые не могут быть разрушены в естественных условиях, накапливаются в почвах вследствие адсорбции на

частицах почвы. Иногда проблематично использовать подземные воды в качестве водоприемника, так как воздействие почвенных процессов на сточные воды в большой мере зависит от типа местных почв и условий залегания подземных вод, и трудно предсказать возможность их использования без детальных изысканий. Изменения в качестве подземных вод трудно заметить, пока загрязнение не достигло слишком высоких уровней, создавая трудности для восстановления их качества.

При постановке целей санитарии и управления сточными водами, важно провести различие между местной и региональной защитой окружающей среды. Сбросы, которые незначительно влияют на региональные водоемы, могут оказать большое воздействие на небольшой местный водоток или озеро.

Экономия энергии и ресурсов, используемых для очистки сточных вод, сберегает средства и часто экономически обоснована. Например, очистное сооружение, потребляющее большие количества электроэнергии или химикалий, требует высоких эксплуатационных затрат, которые иногда трудно покрыть в итоге. Однако, экологические последствия сброса сточных вод затем потребуют гораздо больших затрат энергии и ресурсов вследствие потерь тепла, пресной воды и питательных веществ растений. Эти затраты редко учитываются в частном хозяйстве. Вместо этого, эти затраты представляют собой дополнительные расходы, которые оплатят будущие поколения.

3.1.1 Практические соображения создания санитарных систем

Как было отмечено ранее, для создания устойчивой санитарной системы основные функции должны быть рассмотрены в свете практических соображений, включая затраты, социально-культурных аспектов (пользователи, институциональный потенциал, законодательство и т.д.) и технических функций. Практические соображения рассматриваются и иллюстрируются ниже.

Финансирование
Затраты на санитарию должны быть обоснованными, и степень обоснованности зависит от местного контекста, то есть от того какие пользователи могут и желают оплачивать систему и каким образом система будет профинансирована (займы, гранты и т.д.). Организационные возможности по сбору оплаты пользователей имеют особое значение для общественной системы, финансируемой пользователями. При сравнении различных вариантов, необходимо использовать ежегодные затраты. Ежегодные затраты включают капитальные затраты (инвестиции, поделенные на срок амортизации плюс проценты) и ежегодные затраты на поддержание и эксплуатацию.

Затраты зависят от многих факторов, включая поставленные задачи и природные условия (топография, почвы и т.д.) на участке строительства. Планируемая нагрузка часто определяет размер очистных сооружений, поэтому экономия водных ресурсов при водопотреблении (например, установка водосберегающего оборудования) может обеспечить более низкие затраты. Эксплуатационные издержки включают затраты на электроснабжение (или другие виды энергии), содержание персонала, химикаты, обработку отстоя или других побочных продуктов, а также затраты на мониторинг. Водосбережение, в целом, приводит к экономии на электричестве, химикалиях и обработке отстоя. Природные системы очистки сточных вод (с минимальным использованием электроэнергии и химикалий), когда поддержание и эксплуатация осуществляются пользователями, характеризуются довольно низкими эксплуатационными затратами.

Социально-экономическим фактором, который следует учитывать, является уровень местного развития, увязанный с санитарной системой, то есть возможность использовать местный

технический потенциал для строительства, поддержания и эксплуатации, таким образом, создавая новые рабочие места.

Социально-культурные аспекты

Побуждающие факторы пользователей в вопросах совершенствования санитарных систем отличаются от общественных движущих сил. Пользователи хотят реализовать надежное, удобное и экономное решение, которое не требует больших объемов работ, чем это необходимо. Вопрос, что считать надежным и удобным решением зависит от культурного контекста. Система должна быть приспособлена к потребностям групп различного возраста, пола и обеспеченности. Если индивидуальные потребности уже удовлетворяются при существующей системе, готовность оплачивать новую более совершенную санитарную систему (чтобы удовлетворить общественные цели) может оказаться значительно ниже, чем платежеспособность. Готовность платить может быть повышена при справедливой оплате потребления за эффективную организацию и высокую надежность услуг. Повышение уровня осведомленности и обучение пользователей могут потребоваться для организации правильного использования системы.

Четкое распределение ответственности за управление, поддержание и эксплуатацию систем имеет большое значение для устойчивости. Несколько различных форм собственности и ответственности возможны; система может находиться в собственности и управляться частным образом каждым домохозяйством (возможно для децентрализованных локальных систем), муниципалитетом (государственная собственность) или объединенной ассоциацией домохозяйств. Различные комбинации также возможны, например, система сбора сточных вод является частной, но муниципалитет владеет и обслуживает очистные сооружения.

Устойчивая санитарная система требует наличия общественных учреждений, которые способны решать различные необходимые задачи, такие как поддержание и эксплуатация, сбор фракций для повторного использования, организация обучения, мониторинга и сбора оплаты пользователей. Институциональные требования отличны для различных типов санитарных систем и должны быть определены для каждой конкретной ситуации. Санитарная система должна удовлетворять требованиям действующего законодательства. Законы, принятые на европейском уровне и касающиеся санитарных систем, рассматриваются в главе 5.

Технические функции

Надежность системы является, возможно, наиболее важным техническим аспектом долгосрочной устойчивости и включает риски отказов и воздействий нарушений в работе. Система должна быть надежной также с точки зрения использования, она должна выполнять задачи очистки весь год и при различных нагрузках. Это особенно важно для систем небольшого масштаба, при которых нагрузки изменяют в большом диапазоне.

В зависимости от местных условий, надежность при чрезвычайных обстоятельствах (наводнения и т.д.) может также стать важным аспектом технического функционирования. Другие технические аспекты, которые следует рассмотреть, включают гибкость (насколько легко система может быть адаптирована к изменениям в условиях работы), долговечность и совместимость с существующими системами.

Мониторинг важен для обеспечения уверенности, что санитарные системы работают должным образом. Три основных типа мониторинга включают: проверку обоснования (ратификация), используемую, когда новая система разрабатывается, чтобы убедиться, что она может обеспечить выполнение поставленных задач; эксплуатационный мониторинг, выполняемый согласно установленному графику, служащий для демонстрации, что процессы осуществляются, как ожидалось; и проверка конечной продукции (например, очищенных

сточных вод, продукции растениеводства, произведенной при удобрении продуктами очистки сточных вод), чтобы определить достигнуты ли цели очистки.

Проверка качества очистки часто является дорогостоящим мероприятием, если выполняется должным образом, так как большое количество образцов необходимо отобрать и проанализировать для получения корректных результатов. Поэтому, эксплуатационный мониторинг обычно более приемлем для систем небольшого размера. Ратификация означает, что тип используемого процесса/технологии очистки был предварительно оценен, что всегда должно иметь место при мелкомасштабном использовании, но не для целей исследований.

3.1.2 Отсеивание технических вариантов

При выборе санитарной системы необходимо уделить внимание функциональности системы, то есть способности выполнять основные функции, а также практическим вопросам. Технология является средством достижения целей, а не целью самой по себе. Важно, чтобы пользователь и его институциональный потенциал (программное обеспечение) были совместимыми с технической системой (аппаратные средства).

Техническое решение для санитарной системы выбирается согласно планируемой производительности и местным условиям. Поэтому используемые в различных ситуациях технологии отличаются. Как обычные, так и новые “экологически чистые” технологии могут отвечать предъявляемым требованиям, и нужно рассмотреть и оценить их для планируемой ситуации.

Краткий обзор различных технологий для управления / очистки сточных вод приводится в таблице 3.3. Детальное техническое описания систем очистки сточных вод не входит в задачи данной публикации.

Таблица 3.3. Технические варианты при различных функциях очистки сточных вод [1]

	"Обычные" технологии очистки (интенсивные / в помещении)	**Природные технологии очистки (экстенсивные/ наружные)**	**Исходное разделение**
Предварительное удаление взвесей	Решетки Сетки Сита Отстойники	Отстойники Септический резервуар Мульча-фильтр (почва с микроорганизмами)	(Некоторые из вариантов в колонках слева)
Удаление БПК (вторичная очистка)	Капельные биофильтры Биобарабаны Активация отстоя	Водоемы стабилизации Вэтланды Вертикальные почвенные фильтры (инфильтрация, песчаные фильтры) Орошение	(Некоторые из вариантов в колонках слева)
Удаление фосфора (третичная очистка)	Химическое осаждение на очистных сооружениях сточных вод. Биологическая обработка Осмотические фильтры	Водоемы для осаждения Инфильтрация Реактивные фильтры (горизонтальные фильтры) Орошение	Удаление мочи Удаление высушенной мочи (EcoSan) Отделение "черных вод"
Удаление азота (улучшенная очистка)	Нитрификация + денитрификация на очистных сооружениях сточных вод Осаждение струвитом, Обработка аммиаком	Нитрификация + денитрификация в сухих + влажных вэтланды, или песчаные фильтры + «влажный» вэтланд Орошение	Удаление мочи Удаление высушенной мочи (EcoSan) Отделение "черных вод"
Обработка отстоя (удаление воды, стабилизация, стерилизация)	“Сгустители” Сита Обработка на центрифуге Ферментация (компостирование, обработка известью)	Дренирующее основание Биологическое дренирующее дно (тростниковые маты) Длительное хранение Компостирование Обработка известью	(Некоторые из вариантов в колонках слева)

[1] Таблица подготовлена П. Риддерстолп при сотрудничестве с “Coalition Clean Baltic”.

Согласно таблица 3.3, применяется много различных технологий для очистки сточных вод. Хотя очистка на очистных сооружениях сточных вод кажется отличной от природных методов обработки, они все базируются на тех же самых общих принципах. Для создания эффективно функционирующей системы очистки, техническая система должна быть адоптирована к местным условиям и амбициям. Природные системы, в большей мере, соответствуют небольшим по масштабам или средним системам очистки. Они надежны и эффективны, если запроектированы должным образом. Они также обладают потенциалом для экономии энергии и средств, и очень просты в эксплуатации.

Сноска 3.2. Оценка традиционных систем очистки сточных вод

Традиционная система утилизации сточных вод, при которой бытовые сточные воды собираются и транспортируются по канализационному коллектору к централизованному очистному сооружению, часто считают нормой, с которой сопоставляются все другие санитарные решения. Однако анализ традиционной системы, при учете предварительно представленных основных функций и практических соображений, показывает, что это решение имеет ряд недостатков и преимуществ (суммированных ниже).

Основные функции

- *Охрана здоровья*
  - Гигиенические риски смещаются к водоприемникам (озера и водотоки).
  - Высокий уровень риска распространения болезней при нарушении работы системы.
- *Рециркуляция питательных веществ*
  - Не является частью концепции. Богатый питательными веществами отстой
  - часто подлежит захоронению. Питательные вещества перемешаны с токсичными компонентами в отстое. Методы извлечения питательных веществ из отстоя только разрабатываются, дороги и ненадежны.
- *Защита окружающей среды*
  - Эффективны в плане защиты озер и морей от эутрофикации.

Практические соображения

- *Экономика*
  - Крупные инвестиции, требующие создания развитого институционального потенциала для осуществления проектирования и финансирования
  - Затраты, которые будут оплачиваться экономически слабыми (а частично бедными) пользователями
- *Социально-культурные аспекты*
  - Эффективная система в плане избавления от больших объемов отходов и защиты пользователей от непосредственных неприятных ощущений и инфекций
  - Санитарные устройства со смывом хорошо воспринимаются пользователями. Высокий статус во многих частях мира.
  - Сложная техника, требующая наличия специализированных организаций для проектирования, реализации, поддержания и эксплуатации
- *Технические функции*
  - Перебои в водоснабжении делают туалеты ненадежными.
  - Высок риск остановки и нарушения процесса, требующего постоянного мониторинга и обслуживания

“Классическая” система очистки сточных вод на компактных сооружениях эффективна в отношении тех целей, ради которых она запроектирована, а именно снижение уровня неприятных ощущений и опасности заражения в непосредственном окружении и защита водоприемников от эутрофикации. Однако, другие цели, типа повторного использования и техническая надежность, не достигаются.

Для того чтобы система хорошо работала, достаточный экономический, а также институциональный потенциал должны быть развиты. Это редко имеет место, и поэтому традиционные системы очистки сточных вод не обеспечивают достаточной степени очистки в большинстве мест мира. Только приблизительно 30% из 1.1 миллиарда человек, обслуживаемых канализационными системами, которые оборудованы сооружениями вторичной очистки (удаление разлагаемого микроорганизмами органического вещества) или улучшения качества отстоя (удаление фосфора или азота). Из 540 ведущих городов Европейского Союза, только половина обеспечены системами неполной первичной или вторичной очистки, или менее того (ЕС, 2001 г.).

В Швеции хорошо развиты традиционные системы очистки сточных вод, где приблизительно 95 % населения подключено к централизованным очистным сооружениям сточных вод. Однако они были профинансированы, главным образом, за счет государственных субсидий, а не пользователями. Таким образом, экономический потенциал общества и готовность оплачивать услуги пользователями должны быть достаточно высоки, чтобы окупать инвестиционные затраты в обычные системы утилизации сточных вод с высокой степенью очистки (то есть, в соответствии с законодательством ЕС).

ПЛАНИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОЙ САНИТАРИИ

При принятии решений по системам очистки и управления сточными водами, концепции, описанные в предыдущем разделе, должны быть реализованы. Структурированный метод планирования может облегчить этот процесс. Несколько различных подходов были разработаны для этой цели, при обеспечении различных уровней сложности и точности, например:

- *Подход логического структурирования (ПЛС)*, инструмент планирования, при котором проблемы и варианты решений идентифицируются в общем контексте, но не обеспечивается специальное указание по выбору санитарной системы. Подход используется многими международными организациями развития.
- *Программа водоснабжения и санитарии ЮНДП и Мирового Банка* предлагает рассчитанную на потребителей процедуру планирования санитарных услуг, при которой главная целевая группа - разработчики и исполнители городских санитарных программ, например, правительства и донорские агентства.
- *Оценка экологических воздействий (ОВОС)*, систематизированная методология изучения воздействий на окружающую среду предложенного проекта, разработанная для оценки экологических последствий запланированного проекта, а не как руководство по выбору различных вариантов.
- *Программа городского водоснабжения*, шведская программа исследований устойчивых систем водоснабжения и канализации разработала концептуальную структуру указаний по планированию, которая весьма полезна при крупных проектах и в ситуациях, когда необходимо сделать стратегический выбор при крупных инвестициях.
- *Подход стратегического выбора (ПСВ)*, методология планирования, обеспечивающая принятие решений и связь с бенефициариями, используемая, например, при городском планировании, включающем санитарные системы и устойчивое развитие в развивающихся странах.
- *Открытое планирование утилизации сточных вод* - инструмент планирования, помогающий бенефициариям (пользователи, владельцы и регулирующие органы) обеспечить творческую связь по целям и вариантам, которое было разработано в Швеции специально для планирования санитарии. Ниже данный метод описывается более детально.

Метод открытого планирования утилизации сточных вод используемый в Швеции. Это простой и гибкий метод, который может использоваться при планировании как на макроуровне (всестороннее планирование санитарных услуг, например, на национальном уровне), так и на микроуровне (специализированный санитарный проект). Решения при планировании, типа решений по принципам выбора, конструкциям, местоположению и т.д. базируются на учете условий участка и оценке экологических воздействий. Таким образом, открытое планирование утилизации сточных вод отвечает принципам, включенным в закон ЕС (см. главу 5) и критериям устойчивости, описанным в этой главе.

Открытое планирование утилизации сточных вод фокусируется на необходимой производительности системы санитарии/очистки сточных вод, а не на определенной технологии. Основой этого метода планирования являются принцип использования “наилучшей имеющейся технологии” (НИТ) и принцип «платит тот, кто загрязняет (ПЗ)». Принцип НИТ устанавливает,

что должна использоваться наилучшая доступная технология, которая является экономически и практически осуществимой. Принцип ПЗ означает, что тот, кто причиняет загрязнение, должен оплатить необходимые восстановительные мероприятия.

Открытое планирование утилизации сточных вод меняет предвзятое мнение, обеспечивает более глубокое понимание целей санитарии и вынуждает бенефициариев рассматривать систему в целом. Метод также обеспечивает понимание компонентов программного обеспечения системы (пользовательские аспекты, институциональные аспекты, аспекты экономики и т.д.). Это способствует созданию систем, адаптированных к местным условиям, и разработке новых технологий. Особое внимание уделяется начальному этапу планирования. Дополнительное время и средства, которые инвестируются на раннем этапе планирования, позволяют лучше адаптировать системы и, таким образом, обеспечить более рентабельные санитарные решения. Независимый эксперт с хорошим знанием законодательства и санитарных технологий должен облегчить процесс планирования. Процесс планирования становиться более демократичным, благодаря подходу, обеспечивающему участие общественности.

ПРОЦЕСС ПЛАНИРОВАНИЯ: ОТКРЫТОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД

Открытый процесс планирования утилизации сточных вод может быть разделен на пять этапов, описываемых ниже. Чтобы проиллюстрировать этот метод планирования, используется пример планирования модернизации небольшого старого сооружения для очистки сточных вод в Вадсбро, Швеция, описывая каждый этап.

Этап 1: Идентификация проблем и начальных идей по их решению.
Прежде всего, необходимо выполнить оценку текущей ситуации и идентифицировать проблемы. При начальном обсуждении определяются задачи будущей новой или реконструируемой санитарной системы, а также стратегии и возможные технические решения. Большое значение для оценки имеют практические, юридические и экономичные предпосылки.

Все бенефициарии должны участвовать в процессе планирования. Поэтому, бенефициарии и их роли должны быть определены. Группы бенефициариев могут включать:

- Жителей: пользователей и иногда владельцев планируемой санитарной системы.
- Планирующие органы, министерства и политических деятелей (например, муниципальные планирующие и природоохранные органы).
- Землевладельцы (владельцы земельных участков, на которых будут расположены компоненты санитарной системы).
- Подрядчики (они могут быть вовлечены в строительство и/или поддержание и эксплуатацию системы).
- Фермеры (пользователи продукции очистки отходов и, возможно, очищенных сточных вод).
- Общественные организации.
- Другие бенефициарии, например, соседние жители, имеющие колодцы питьевой воды, население, живущее ниже по течению.
- Инженеры, как государственных, так и частных организаций.
- Финансирующие агентства.

На практике, особенно при небольших проектах, невозможно собрать всех бенефициариев для обсуждения его аспектов. Вместо этого, эксперт по санитарии (“помощник”, упомянутый выше) должен собрать мнения различных бенефициариев.

Сноска 3.3: Идентификация проблем и бенефициариев в Вадсбро

Вадсбро – небольшая коммуна в сельской местности. Канализационная система отводит сточные воды сорока домохозяйств на старое очистное сооружение. Сточные воды самотеком поступают на насосную станцию, которая перекачивает их на очистное сооружение. Очистное сооружение расположено около небольшой канавы, которая дренирует территорию деревни, участок леса и фермы, расположенные вверх по течению. Очистное сооружение окружено равнинными сельскохозяйственными угодьями, и владелец земли к западу от очистного сооружения разрешил использовать их, как часть системы очистки сточных вод.

Плохо функционирующее очистное сооружение нуждалось в модернизации, чтобы обеспечить качество очищенных сточных вод, отвечающее стандартам, принятым местным муниципалитетом. Проект был инициирован после того, как отчеты учащихся близлежащей школы показали, что имеются альтернативы строительству нового очистного сооружения в Вадсбро.

Группа бенефициариев включала жителей, муниципалитет, землевладельца/фермера и школу. Они приняли участие в обсуждении проекта на ранней стадии, и хотя проект, главным образом, требовал принятия решения в рамках муниципалитета, сельские жители проявили большую заинтересованность в его планировании. Был проведен сельский сход, который посетило большинство сельских жителей. Были организованы несколько встреч в муниципалитете, как часть процесса планирования, и фермер/ землевладелец стал одним из самых заинтересованных и важных участников.

Шаг 2: Идентификация предпосылок планирования и определение границ системы

Планирование основывается на поставленных задачах (функции, которые должны быть обеспечены) санитарных услуг и на существующих практических, юридических и экономических условий участка строительства. Границы системы являются основой технического задания (этап 3) и проектирования системы. Исходные данные, которые необходимо уточнить при планировании проекта, включают:

- Число жителей, подключенных к канализации, в настоящее время и в обозримом будущем.
- Объемы очищаемых вод и степень их загрязнения.
- Природные условия, включая данные о грунтовых водах, местоположении близлежащих озер и водотоков, осадках, топографии, почвенных условиях и т.д.
- Существующая система - что может быть использовано?
- Возможности для повторного использования питательных веществ.
- Сбросные воды в пределах рассматриваемой площади.
- Пользователи: их готовность и возможности оплачивать услуги, социально-экономические характеристики, культурный контекст.
- Правовые рамки.
- Финансирование (потенциал платежеспособности пользователей).

Как было отмечено ранее, необходимо определить границы санитарной системы. Определение границ важно для расчетов стоимости, распределения обязанностей и выбора места отбора проб сбрасываемых сточных вод, если это необходимо.

Сноска 3.4: Условия проектирования и границы системы в Вадсбро

Очистное сооружение расположено вдоль небольшой речки, которая является также водоприемником. Речка втекает в озеро Вадсбро. Красивое место, которое используется для отдыха, расположено около места впадения речки в озеро. Озеро Вадсбро чувствительно к эутрофикации, и санитарные проблемы могут возникнуть на пляже озера.

На момент разработки проекта, очистное сооружение обслуживало 125 человек. Увеличение числа жителей в будущем не ожидалось, и проектирование велось исходя из численности населения в 140 человек, что предопределяет (при той же нагрузке) средний расход сточных вод 45 м3/сут. Количества питательных веществ были рассчитаны, базируясь на шведских стандартных цифрах.

Границы системы были установлены, чтобы обеспечить охват существующую закрытую канализационную систему, насосные станции и здания, и также определенное расширение территории за счет включения полей очистки.

Этап 3: Составление технического задания (ТЗ) и возможные принципиальные технические решения

В техническом задании определяются минимальные уровни первичных функций, которые могут быть обеспечены, исходя из технически и экономически обоснованных решений. Таким образом, при составлении технического задания необходимо обеспечить баланс между планируемыми задачами и техническими и экономическими возможностями. Это самый важный этап в процессе планирования, так как все проектные решения будут базироваться на техническом задании. При планировании различные технические варианты должны быть рассмотрены, чтобы убедиться является ли техническое задание реалистичным. Для подтверждения задач и технических/экономических параметров технического задания, бенефициарии (определенные на этапе 1 процесса планирования) должны участвовать в его обсуждении. В техническом задании формулируются основные цели, с одной стороны, и вопросы их практической реализации, с другой стороны, с тем, чтобы они были сбалансированы.

Таблица 3.4 Техническое задание для Вадсбро. Техническое задание для санитарной системы в Вадсбро основывается на шведском природоохранном законодательстве, возможностях водоприемника и пожеланиях сельских жителей и муниципалитета в отношении адаптации системы к местным условиям

Основные функции	**Практические вопросы**
Охрана здоровья населения • Предотвращение санитарных негативных последствий, например, неприятного запаха. • Сток должен иметь либо качество воды для купания, либо должен быть исключен прямой контакт с людьми, пока не будет достигнуто качество воды для купания. *Рециркуляция* • Фосфор:> 75 % должно быть повторно использовано. • Другие ресурсы, ценные для сельского хозяйства. *Борьба с экологической деградацией* • Фосфор:> 90%-ое сокращение. Не больше чем 0.1 кг/чел ежегодного стока и <0.1 мг/л. • Азот:> 50%-ое сокращение. Не больше чем 2.5 кг/чел ежегодного стока. Сбрасываемый в форме нитратов. • БПК:> 95%-ое сокращение.	*Экономика* • Инвестиции не должны превышать 4000 долларов США на домохозяйство. • Поддержание и эксплуатация не должны превышать 250 долларов США в год на домохозяйство. *Социально-культурные аспекты* • Новые системы могут потребовать нового соглашения о распределении ответственности между муниципалитетом и фермерами. • Повторное использование питательных веществ должно быть адоптировано к возможностям данной территории. • Система должна быть приспособлена к настоящему и будущему использованию земельных ресурсов. *Технические функции* • Надежная система, исключающая неожиданные поломки. • Использование существующей инфраструктуры, когда это возможно. • Мониторинг стока может стать более трудоемким при новой системе и может потребовать применения новых методов

Этап 4: Анализ возможных решений

На этом этапе, исследуются и описываются различные принципиальные решения (они, вероятно, уже рассмотрены во время работ этапа 3). При определении альтернативных решений следует рассмотреть все возможные мероприятия для достижения целей, от источника до водоприемника. По крайней мере, три варианта, которые отвечают требованиям технического задания, должны быть разработаны и описаны на уровне эскизного проекта. Это означает, что все новые компоненты системы должны быть описаны технически, а именно их параметры, конструкции и место установки. Необходимо оценить затраты на строительство и эксплуатацию.

Все варианты должны быть описаны в доступной для неспециалистов манере. Иногда необходимо вернуться к проработкам этапа 3, чтобы пересмотреть техническое задание, если не могут быть найдены какие-либо приемлемые решения, которые отвечают основным целям и практическим соображениям.

Сноска 3.5: Анализ возможных решений в Вадсбро

Несколько различных решений для Вадсбро были предложены и обсуждены. Среди них были четыре различные децентрализованные системы утилизации сточных вод, которые не были приняты бенефициариями. Причиной для этого было то, что централизованная система уже существовала, и канализационная система была недавно отремонтирована.

Выполнимыми санитарными решениями очистки, идентифицированными для Вадсбро были:

1. Первичная очистка, зимнее хранение и орошение лесного участка летом.
2. Стабилизационные пруды с химическим осаждением (известью).
3. Первичная очистка, капельный фильтр и канава-биофильтр.
4. Первичная очистка, капельный фильтр и смена культур/вэтланды.
5. Первичная очистка, песчаные фильтры и биофильтр-канава/вэтланд.
6. Пакетное очистное сооружение (реактор периодического действия), включая нитрификацию, с последующим прохождением через канаву-биофильтр или вэтланд.

Решения были представлены в виде эскизов, чтобы показать, как каждая альтернатива работает технически и также ее соответствие техническому заданию. Предварительная оценка инвестиций и затрат на поддержание и эксплуатацию также сопровождала каждое из шести решений.

Этап 5: Выбор наиболее приемлемого решения

Заключительный выбор утверждается при согласии будущих пользователей и других бенефициариев. Для облегчения выбора, альтернативы, представленные на этапе 4, оцениваются по их соответствию техническому заданию, используя, например, матрицу оценок в баллах.

Сноска 3.6: Заключительный выбор решения в Вадсбро

Для сравнения шести альтернатив, предложенных для Вадсбро, матрица оценок в баллах была заполнена

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
Охрана здоровья	-	++	++	-	++	-
Повторное использование	++?	++	++	+++	++	++
Охрана природы	+++	++	++	++	++	+
Экономика	+++	+++	++	++	-	--
Социальные аспекты	-	+(+)	++	++?	+	++
Технические функции	-	++	++	-	+++	+++
Заключение	Очень эффективный и дешев, но есть гигиенические угрозы	Эффективный надежный, требует обслуживания	Эффективный, дешев, гибкий, надежный.	Нет достаточного опыта, но очень интересный.	Эффективный, но довольно дорогой.	Простой, но неэкономичный

Альтернатива 6 (пакетное очистное сооружение) была первоначально наиболее перспективной альтернативой, но обсудив последствия каждой альтернативы согласно требованиям технического задания с экспертом по санитарии, бенефициарии, в конце концов, согласились на альтернативу 3 (первичная очистка, капельный фи льтр и канава-биофильтр). Затраты и риски, связанные с альтернативами были решающими факторами для выбора решения, и альтернатива 3 была отмечена как наиболее дешевая и эффективная в отношении уменьшения загрязняющих компонентов и рециркуляции питательных веществ по сравнению с другими альтернативами. Альтернатива 3 также учитывала предварительное осаждение в период зимней эксплуатации.

3.1.1 Открытое планирование утилизации сточных вод для типичных ситуаций в странах Центральной и Восточной Европы

Приведенный выше пример, касающийся Вадсбро, является типичной ситуацией для многих небольших деревень восточной Прибалтики и других бывших республик Советского Союза. При планировании модернизации системы, подобной этой, или нового строительства, метод открытого планирования очистки сточных вод (ОПОСВ) весьма полезен. Ниже описываются три концептуальных случая типичных санитарных ситуаций в регионе Центральной и Восточной Европы, базируясь на концепции открытого планирования утилизации сточных вод.

Пример 1: Модернизация устаревшего очистного сооружения в небольшой деревне
В этом примере рассматривается ситуация планирования для маленькой деревни на острове Саарима в Эстонии. Жители острова имеют низкие доходы, и уровень безработицы высок. Очистка сточных вод осуществляется на старой, построенной в Советское время очистных сооружениях, которые необходимо модернизировать. При существующей системе, смешанные сточные воды собираются и очищаются на сооружении с биореактором и биопрудами. Система громоздкая и энергозатратная. Качество очистки недостаточное, и сбрасываемые воды загрязняют небольшую близлежащую речку. Запасы подземных вод ограничены и чувствительны к загрязнению.

Процесс планирования начинается с обсуждением ситуации с людьми, ответственными за идентификацию проблем и принятие возможных решений. Для обсуждения, существующая система представляется в виде эскиза и описывается в плане (отсутствия) экологических выгод, гигиенических рисков и затрат. На первом совещании участвуют местный мэр, представители

муниципальных экологических органов и лица, ответственные за поддержание и эксплуатацию существующего очистного сооружения сточных вод. После определения основных условий планирования, составляется техническое задание, и описываются возможные варианты модернизации. Для оценки расходов сточных вод, БПК и нагрузки питательных веществ используются нормативные цифры (см. таблицу 3.1) и численность подключенных пользователей. Система определяется как включающая все дома, подключенные к существующей системе очистки сточных вод, и до водоприемника. Граница между очистным сооружением и водоприемником определена для каждой альтернативы.

Обследование показывает, что существующая канализационная сеть, сбросное сооружение и система очистки (биореактор и биопруды) находятся в весьма хорошем состоянии и могут быть реконструированы. Таким образом, имеются преимущества, если в новой санитарной системе может быть использована часть инфраструктуры существующей системы. Техническое задание требует, чтобы будущая система защищала от загрязнения речку (улучшение качества воды в речке, где обитают раки и окуни, планируемая задача проекта) и питьевые колодцы. Экономия электроэнергии и снижение эксплуатационных затрат важны для местных жителей (счета за электроэнергию удвоились только за последние несколько лет), кроме того, желательно также создание новых рабочих мест.

Основываясь на утвержденном техническом задании и проектных условиях (критерии задания размеров), три альтернативы очистки сточных вод были отобраны для дальнейшего проектирования. Варианты:

а) Орошение лесопосадок (описывается в главе 4 для условий Швеции и Венгрии).
б) Осаждение в водоемах (описывается в главе 4, Швеция).
в) Компактное очистное сооружение.

Оценка различных вариантов показала, что компактное очистное сооружение (альтернатива “в”) - наименее привлекательный вариант из-за его высокой стоимости и менее эффективен в плане достижения поставленных целей (особенно, охраны здоровья) по сравнению с другими альтернативами. Каждая из двух оставшихся альтернатив имеет свои преимущества. После обсуждения с бенефициариями, осаждение в водоемах (альтернатива “б”), была выбрана, так как эта система надежна на протяжении всего года и может быть построена местными специалистами, базируясь на существующей инфраструктуре.

Пример 2: Строительство нового пригородного поселка
В этом случае, используется пример из Литвы, новый поселок (приблизительно 30 домов) запланирован для владельцев со “средними или высокими доходами” в красивой местности за пределами города, на большом расстоянии от существующей централизованной канализационной системы. Земля принадлежит местному подрядчику, который построит дома и продаст их будущим жителям. Один из продаваемых участков жилой зоны - близлежащий пляж, расположенный на маленьком озере.

Точное число домов, которые будут построены на этой площади не известно на данном этапе, и подрядчик хочет освоить территорию поэтапно. Планируется освоить всю территорию за период от 3 до 10 лет. Чтобы избежать инвестиций в инфраструктуру без доходов, желательны индивидуальные решения для каждого дома. Организация, осваивающая земельный участок, понимает значение установки водосберегающего оборудования и современных санитарных методов, которые должны быть запланированы с самого начала.

Начальные переговоры с муниципалитетом ясно дали понять, что локальные решения могут привести к проблемам. Экологический отдел муниципалитета имел отрицательный опыт,

связанный с эксплуатацией старых локальных систем (типа уборных и выгребных ям). Поэтому, они рекомендовали подключиться к централизованной системе или построить закрытый резервуар, из которого “черные воды” будут транспортироваться на муниципальное очистное сооружение.

После ряда обсуждений с экспертом по ОПОСВ, местным фермером и неправительственной организацией, подрядчик решил изучить варианты, базирующиеся на “экологических принципах”. В подготовленном техническом задании вопросы охраны здоровья населения и защиты окружающей среды были четко сформулированы. Так как коммерческой идеей разработчика проекта является предложение людям качественной и красивой среды проживания, он осознает важность предотвращения отрицательных воздействий на окружающую среду, насколько это возможно (например, близлежащее озеро запланировано использоваться как место отдыха будущих жителей). Повторное использование питательных веществ (и воды) - также среди целей проекта, так как фермер заинтересован в использовании продуктов переработки на своих полях. Разработчик желает построить удобную систему, которая будет легко эксплуатироваться и обслуживаться, и при этом не сделает дома менее привлекательными для продажи семьям с высокими доходами.

Исходя из условий проектирования и технического задания, следующие альтернативы были изучены:

а) Подключение к существующим централизованным сооружениям очистки сточных вод в городе.
б) Система “черной воды” (“черная” и “серая” вода очищаются раздельно) (упрощенный вариант системы, описанной в главе 4, Германия).
в) Система отвода мочи унитазами двойного стока.
г) Накопление и орошение леса (вариант, описанный в главе 4 для условий Венгрии и Швеции).

Альтернатива (а) исследована для сравнения, поскольку муниципальные власти первоначально одобрили эту систему. После сравнения и оценки этих четырех альтернатив на соответствие техническому заданию, была выбрана альтернатива (б), так как она обеспечивает наиболее приемлемое гигиеническое решение, и продукты переработки в большей степени отвечают требованиям фермера. Подрядчик скептически относится варианту орошения лесопосадок (г), так как он полагает, что орошение сточными водами лесопосадок вблизи жилой зоны не будет воспринято планируемой группой покупателей. Альтернатива (в) была отмечена, как весьма интересная, но беспокойство вызывает смешивание фекалий с водой, так как водоприемником очищенных сточных вод являются подземные воды.

Пример 3: Улучшение санитарных условий для бедных людей в сельской местности
Этот пример представляет ситуацию в сельской местности Болгарии, где семьи имеют низкий доход, а уровень безработицы высок. Занятие сельским хозяйством домохозяйств обычное явление. Территория характеризуется карстовыми подстилающими породами, маломощными почвами и чувствительными к загрязнению подземными водами. Существующие санитарные системы состоят из обычных уборных с выгребными ямами, которые не функционируют должным образом, так как они загрязняют грунтовые воды и создают неудобства для пользователей, в виде мух и неприятного запаха. Питьевая вода берется из частных колодцев.

Процесс планирования начинался с обсуждений, где пользователи имели возможность заявить о своих нуждах и пожеланиях относительно новой санитарной системы. Местные муниципальные власти рассматривают существующие системы неприемлемыми, так как, в особенности, дети страдают от патогенного загрязнения воды в неглубоких колодцах. Имелись планы превращения деревни в доверительную собственность, но существующие санитарные

системы в деревне препятствуют осуществлению этих планов. Поэтому при составлении технического задания, были выделены вопросы защиты грунтовых вод и колодцев питьевой воды. Повторное использование питательных веществ отмечено как интересное направление, так как домохозяйства не могут позволить себе использование химических удобрений. Очевидно, что система должна быть надежной, простой в эксплуатации и обслуживании самими пользователями. Кроме того, инвестиционные затраты должны быть небольшими, так как субсидии или гранты трудно получить для сельского развития. Так как часты перебои в электроснабжении, система должна функционировать без электропитания. Необходимо приспособить систему к изменению размеров домохозяйств. Наиболее важной целью для пользователей, является обеспечение санитарной системы, которая будет чистой, удобной и безопасной.

Централизованные решения не приемлемы из-за экономического состояния муниципалитета и пользователей. Поэтому рассматривались только децентрализованные локальные решения. В соответствие с техническим заданием и проектными условиями, следующие альтернативные решения, были отобраны для дальнейшей проработки:

а) Существующие уборные с выгребными ямами оборудовать вентиляцией и утилизировать “серую воду” во дворах.
б) Отдельное удаление мочи и локальная утилизация “серой воды”, с помощью построенных грунтовых фильтров
в) Локальная система со смывом водой и очистка на децентрализованных грунтовых фильтрах.

В начале обсуждения, система со смывом водой (альтернатива “в”) была одобрена пользователями, так как санитарные устройства со смывом водой имеют высокий статус. Однако, после сравнения технических характеристик системы со смывом водой с техническим заданием, пользователи поняли, что «сухая» санитарная система лучше удовлетворяет их требованиям и более эффективна в экономическом плане. Альтернатива (а) проста, но опыт показал смешивание мочи и фекалий создает неприятности, типа мух, и усложняет процесс рециркуляции. Кроме того, жители, особенно женщины, хотели избавиться от “системы вычерпывания”. Альтернатива (б), кажется, лучше всего отвечает условиям технического задания, и было решено начать проект реализации этой системы в деревне. Испытания показали, что разделение мочи и фекалий обеспечивает более легкую переработку продуктов отстоя. Мочевина является хорошим удобрением для ягод, кукурузы, шпината и других выращиваемых здесь культур. Основываясь на опыте пилотного проекта, санитария на основе обезвоживания развивается в деревне. Как “побочный результат” развивается местный рынок производителей туалетного оборудования.

3.2 Литература, рекомендуемая для дополнительного ознакомления

Ниже приводится список литературы, содержащую дополнительную информацию по вопросам устойчивой санитарии. Все рекомендуемые документы могут быть загружены через Интернет (на время написания книги).

По общей тематике:

- The Urban Water Research Programme: www.urbanwater.org.

- The EcoSanRes Programme: www.ecosanres.org

- Winblad, U, Simpson-Hйberg, M. (2004) *Ecological sanitation.* Revised and enlarged edition. Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation_2004.pdf

• Ridderstolpe, P. (2004) *Introduction to Greywater Management.* Report 2004–4, EcoSanRes Publications Series. Stockholm: Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR4web.pdf

По планированию:

• Kvarnstrцm, E., af Petersens, E. (2004) *Open Planning of Sanitation Systems.* Report 2004–3, EcoSanRes Publications Series. Stockholm: Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR3web.pdf

• Ridderstolpe, P. (1999) *Wastewater Treatment in a Small Village – options for upgrading.* Uppsala: Coaltion Clean Baltic and WRS Uppsala AB. http://www.ccb.se/documents/WastewaterTreatmentinaSmallVillage-OptionsforUpgrading.pdf

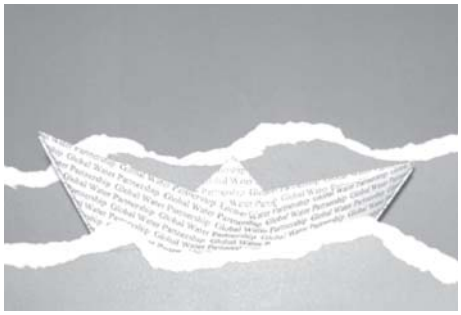
• Ridderstolpe, P. (2000) Comparing consequence analysis. *EcoEng Newsletter* 1/2000. http://www.iees.ch/EcoEng001/EcoEng001_R4.html

• Ridderstolpe, P. (2004) *Sustainable Wastewater Treatment for a New Housing Area. How to find the right solution.* Uppsala: Coalition Clean Baltic and WRS Uppsala AB. http://www.ccb.se/documents SustainableWWTforaNewHousingArea.HowtoFindtheRightSolution.pdf

По вопросам повторного использования:

• Jцnsson, H., Richert Stintzing, A., Vinneres, B., Salomon, E. (2004) *Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production.* Report 2004-2, EcoSanRes Publications Series. Stockholm: Stockholm Environment Institute. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf

• World Health Organization (2006) WHO *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water.* Can be downloaded from: http://www.who.int water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/index.html



Глава 3

Примеры устойчивых санитарных систем

Редакторы: Богдан Макорол и Питер Риддерстолп

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивая санитария предполагает охрану здоровья населения, не причиняя экологического ущерба или истощения основных ресурсов, при этом, она технически и институционально адаптирована, экономически жизнеспособна и социально направлена (как описано в главе 3). Таким образом, термин устойчивая санитария относится скорее к функциями, выполняемым санитарной системой, а не к какой-либо конкретной санитарной технологии.

Есть много различных технических вариантов обеспечения устойчивых санитарных услуг, и выбор технического решения зависит от местных условий. Чтобы проиллюстрировать разнообразие доступных вариантов, пять примеров создания устойчивых санитарных систем представлены в этой главе. Диапазон приведенных примеров охватывает весь спектр технологий от наиболее простых до высокотехнологичных решений и от систем сортировки исходных компонентов до технологий, обеспечивающих полную очистку сточных вод.

Мы попросили все страны Центральной и Восточной Европы внести свой вклад, и три из них - Венгрия, Словения и Украина – поделились своим опытом. Поскольку ряд других европейских стран имеет длительный опыт создания устойчивых санитарных систем, Глобальное Водное Партнерство ЦВЕ попросило Германию и Швецию представить презентации по созданию систем устойчивой санитарии в их условиях.

ВЭТЛАНД “SVETI TOMAZ”, ПОСТРОЕННЫЙ В СЛОВЕНИИ

Богдан Макарол

ВВЕДЕНИЕ

Новые экологические директивы, отвечающие требованиям ЕС, поставили перед Словенией серьезные задачи в сфере очистки сточных вод. Очистка часто бывает недостаточной, особенно в поселках с населением менее 2000 человек. Во многих местах, сбросы сточных вод причиняют экологический ущерб и приводят к заражению людей различными болезнями.

До недавнего времени в Словении не придавалось особого значение ценности экосистем вэтландов для очистки сточных вод. Разработка экологических технологий, типа целенаправленного создания вэтландов, началась 20 лет назад. Интересная концепция воплотилась при внедрении механической системы для водообмена в каскаде секций с вертикальным перетоком, и системах, сочетающих вертикальный и горизонтальный потоки в

пределах одной секции, а также очищающие поглотители. Сегодня благодаря их непрерывному развитию и эффективности, эти системы представляют “зеленое” направление экологической инженерии страны, при этом, более 63 вэтландов, запроектировано и построено.

В Словении действуют 143 государственных очистных сооружения муниципальных сточных вод (ОССВ), построенных для поселков с численностью населения менее 2000 человек. Девять из них - природные системы очистки сточных вод (типа вэтландов). Одна из таких систем построена в поселке “Sveti Tomaz”.

Процессы проектирования и строительства

Поселок “Sveti Tomaz” расположен в северо-восточной Словении в провинции Прлекия (муниципалитет “Sveti Tomaz”). Ближайший город Ормаш находится на расстоянии 12 км. До 2001 года единственным решением в вопросе утилизации муниципальных сточных вод было использование индивидуальных выгребных ям. В то время не было никакой системы канализации.

Реализация проекта ОССВ “Sveti Tomaz” началась в октябре 1999 года. Выбор системы начался с официального приглашения для участия в тендере, объявленного коммунальной компанией Ормаша, местной государственной организацией, ответственной за охрану окружающей среды. Выигравшее тендер предложение базировалось на концепции использования вэтланда, разработанного компанией “Limnos”, который был построены в период с апреля по сентябрь 2001 года и сдан в эксплуатацию в октябре 2001 года (рис. 4.1). Вэтланд “Sveti Tomaz” построен для обслуживания 250 жителей одноименного поселка.



Рис. 4.1 Вэтланд “Sveti Tomaz”

Конструкция системы

ОССВ было запроектировано для среднесуточного расхода сточных вод 38 м3/сут и занимает площадь 700 м2 (39x18 м). Система состоит из септического резервуара (отстойника), где происходит предварительная очистка сточных вод, и четырех последовательных секций очистки (секция фильтрации, две секции очистки и секция доочистки, см. рис. 4.2).

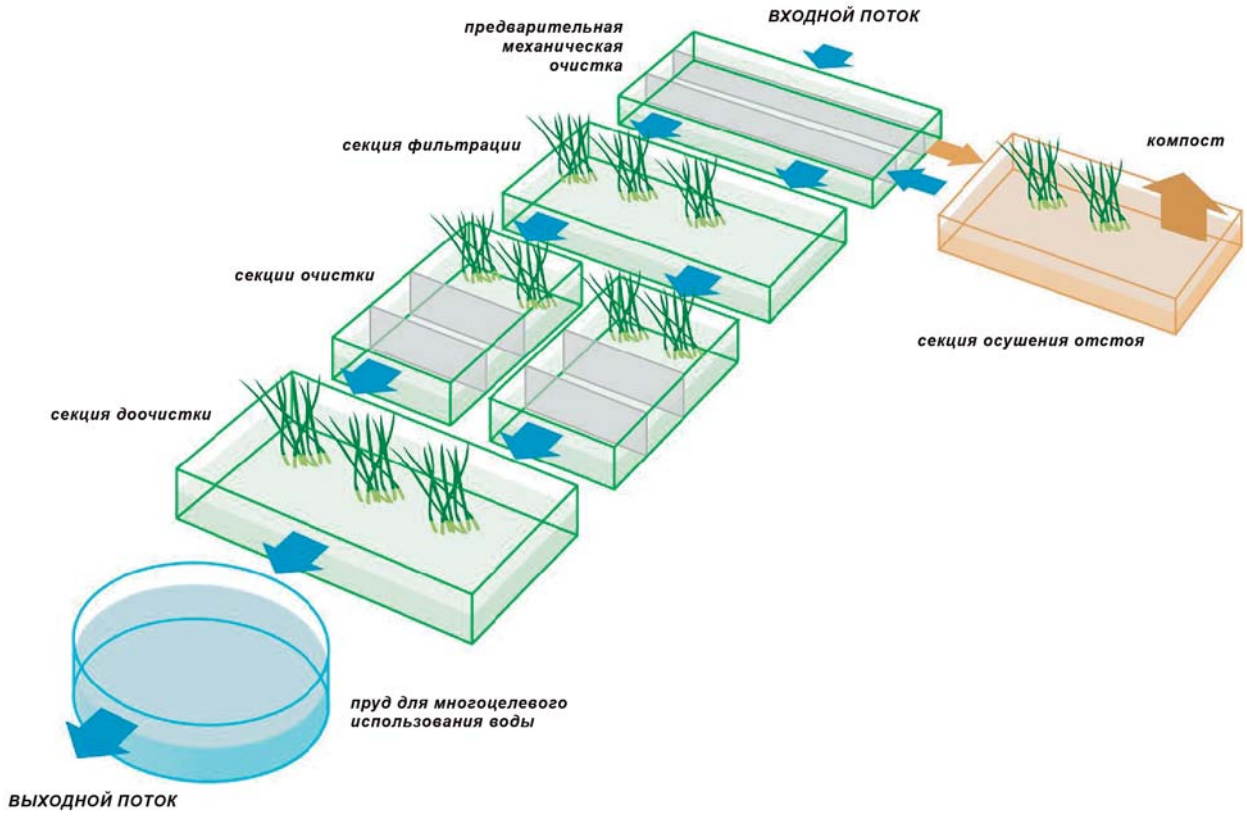


Рис. 4.2. Схема построенного вэтланда. Система состоит из септического резервуара, служащего для первичной очистки, и четырех последовательных секций очистки

Глубина секций построенного вэтланда изменяется от 0.5 до 0.8 м, в то время как уклон дна варьирует от 0 до 1.5 %. Вся система водонепроницаема и облицована пленкой из полиэтилена высокой плотности 2 мм толщиной с отсыпкой по верху фильтрующей смеси. Отсыпанный слой состоит из смеси различных материалов (мелкозернистый песок, песок, гравий и небольшое количество почвы, используемой только вместе с растениями) со специально подобранным составом по размеру и процентному содержанию частиц. Проницаемость смеси составляет 10^{-3} м/сек, при возможной инфильтрационной нагрузке - 5.3 см/сут.

После выемки грунта, в секциях вэтланда укладывалась водонепроницаемая пленка, монтировались дренажные трубы и отсыпалась фильтрующая смесь, а осенью в секциях была произведена посадка из расчета 7 корневищ с побегами на один квадратный метр обычного тростника *(Phragmites australis)* и осоки *(Carex gracillis*).

Вода фильтруется в искусственном вэтланде “Sveti Tomaz”. В описанном вэтланде вода движется только за счет сил гравитации, поэтому система работает без каких-либо дополнительных механизмов и электрического оборудования. Схема построенного вэтланда приведена на рисунке 4.3.

Важно, чтобы взвеси в сточных водах были предварительно осажены до очистки в вэтланде, иначе поры фильтрующего слоя почвы быстро заилятся. Очистка происходит в микро экосистемах, формирующихся вокруг частиц почвы и корней полупогруженных растений. Почвенная среда является субстратом, поддерживающим рост растений и одновременно создает поверхности для микроорганизмов. Бактерии разлагают органическое вещество на углекислый газ и воду (процесс минерализации). Медленное насыщение воды кислородом является существенным ограничивающим фактором для процесса минерализации, и поэтому он проходит

довольно медленно. Немного кислорода поступает в воду за счет растений, но его количество минимально. В то же время, растения вносят свой вклад в очистку сточных вод, ассимилируя питательные вещества и другие элементы при накоплении их биомассы. Они также расходуют воду за счет транспирации. Использование всасывания воды, что создает движение воды в микропорах и обеспечивает взаимодействие бактерий и воды вблизи крошечных корневых отростков, было предложено для ускорения очистки.

Недостаток кислорода замедляет скорость нитрификации, но полученные нитраты легко денитрифицируются и выбрасываются в атмосферу в виде азотного газа. Фосфор сорбируется средой, благодаря различным механизмам, типа ионного обмена, флокуляции и осаждения. Темпы удаления фосфора замедляются со временем и зависят в значительной степени от содержания железа, алюминия и кальция в созданной среде. Содержание металлов в муниципальных сточных водах обычно низко и не представляет больших трудностей в процессе очистки. Биологическое аккумулирование тяжелых металлов в тканях растения, которое могло бы иметь негативное влияние на их рост, не наблюдалось. Микроорганизмы и природные физические и химические процессы обеспечивают удаление около 80-90 % загрязняющих веществ. При скашивании растительности удаляется приблизительно 10-20 % питательных веществ. Построенные вэтланды снижают уровень фекального загрязнения на 95-99 %.

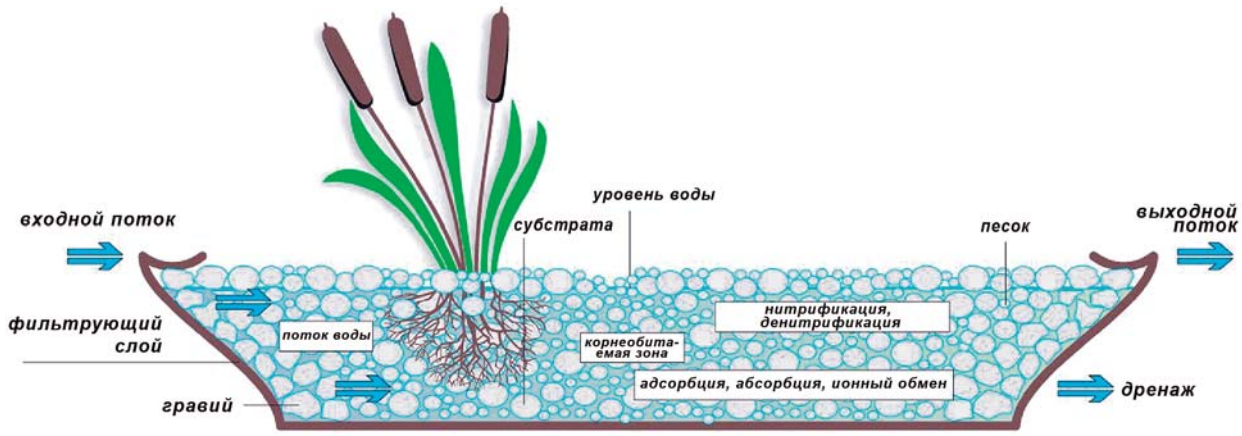


Рис. 4.3. Поперечное сечение построенного вэтланда

Результаты и приобретенный опыт

Согласно словенским нормативам, приведенным в “Постановлении о содержании загрязняющих веществ в стоках после очистки сточных вод на малых городских очистных сооружениях (OG RS, 103/02, 41/04), мониторинг систем (200 - 1000 PE) обязателен каждые два года. Поэтому, были построены наблюдательные скважины для отбора проб воды на входе и выходе очистных сооружений. Эффективность построенных вэтландов контролируется по показателям химического потребления кислорода (ХПК) и биохимического потребления кислорода ($БПК_5$), определяемых при анализах проб воды. Результаты анализов, выполненных в апреле 2004 г. и июле 2006 г. Институтом охраны окружающей среды, входящего в структуру Института здравоохранения Марибор представлены в таблице 4.1. Так как вещества, содержащиеся в сточных водах, легко разлагаемые, ожидалась высокая эффективность их удаления. Данные анализов также указывают на высокий потенциал очистки (ХПК 77-93 %, $БПК_5$ 94-95 %).

Построенный вэтланд “Sveti Tomaz” имеет много преимуществ, а именно низкую стоимость строительства (около 50.000 Евро) и небольшие эксплуатационные издержки (эксплуатация построенного вэтланда обходится в 200 Евро в месяц), простота строительства и обслуживание, пониженный уровень рисков санитарного и экологического загрязнения, и создает “естественный” ландшафт поэтому быстро был воспринят местным населением, а также не стал источником шумов или неприятного запаха.

Таблица 4.1 Эффективность очистки по выбранным параметрам (вэтланд “Sveti Tomaz”) в апреле 2004 г. и июле 2006 г.

Параметр		**Апрель 2004 г.**	**Июль 2006 г.**	**ПДК в Словении**
ХПК (мг/л)	Приток	130	400	
	Отток	<30	<30	150
	КПД (%)	77	93	
$БПК_5$ (мг/л)	Приток	50	150	
	Отток	<3	<3	30
	КПД (%)	94	98	
Взвеси (мг/л)	Приток	25	120	
	Отток	<10	<10	
pH	Приток	7,5	7,3	
	Отток	7,3	7,3	

В Словении строительство вэтландов выглядит весьма обоснованным решением для:

- Поселков менее 2000 жителей.
- Редко заселенных территорий, где общины не имеют никаких систем очистки сточных вод.
- Территорий, где очистка воды включает только механическую обработку.
- Мест, где третичная очистка отсутствует или недостаточна (особенно в местах, отмеченных как источник питьевой воды, например, подземные воды).
- Карстовых участков (44 % территории Словении), где загрязнение подземных вод представляет серьезную опасность для населения. При этом, вследствие недостатка воды, существенное значение имеют повторное использование водных ресурсов и контроль их качества.
- Мест туризма (например, кемпинги, гостиницы и достопримечательности), где большая нагрузка в разгар сезона намного превышает потенциал самоочищения водотоков.
- Площадей особой природной ценности (36 % территории государства признаны как территории категории “Природа 2000”). Поскольку построенные вэтланды почти незаметны в естественной окружающей среде и вносят вклад в её большее разнообразие, их использование, в большой степени, подходит для природных парков.

Дальнейшее развитие системы вэтландов необходимо сфокусировать на оптимизации очистки при сокращении их площади, используя различные конструкции, отсыпаемые субстраты и сочетания растений и природных микробов.

Контактная информация
*Разработчик проекта:*Limnos, Company for Applied EcologyPodlimbarskega 31, SL - 1000 Ljubljana; Slovenia **Phone:** +386 1 5057 472 **Fax:** +386 1 5057 386 Website: www.limnos.si

Пользователь проекта: **Communal Company Ormoz / Komunalno podjetje Ormoz d.o.o.Hardek 21c, SL – 2270 Ormoz, Slovenia,** The manager: Ms. Pavla Majcen **Phone:** +386 2 741 06 40
Fax: +386 2 741 06 50
E-mail**:** kpo.tajnistvo@siol.net

ОРОШЕНИЕ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ПЛАНТАЦИЙ ТОПОЛЯ - УСТОЙЧИВОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ ПОСЕЛКОВ БЕЗ СИСТЕМ КАНАЛИЗАЦИИ В ВЕНГРИИ

Виктория Маржисак

ВВЕДЕНИЕ

В больших городах Венгрии, питьевое водоснабжение было организовано уже 150 лет назад. Это улучшило условия жизни, но стало причиной новых проблем –распространение неприятного запаха и инфекций, связанных со сточными водами. Первое законодательство, касающееся строительства канализационных систем было принято в 1847 году, но потребовалось почти 50 лет до начала строительства первой канализационной системы в Будапеште.

Первые канализационные сооружения начали работать в больших городах в начале 19-ого столетия, и в то же самое время канализационные системы были построены в большинстве муниципальных городов. Небольшие города и поселки все еще обслуживались простыми септическими резервуарами (выгребными ямами), из которых сточные воды фильтровались в почву. После Второй мировой войны продолжалось развитие канализационных систем и очистных сооружений. Там где строились новые канализационные системы, они отделяли ливневые воды от сточных вод. Сегодня приблизительно 70 % домохозяйств подключены системе канализации, и планируется увеличить их число до 90 % к 2015 году.

Состояние сектора очистки сточных вод было удручающим в 90-ых годах. Большинство сточных вод очищалось механически, или не очищалось вообще. Получаемый отстой отвозился на близлежащие свалки и весьма ограниченно использовался для удобрения сельскохозяйственных культур. Сегодня, основная часть сточных вод очищается с использованием двух уровней очистки (механический и биологический). Однако, использование отстоя все еще остается большой проблемой.

Орошение посадок тополя (орошение леса) и другие природные методы очистки сточных вод На протяжении последних четырех десятилетий использовались различные природные технологии очистки сточных вод. Сегодня существует около 125 действующих таких систем. Наиболее простой системой является орошение посадок тополя, однако системы водоемов и построенных вэтландов (хотя только при технологии использования корнеобитаемой зоны) также весьма распространены. Многие из этих сооружений одновременно очищают сточные воды пищевой промышленности.

В Венгрии способ орошения лесопосадок называют “орошением тополя”. Это потому, что в течение многих десятилетий тополь был основным видом деревьев, используемых для посадок, орошаемых сточными водами. Сегодня посадки других видов деревьев также орошаются сточными водами, например, ивы (*Salix viminalis*). Впервые сточными водами стали орошать посадки тополя в Гьюла в 1969 году. Использовалась смесь муниципальных сточных вод и сбросных вод пищевой промышленности. Система орошения плантации тополя была построена в нижнем бьефе существующего сооружения предварительной механической очистки (осаждение) и биологической очистки (капельный фильтр). Сток после биологического этапа очистки собирается в водохранилище, из которого перекачивается по подземному трубопроводу в распределительную оросительную сеть для орошения лесопасадки. Полив осуществляется круглогодично на основе водооборота.

Используя опыты, приобретенный в Гьюла, несколько систем с плантациями тополя были построены по всей Венгрии, обычно в аридных районах страны. Были различные проблемы (например, загрязнение почв и грунтовых вод), в основном, на системах, построенных ранее, однако, они были предопределены ошибками в проектировании, плохим качеством строительства и/или нарушениями при эксплуатации, вследствие недостатка опыта. Однако, на протяжении последних нескольких десятилетий системы с посадками тополя, стали весьма эффективными и надежными в плане контроля загрязнения и повторного использования воды и питательных веществ. Загрязняющие вещества сточных вод перерабатываются в почвах, а питательные вещества и вода используются для создания биомассы. Орошение сточными водами способствует хорошему росту тополя даже на неплодородных почвах, и при этом, качество древесины не ухудшается.

Типовая конструкция системы утилизации сточных вод при орошении посадок тополя (в Венгрии)

Лесопосадки орошаются "обычными" сточными водами (стоки туалетов и "серая вода"), но в некоторых случаях очищаются отходы септических резервуаров. Первым компонентом системы обычно является отстойник или пруд, в котором осаждаются крупные частицы и накапливается вода. Предварительная обработка важна, особенно если стоки локальной системы обработки сточных вод содержат крупные фракции с преобладанием волокон и пластмасс. Микроорганизмы в почве минерализуют органические материалы.

Обычно вода распределяется затоплением (вода самотеком течет по канавам, проложенным вдоль рядов деревьев). Некоторые системы используют орошение дождеванием. При орошении дождеванием вода равномерно распределяется между деревьям, но создается угроза распространения инфекций аэрозолями, а иногда и неприятного запаха. При использовании систем поверхностного орошения, полив может осуществляться круглый год, даже зимой, когда температура воздуха опускается ниже -10°C. Вода в распределительные канавы не подается постоянно, а только через две или три недели. Поэтому, если наступают сильные холода, обычно они длятся не более чем 1-2 недели, и следующий полив начинается, когда замерзшие очищенные сточные воды оттаивают и медленно просачиваются в почву. Канавы должны быть запроектированы и использоваться таким образом, чтобы когда они заполнены водой не покрывались льдом и снегом (примечание: условия в других странах могут отличаться от венгерских, поэтому всегда нужно учитывать местные условия, и желательно, провести экспериментальные работы на пилотном участке).

Сточные воды содержат ценные элементы для роста растений, весьма хорошо сбалансированные в воде питательные и органические вещества. Поэтому деревья растут быстрее и имеют повышенную способность ассимиляции питательных веществ. Почвы с легким механическим составом благоприятны для выращивания тополя. На более плотных почвах посадки ивы более продуктивны. Другими видами деревьев, пригодных для посадок при орошении в условиях венгерского (европейского) климата являются: тополь белый *(Populus alba)*, тополь черный (*Populus nigra*), осина (*Populus tremula*), европейская береза (*Betula pendula*), ива белая *(Salix alba)*, ива (*Salix viminalis*), и болотистый дуб (*Quercus robur*).

Наиболее быстро растущее дерево в Венгрии - ива (*Salix viminalis*). Согласно последним опытам в Венгрии, быстро растущая ива удаляет 600-1.000 кг N/га/год, то есть вдвое больше, чем тополь. При таких высоких нагрузках растения используют только часть азота, и большое количество азота поступает в воздух (N_2, NH_3), а часть в грунтовые воды (NO_3). Потребление воды значительно; до 150 м3/га/сут транспирируется с поля.

Производство биомассы значительно. После первого года можно заготавливать до 8-10 т/га/год сухой массы. После 3-4 лет, продуктивность может достигнуть 20-40 т/га/год. Дерево

вырастает до 3-4 метров высотой в течение первого года, и после 3-4 лет, может вырасти даже на 8 метров в год (если не подрезается регулярно). Обычно не все сточные воды утилизируются деревьями. Некоторая часть будет просачиваться в грунтовые воды. При условии, что орошение запроектировано и осуществляется должным образом, фильтрующаяся вода будет чистой и пополнит запасы подземных вод. Преимуществом этой системы является высокая эффективность очистки, согласно таким показателям как БПК и удаление питательных веществ, а её экономическая составляющая определяется заготовкой древесины. При использовании орошаемых лесопосадок, некоторая часть природного леса может быть сохранена. Недостатком системы является то, что в результате орошения могут повыситься уровни pH, и концентрации общего азота, P_2O_5, K_2O, Na, Mg и тяжелых металлов в почвах.

Плантация тополя в Апархант, Венгрия

Апархант – небольшой поселок (1200 человек) в холмистой и малонаселенной местности в юго-западной части Венгрии. Почти все домохозяйства подключены к водопроводной сети, эксплуатируемой местным муниципалитетом. Жители используют простые санитарные решения (туалеты с септическим резервуаром[1] или уборные). Ранее отходы из септического резервуара транспортировалась на близлежащие сооружения для очистки сточных вод (на расстояние в 15 км), на близлежащую свалку или даже сбрасывались прямо в речки. Эта неправомерная практика привела к серьезному экологическому ущербу. Увеличилось содержание азота в глубоких водоносных слоях (200 м), используемых для питьевого водоснабжения. Погибла рыба в близлежащих рыбных прудах. Поэтому население деревни решило исправить ситуацию. Целью муниципалитета стал поиск комплексного решения, при котором охрана здоровья населения и окружающей среды могли быть улучшены при небольших затратах. Создание местных рабочих мест и повышение уровня общественного сознания также были целью этого проекта. Уже в начале пришли к выводу, что канализационная система будет слишком дорогой.

В соответствие с экологическим законодательством Венгрии, по крайней мере, три различных варианта по очистке сточных вод всегда должны прорабатываться и, по крайней мере, один из них должен быть так называемой “природной технологией очистки сточных вод”. В технико-экономическом обосновании, представленном в 1997 году следующие четыре системы были представлены:

а) Система водоемов с растительностью без искусственной аэрации (после предварительной обработки, сточные воды поступают в водоемы, растительность которых может быть естественной или посажена жителями; сток из этих водоемов может сбрасываться в поверхностные водотоки, служащие в качестве водоприемника);
б) Система водоемов, поток которой должен профильтроваться через песчаный фильтр (почвы служат водоприемником);
в) Анаэробный водоем с последующим орошением посадок тополя и утилизацией (очищенные сточные воды не должны собираться дренами на плантации тополя, а будут просачиваться в почвы);
г) Обычная (искусственная) биологическая очистка и орошение посадок тополя и утилизация (очищенные сточные воды не должны собираться дренами на плантации тополя, а будут просачиваться в почвы).

В каждом случае, вода должна быть собрана в септических резервуарах и транспортироваться для предварительной обработки перед очисткой предложенной системой. Было также предложено, чтобы получаемый отстой компостировался и использовался в сельском хозяйстве. Проектировщик сравнил различные варианты, см. таблицу 4.2.

[1] сооружение для предварительной очистки сточных вод

При сравнении четырех возможных решений, вариант “в” (анаэробный водоем с плантацией тополя), оказался наиболее экономически выгодным в плане инвестиций и эксплуатационных затрат. Этот вариант имел преимущества также при рассмотрении критериев защиты окружающей среды. В пользу варианта “в” также говорили его надежность и незначительная потребность в трудовых ресурсах.

На основании технико-экономического обоснования и сравнительной оценки экологических воздействий, вариант (в) был представлен Экологической инспекции, которая одобрила предложение с дополнениями. План реализации проекта был выполнен, после детальной проработки и представления модифицированного варианта (в). Строительные работы начались, и в 2001 году система была сдана в эксплуатацию. В настоящее время 80 м3 в сутки отходов из септических резервуаров очищаются в системе плантации тополя и корнеобитаемой зоны. Решение представлено на рис. 4.4. Оросительная канава перед заполнением показана на рис. 4.5.

Таблица 4.2. Оценочная таблица [1].

Статья оценки	**Максимально возможный балл**	**Варианты**			
		A	**B**	**C**	**D**
Инвестиционные затраты	80	60	40	80	10
Эксплуатационные расходы	100	60	40	100	80
Охрана природы (водная среда, почвы, воздух)	100	80	90	100	80
Технический уровень (для каждой системы насколько современна технология)	20	20	15	20	20
Возможность поэтапного строительства (увеличение/уменьшение производительности согласно требованиям)	20	15	20	20	10
Технологическая надежность (возможность отказа оборудования, или возможные проблемы, влияющие на очистку, например, замерзание прудов зимой)	20	20	15	20	10
Необходимая площадь	20	10	10	10	20
Необходимые операции (потребность в рабочей силе)	20	20	20	20	10
Надежность сбалансированного управления отходами очистки (избегая необходимости удалять отстой каждый день)	20	15	15	20	15
Общая сумма баллов	400	300	265	390	205
	%	77	68	100	59
Место согласно ранжированию		2	3	1	4

[1] Stehlik Jyzsef, 1997 г.

Мониторинг

Производительность системы отслеживается по программе мониторинга. Пробы сточных вод отбираются регулярно из резервуара с защитными сетками, на выходе из отстойника, из накопительной емкости и после просачивания через корнеобитаемую зону вэтланда. Почвенные образцы отбирались в ходе опытной эксплуатации (в 2000 году) каждый месяц, с тех пор как эксплуатация началась каждые три месяца. Имеются также наблюдательные скважины, с помощью которых контролируется качество подземных вод, однако уровень залегания подземных вод слишком глубокий для отбора проб. Мониторинг показал, что загрязнение близлежащих полей, подземных вод и рыбных прудов было остановлено.

Эффективность удаления питательных веществ в системе трудно проверить. Общая нитратная нагрузка составляет приблизительно 1200-1400 кгN/на/год. (Запланированная площадь лесопосадок 1.6 га, но сегодня она составляет около 3-3.5 га). Приблизительно 20-30 % азота, вероятно, удаляются при заготовке древесины и в результате выпаса овец (рис. 4.6).

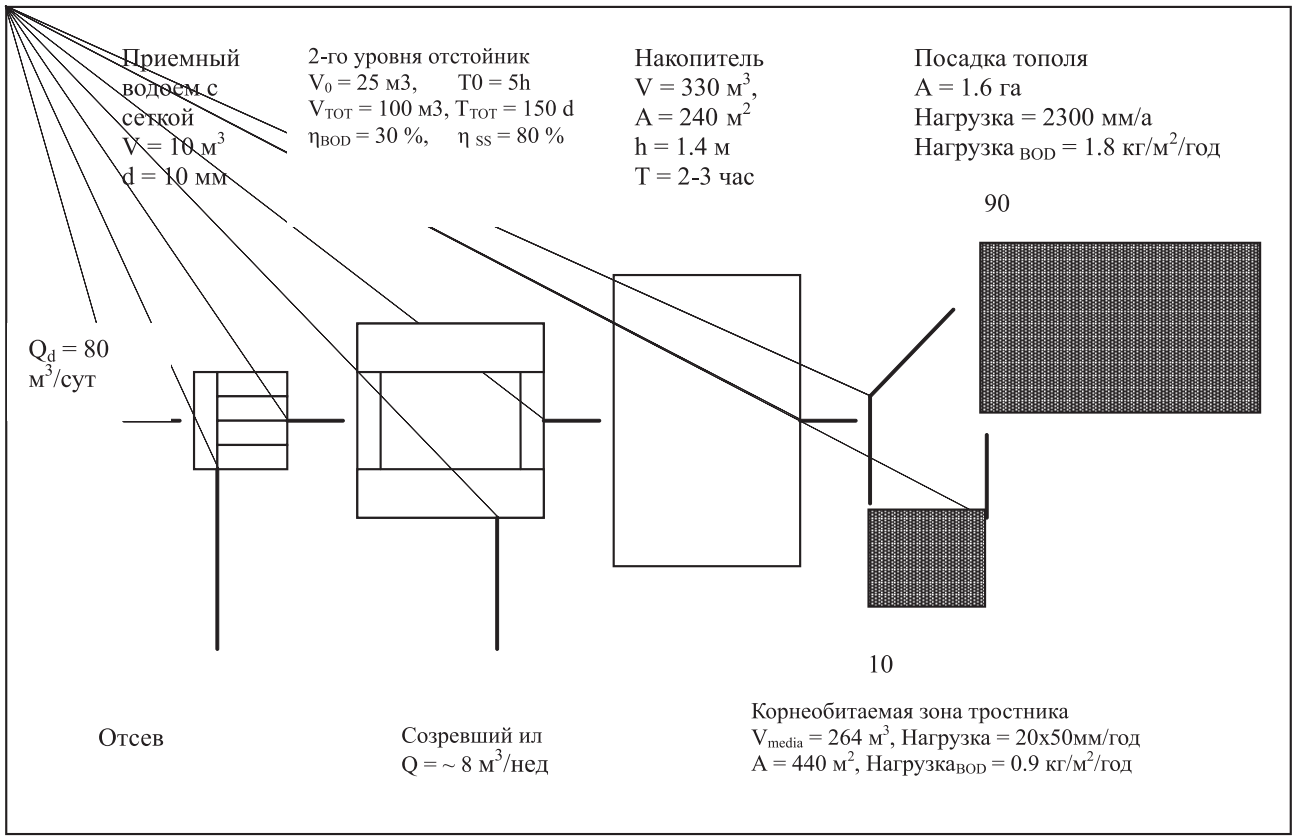


Рисунок 4.4. Схематическое изображение построенной системы. Собранные отходы септических резервуаров домохозяйств транспортируются, сливаются в водоприемный отсек и фильтруются через сетки. Предварительная обработка происходит в двухуровневом отстойнике, из которого вода поступает в облицованный накопитель. Из накопителя вода самотеком распределяется между биологическими блоками очистки, лесопосадкой и построенным вэтландом. Орошение осуществляется круглый год, а отстой удаляется из отстойника один раз в неделю.



Рис. 4.5. Оросительная канава до пуска воды.



Рис. 4.6. Пасущаяся отара овец

Затраты на строительство составляют 53 Евро/р.е., а эксплуатационные расходы - 0.05 Евро/м3. Это весьма низкие затраты по сравнению с традиционными системами. Жители не платили за строительство. Вместо этого муниципалитет использовал собранные средства пожертвований, бюджета муниципалитета и различных доноров. Саженцы были подарены лесхозом, и сами жители посадили деревья. Муниципалитет купил специализированное транспортное средство для перевозки отходов септических резервуаров, которое теперь эксплуатируется ранее безработными жителями. Их зарплата выплачивается из централизованного фонда помощи и бюджета муниципалитета, так что это обслуживание ничего не стоит для населения. Также муниципалитет оплатил (используя различные статьи государственных субсидий) строительство надлежащих септических резервуаров для каждого дома, в то время как жители заплатили символическую сумму (только 20 Евро).

Древесина тополя используется жителями (для отопления) бесплатно. Тростник построенного вэтланда скашивается каждый год, и также используется местным населением для различных целей. Смешенный отстой транспортируется к местам компостирования каждые 4-6 недель. Компост используется в сельском хозяйстве. Трава между деревьями не скашивается, потому что отара овец из деревни выполняет “обслуживание”, экономя затраты на нескольких рабочих каждый год. Учащиеся начальной школы участвовали в посадке плантации, и на уроках биологии выполняют замеры, изучая естественные процессы при очистке сточных вод.

Жители весьма довольны работой системы очистки сточных вод. Качество окружающей среды улучшилось, обеспечена охрана здоровья, и созданы новые рабочие места для некоторых безработных. Использование древесины и тростника обеспечивают дополнительные выгоды. Эксперимент с посадками тополя в Апарханте демонстрирует практичное и осуществимое решение, выгодное для окружающей среды, экономики и решения вопросов безработицы, а также способствующее решению экологических проблем населения с низкими доходами.

Контактная информация
Проектировщик: dr. STEHLIK Jozsef, 1016 Budapest, Czaky u. 7. Hungary, Tel: + 36 1 375 6603
Оператор: SZUCS Gyorgy, Mayor, 7186, Aparhant, Kozsegi Onkormanyzat, Kossuth u. 34. Hungary,
Tel: + 36 74 483 792, E-mail: polgarmester@aparhant.hu

ШКОЛЬНЫЕ “СУХИЕ” ТУАЛЕТЫ В СЕЛАХ УКРАИНЫ

Анна Цветкова

ВВЕДЕНИЕ

На Украине 95 % городов, 56 % поселков и только 3 % деревень обслуживаются канализационными системами. Всего 1.4 миллиона человек (8.8% сельского населения) пользуются услугами централизованных систем утилизации сточных вод. Остальные сельские жители (14.3 миллиона) использует уборные с выгребными ямами и септические емкости, которые обычно не облицованы и становятся источником нитратного и биологического загрязнения подземных вод.

В сельских школах, отсутствие надлежащего водоснабжения и санитарно-технических сооружений является общей проблемой. Если школа имеет водопровод и канализацию, перебои в водоснабжении приводят к немедленному прекращению работы системы утилизации сточных вод. Длительные (1-2 недели и даже месяцы) перебои в водоснабжении - обычная практика в сельских районах. При прекращении подачи воды туалеты в помещениях, подключенные к канализационной системе, закрываются, и школьники пользуются уборными с выгребными ямами. На Украине 14.000 сельских школах с 2 миллионами учащихся. Например, в Полтавской области работает 30 школ, 12 из которых имеют обычные туалеты, 5 - туалеты и уборные с выгребными ямами и 13 - только уборные с выгребными ямами. Обычно, уборные с выгребными ямами расположены на расстоянии 50-100 м от здания школы и не отапливаются. Холодные, грязные и старые уборные с выгребными ямами - проблема для детей, которые остаются без внимания взрослых.

Чтобы найти приемлемое решение ради этих детей, неправительственные организации: “МАМА 86” и “Союз женщин Европы ради общего будущего (WECF)” инициировали проект “Сотрудничество для устойчивого сельского развития: водоснабжение, экологически чистая санитария и сельское хозяйство на основе органических удобрений”.

Школьные туалеты в деревнях Гожули и Бобрик

Цель данного проекта состоит в поиске приемлемых решений для обеспечения школ и домохозяйств с низкими доходами нормально функционирующими туалетами в сельских районах Украины. Работа была выполнена группой проекта неправительственных организаций в тесном сотрудничестве с местными общинами. Проект финансировался программой MATRA[1] Министерства иностранных дел Нидерландов. Экспертная поддержка была обеспечена Гамбургским технологическим университетом (TUHH), специалисты которого выполнили проектирование и осуществляли технический надзор за строительством систем.

Учитывая плохое техническое состояние и перебои в работе существующей инфраструктуры водоснабжения и канализации, было решено не рассматривать централизованные системы утилизации сточных вод, основанные на использовании воды для смыва. Вместо этого, было решено использовать концепцию “сухих” туалетов (СТ). СТ - локальное решение, независящее от централизованной инфраструктуры водоснабжения и канализации; не требуется воды для смыва, а также необходимо минимальное количество воды для поддержания чистоты (уборка туалетных комнат и мытье рук). При СТ, моча отделяется от фекалий в месте поступления, и две эти фракции утилизируются раздельно. Уменьшается неприятный запах и весьма небольшой объем фекалий может быть обработан более удобными средствами. Компостирование фекалий понижает уровень рисков для здоровья людей, а питательные и органические вещества могут

[1]MATRA– программа МИД Нидерландов по поддержке реформ в 16 странах ЦВЕ (сокращение от двух голландских слов “maatschappelijke transformatie “)

быть использованы для удобрения почв. Моча собирается в изолированной емкости. После нескольких месяцев хранения, моча, не содержащая болезнетворных микроорганизмов, может использоваться в качестве удобрения. При этом, гигиенические и экологические проблемы, связанные с экскрементами людей, подлежат контролю, а экскременты перерабатываются в ценный ресурс.

Деревня Гожули расположена в 2 км от города Полтава в Полтавской области. Население насчитывает 3600 человек, проживающих в 1000 домохозяйств. Жители деревни снабжаются централизовано водой, поступающей из системы очень глубоких артезианских скважин (200 м); однако также используется много неглубоких колодцев. Системы устарели, а канализационная инфраструктура не может обеспечить удовлетворительного уровня услуг из-за частых отключений подачи воды, больших потерь воды и утечек сточных вод.

В деревне около 500 детей, но только 180 из них школьники. Школа подключена к системам водоснабжения и канализации. Регулярные перебои в водоснабжении привели к закрытию туалетов в помещении и использованию наружных уборных с выгребными ямами. Обычно, только преподаватели и дети до 7 лет используют туалеты в помещении. Все другие школьники пользуются уборными с выгребными ямами (см. рис. 4.7).

Село Бобрик, расположенное около города Нижен Черниговской области, является небольшим поселком с 400 жителями. Большинство жителей пенсионеры (всего около 40 детей). Централизованная инфраструктура водоснабжения и канализации в деревне отсутствует. Люди пользуются уборными с выгребными ямами и колодцами.



Рис 4.7 Старый школьный туалет в деревне Гожули: вид снаружи (слева) и внутри (справа).

Планирование и реализация проекта

Одним из первых мероприятий проекта стало проведение семинара с участием представителей населения и администраций деревень и школ. На семинаре, эксперты неправительственной организации “WECF” представили концепцию экологической санитарии. Мэры и школьная администрация согласились улучшить санитарные сооружения школ при внедрении СТ.

В Гожули, реализация пилотного проекта началась в июле 2004 года; туалет “ECOSAN” (экологической санитарии) был построен в августе-сентябре 2004 г. и сдан в эксплуатацию в октябре 2004 г. В Бобрике туалет “ECOSAN” был построен в июле-августе 2006 года, и сдан в эксплуатацию в сентябре 2006 года. С тех пор как туалеты сданы в эксплуатацию, их основными операторами и пользователями являются школьные администрации деревень Гожули и Бобрик.

В Гожули и Бобрик используют “сухие туалеты”, которые обеспечивают раздельный сбор и хранение мочи и фекалий. Эта технология обеспечивает сухое компостирование фекалий и использование компоста и мочи в качестве органических удобрений. Школьные туалеты оборудованы пластмассовыми унитазами без стульчаков и обычными керамическими писсуарами (см. рис. 4.9). Такие унитазы были выбраны вместо унитазов со стульчаком исходя из гигиенических соображений. Унитазы были закуплены и поставлены неправительственной организацией “WECF”. Техническая документация (бизнес-план) для школьных туалетов была подготовлена местной проектной организацией. Туалеты были построены под контролем представительств неправительственной организацией “МАМА 86” в Полтаве и Нижене с привлечением местных строительных компаний.

Туалет, построенный в деревне Гужили, состоит из 3 сдвоенных туалетов с раздельной утилизацией мочи и одной комнаты с 3-мя писсуарами без смыва водой и 2-х емкостей для хранения мочи, объемом 2 м3 каждая (см. рис. 4.8 и 4.9). Это санитарное сооружение построено вплотную к зданию школы со входом непосредственно из здания школы. 165 учеников (7-17 лет) пользуются им. Водопроводная вода используется для мытья рук, а “серая вода” отводится в сельскую санитарную систему.

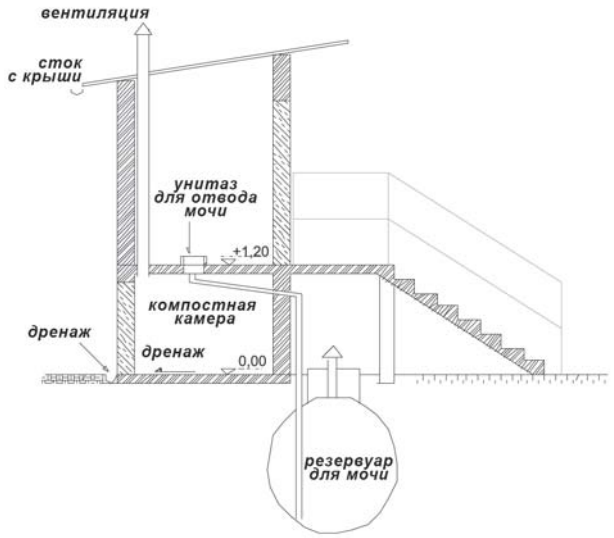


Рис. 4.8. Туалет, построенный в деревне Гужили, состоит из 3-х сдвоенных “сухих” туалетов и одной комнаты с 3 писсуарами без смыва водой и 2-х емкостей для хранения мочи, объемом 2 м3 каждая. 165 учеников (7-17 лет) пользуются туалетом (идея “СТ” разработана TUHH).

В деревне Бобрик, в школе построена новая туалетная комната с “сухими” унитазами и писсуарами. Фекалии собираются в компостной камере, устроенной под полом туалетной комнаты. Моча собирается в двух одно-кубовых пластмассовых емкостях. Раковины для мытья рук соединены с простой системой очистки “серой воды” с дренажом и фильтрацией, построенной около туалета (см. рис. 4.10 и 4.11). 36 учеников и 16 преподавателей пользуются этим туалетом.

Каждый туалет имеет две емкости (в деревне Гожули - две емкости объемом 2м3 каждая и в деревне Бобрик - две емкости объемом 1м3). Одна емкость используется, а другая остается пустой или используется для хранения мочи. Время хранения мочи составляет не менее 6 месяцев, в течение этого времени, большинство болезнетворных микроорганизмов погибает или, по крайней мере, их численность сокращается. Для освобождения емкости с мочой используется насос. Осенью 2006 года, моча из туалета в деревне Гожули впервые использовалась местным фермером, как азотное удобрение в его саду.

Фекалии собираются в хранилище/компостной камере под полом туалетной комнаты. После дефекации, фекалии засыпаются сухой почвой/опилками или их смесью, чтобы минимизировать содержание воды и, таким образом, устранить неприятные запахи и появление мух. Хранилище легко доступно для обслуживающего персонала. Компостные камеры имеют водонепроницаемый пол из бетона. Хранилища используются поочередно с 2-2.5-летнем циклом. Объем хранения/компостирования в каждой камере составляет 1 м3. Пол имеет уклон 1 % для стока воды при уборке.



Рис. 4.9. Новый школьный туалет в деревне Гожули: во дворе (слева), писсуары (в центре) и в помещении (справа).

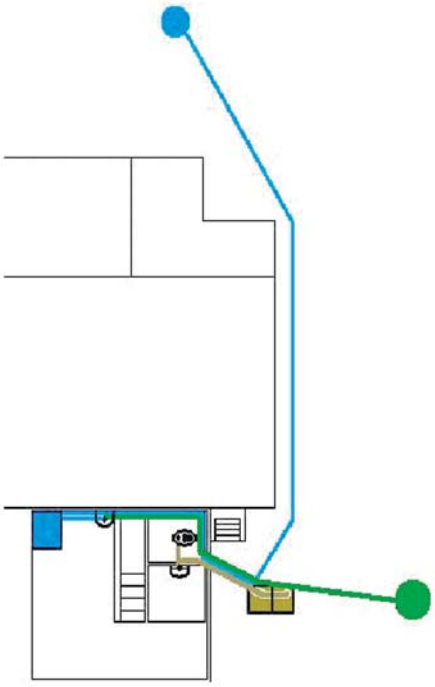


Рис. 4.10. Системы водоснабжения и “серых вод” школы в селе Бобрик. 36 учеников и 16 преподавателей пользуются туалетом (линия синего цвета – подача водопроводной воды, линия зеленого цвета – подача технической воды, линия оливкового цвета – отвод “серых вод”), разработанным неправительственной организацией “МАМА-86”

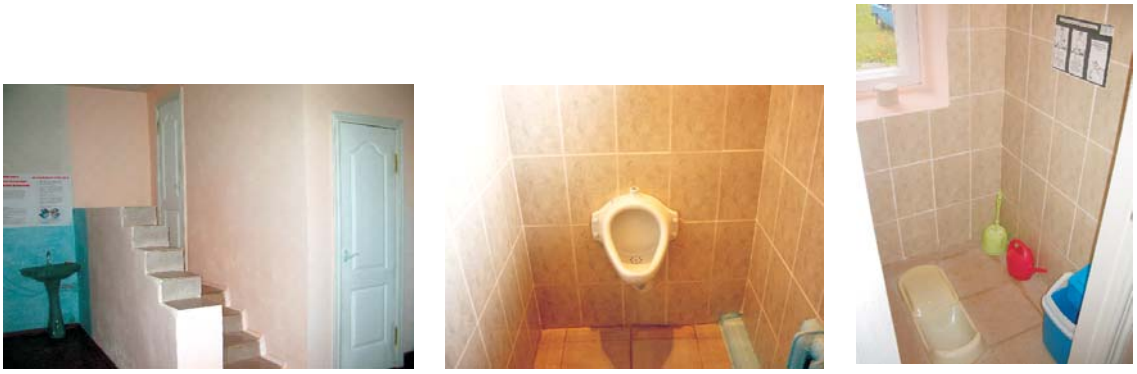


Рис. 4.11. Новый школьный туалет в деревне Бобрик: наружный (слева), писсуары (в центре) и в помещении (справа).

Результаты и приобретенный опыт

После двух лет эксплуатации СТ в школе Гожули, рабочие емкости хранилища заполнены только на 1/3-1/2 полезного объема. В деревне Бобрик контейнер используется, чтобы облегчить работу смотрителя. В течение 8 месяцев эксплуатации, контейнер объемом 50 литров очищался 2 раза, когда он заполнялся на две трети. Содержимое контейнера помещалось в специальное место для открытого компостирования в течение двух лет. Смотрители были тщательно проинструктированы, как эксплуатировать туалеты “ECOSAN”. Смотрители осматривают и моют туалеты ежедневно с содой и/или горячей водой. Время от времени фекалии в камере компостирования перемешиваются и посыпаются опилками. Смотрители контролируют камеры компостирования и накопители мочи. Экологические выгоды при использовании новой системы обеспечиваются в результате следующего:

- Формируются совсем небольшие объемы сточных вод (нет перерывов в работе и запахов из-за утечек сточных вод).
- Используются меньшие объемы воды (нет необходимости в смыве).
- Нет стока неочищенных сточных вод. Минимальный риск для загрязнения подземных вод (азотом и болезнетворными микроорганизмами).
- Никакие токсичные химикалии не используются для дезинфекции.
- Повторное использование питательных веществ (моча и компост могут быть использованы как удобрения).

Традиционно на Украине школьные и общественные туалеты чистятся и дезинфицируются реагентами хлора. При экологической санитарии, используются другие методы, например, писсуары промываются горячей водой или раствором уксуса. Новое решение по обустройству туалетов упрощает и минимизирует обслуживание санитарной техники. Ранее, старые школьные уборные с выгребными ямами и перебои в работе канализации становились причиной многих проблем. Моча уже успешно используется как удобрение при выращивании сельскохозяйственных культур, но отсутствует опыт использования продуктов компостирования.

Школьники пользуются удобными, чистыми и гигиеничными туалетами внутри здания, вместо холодных грязных уборных с выгребными ямами. Обследование, выполненное в селе Гожули, показало, что 75% детей быстро приспособились к новой системе и довольны этими туалетами. Образование - ключевой фактор, и школьники передают свои знания о новой системе своим родителям. Таким образом, происходит обучение взрослых, и описанная технология будет успешно распространяться. Строительство туалета в селе Гожули обошлось почти в 10.000 Евро. Эксплуатационные затраты низки (уборка и гигиенические материалы и инструменты). Туалет в селе Бобрик стоит 2900 Евро. Материалы для отдельного туалета без использования смыва, в среднем, стоят около 350 Евро.

Для распространения этой технологии на Украине необходимо её дальнейшее совершенствование. Проектирование должно учитывать местные условия (климат, рынок, строительные и санитарные стандарты и т.д.). Технические усовершенствования, а также инструкции и обучение предпринимателей важны для внедрения технологии на местном рынке услуг. Особое внимание нужно уделить решению проблем устранения неприятного запаха. Другие проблемы, с которыми пришлось столкнуться, включали промерзание мочи и воды в трубах и емкостях-накопителях мочи. Для решения этих и других проблем, необходимо провести серьезные испытания и исследования, с целью подготовки соответствующих инструкции по строительству и эксплуатации новых санитарных сооружений.

Законодательная база должна стимулировать распространение системы СТ. Бизнес-план строительства школьного СТ должен быть утвержден органами, ответственными за очистку сточных вод. В процедурах согласования участвует ряд организаций: местная СЭС (санитарно-эпидемиологическая служба), противопожарные органы, комитет по архитектуре и строительству, министерство образования, муниципальные службы и другие. На Украине, законодательно утвержденным санитарным решением для школ является типовая централизованная санитарная система (подключение к местной канализации и очистным сооружениям) или децентрализованная система (туалеты с выгребной ямой). Разработка санитарно-эпидемиологической законодательной базы для *“экологической очистки”* необходима для безопасного использования экскрементов людей и применения технологий экологической очистки для социальных/общественных зданий (школы, больницы, летние лагеря, общественные места).

УСТОЙЧИВАЯ САНИТАРИЯ И УПРАВЛЕНИЕ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ В ШВЕЦИИ – КРАТКИЙ ОБЗОР

Питер Риддерстолп

Развитие санитарии и систем управления сточными водами в Швеции

На раннем этапе урбанизации, сельская традиция собирать и использовать экскременты людей в сельском хозяйстве была развита и хорошо организована. Изменения, произошедшие между 18-ым и 19-ым веками, означали переход от повторного использования к отводу сточных вод, и во многих городах были построены канализационные системы для транспортирования ливневых и сточных вод до ближайшего водоприемника. После второй Мировой войны очистка сточных вод стала общепринятой практикой. В течение короткого периода времени, между 1970-1985 гг., сооружения для первичной, вторичной и третичной очистки сточных вод были построены почти для всего населения Швеции. Строительство этих крупных санитарных систем стало возможным, благодаря законодательству, которое позволило муниципалитетам заставлять домохозяйства и промышленные предприятия подключаться к канализационным системам и оплачивать их услуги, а также вследствие крупных правительственных субсидий на строительство канализационных систем и очистных сооружений.

В начале 90-ых годов прошлого века, после того как продукты отстоя перестали интенсивно использоваться в сельском хозяйстве, утилизация накапливающихся продуктов отстоя превратилась в нарастающую проблему. Пищевая промышленность не желала покупать сельскохозяйственную продукцию, удобряемую продуктами отстоя, из-за потенциально высоких уровней содержания тяжелых металлов, токсичных органических элементов и патогенов. В течение этого же периода, высокие затраты на энергию при эксплуатации и потребность в модернизации сооружений для очистки сточных вод были также подвергнуты сомнению. Как следствие, повысился интерес к альтернативным и более “экологически чистым” технологиям.

Экономическая ситуация в последнее десятилетие (низкие процентные ставки, относительно низкие цены на энергоносители и химикалии и высокие затраты на трудовые ресурсы) благоприятствовала традиционным крупномасштабным и линейным системам. Однако, в 2006 году новые директивы по мелкомасштабным системам утилизации сточных вод были изданы Шведским комитетом по охране окружающей среды. Директивы содержат требования в отношении охраны здоровья населения, защиты окружающей среды и повторного использования питательных веществ, которые должны выполняться при эксплуатации систем утилизации сточных вод. Выполнение новых директив должно подвигнуть более целостное видение проблем при планировании систем утилизации сточных вод. Ясно, что повышающиеся затраты на электричество и другие виды топлива способствовали переходу на более ресурсосберегающие технологии. Увеличение затрат на перекачку сточных вод и эксплуатацию трубопроводов способствовало изменению отношения к децентрализованным системам, которые становятся более приемлемыми. Сегодня муниципалитеты, особенно в сельской местности, начинают все больше интересоваться локальным или кластерными системами, и появился интерес к реализации так называемых “природных систем”. Также отмечена тенденция большей заинтересованности сельскохозяйственного сектора в переработке и использовании ряда фракций сточных вод. Растущий рынок биоэнергетической продукции может в какой-то мере объяснить этот факт, а также растущие затраты на искусственные удобрения.

Отстойники

Очистка сточных вод в бассейнах-отстойниках использовалась на протяжении нескольких сотен лет во всем мире. В Швеции, системы бассейнов-отстойников были популярны на начальном этапе современной эры очистки сточных вод из-за низких затрат, простоты и способности очищать большие объемы сточных вод. Сегодня действует около 100 бассейнов-отстойников для очистки сточных осаждением в Швеции.

Конструкции и параметры

При планировании новых систем, объемы отложения осадка должны быть разделены между несколькими узкими секциями бассейнов-отстойников. Одна дополнительная секция должна быть построена с тем, чтобы одна из секций могла быть выведена из текущей эксплуатации для проведения работ по обезвоживанию и удалению отстоя. При планировании рекомендуется предусматривать 5-10-дневный период для осаждения осадка. Крупные частицы должны удаляться до добавления коагулянтов, предварительная обработка с помощью решетки или сетки вполне достаточна.

Химические коагулянты, в качестве которых могут быть использованы известь или соли алюминия или железа, образуют хлопья и осаждают мелкие частицы и фосфор, присутствующие в воде. Коагулянты на основе солей алюминия или железа легче управляются, по сравнению с известью. Они могут использоваться в виде жидкостей и добавляться прямо через напорную трубу, входящую со дна бассейнов-отстойников. Известь убивает болезнетворные микроорганизмы и делает отстой ценным в качестве удобрения. Проблема заключается в том, что отстой с известью, тяжел и легко забивает трубы и емкости-хранилища. Трубы, колодцы и емкости-хранилища должны быть запроектированы и построены доступными для обслуживания.

Приобретенный опыт и полученные результаты

Бассейны-отстойники весьма устойчивы при эксплуатации с изменяющимися расходами воды, а также при периодических перерывах в подаче химических добавок. Их производительность высока и устойчива круглый год. КПД удаления БПК - приблизительно 70-80% (рост микро-водорослей летом объясняет довольно низкие цифры). Удаление фосфора изменяется в зависимости от количеств добавляемых коагулянтов, но должно быть в пределах 80-95%. Удаление азота значительно (50-75% улетучивающегося аммиака и бактериальное преобразования азота в азотный газ).

При использовании извести, удаление патогенов весьма высоко, вследствие высоко уровня pH (pH 10.5-12).

Сноска 4.1: Отстойник в Фунасдалене



Фунасдален - типичный горнолыжный курорт в горах Северной Швеции. Численность жителей изменяется от 1000 - 4000 человек. Нагрузка на систему составляет около 400 м3/чел, но пик нагрузки имеет место при дождях и таянии снега. Сооружение, построенное в 1987 г., принадлежит муниципалитету, и в нем используется гашеная известь в качестве коагулянта. Сток аккумулируется в первых 2400 м2 водоемах, из которых перекачивается в небольшие бассейны-отстойники с последними водоемом-отстойником площадью 2800 м2. Пластмассовые перегородки-отражатели используются, чтобы препятствовать смещению потоков. Добавление извести 600 г/м3 увеличивает pH приблизительно до 12, поддерживая уровни фосфора на выходе около 0.5 мг/л (уровни на входе 6.4 мг/л). Отстой удаляется из небольших бассейнов-отстойников каждый год. Муниципалитету нравится это сооружение, потому что оно дешево, легко обслуживается и эффективно.

Недостатками являются вымывание аммиака и большие объемы отстоя. С другой стороны, отстой при использовании извести ценен для улучшения свойств почв из-за воздействия pH и содержания фосфора, доступного для растений. Соли алюминия и железа более удобны в управлении, но менее эффективны для очистки, и способствуют образованию отстоя менее приемлемого для повторного использования.

Литература для дальнейшего ознакомления:

- Hanaeus, J, 1991, *Wastewater Treatment by Chemical Precipitation in ponds*, Dr Th, Div. Sanitary Engineering, Lulee, Sweden. Summary available at: http://epubl.luth.se/avslutade/0348-8373/95/index-en.html
- Johansson, E, et al, *Fдllningsdamm och biodamm (Precipitation pond and algae pond),*. English summary. http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_2005-18.pdf

Орошение лесопосадок

Орошение сточными водами является обычной практикой во всем мире. В Европе, много хозяйств, использующих сточные воды, были созданы в середине девятнадцатого века. В Швеции, использование сточных вод для орошения возродилось в 90-ых годах прошлого столетия, и ряд систем для орошения лесопосадок действуют в настоящее время. Большинство из них расположено на юге Швеции, при использовании очищенных сточных вод в летнее время.

Орошение посадок ивы наиболее исследованная и часто используемая технология утилизации сточных вод. Лиственные деревья в большей степени подходят для этой цели, чем хвойные, однако исследования в северной части Швеции показали, что орошение небольшими нормами удваивает и даже утраивает производство древесины ели и сосны, таким образом, окупая инвестиции в ирригационные системы

Сноска 4.2: Орошение лесопосадок в Кагероде



Кагерод - небольшой городок с населением 1500 человек в Южной Швеции. Сточные воды собраны и обрабатываются на очистных сооружениях с активированным отстоем после осаждения коагулянтами. В 1994 году, была посажена 13-гектарная плантация ивы. Три года спустя, деревья начали поливать, используя сточные воды, после обработки на очистных сооружениях с помощью процесса активации отстоя. Рост деревьев и экологические воздействия тщательно контролировались. Интенсивность орошения сточными водами 6 мм/сут обеспечивала наибольшую продуктивность (10-13 тонн/год). Было определено, что нагрузка в 175 кг N/га при норме орошения в три раза превышающей интенсивность эвапотранспирации (12 мм/сут), не приводят к негативному влиянию на рост биомассы и не вызывают никакого загрязнения грунтовых вод. Муниципалитет удовлетворен работой системы, и считает, что производство древесины и снижение затрат на химикалии и утилизацию отстоя позволят компенсировать затраты на орошение.

Лесопосадки легче орошать по сравнению с сенокосными угодьями, так как развитая корневая система деревьев может компенсировать неравномерное распределение воды и питательных веществ. Задачей экологов и инженеров является обеспечение проектирования и эксплуатации этих систем, не подвергая рискам санитарные условия.

Конструкция и параметры

При назначении параметров системы, необходимо обеспечить удовлетворение потребности деревьев в воде и питательных веществах. Ежегодной прирост биомассы достигает 10–12 тон сухого вещества/га ивы, орошаемой сточными водами, таким образом, 7–10 кг фосфора и 40–70 кг

нитратов/ га ежегодно удаляется вместе с древесиной из системы. Крупные поля должны быть поделены на участки (каждый участок 1–3 га), на которых индивидуально регулируется распределение воды. Автоматические магнитные задвижки, контролируемые компьютерной программой, регулируют время подачи воды на каждый участок.

Успешно использовались дождевание, капельное орошение и поливы затоплением по полосам. Наличие в воде частиц не существенно для полива затоплением, в то время как капельное орошение предъявляет высокие требования к очистке воды. С другой стороны, капельное орошение позволяет очень точно распределять воду. В Швеции, оросительный сезон охватывает максимум 7 месяцев в году. В периоды, когда орошение невозможно (из-за низких температур или сильных ливней) сточные воды должны храниться или утилизироваться другим способом.

Приобретенный опыт и полученные результаты

Ясно, что орошение лесопосадок является дешевым и эффективным способом очистки и повторного использования сточных вод и содержащихся в них питательных веществ. Наличие земельных участков, соответствие почвенных и гидрогеологических условий, а также рынка для выращиваемой биомассы являются важными факторами при выборе технологий. Возможными методами очистки сточных вод зимой являются, например, пруды с химическим осаждением или системы с фильтрующим дном. Необходимо тщательное планирование, проектирование и эксплуатация для контроля санитарных рисков.

Источники литературы для дальнейшего ознакомления

- Carlander, A. Stenstrцm T-A., Albihn, A., Hasselgren, K. (2002) *Hygieniska aspekter vid avloppsbevattning av Salix (Sanitary aspects of wastewater irrigation of Salix)* English sum mary, http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_2002-1.pdf
- BioPros, http://www.biopros.info/ Solutions for the safe application of wastewater and sludge for high efficient biomass production in Short-Rotation-Plantations
- Laqua Treatment: http://www.laqua.se/

Системы с почвенными фильтрами (вертикальные)

Использование почв как среды для очистки сточных вод является древнейшим и, возможно, наиболее распространенной технологией в мире. Системы с фильтрацией через почву используют почвы как биохимический реактор, в котором взвешенные частицы адсорбируются, органическое вещество минерализуется и фосфор флоккулирует и выпадает в виде минералов. В Швеции, вертикальные почвенные фильтры использовались как стандартный метод очистки для отдельных домохозяйств последние 30 лет. Около 400,000 таких систем эксплуатируются. В кластерных системах, открытые песчаные фильтрующие пруды являются обычным компонентом.

Конструкция и параметры

Почвенные фильтры должны быть запроектированы таким образом, чтобы все органические вещества, содержащиеся в воде (БПК) превратились в двуокись углерода и воду. При этом никакой осадок не накапливается в почве. Поэтому, предварительная обработка имеет важное значение, и, обычно, твердые частицы осаждаются в септических емкостях. В крупных системах, пруды (которые используются и как буферные накопители) часто используются для предварительной обработки. Наиболее важным обстоятельством для эффективной очистки является возможность фильтрации через ненасыщенные почвенные горизонты. Вода должна

фильтроваться вертикально по тонким порам, в то время как крупные поры заполнены воздухом, обеспечивая кислород для гетеротрофных микроорганизмов. Природные почвы могут использоваться, если позволяют их свойства и подземные воды залегают на безопасной глубине.

Большинство систем с почвенными фильтрами в Швеции являются самотечными. На крупных системах, используются насосы для распределения воды. Песчаные фильтры строятся с дренирующим слоем в их основании. Крупные системы должны быть разделены на секции, в которые вода могла бы подаваться отдельно. Новый метод, разработанный в Норвегии, включает использование насадок для распределения воды, которые позволяют очень равномерно распределять воду даже в крупнозернистом фильтрующем слое. Используя технику разбрызгивания и крупнозернистые фильтры можно увеличить производительность системы в десять раз по сравнению с обычными инфильтрационными системами или системами с песчаными фильтрами, см. таблицу 4.3.

Сноска 4.3: Открытый песчаный фильтр в Лагге



Лагга – небольшая деревня в юго-восточной части Швеции. Все 50 домов подключены к централизованной канализационной системе, модернизированной в 1998 году. Открытый песчаный фильтр был выбран вместо традиционного блочного очистного сооружения, так как эту природную систему посчитали более надежной и в равной степени эффективной. После предварительной очистки в септических емкостях, вода перекачивается в секцию с песчаным фильтром и выпускается через стояки. Система работает без технических проблем, а эксплуатационные затраты низки. Персонал посещает очистное сооружение раз в неделю. Никакие химикаты не используются, потребляется небольшое количество электроэнергии, при этом объемы отстоя минимальны. После очистки уровни ВЧ, БПК и содержания бактерий ниже допустимых величин. Система прудов действует как пост-очистка, при которой вода фильтруется и испаряется.

Таблица 4.3. Типы фильтров, используемые в зависимости от нагрузи БПК и объемов воды. Следующие фильтры могут быть использованы для систем с вертикальной фильтрацией. (Гидравлическая нагрузка может быть рассчитана, принимая среднесуточный расход для недели с максимальной нагрузкой. Уровень БПК 200-350 мг/л – цифры соответствующие стоку обычного септического резервуара).

Инфильтрация через природные почвы:	30-40 мм/сут
Закрытый песчаный фильтрующий бассейн самотечная система)	50-60 мм/сут
Закрытый песчаный фильтрующий бассейн (при использовании насосов)	60-80 мм/сут
Открытый песчаный фильтрующий бассейн	80-120 мм/сут
Норвежские разбрызгиватели (используя 2-6 мм керамзит в качестве фильтрующей среды)	250-500 мм/сут

Приобретенный опыт и полученные результаты

Вертикальные почвенные фильтры надежны и имеют высокую и стабильную производительность при очистке. Удаление бактерий и вирусов лучше и более надежно, чем на очистных сооружениях. Вертикальные почвенные фильтры позволяют лишь ограниченное повторное использование питательных веществ, если применяются сами по себе, но в сочетании с другими методами очистки, например, прямое осаждение фосфора или раздельные туалетные системы, использование очищенных вод для летнего орошения, они обеспечивают отличные варианты для устойчивой санитарии.

Уровень очистки составляет, в среднем, 90–99% удаления ВЧ и БПК, 30–60% снижение содержания Р (при использовании силикатного песка аллювиальных отложений, так как содержание в почвах алюминия и железа существенно влияет на удаление фосфора) и 30% снижения общего натрия (70% нитрификация). Уровень удаления болезнетворных микроорганизмов более 99%.

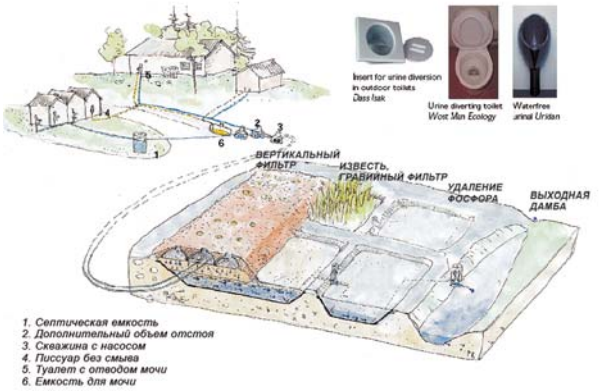
Источники литературы для дальнейшего ознакомления

- USEPA, 2006 (1980) *Onsite Wastewater Treatment Systems Manual*, http://www.epa.gov/ord/NRMRL/Pubs/625R00008/625R00008.htm
- Ridderstolpe, P (2004) *Introduction to Greywater Treatment*, Ecosanres, http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR4web.pdf

Утилизация мочи

Санитария, базирующаяся на уборных с или без отдельной утилизации мочи, традиционна. Сегодня системы с разделением фракций в источники переживают свой ренессанс, не только из-за их доступности и простоты эксплуатации, но также потому, что они обладают высоким потенциалом охраны здоровья населения, защиты окружающей среды и повторного использования ресурсов. В Швеции, разработка и исследования систем раздельной утилизации мочи интенсивно велись в начале 90-х годов прошлого века. Сегодня, утилизация мочи используется в сочетании с «сухим» сбором фекалий и в системах со смывом водой. Несколько типов туалетов (также в фарфоровом исполнении) представлены на рынке. Большой опыт накоплен в проектировании, эксплуатации и надежном управлении утилизацией фекалий и мочи в сельском хозяйстве. Около 135,000 систем раздельной утилизации мочи находятся в эксплуатации, и большинство из них «сухие системы».

Сноска 4.4: Утилизация мочи на остановке в Ангерсьене



Санитарная система с «сухими» писсуарами и двойными промываемыми туалетами была построена в 2003 году для обслуживания существующей придорожной остановки с общественным туалетом, рестораном и магазином на шоссе Е4. Ежедневно тысячи людей могут использовать эту систему летом, в то время как поток людей зимой ограничен. Моча собирается в резервуаре и затем используется как удобрение местными фермерами. Сточные воды предварительно очищаются в септической емкости и перекачиваются в построенную секцию почвенного фильтра, где вода распределяется с помощью разбрызгивающих насадок. Затем фосфор поглощается в горизонтальных фильтрах, в среде обогащенной активным кальцием. Тщательный мониторинг показывает, что отвод мочи обеспечивает до 40 % удаления Р и N. Общая производительность очистки составляет 97%-ое удаление БПК, а также 90%-ое и 65%-ое сокращение содержания Р и N, соответственно. Содержание бактерий уменьшается на 99.99%. Работа системы устойчива независимо от температуры и больших изменений притока. Управление простое с низкими эксплуатационными затратами. Отстой и моча вывозятся автоцистернами с вакуумной закачкой 2-3 раза в год.

Конструкция и параметры

Объем хранения, обычно, рассчитывается для периода в один год для мочи и 3-4 месяца для фекалий. В среднем за сутки человек выделяет 1000 гр. мочи и 150 гр. фекалий. Важно, чтобы моча хранилась изолировано от воздуха по всей технологической цепочке от сбора до применения в поле. Вещество фекалий собирается в закрытые емкости, обеспечивая вентиляцию воздуха из туалетной комнаты через вентиляционную трубу, имеющую выход над крышей. Сточные воды «сухих» туалетных систем («серые воды») почти свободы от фекалий. Поэтому они представляют незначительный риск для здоровья людей и окружающей среды. Кроме того, они обрабатываются с целью удаления твердых взвесей и органики до возращения в окружающую среду. «Сухие» туалеты значительно снижают объемы сточных вод, сокращая стоимость очистки.

Приобретенный опыт и полученные результаты

Система «сухих туалетов» доказала свое удобство, и является гигиеничным и экологически приемлемым решением с высоким потенциалом повторного использования воды и питательных веществ. По сравнению с другими системами, имеющими аналогичную производительность, «сухие туалеты» являются наиболее экономичными. Раздельный отвод мочи может быть также применен в системах со смывом водой, с большой пользой для окружающей среды и для сбережения ресурсов при сокращении затрат.

Источники литературы для дальнейшего ознакомления

- Kvarnstrцm, E et al. (2006) *Urine Diversion: One Step Towards Sustainable Sanitation.*
- http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ САНИТАРИЯ В ГЕРМАНИИ – СИСТЕМЫ С РАЗДЕЛЕНИЕМ СТОЧНЫХ ВОД ПО ФРАКЦИЯМ В МЕСТАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Ральф Оттерпохл и Марика Палмер Ривера

ВВЕДЕНИЕ

В Германии более 95% населения подключено к централизованным канализационным системам. Поэтому работы по созданию устойчивых санитарных систем были сфокусированы на городских территориях. Ранее, в Германии санитарные системы с разделением фракций сточных вод на месте их формирования состояли из традиционных “сухих” туалетов. В результате ряда проблем, связанных с эксплуатацией туалетов с большими компостирующими камерами (без отвода мочи), устраиваемых в многоэтажных зданиях, включая возникновение шумов в канализационных трубах и проблемы с повторным использованием фильтрата (сточных вод) компостирующих туалетов, эти системы стали непопулярными. В настоящее время, при консультировании ГТУ (Гамбургский технологический университет), компания “Berger Biotechnik” (Гамбург) реконструирует некоторые из них при использовании концепции “сухих туалетов” и процессов компостирования с использованием червей (требуется регулируемое увлажнение). При этом, требования в отношении необходимой площади значительно сокращаются, а мочу намного легче повторно использовать, чем загрязненный фильтрат туалетов старого компостирующего типа.

Создание большего числа высокотехнологичных санитарных систем с разделением фракций сточных вод на месте их формирования началось в начале 90-ых годов. Цель состояла в разработке систем с рециркуляцией питательных веществ, производством энергии и меньшим загрязнением. С момента их разработки системы с сепарированием “черных вод”, в большей мере адоптированы к городским условиям. В настоящее время, санитарные системы с разделением фракций сточных вод на месте их формирования вызывают большой интерес у научного сообщества, но пока еще не известны широкой публике.

Системы сепарирования “черной воды” - раздельная обработка туалетных стоков и “серой воды”

В исходной точке систем сепарирования “черной воды” существует большое различие в уровнях загрязнения “черных вод” и “серых вод”. “Черные воды”, если собираются при незначительном разбавлении, имеют высокое содержание болезнетворных микроорганизмов, а также питательных веществ, но их объем небольшой. “Серые воды” имеют низкое содержание как болезнетворных микроорганизмов, так и питательных веществ, но формируются в больших объемах (см. рис. 4.12). Без смешивания этих двух фракций, очистка и рециркуляция питательных веществ могут стать более эффективными. Несколько различных типов систем очистки “черных вод” разрабатываются в Германии. Ниже описаны вакуумно-биогазовая технология и концепция цикла “черных вод”/”коричневых вод”.

Вакуумно-биогазовая технология была разработана немецкой компанией “Otterwasser” и впервые опубликована Ральфом Оттерпохл в 1993 году. “Черные воды” собираются вакуумной системой и транспортируются в утилизационный котёл, который производит биогаз и жидкое удобрение. “Серые воды” очищаются отдельно. Чтобы система была экономичной, требуется минимальный размер обслуживаемого кластера приблизительно в несколько сотен человек. Технология более приемлема для районов с компактным проживанием людей в многоэтажных зданиях. После первой установки в Флинтенбрейте (описанной в сноске 4.5), технология была доработана, и в настоящее время подобные системы с большим количеством функций

разрабатываются, например, Нидерландах, Гамбурге и Шанхае (Китай). Пока опыт их эксплуатации успешен, а уровень их восприятия пользователями довольно высок. Берлинский центр водохозяйственных исследований (BWB/VEOLIA Water), провел крупномасштабные исследования вакуумных систем отвода мочи в офисном здании и нескольких квартирах. В рамках того же проекта получило дальнейшее развитие концепция “ Lambertsmьhle” (см. ниже). “KfW”, крупный немецкий банк развития, установил систему вакуумных туалетов в своем офисном здании.

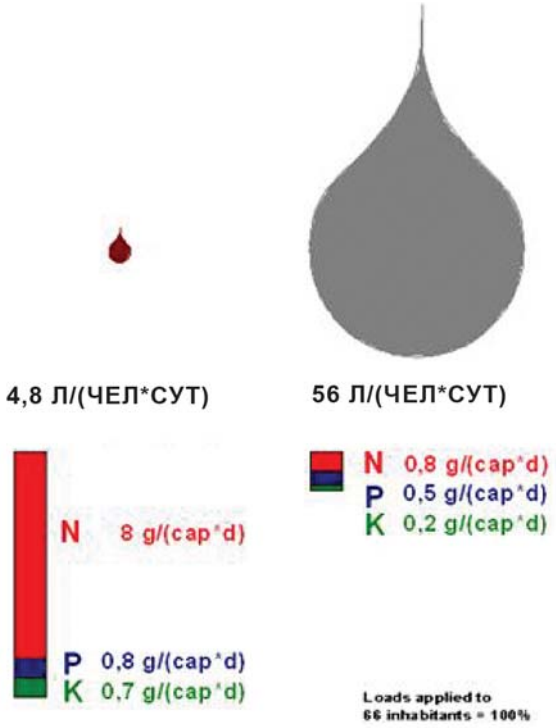


Рис. 4.12. Объемы и содержание питательных веществ в пробах “черных вод” и “серых вод”, отобранных в вакуумно-биогазовой системе в жилом районе Флинтенбрейт, Германия.

Туалет с замкнутым циклом (концепция петли “черных вод” или “туалетной петли”) был изобретен и запатентован Ульрихом Брауном (Гамбург). Эта система делает туалеты независящими от подачи чистой воды и из нее отводится очищенная жидкость, в объемах и по составу аналогичная моче.

При новом строительстве и полной реконструкции, эта система значительно экономичнее обычных систем и сокращает потребление чистой воды до 10 литров на человека в сутки. Впервые в мире, установка “петли черных вод” была выполнена в здании Гамбургского технологического университета в 2005 году с проектной производительностью, обеспечивающей обслуживание приблизительно 20 человек. Первая коммерческая установка будет построена в городе Ахлен, Германия (её описание в сноске 4.6 ниже). Реализация проектов “петли черных вод” планируется в засушливых регионах на Ближнем Востоке.

Другая версия “петли”, которая еще не была построена, - “петля коричневых вод”, система к которой добавлена схема отвода мочи. Недостаток этой системы заключается в необходимости устройства дополнительного трубопровода. А одним из преимуществ является то, что меньший по размерам утилизационный котёл для переработки “коричневых вод” (фекалии, туалетная бумага и смывная вода) может использоваться, по сравнению с переработкой “черных вод”.

Возможность применения в странах Центральной и Восточной Европы систем очистки “черных вод”, описываемые здесь, зависит от местных условий. Это высокотехнологичные системы, которые вполне реализуемы там, где есть достаточно средств и высокий уровень технического потенциала. В сельских районах и небольших поселках предпочтены системы “сухих туалетов”.

Отвод мочи в санитарных приборах со смывом водой

Системы с отводом мочи сначала были реабилитированы в Швеции, примерно в 1990 году, и получили свое развитие в Германии, используя шведский опыт. В 1996 году, немецкая компания “Otterwasser” добавила очистку “коричневых вод” к системам отвода мочи, используя двухкамерную сепараторную установку (система “Rottebehdlter”). Это технология было внедрена на заводе в Ламбертсмухле” (описана ниже).

Система аналогичная той, что построена в Ламбертсмухле, также запроектированная компанией “Otterwasser”, смонтирована для 100 квартир и школы в Линце, Австрия и передана для эксплуатации крупной компании “LINZ AG”, в качестве демонстрационного и научно-исследовательского объекта. “Хабер Текнолоджи”, крупная компания по производству оборудования для очистки сточных вод, действующая на международном рынке, установила подобную систему в ее новом офисном здании для 200 служащих. GTZ (Немецкое агентство по техническому сотрудничеству) также оборудовало свое новое офисное здание туалетами этой системы. Система с отводом мочи, используемая в Ламбертсмухле - дешева и требует небольших эксплуатационных затрат, и поэтому приемлема для небольших деревень и отдельных зданий в странах Центральной и Восточной Европы. Это идеальный компромисс, если люди не принимают “сухие” системы, при этом система имеет много преимуществ. Недостатком является фильтрат из камер предварительного компостирования, который нужно дополнительно очищать.

Сноска 4.5: Реализация вакуум-биогазовой технологии на практике в Флинтенбрейте

Жилой район Флинтебрейт в городе Любек был построена в 2000 году для населения численностью 250 человек. Градостроители хотели внедрить экологически чистую систему, а альтернативным решением были туалеты с компостирующими камерами, которые, как ожидалось, не будут восприняты владельцами домов.

Поэтому система с вакуумированием и производством биогаза для очистки «черных вод» была разработана в качестве экспериментального проекта. Система была спланирована и запроектирована компанией «Otterwasser» для местной строительной компании, которая осваивала территорию в сотрудничестве с муниципалитетом Любека. Частная компания отвечает за эксплуатацию всех технических систем, включая отопление и производство и распределение электроэнергии.

В Флинтенбрейте вакуумная система с чрезвычайно низкими объемами воды, используемыми для смыва (0.7 литров на смыв) (рис. 4.13), и вакуумные канализационные коллекторы (40 - 50 мм диаметром) была смонтированы для сбора «черных вод». Откачивающая насосная станция с пневматическим управлением задвижками потребовалась для системы «черных вод», которая может поднять воду на высоту до 4.5 метров.

Собранная «черная вода» затем смешивается с измельченными органическими бытовыми отходами, дизенцифицируются и перерабатываются в автоклаве, расположенном в здании. После хранения, сброженный анаэробный отстой используется в сельском хозяйстве. Произведенный биогаз используется в здании для производства тепла и электроэнергии в сочетании с природным газом. «Серые воды» очищаются на построенных вэтландах (см. рис. 4.13).

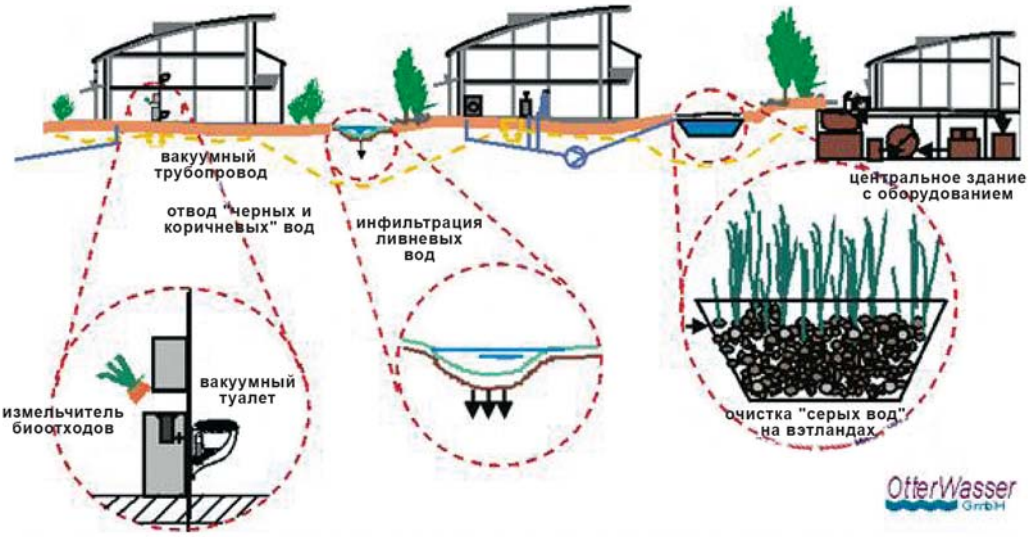


Рис. 4.13. Потоки различных вод и системы очистки в Флинтенбрейте, Любек.

После экспериментального проекта, когда система была впервые построена, технические детали установки были усовершенствованы. Пользователи теперь весьма довольны системой, кроме одной семьи, в которой имели место несколько серьезных проблем с туалетами. Опыт эксплуатации показал, что система технически сложна и требует регулярного обслуживания. Налет образуется на стенках вакуумных труб, и требуется их обработка кислотой каждые 5 лет (в зависимости от жесткости воды). Также важно объяснить функциональные особенности системы пользователям, чтобы избежать перебоев в работе вакуумных труб. Компания «Roediger Vakuum und Haustechnik», Ханау, Германия, доработала вакуумную технологию и наладила поставку необходимого оборудования.

Сноска 4.6: Концепция петли «черных вод» на практике – система в Зех Вестфалене

Первая коммерческая установка системы с «петлей черных вод» строится в огромном многофункциональном здании (Zeche Westfalen) в Ахлене, Германия. Экономия воды, питательных веществ и энергии стали одной причин для выбора системы очистки, которая была создана при сотрудничестве с градостроителями. Система запроектирована на 200 пользователей в день.

В этой системе, туалетные сточные воды не сбрасываются, а очищаются для повторного использования в качестве туалетных смывных вод, и производится жидкое удобрение при концентрациях аналогичных моче. Очистное сооружение состоит из мембранного биореактора (MBR) и системы озонирования, включая нитрификацию, что обеспечивает высокое качество воды (см. рис. 4.14). Фекальные вещества очищаются совместно с био-отходами в анаэробном автоклаве. «Серая вода» очищается отдельно в мембранном биореакторе перед инфильтрацией в местный водоносный слой.

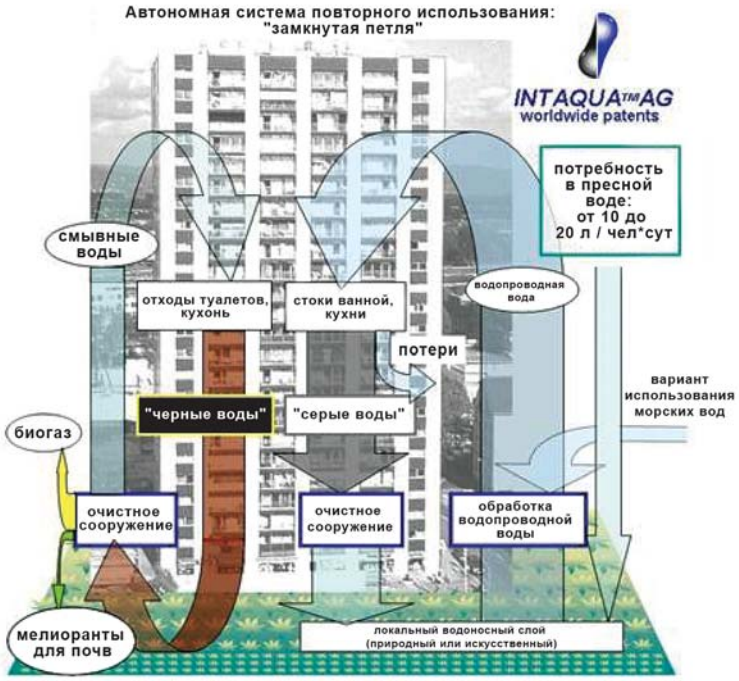


Рис. 4.14. Эскиз системы «петли черных вод».

«Петля черных вод» может быть осуществлена при новом строительстве, в местах, где нет никакой системы очистки сточных вод. Обычные туалеты могут использоваться. Система действительно работает, но слишком рано делать окончательные выводы. Система технически сложна, что должно быть учтено при организации и финансировании её поддержания и эксплуатации. Она может быть экономически выгодной при новом строительстве для обслуживания более 250 человек или гостиницы такого размера. В больницах можно смонтировать «петлю черных вод» для дезинфекции туалетных сточных вод и очистки их от фармацевтических остатков. Сброс их в общественную канализацию создает санитарные риски, которых следует избегать. На территориях с достаточными запасами водных ресурсов, только «серые воды» должны очищаться и повторно использоваться/инфильтроваться, но не водопроводная вода.

Сноска 4.7. Концепция очистки «коричневой воды» с раздельной утилизацией мочи на практике – пример Ламберсмухле

В 2000 году, древняя водяная мельница Ламберсмухле была реконструирована в музей. При этом была реконструирована и система утилизации сточных вод. Ранее, все сточные воды собирались в водосборной емкости. Теперь, при новой системе с разделением сточных вод по фракциям в месте их формирования, музей может стать примером применения концепции «от хлеба до зерна» в дополнение к концепции «от зерна к хлебу».

Новая система утилизации сточных вод базируется на использовании туалетов с раздельной утилизацией мочи, когда фекалии и туалетная бумага смываются небольшим количеством воды. Не промываемые водой писсуары также устанавливаются, минимизируя использование воды и разбавление мочи. Моча собирается в емкость хранения до использования в сельском хозяйстве (рис. 4.15). «Коричневая вода» фильтруется и предварительно компостируется в двухкамерной сепараторной секции. После предварительного компостирования, загустевшее вещество «коричневой воды» смешивается с органическими отходами кухни и скошенной травой и окончательно превращается в компост в садовой компостной яме. Вода, отфильтрованная в сепараторной секции, очищается вместе с «серой водой» в заросшем камышом вэтланде.

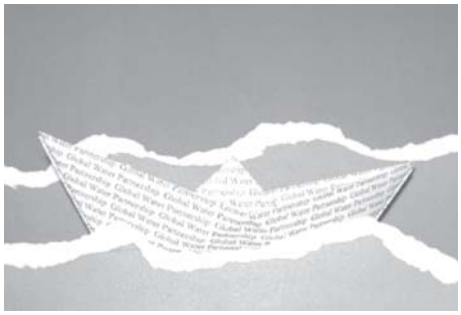


Рис. 4.15 Емкость для хранения мочи и вэтланд, созданный для очистки «серой воды» и фильтрата сепараторной секции в Ламберсмухле.

Научно-исследовательские работы, проведенные в 2001-2003 гг. позволили оценить систему утилизации сточных вод в Ламберсмухле. Результаты, в основном, были позитивными и выявили многие преимущества системы с разделением фракций сточных вод в месте их формирования. Моча может использоваться как хорошее удобрение, и при её хранении в кислотной среде, болезнетворные микроорганизмы погибают, а моча становится безвредной с точки зрения санитарии. Удаление твердых фракций в сепараторной секции весьма эффективно, но компостирующий эффект незначителен. Опыт эксплуатации показал, что не все типы туалетов, разделяющих фракции, могут быть рекомендованы, особенно для детей. Устойчивые органические загрязнители, присутствующие в моче, должны быть дополнительно исследованы. Планируется улучшить процесс компостирования добавлением червей в теплое время года, когда среду компостирования можно подогреть до 20°C и выше при помощи очень простой солнечной системы (черная труба с солнечной накачкой).

Источники литературы для дальнейшего ознакомления

www.otterwasser.de
www.tuhh.de/aww
www.lambertsmuehle-burscheid.de
www.ecosan.org
www.intaqua.com
www.gtz.de/ecosan



Глава 5

Законодательная база устойчивой санитарии в ЕС

Джонас Кристенсен

ВВЕДЕНИЕ

Экологическое законодательство ЕС основывается на общих принципах устойчивого развития. Эти принципы занимают особое место в договоре о создании Европейского Сообщества (Римский Договор), и получили дальнейшее развитие в шестой программе экологических мероприятий, а далее в стратегии устойчивого развития ЕС. Устойчивое развитие включает классические экологические вопросы, такие как решение проблем загрязнения окружающей среды и охраны здоровья населения, а также вопросы управления ресурсами. Охрана здоровья, предотвращение экологической деградации и повторное использование ресурсов - три основополагающих функций санитарных систем (см. главу 3).

В то время как подзаконные акты ЕС, касающиеся борьбы с загрязнением окружающей среды, типа предотвращения эутрофикации и рисков для здоровья людей, трактуются однозначно, законодательство, рассматривающее вопросы использования природных ресурсов, а именно отстоя и других фракций сточных вод, является более противоречивым и трудным для интерпретации. С одной стороны, законодательство ЕС не ограничивает государства-члены в реализации законов, позволяющих или обязывающих создавать канализационные системы, которые могут (должны) раздельно утилизировать мочу и/или фекалии. С другой стороны, законодательство ЕС может затруднить поиск мест применения этих фракций. Все еще обсуждается вопрос, включает ли согласно определению “отстой сточных вод” отделенные в источнике формирования фракции мочи или фекалий.

В настоящей главе приводится краткий обзор экологического законодательства ЕС и законодательства ЕС, относящегося к устойчивой санитарии. При необходимости, описание законодательства упрощается, а в некоторых случаях представлено в обобщенном виде.

ИСТОЧНИКИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ЕС

Европейское Сообщество строится, основываясь на своей собственной юридической системе. Когда государства-члены однажды подписали договор о вступления в сообщество или (с самого начала) Римский Договор, они передали часть своих законодательных полномочий национальных парламентов институтам ЕС. Государства-члены также приняли на себя обязательство выполнять законодательство ЕС, например осуществлять директивы надлежащим способом. Это отражено в Статье 10 Договора: *“Государства-члены должны предпринять все необходимые меры, в общем или частично, чтобы гарантировать выполнение обязательств, проистекающих из этого Договора или вытекающих из актов, принятых институтами Сообщества. Они должны способствовать достижение задач Сообщества* ”.

Можно выделить следующие четыре основных источника законадательства Сообщества:

1) Акты государств-членов (так называемый «первичный закон»).
2) Акты сообщества (так называемый «вторичный закон»).
3) Общие принципы законодательства Сообщества.
4) Международные соглашения между Сообществом и третьими сторонами.

Первичный закон состоит из Римского Договора и других учредительных соглашений, а вторичный закон состоит из Постановлений, Директив, Решений, Рекомендаций и Мнений. Общие принципы законодательства Сообщества - принципы, принятые Европейским Судом. Самые важные акты вторичного закона могут быть описаны следующим образом:

а) *Постановление:*

- наиболее действенная форма законодательства,
- никаких возможностей для государств-членов изменить постановление при национальном исполнении,
- прямое применение к государствам-членам и их гражданам,
- становится частью национального законодательства без какого-либо изменения (процедуры) государством-членом.

б) *Директива:*

- общее определение целей Сообщества, которые должны быть адоптированы государствами-членами,
- должна быть учтена в национальном законодательстве при национальной законотворческой деятельности государства-члена.

в) *Решение:*

- скорее государственная управленческая деятельность, чем законодательство,
- действительно и обязательно только для адресата, поэтому не имеет общей силы или применения.

Законодательство Сообщества имеет приоритет над национальными законодательствами, разработанными до или после принятия законодательства Сообщества. Вследствие прямого действия постановлений Сообщества и некоторых из его директив, законодательство может часто относиться напрямую к национальным судам государств-членов. Согласно принципу верховенства, права, определяемые в законодательстве Сообщества, должны исполняться, даже если они входят в противоречие с национальным законодательством. Хотя государства-члены приняли этот подход, время от времени проблема приоритетов вновь обсуждается, вследствие специфики конституционных требований этих государств.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ ЕС

Исходя из общей перспективы, исторический процесс разработки экологического законодательства можно условно разделить на три этапа. Первый этап экологического законодательства фокусировался, в основном, на защите здоровья людей. Главная цель состояла в предотвращении распространения болезней. На втором этапе, принимаемые законы были направлены на охрану окружающей среды. Третий этап и (пока) последний этап экологического законодательства связан со сбережением и повторным использованием природных ресурсов. Эти три этапа также отражают три основных функции санитарных систем[1].

[1] Три основные функции санитарных систем объясняются и обсуждаются в главе 3.

Сегодня, экологическое законодательство ЕС, основывается на международно принятой глобальной цели устойчивого развития, которая отражает все три вышеупомянутых этапа. Акцент на устойчивом развитии уже сделан в Статьях 2 и 174 Римского Договора, а принцип интеграции (Статья 6) подразумевает, что экологические вопросы (основываясь на принципе устойчивого развития), должны учитываться при всех решениях.

Статья 174 определяет структуру того, как и когда Сообщество должно вводить общее экологическое законодательство, а также является инструментом для интерпретации существующего законодательства Сообщества (постановления и директивы ЕС и национальное исполнение законов ЕС). В первой части Статьи 174 устанавливаются цели экологической политики сообщества. Её нужно читать вместе со Статьей 2. Во второй части Статьи 174 изложены важные экологические принципы ЕС.

Принципы, упомянутые во второй части Статьи 174:

- *Принцип высокого уровня защиты* - один из самых важных принципов европейской экологической политики. Он говорит о том, что политика ЕС по окружающей среде должна стремиться обеспечить высокий уровень защиты, принимая во внимание разнообразие ситуаций в различных регионах ЕС.
- *Предупредительный принцип* означает, что, если есть серьезное подозрение, что деятельность может нанести ущерб окружающей среде, лучше действовать заранее, чем слишком поздно, и не ждать, пока научные доказательства её безопасности будут предоставлены.
- *Принцип привентивных действий* позволяет предпринимать действия по охране окружающей среды или здоровья людей на раннем этапе, вместо ожидания.
- *Принцип «загрязнитель платит»,* означает, что именно те, кто причиняют загрязнение, должно оплачивать мероприятия по устранению последствий загрязнения.

Сноска 5.1: Римский Договор

Статья 2

"Сообщество ставит своей задачей, создание общего рынка и экономического и денежно-кредитного союза, осуществляя общую политику или действия, упомянутые в Статьях 3 и 4, способствуя всюду в Сообществе гармоничному, сбалансированноому и устойчивому развитию экономики, высокому уровню занятости и социальной защиты, равенству мужчин и женщин, устойчивому и неинфляционному росту, высокой степени конкурентоспособности и конвергенции экономической деятельности, высокому уровеню охраны и повышению качества окружающей среды, подъему уровня и качества жизни, и экономическому и социальному единству и солидарности государств-членов"

Статья 6

"Требования в отношении охраны окружающей среды должны быть интегрированы в планы деятельности и при выполнении политики Сообщества, упомянутые в Статье 3, в частности, с целью обеспечения устойчивого развития.

Статья 174

1. Политика Сообщества по окружающей среде должна внести свой вклад в достижение следующих целей:
   - *сохранение, защита и улучшение качества окружающей среды, охрана здоровья людей,*
   - *благоразумное и рациональное использование природных ресурсов,*
   - *обеспечение мер на международном уровне для решения региональных или глобальных экологических проблем.*

2. Политика Сообщества по окружающей среде должна ориентироваться на высокий уровень защиты, учитывая разнообразие ситуаций в различных регионах Сообщества. Данная политика должна базироваться на предупредительном принципе и на принципах, что превентивные действия должны быть предприняты, чтобы возможность экологического ущерба, в качестве приоритета, устранялась в источнике, а загрязнитель должен платить за нанесенный ущерб. В этом контексте, меры гармонизации, отвечающие требованиям охраны окружающей среды, должны быть включены, где это необходимо, как пункт гарантии, позволяющий государствам - членам предпринимать временные меры, по неэкономическим экологическим причинам, подлежащие процедуре контроля Сообщества.

3. При подготовке своей политики по окружающей среде, Сообщество должно принять во внимание:
   - *доступные научно-технические данные,*
   - *экологические условия в различных регионах Сообщества.*

- *Принцип предотвращения экологического ущерба, как приоритет, в источнике*, означает, что ущерб окружающей среде должен быть предотвращен, предпочтительно используя технологии очистки стоков/выбросов.
- *Пункт «меры предосторожности»* говорит о том, что, директива или постановление могут включать пункт о мерах предосторожности, который позволяет государствам-членам предпринимать меры по охране окружающей среды в экстренных случаях.

С 1973 года, ЕС разработало шесть экологических программ, которые содержат приоритетные направления для предшествующих лет. Шестая программа экологических мероприятий (для периода 2001-2010 гг.) содержит экологический компонент стратегии Сообщества по устойчивому развитию, согласуя экологические планы ЕС для долгосрочной перспективы и учитывая экономические и социальные условия. Программа действий является обязательным для исполнения документом. В программе, Европейское агентство по окружающей среде указало, что *очистка сточных вод позволила* улучшить экологическое состояние многих из наших озер и рек.

Экологическая программы фокусируется, среди прочего, на приоритетных проблемах: (iii) *окружающая среда и охрана здоровья*; и (iv) *обеспечение устойчивого управления природными ресурсами и отходами.* Оба направления представляют интерес с точки зрения обеспечения устойчивой санирии. Подход Сообщества к управлению отходами основывается на руководящем принципе иерархии управления отходами, которая отдает предпочтение, прежде всего, предотвращению появления отходов, а затем восстановлению отходов (что включает повторное использование, рециркуляцию и восстановление энергии, с предпочтением, отдаваемым утилизации отходов), и наконец организации свалок отходов (что включает сжигание без восстановления энергии и захоронение). Другая цель состоит в обеспечении ситуации, когда отходы, которые все же образуются, неопасны или, по крайней мере, представляют весьма незначительные риски для окружающей среды и нашего здоровья.

В обновленной стратегии устойчивого развития ЕС, охрана и управление природными ресурсами является одим из семи ключевых направлений, при этом, общая цель состоит в повышении эффективности управления и предотвращении сверхэксплуатации природных ресурсов. Эффективность использования ресурсов должна быть повышена для сокращения общего потребления невозобновляемых природных ресурсов и связанных экологических воздействий использования сырья и для использования возобновляемых природных ресурсов таким образом, чтобы не была превышена их способность к регенерации.

ОТРАЖЕНИЕ ПРОБЛЕМ УСТОЙЧИВОЙ САНИТАРИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ ЕС

В законодательстве ЕС, по крайней мере, следующие юридические акты представляют интерес при анализе возможностей государств-членов внедрять или обслуживать устойчивые санитарные решения, это законы, которые влияют на требования по сокращению загрязнения и санитарных рисков, и/или способствуют или не препятствуют повторному использованию природных ресурсов, что относится и к отстою сточных вод, моче и фекалиям человека и т.д.):

- Директива 2000/60/ЕС Европейского Парламента и Совета, обеспечивающая структуру для деятельности сообщества в области водохозяйственной политики (водная рамочная директива).
- Директива 91/271/ЕЭС по очистке городских сточных вод (директива по городским сточным водам).
- Директива 86/278/ЕЭС по защите окружающей среды и, в частности, почв, когда сточные воды используются в сельском хозяйстве (директива по использованию сточных вод в сельском хозяйстве).

- Директива 91/676/ЕЭС по охране вод от загрязнения нитратами из сельскохозяйственных источников (нитратная директива).
- Директива 1999/31/ЕС от 26 апреля 1999 года по захоронению отходов (директива захоронения отходов).
- Постановление (ЕС) ¹ 1980/2000 Европейского Парламента и Совета от 17 июля 2000 года по пересмотренной схеме присуждения экологического ярлыка Сообщества (Постановление по экомаркировке).
- РЕШЕНИЕ КОМИССИИ от 28 августа 2001 года, устанавливающее экологические критерии для присуждения экологического ярлыка Сообщества почвенным мелиорантам и питательным средам.

Водная рамочная директива

Водная рамочная директива является комплексной стратегией Сообщества в вопросах развития водных ресурсов, которая направлена на поддержание и улучшение качества водной окружающей среды в странах Сообщества. Важным вопросом является предотвращение дальнейшей деградации. Директива формулирует понятие «загрязняющие вещества», как любые вещества, сбособные вызвать загрязнение, например, вещества которые способствует эутрофикации (в частности, нитраты и фосфаты), и вещества, которые оказывают неблагоприятное воздействие на кислородный баланс (и могут быть измерены, используя параметры, типа БПК, ХПК и т.д.).

Её цель, прежде всего, повысить *качество* вод. Контроль количеств - сопутствующий элемент в обеспечении хорошего качества воды, и поэтому меры, направленные на улучшение *количественных* показателей, служащие также цели обеспечения хорошего качества, должны также быть осуществлены. В *отношении* предотвращения и контроля *загрязнения*, водохозяйственная политика Сообщества должна основываться на *интегрированном подходе*, используя контроль загрязнения в источнике с помощью принятия предельных значений сбросов и экологических стандартов качества. В отношении объемов водных ресурсов, должны быть приняты общие принципы для контроля изъятия воды из водоисточников и наполнения водохранилищ, чтобы гарантировать экологическую устойчивость водных экосистем.

Каждое государство-член должно обеспечить разработку комплекса мер для каждого речного бассейна с целью достижения целей директивы. Экологические стандарты качества должны быть разработаны для каждого речного бассейна, и тогда будут установлены ограничения для дальнейшего загрязнения. Водная рамочная директива является директивой минимальных ограничений, и государства-члены свободны в использовании или принятии более строгого национального законодательства.

Так как директива частично базируется на экологических стандартах качества, её выполнение в государствах-членах будет иметь юридические последствия в отношении всех видов загрязнения источников, независимо от того, какого они масштаба - крупные или небольшие, например небольшие канализационные системы. Государства-члены также свободны в применении более строгих законов. Каждая программа действий должна включать “основные” меры, типа запрещения прямого сброса загрязняющих веществ в подземные воды. Никакого исключения не делается для мелкомасштабного загрязнения. Государства-члены должны были выполнить эту директиву самое позднее до 22 декабря 2003 года.

Директива по очистке городских сточных вод

Директива ЕС 91/271/ЕЭС по очистке городских сточных вод вступила в силу в 1991 году. Цель этого законодательства - *защита окружающей среды от вредных воздействий очищенных сточных вод, охраняя поверхностные и подземные воды, обеспечивая их “высокий статус”. Для достижения этой цели все государства-члены должны обеспечить соответствующую очистку сточных вод.*

Однако, Директива относится только к поселкам с населением более 2000 человек. Исключением является Статья 7, которая касается небольших поселков, если они имеют канализационную систему. Директива поясняет, что *локальные системы очистки* или *другие альтернативные решения* могут использоваться вместо канализационной системы, если строительство канализационных систем не обосновано, либо из-за высоких расходов, либо потому что они не обеспечивают экологических выгод. Что, вероятно, имеет место в большинстве поселков с населением менее 2000 человеек.

Директива предлагает, чтобы *очищенные сточные воды* и *отстой*, образующийся при очистке сточных вод, *были многократно использованы* везде, где это возможно, способом, при котором вред наносимый окружающей среде был бы минимальным. Поэтому эта Директива может, в целом, помочь в создании устойчивых санитарных условий в странах ЕС. Директива не распростаняется на уязвимые реки и озера в случае воздействия на них стоков небольших поселков. Эта проблема подпадает под юрисдикцию водной рамочной директивы, и в определенной степени должна решаться каждым государством-членом. Директива подчеркивает важность многократного использования отстоя сточных вод и самих сточных вод, в соответствие с иерархией утилизации отходов.

Директива по очистке городских сточных вод является директивой, определяющей минимальные стандартные требования, и не препятствует государствам-членам вводить более строгие правила ни для крупномасштабных очистных сооружений, ни для небольших очистных сооружений или очистки сточных вод на местах. Внимание ЕС к устойчивому развитию, включая ведение домашнего хозяйства, используя природные ресурсы в форме восстановления/ повторного использования, может открыть возможности для развития национального законодательства в отношении повторного использования питательных веществ, содержащихся в сточных водах.

Директива по захоронению отходов

Директива по захоронению отходов учитывает иерархию утилизации отходов, в то время как необходимо поощерять предотвращение, рециркуляцию и восстановление отходов, так как необходимо использовать восстановленные ресурса и энергию в целях охраны природных ресурсов и не допущения расточительного использования земельных ресурсов. Государства-члены должны разработать национальную поэтапную стратегию по сокращению объемов разлагаемых микроорганизмами отходов, которые в настоящее время подлежат захоронению на свалках.

Не позднее 2016 года, объемы разлагаемых микроорганизмами муниципальных отходов, которые утилизируются на свалках, должны быть уменьшены до 35 % общих объемов (по весу) разлагаемых микроорганизмами муниципальных отходов на уровне 1995 года. В преамбуле, внимание фокусируется на том, что государства-члены должны предпринять меры, необходимые для сокращения объемов закапываемых отходов, которые могут разлагаться микроорганизмами, поощряя раздельный сбор разлагаемых микроорганизмами отходов, их сортировку, восстановление и рециркуляцию. Таким образом, не желательно производить захоронение отстоя сточных вод, образующегося при их очистке.

Директива по использованию сточных вод в сельском хозяйстве

Цель данной Директивы заключается в регулируемом использовании отстоя сточных вод в сельском хозяйстве, способом, предотвращающим вредные воздействия на почвы, растительность, животных и человека, при поощерении его правильного использования. Сущностью дерективы является запрет использования отстоя, концентрация в котором некоторых тяжелых металлов превышает допустимые значения, приведенные в директиве. Это директива стандартов, предъявляющих минимальные требования, и государства-члены могут

разработать более строгое законодательство, по сравнению с директивой. Директива также применима к отстою небольших очистных сооружений или очистки сточных вод на местах. Не ясно, входят ли в понятие «отстой» также отдельные фракции мочи или фекалий человека (что является важным вопросом для систем, разделяющих компоненты сточных вод в источнике).

Государства-члены должны запретить использование отстоя или поставки отстоя для использования на: (a) сенокосных угодьях или полях кормовых культур, если на сенокосах пасется скот или урожай на полях кормовых культур собирается до истечения установленного периода (устанавливается государствами-членами), (b) почва, где выращиваются фрукты и овощи, за исключением плодовых деревьев; (c) землях, предназначенных для выращивания фруктов и овощей, которые растут обычно при прямом контакте с почвой и обычно съедаются в сыром виде, за 10 месяцев до сбора урожая и в ходе сбора урожая непосредственно. Директива также требует, чтобы отстой использовался таким способом, который учитывает требования растений в отношении питательных веществ и не ухудшает качество почв, поверхностных и подземных вод.

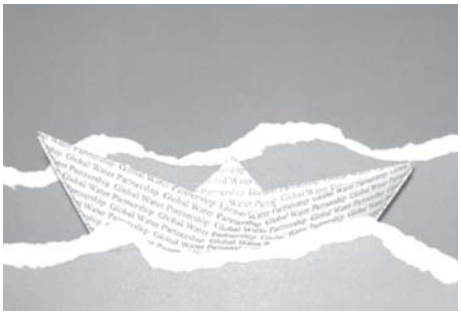
С одной стороны, директива должна поощрять использование отстоя, но с другой стороны, предписывает ограничения по способу применения, что на практике становится серьезным препятствием. Государства-члены, например, обязаны запретить использование отстоя при выращивании некоторых видов сельскохозяйственных культур.

Нитратная директива

Одной из главных причин загрязнения нитратами из сельскохозяйственных источников является использование удобрений, содержащих нитраты, на сельхозугодьях. Директива также относится к отстою сточных вод, используемому в качестве удобрения. Для «уязвимых зон» (решение принимается государствами-членами) государства-члены должны разрабатывать программы действий, включая принудительные меры, а вне этих зон руководствуются некоторыми общими обязательствами, и государства-члены должны разработать кодекс «праввильной сельскохозяйственной практики». Цель этой директивы - защита поверхностных и подземных вод от загрязнения нитратами, но в то же самое время она может стать препятствием, когда она касается возможности повторного использования отстоя сточных вод на сельхозугодьях.

Постановление по экомаркировке

Экологическая маркировка Сообщества может быть присуждена продуктам, производимым в Сообществе, которые отвечают основным экологическим требованиям и критериям. Комиссия ЕС решила, что для того, чтобы присвоить экоярлык, мелиоранты почв или питательная среда не должны содержать веществ отстоя сточных вод. Присуждение экоярлыка используется только теми странами, которые хотят присоединиться к системе экомаркировки ЕС (чтобы продавать продукты с экоярлыком), но из-за статуса постановления, государства-члены не должны разрабатывать другие правила. Постановление по экомаркировке и решение комиссии - серьезные препятствия на пути юридически обоснованного повторного использования отстоя сточных вод на сельхозугодьях, производящих продукцию с экоярлыками. При этом, либо моча и фекалии человека должны классифицироваться как отстой, либо этот вопрос вообще не обсуждается. Если они рассматриваются как отдельные категории, по крайней мере, эти юридические акты не будут препятствием для повторного использованию этих фракций при выращивании экомаркированных культур.



Глава 6

Выводы и рекомендации

Данный сборник статей подготовлен, чтобы высветить имеющиеся проблемы, а также обеспечить общее представление и вдохновить политиков, администраторов, практиков и всех заинтересованных лиц на реализацию идей устойчивой санитарии в небольших поселках. Сборник статей - результат совместных усилий членов Глобального Водного Партнерства Центральной и Восточной Европы (ГВП ЦВЕ), объединяющего одиннадцать стран. Сборник представляет собой первую реакцию на возникшую необходимость поиска решений по обеспечению небольших поселков адекватными санитарными услугами. *"Авторы данной публикации признают, что создание нормальных санитарных условий – фундамент общественного здоровья, достоинства и развития. Публикация привлекает внимание к серьезной проблеме - как радикально увеличить доступ к элементарным санитарным услугам, используя методы, которые отражают принципы экономической эффективности, социальной справедливости и экологической устойчивости – три столпа, на которых строится интегрированный подход к управлению водными ресурсами"* (из предисловия, написанного Робертом Лентоном). Данная инициатива ГВП ЦВЕ по освещению тематики устойчивой санитарии, поддержанная представителями различных секторов экономики, является отправной точкой в вопросах управления общими европейскими водными ресурсами интегрированным и устойчивым способом.

Общие выводы основываются на содержании пяти глав сборника.

Глава 1

- Доступ к безопасным, удобным и доступным по стоимости санитарным услугам - основная потребность людей. При этом, современная практика обращения с экскрементами и сточными водами создает серьезные риски для здоровья людей и окружающей среды, а также приводит к деградации нашей общей ресурсной базы, на которой построено человеческое общество. Основной ответственностью и задачей нашего общества является обеспечение населения действующими санитарными системами, а также развитие систем утилизации экскрементов и очистки загрязненных вод безопасным и устойчивым способом.

Глава 2

- Страны Центральной и Восточной Европы пережили уникальные политические, экономические и социальные изменения, которые относятся к эре доминирования в регионе Советского Союза. Текущий общий уровень водоснабжения весьма высок, в то время как уровень очистки муниципальных сточных вод в большинстве стран не достаточен.
- Действующие системы канализации и очистки сточных вод, главным образом, сосредоточены в больших городах и поселках. При этом, необходимая модернизация систем с применением обычных методов очистки требует огромных затрат, которые не могут быть обеспечены при имеющихся экономических ресурсах.

- Директива ЕС по городским сточным водам предусматривает, что канализационные системы и сооружения для очистки сточных вод должны быть построены до 2015 года в поселках с населением более 2000 человек. Для этих и более крупных поселков, средства и гранты для строительства канализационных систем и сооружений для очистки сточных вод обеспечиваются ЕС. Однако, нет возможностей для субсидирования людей, живущих в поселках с меньшим населением, если не происходит “искусственное” укрупнение поселков, группируя их таким образом, чтобы они отвечали основному критерию для получения субсидий, но при этом средства, которые обеспечиваются за счет налогов граждан ЕС, тратятся неэффективно.

- Приблизительно 25 миллионов человек в странах ЦВЕ (20% населения) живут в небольших и средних поселках (с населением менее 2000 человек). В целом, эти поселки либо имеют неадекватные системы очистки сточных вод, либо не имеют их вообще, при этом, их экономический потенциал весьма низок для обеспечения строительства и эксплуатации любой усложненной системы. Дешевые, простые и надежные системы, типа “сухих” туалетов, локальных или кластерных систем очистки сточных вод, основанных на естественных процессах фильтрации через почвы, орошении очищенными сточными водами и других концепциях природной очистки являются реалистичными решениями, которые отвечают современным требованиям Рамочной Директивы ЕС и устойчивого развития.

Глава 3

- Три основных функции санитарии и очистки сточных вод - охрана здоровья населения, рециркуляция питательных веществ и борьба с экологической деградацией. Для того чтобы системы была устойчивой, решение этих основополагающих задач необходимо сбалансировать с техническими, социально-культурными (среди них и частные задачи) и экономическими аспектами.

- Четкое определение границ системы является важным условием, так как достижение поставленных целей должно обеспечиваться в пределах конкретной системы. Важно иметь информацию обо всех частях системы и иметь в виду, что выходная продукция системы (например, очищенные сточные воды и отстой) зависит от поступающих компонентов. Таким образом, “системный подход” в санитарии означает, что необходимо всегда учитывать превентивные меры (управление в источнике), например, разделение отходов туалетов и “серой воды” или сокращая содержание фосфора в бытовых моющих средствах.

- При выборе санитарной системы, основное внимание должен быть уделено функциональности системы, то есть, её способности выполнять основные функции, а также практическим аспектам. Технология - средство достижения этой цели, а не цель сама по себе. Важно, чтобы пользователь и его исходный потенциал (например, программное обеспечение) были совместимыми с технической системой (техническое обеспечение).

- Технологии, используемые в различных ситуациях, будут отличаться, так как выбираются в зависимости от местных условий, поставленных целей и практических соображений. Как обычные, так и новые “экологические” технологии могут решать поставленные задачи, поэтому при планировании нужно рассмотреть варианты и сделать выбор.

- “Открытое планирование утилизации сточных вод” является полезным методом планирования санитарных проектов. Это простой и гибкий метод, при котором акцент делается на желаемых результатах работы системы очистки, а не на определенной технологии, при этом, данный подход может быть использован как при планировании крупных многокомпонентных систем, так и при планировании локальной санитарной системы.

- Установлено, что концепция искусственных вэтландов (фильтрация предварительно очищенных сточных вод через насыщенную фильтрующую почвенную среду, засаженную тростником и другими галофитовыми растениями) соответствует требованиям биологической очистки сточных вод для небольших поселков во многих странах. Пример, приведенный Словенией, подтверждает, что данная технология является простой, относительно дешевой и не требует больших усилий при обслуживании системы.

- Сточные воды могут использоваться для орошения лесопосадок. Этот старый и естественный способ утилизации сточных вод обеспечивает двойной эффект - очищаются и испаряются сточные воды и выращиваются необходимые культуры. Примеры, приведенные Венгрией, демонстрируют потенциал применения систем с орошением лесопосадок при безопасном и эффективном повторном использовании сточных вод для многих стран Центральной и Восточной Европы.

- Использование "сухих" туалетов - простой и дешевый способ улучшить санитарные условия для многих людей. Отвод и использование мочи в качестве удобрения при выращивании сельскохозяйственных культур, вместо того, чтобы смешивать её с большим количеством смывной воды, позволяет повторно использовать питательные вещества, и не требуется никаких дополнительных затрат на удаление азота и фосфора при очистке сточных вод. Пример, приведенный Украиной, показывает, что использование "сухих" туалетов отвечает условиям сельской местности. Строительство "сухих туалетов" в сельских школах радикально улучшило санитарные условия, а также способствовало развитию местного рынка для производителей этих санитарных средств и строителей.

- В Швеции более 90% населения пользуются централизованными канализационными системами с биологической и химической очисткой. Люди, живущие в сельской местности, обслуживаются локальными очистными сооружениями, главным образом, с использованием инфильтрации и песчаных фильтров. Строгое законодательство и крупные субсидии правительства в течение 70-80-х годов прошлого столетия создали условия для развития этих систем.

- Несмотря на факт, что большая часть сточных вод очищается на современных сооружениях для очистки сточных вод, большой интерес для научных исследований представляют дешевые природные системы очистки. Работа многих старых очистных прудов была успешно улучшена при добавлении извести или алюминия в качестве коагулянтов. Вертикальные почвенные фильтры использовались как основная технология для очистки сточных вод, поступающих из отдельных зданий. 30-40-летний опыт эксплуатации более чем 100.000 таких сооружений подтверждает, что фильтрация через ненасыщенную почвенную среду обеспечивает эффективную и надежную очистку. Несмотря на холодный и влажный климат, технология очистки и орошения лесопосадок сточными водами в Швеции признана соответствующей требованиям небольших поселков. В настоящее время, технология с использованием раздельной утилизации мочи и компактных почвенных фильтров также становится конкурентоспособной.

- Централизованные канализационные системы хорошо развиты в Германии. Однако, главным образом, вследствие увеличения затрат на обслуживание и управление и недостаточной рециркуляции питательных веществ, разрабатываются новые технологии. Акцент сделан на системах с отделением "черных вод", так как они легко адаптируются к городским условиям. Туалетные отходы ("черные воды") имеет высокое содержание болезнетворных микроорганизмов и питательных веществ, но их объемы довольно малы. "Серые воды" (после купания и т.д.) содержат небольшие концентрации болезнетворных микроорганизмов и питательных веществ, но поступают в больших объемах. Поэтому

очистка и рециркуляция питательных веществ могут стать более эффективными, если не смешивать эти две фракции. Опыт свидетельствует, что вакуумные системы отвода “черных вод” хорошо воспринимаются пользователями, но сложность технологии требует квалифицированного монтажа и эксплуатации. Экономичные технологии сбора “черных вод” могут быть совместимыми с обычными системами.

Глава 5

- Экологические проблемы занимают важное место в повестке дня ЕС, и законодательство ЕС, касающееся охраны окружающей среды, базируется на всеобъемлющем принципе устойчивого развития. Этот принцип зафиксирован в Римском Договоре, и развит в шестой программе экологических мероприятий и далее в стратегии устойчивого развития ЕС. Устойчивое развитие включает классические экологические вопросы, типа загрязнения, проблем охраны здоровья и управления ресурсами.

- Экологическая политика ЕС базируется на принципе высокого уровня защиты, предупредительном принципе, принципе превентивных действий, принципе “загрязнитель платит”, принципе предотвращения экологического ущерба, как приоритет, в источнике и, наконец, пункте «меры предосторожности». Все указанные принципы должны быть учтены при осуществлении нового строительства или модернизации существующих санитарных систем.

- В то время как легко использовать “вторичное” законодательство ЕС, регулирующее вопросы “сброса загрязнителей вне мест их формирования”, типа эутрофикации и рисков здоровья, законодательство, рассматривающее вопросы использования природных ресурсов, а именно отстоя и других фракций сточных вод, является более противоречивым и трудным для интерпретации.

- Вопросы, связанные с загрязнением вод (поверхностных и подземных вод), в основном, охвачены *рамочной водной директивой ЕС (РВД ЕС).* Данная директива содержит различные подходы: одно направление включает выполнение экологических стандартов качества, а другое - технических стандартов и норм сбросов. При выполнении всеми государствами-членами, *РВД ЕС* будет оказывать прямое влияние на крупные, а также средние и небольшие источники загрязняющих веществ.

- *РВД ЕС* является директивой, защищающей окружающую среду от загрязнения. С одной стороны, в ней говориться о большом значении повторного использования отстоя сточных вод и самих сточных вод, но с другой стороны нет никаких явных юридических требований в отношении того, как это должно осуществляться. Однако нет юридических препятствий для государств-членов, которые считают необходимым использовать национальное законодательство по вопросам повторного использования природных ресурсов. Более того, дух законодательства ЕС базируется на принципе применения более строгих национальных законов в области охраны окружающей среды, если это обосновано или необходимо.

- *Директива очистки городских сточных вод,* главным образом, относится к крупным системам, и требует от государств-членов использования повышенных стандартов очистки сточных вод. Директива фокусируется на загрязнении, и можно сделать вывод, что данная директива не станет препятствием для тех государств-членов, которые будут использовать “альтернативные технологии очистки сточных вод”, по крайней мере, на крупномасштабных системах. Вместо канализационных систем, *локальные очистные сооружения* или *другие альтернативные решения* могут использоваться, если строительство канализационных систем нерационально, либо из-за высоких затрат, либо потому, что они не обеспечивают экологических преимуществ, что характерно для

большинства небольших поселков с населением менее 2000 человек.

- *Директива по захоронению отходов* базируется на иерархической систематизации отходов, означая, что отходы в “первых руках” должны рассматриваться как “ресурсы”. Государства-члены должны разработать национальные стратегии поэтапного сокращения объемов захоронения отходов, которые могут разлагаться микроорганизмами. Разлагаемые микроорганизмами отходы включают отстой сточных вод и другие отделенные фракции, такие как моча и фекалии, которые не должны вывозиться в места захоронения. Не легко найти возможности для использования отстоя и фракций сточных вод.

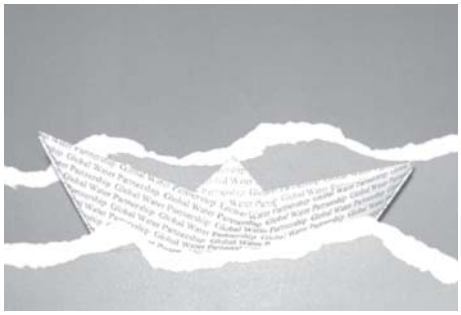
- В то время как имеется возможность использовать отстой сточных вод на сельхозугодьях, из-за санитарных рисков, *директива по использованию сточных вод в сельском хозяйстве* вынуждает государства-члены вводить запреты на использование отстоя на сельхозугодьях, где выращиваются некоторые продовольственные или фуражные культуры. Есть также ограничения для использования отстоя, который может содержать тяжелые металлы. Один из неурегулированных вопросов - интерпретация термина “отстой”. *Нитратная директива* включает положения по отстою сточных вод, и может на некоторых быстро реагирующих площадях стать препятствием для повторного использования отстоя на сельхозугодьях. Даже *постановление по экомаркировке* налагает ограничения на использование отстоя сточных вод.

В качестве основного вывода можно отметить, что законодательство сообщества не ограничивает государства-члены в применении законов, позволяющих или требующих использования канализационных систем, которые отделяют мочу и/или фекалии, что находится в соответствии с Договором, основанным на устойчивом развитии. С другой стороны, законодательство ЕС может затруднить использование этих фракций. Есть юридические ограничения для использования отстоя сточных вод, но вопрос заключается в том, должны ли чистые фракции мочи и фекалий рассматриваться как “отстой”. Возможная интерпретация, основанная на фундаментальном принципе устойчивого развития, содержащемся в Договоре ЕС, разработанном законодательстве ЕС и экологическая программе: чистые фракции мочи и фекалий не оговариваются в термине “отстой”.

Рекомендации

На национальном уровне:
- Адаптируйте нормативы и инструкции к законодательству ЕС (если не сделано до настоящего времени) и принципы устойчивого развития (описано в главах 3 и 5)
- Разработайте национальную стратегию модернизации существующих санитарных систем, основываясь на принципах устойчивого развития. Стратегия должна включать приоритеты и положения для планирования и финансирования санитарии (включая проектирование, строительство, поддержание и эксплуатацию систем).
- Инициируйте и усильте научные исследования и разработку соответствующих методов планирования, финансовых систем, технических решений для утилизации экскрементов, сточных вод и отстоя.
- Продемонстрируйте и распространите положительный опыт

На местном уровне
- Начните процесс планирования с обсуждения местной ситуации, с учетом индивидуальных и общих целей. Определите проблемы и приоритеты.
- Проанализируйте различные варианты, отталкиваясь от четко сформулированных целей (основных функций), а также практические аспекты, например, институциональный потенциал, осведомленность пользователей, возможности финансирования, соответствие и надежность технологий, юридические вопросы, а также вопросы управления, поддержания и эксплуатации систем.
- Обеспечьте участие представителей основных групп бенефициариев в процессе планирования, например, пользователей/владельцев, землевладельцев, фермеров, экологических организаций и т.д.
- Изучите передовой опыт и начните выполнение экспериментальных проектов до реализации крупномасштабных проектов.



Список использованной литературы

Brix, H. (1993). Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal processes, and treatment performance. In: Moshiri, G.A. (Ed.), *Constructed wetlands for water quality improvement*, (pp. 9-22), Boca Raton, USA: Lewish Publishers.

Drangert, J-O., Hallstrom, J. (2002) Den urbana renhellningen i Stockholm och Norrkoping – fren svin till avfallskvarn? *Bebyggelsehistorisk tidskrift* 44/2002, pp 7-24.

EU (2001). *2nd Forum on Implementation and Enforcement of Community Environmental Law: Intensifying Our Efforts to Clean Urban Wastewater.*

Friend, J. & Hickling, A. (1997). *Planning under pressure- The Strategic Choice Approach.* Butterwort Heinemann, Oxford, 372 pp.

Glasson, J., Therivel, R. & Chadwick, A. (2005). *Introduction to Environmental impact Assessment.* Routledge, Abingdon, 423 pp.

GWP (2003). *Catalyzing Change: A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies.*

Kvarnstrom, E., af Petersens, E. (2004) *Open Planning of Sanitation Systems.* Report 2004-3, EcoSanRes Publications Series. Stockholm: Stockholm Environment Institute.

Kvarnstrom, E., Bracken, P., Ysunza, A., Кдrrman, E., Finnson, A., Saywell, D. (2004) *Sustainability Criteria in Sanitation Planning.* People-centred approaches to water and environmental sanitation. Proceedings from the 30th WEDC International Conference, Vientiane, Lao PDR.

Кдrrman, E, Jonsson, H. (2001). Normalising impacts in an environmental systems analysis of wastewater systems. *Water, Science and Technology Vol.* 43, no 5, pp 293-300.

Malmqvist, P-A, Heinicke, G., Кдrrman, E., Stenstrom, T. A. & Svensson, G. (Eds.) (2006) *Strategic planning of Sustainable Urban Water Management.* IWA Publishing, London, 264pp.

Matsui, 2002. The Potential of Ecological Sanitation, *Japan Review of International Affairs* (Winter 2002): p. 303-314.

Our Common Future (1987), Oxford: Oxford University Press. ISBN 0-19-282080-X, UN World Commission on Environment and Development.

Ridderstolpe, P. (1999) *Wastewater Treatment in a Small Village – options for upgrading.* Uppsala: Coaltion Clean Baltic and WRS Uppsala AB. http://www.ccb.se/documents/WastewaterTreatmentinaSmallVillage-optionsforUpgrading.pdf

Ridderstolpe, P. (2000) Comparing consequence analysis. EcoEng Newsletter 1/2000. http://www.iees.ch/EcoEng001/EcoEng001_R4.html

Ridderstolpe, P. (2004) *Sustainable Wastewater Treatment for a New Housing Area. How to find the right solution.* Uppsala: Coaltion Clean Baltic and WRS Uppsala AB. http://www.ccb.se/documents/SustainableWWTforaNewHousingArea.HowtoFindtheRightSolution.pdf

SIDA, Division for urban development and environment (2004). *Strategy for Water Supply and Sanitation. Downloaded 2007-02-15 at* http://www.sida.se/shared/jsp/download.jsp?f=SIDA3592_web.pdf&a=3085

SIDA, Author: Цrtengren, K. (2004). *A summary of the theory behind the Logical Framework Approach method.* Downloaded 2007-05-02 at http://www.sida.se/shared/jsp/download.jsp?f=SIDA1489en_web.pdf&a=2379

Stehlik (2003) *Milyen szennyvнzelvezetйst йs tisztнtбst vбlasszak az adott telepьlйsen, kьlonos tekintettel a szennyvнz hasznosнtбsra* (What type of wastewater collecting and treatment system to choose in the given settlement, especially considering also reuse of wastewater).

Soderberg, H., Johansson, M (2006) Institutional capacity: the key to successful implementation. In: Malmqvist, P-A., Heinicke, G., Кдrrman, E., Stenstrom T. A., Svensson, G. (eds) (2006). *Strategic Planning of Sustainable Urban Water Management*. London: IWA Publishing. pp 100-105.

UNDP-World Bank Water and Sanitation Program, Author: Wright, A. (1997). *Toward a Strategic Sanitation Approach: Improving the Sustainability of Urban Sanitation in Developing Countries*. Downloaded 2007-04-26 at: http://www.wsp.org/filez/pubs/35200730728_TowardsStrategicSanitationApproach.pdf

United Nations Development Programme, UNDP. (2006). *Human Development Report 2006: Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. Palgrave Macmillian, New York, 442 pp.

United Nations Commission on Sustainable Development (2005). *Sanitation: policy options and possible actions to expedite implementation. Report of the Secretary-General.* Downloaded 2007-05-03 at: http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/N04/647/76/PDF/N0464776.pdf

United Nations Millennium Project Task Force on Water and Sanitation, Coordinators: Lenton, R. and Wright, A. (2005). *Final Report, Abridged Edition. Health, Dignity, and Development: What Will It Take?* Downloaded at http://www.unmillenniumproject.org/documents/What_Will_It_Take.pdf

Valent, F. et al (2004) Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe. *Lancet*, 2004. 363:2032-2039.

World Health Organization (2006) *WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. Can be downloaded from: http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/index.html



ПРОИЗВОДСТВЕННО-НАУЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "МОЛДСЕЛЬХОЗХИМИЯ"
МОЛДАВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ
И АГРОХИМИИ ИМ.Н.А.ДИМО
МИНИСТЕРСТВО БЫТОВО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА МОЛДАВСКОЙ ССР
ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ "МОЛДКОММУНПРОЕКТ"
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ МОЛДАВСКОЙ ССР
МОЛДАВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИГИЕНЫ И
ЭПИДЕМИОЛОГИИ

ВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

на подготовку, транспортирование и использование осадков сточных вод населенных мест Молдавской ССР для сельского хозяйства в качестве удобрения

Кишинев - 1981.

В технические условия, составленные на основе обобщения данных Молдавского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии им.Н.А.Димо, института "Молдкоммунпроект" и Молдавского научно-исследовательского института гигиены и эпидемиологии, научных учреждений и передовой практики в нашей стране и за рубежом, изложены основные принципы использования осадков сточных вод городов в качестве удобрения.

Технические условия на подсушенный осадок сточных вод городов предназначены для специалистов и руководителей хозяйств, объединений "Молдсельхозхимия", проектных учреждений, занимающихся вопросами обработки и использования этого материала в качестве удобрения.

Технические условия разработали сотрудники: НПО "Плодороднне"- М.А.Цуркан, О.Д.Архип, В.С.Врабие, Е.П.Серденту, А.П.Руссу; института "Молдкоммунпроект" - Г.Т.Тотоk, И.И.Шульга; Молдавского НИИ гигиены и эпидемиологии - О.Н.Гроник, Д.И.Сирецяну, И.И.Бобун.

УТВЕРЖДАЮ

Зам.председателя производственно-научного объединения по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства МССР

М.Ф.Стратулат

"__" _____ 1981г.

УТВЕРЖДАЮ

Зам.министра коммунального хозяйства Молдавской ССР

Н.А.Панули

"__" _____ 1981г.

СОГЛАСОВАНО

Зам. главного государственного санитарного врача МССР

Ц.В.Чагдай

"12" 05 1981г.

26-6/14-965

Осадок городских сточных вод является предметом обработки стоков на станциях аэрации и результатом их частичного обеззараживания на иловых полях.

Настоящие временные технические условия распространяются на подсушенный осадок городских сточных вод, полученный на иловых площадках и предназначенный для использования в качестве удобрений в сельском хозяйстве, городском озеленении, реконструкции и окультуривания малопродуктивных почв.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ОСАДКА

В настоящее время на очистных сооружениях канализации Молдавской ССР осадки сточных вод обрабатываются по трем основным технологическим схемам:

I. Сбраживание сырого осадка и избыточного активного ила в метантенках при термофильном режиме (53°С). Осадок, сброженный в таком режиме, не содержит патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, стабилен и не загнивает при длительном хранении. Подсушивание

такого осадка производится, как правило, на иловых площадках. Подсушенный осадок имеет влажность 75-80% и может использоваться как удобрение на сельскохозяйственных полях без дополнительной обработки.

2. Сбраживание сырого осадка и избыточного активного ила (избыточной биопленки) в сооружениях сапрофильного режима сбраживания (без внешнего подогрева) типа двухъярусных отстойников, осветлителей-перегнивателей. Дегельминтизация осадка при этой технологии происходит лишь частично (на 50-60%). Подсушка осадка производится на иловых площадках до влажности 75%.

3. Обработка избыточного активного ила и сырого осадка в аэробных условиях - аэробная стабилизация. При этом происходит окисление легкоокисляемой части органических компонентов, входящих в осадок, который получается стабильный без запаха и не загнивает при длительном хранении. Подсушивается осадок на иловых площадках до влажности 75%. Яйца гельминтов при этой технологии не уничтожаются. Поэтому аэробная стабилизация сопровождается дегельминтизацией осадка: на очистных сооружениях, где существуют незадействованные метантенки, аэростабилизированный осадок подвергается тепловой обработке в емкостях метанков при температуре 65-70°С в течение I часа; на станциях, где отсутствуют метантенки, дегельминтизация аэробно-стабилизированного осадка производится острым паром в специальных сооружениях или электрическим током.

Технология использования в качестве удобрения осадков сточных вод городов, определяется прежде всего, способом их обработки, степенью дегельминтизации и содержанием в нем тяжелых металлов.

Во всех случаях подсушенные осадки с влажностью до 75% выбираются с иловых площадок и складываются в хорошо уложенных буртах на специально отведенную при очистных сооружениях площадку.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Частично обезвоженный осадок сточных вод городов, предназначенный для использования в качестве удобрения, должен соответствовать требованиям настоящих технических условий, указанных ниже:

	%	мг/кг
Влажность, не более	-75.	
Органическое вещество, (в расчете на сухое вещество), не менее	-20	200000
Азот (II), (в расчете на сухое вещество), не менее	-I,2	I2000
Фосфор (P_2O_5), (в расчете на сухое вещество), не менее	-I,4	I4000
Калий (K_2O), (в расчете на сухое вещество), не менее	-0,4	4000

ПРАВИЛА ПРИЕМКИ И КОНТРОЛЯ

Осадок отпускается потребителю с площадки складирования. На каждую партию (800-I000т) отпускаемого потребителю осадка поставщик выдает паспорт, в котором указывается влажность, содержание органического вещества, азота, фосфора, калия, гельминтологические показатели, а также наличие вредных примесей - мышьяка, ртути, свинца кадмия никеля, хрома.

Подсушенный осадок подвергается потребителем повторному контролю по показателям, указанным в технических требованиях, предоставляя пробы осадка в соответствующую зональную агрохимлабораторию. Кроме того, зональные агрохимлаборатории осуществляют выборочную проверку качества отпускаемого потребителю осадка.

Определение химического состава осадка производится методами лабораторных анализов, применяемых при проверке качества органических удобрений и техническом контроле работы очистных сооружений.

Отпуск и использование осадка осуществляется при наличии положительного заключения местной санэпидстанции.

ТРАНСПОРТИРОВКА И ПОДГОТОВКА К ВНЕСЕНИЮ

Подсушенный осадок с площадки складирования перевозится на сельскохозяйственные поля. Управление водопроводно-канализационного хозяйства берут на себя 50% расходов по транспортировке осадка до места его использования. Остальная часть расходов по транспортированию, подготовке и внесению ложится на потребителя. Для перевозки осадка используются автосамосвальные транспортные средства ЗИЛ-585, ЗИЛ-555 и навозоразбрасыватель ИСО-9, ПРТ-10, РСУ-5.

Способ подготовки к внесению определяется физическими свойствами осадка, степенью обсемененности его яйцами гельминтов и содержанием тяжелых металлов. По физическому состоянию осадок городских стоков с иловых полей должен представлять собой твердую массу темно-серого цвета с неприятным запахом. При стабилизации осадка неприятный запах практически исчезает, но физическое его состояние слабо изменяется, так как основная масса (65-88%) представлена частичками размером менее 0,1мм. Такая масса плохо поддается равномерному внесению в почву. Улучшение физических свойств этого материала (приобретение свойств сыпучести) достигается при его компостировании с растительными остатками (4:1), навозом (1:1), почвой (5:1) и гидролизным лигнином (4:1). С этими материалами и в тех же соотношениях следует компостировать осадок сточных вод городов, содержащий яйца гельминтов. Осадок, имеющий повышенное содержание тяжелых металлов, следует компостировать с дефикатом сахарных заводов (1:1) или карбонатной почвой (5:1). Компостирование (перемешивание) компонентов производится на край удобряемого поля потребителем. Расходы на транспортировку 1т осадка в радиусе 35км компостирование, погрузку и внесение не превышает 3 рублей. Компостированный осадок сточных вод городов подвергается более интенсивному микробиологическому разложению и поэтому содержание подвижных форм элементов питания выше, чем в осадке.

УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Применение осадка в качестве удобрения является завершающим этапом очистки сточных вод городов и условием ритмичности работы иловых полей очистных сооружений.

Санитарная обезвреженность, наличие необходимых для питания растений макро- и микроэлементов и органического вещества определяют целесообразность применения подсушенного осадка с иловых полей в качестве органического удобрения под сельскохозяйственные культуры, а также при озеленении городов, окультуривании и рекультивации земель.

Дозировка, способ и чистота внесения осадка определяется содержанием в нем элементов питания и особенно тяжелых металлов и яиц гельминтов. Содержание основных удобрительных микроэлементов в осадке с иловых полей в зависимости от степени обезвоживания и сроком хранения колеблется в пределах, указанных в таблице I. В свежеосажденном осадке содержание азота и фосфора наивысшее. При его подсушивании на иловых полях в течение 3-х месяцев содержание этих элементов снижается более чем в 2 раза.

Таблица I.

Содержание основных элементов питания в осадке сточных вод городов, в расчете на сухое вещество

Показатели	Срок хранения			
	Свежеосажденный осадок		более 1 года	
	%	мг/кг	%	мг/кг
Азот (N)	3,9-4,6	39000-46000	1,2-2,2	12000-22000
Фосфор (P_2O_5)	3,2-4,0	32000-40000	1,4-1,7	14000-17000
Калий (K_2O)	0,5-0,7	5000-7000	0,4-0,6	4000-6000
Аммиачный азот(NH_4)	1,2-2,2	12000-22000	0,4-0,8	4000-8000
Нитратный азот($N-NO_3$)	Следы	Следы	Следы	Следы

Длительное выдерживание осадка на иловых полях связано со значительными потерями и особенно аммиачной формы азота. В среднем содержание подвижных форм азота в осадке составляет 31-47% и фосфора 40-45% от общего их количества.

Содержание в осадке полезных для сельскохозяйственных растений микроэлементов высокое. Использование осадка или компостов на его основе позволяет покрыть потребность культур в этих микроэлементах. Осадок, накапливаемый на городских очистных сооружениях республики, не отличается высоким содержанием тяжелых металлов, что указывает на возможность его применения в качестве удобрения без особых ограничений. Поэтому дозировку осадка следует устанавливать по содержанию в нем азота и фосфора. Оптимальная доза его внесения под полевые культуры составляет 20-40т/га, а при предплантажной заправке почвы под новые плантации многолетних насаждений - 60-80т/га. Доза внесения осадка под выращиваемые культуры уточняется в каждом конкретном случае агрохимслужбой или потребителем на основе нормативов и рекомендаций по использованию удобрений в сельском хозяйстве по согласованию с санэпидстанциями на местах.

Таблица 2

Содержание некоторых микроэлементов мг/кг осадка сухой массы

Наименование микроэлемента	Содержание	Предельно допустимые концентрации
Бор (B)	28-50	Не более 500
Свинец (Pb)	50-80	Не более 500
Хром (C)	166-376	Не более 200
Никель ( )	50-65	Не более 200
Молибден (Mo)	2-4	-"-
Марганец (Mn)	300-565	-"-
Медь (C)	50-100	Не более 100
Кобальт (Co)	8-9	Не более 10
[illegible]	-	[illegible]
[illegible]	-	[illegible]

В зависимости от содержания в осадке солей тяжелых металлов и других вредных примесей санэпидстанции дают разрешение на применение осадка в установленной дозе и способе внесения на каждую партию осадка массой не более 1000 тонн.

В целях предупреждения распространения инфекционных заболеваний необходимо организовать компостирование осадка с вышеназванными материалами, выдерживание компостной массы в бурте в течение не менее 4-5 месяцев и глубокую его заделку в почву. Внесение осадка сточных вод и компостов на его основе под новые плантации многолетних насаждений обеспечивает получение наибольшего экономического эффекта и защиту окружающей среды от загрязнения и заражения. Запрещается внесение осадка и компостов на его основе под овощные культуры, которые употребляются в пищу в свежем виде.

Осадок или компост на его основе имеющий повышенное содержание яиц гельминтов используется только для предплантажной заправки почвы идущей под новые площади многолетних насаждений. При использовании осадка под полевые культуры во избежание накопления в почве и растениях тяжелых металлов он должен быть внесен преимущественно на слабощелочных и щелочных почвах (эродированные почвы, карбонатные и обыкновенные черноземы) не чаще 1 раза в 4года в указанных дозах. При этом важно добиться равномерного его распределения по поверхности почвы, для чего используются только кузовные навозоразбрасыватели типа РОУ-5, ХСО-9, ПРТ-10. Использование осадка и компостов на его основе в радиусе до 35км в качестве удобрения в дозе 20-40т/га обеспечивает окупаемость 1 рубля затрат 4-5рублями.

Эффект от применения осадка сточных вод городов повышается при его сочетании с минеральными удобрениями и особенно азотных.

Полное и рациональное использование 700тыс.тонн подсушенного осадка сточных вод городов республики позволит заметно улучшить баланс органического вещества, макро- и микроэлементов в почвах

получить ежегодно дополнительную продукцию на сумму 1,5 млн. рублей и защитить окружающую природную среду от загрязнения и заражения.

П Е Р Е Ч Е Н Ь

документации для руководства при проведении контроля качества обезвоженного осадка иловых полей и определения условий его применения как удобрения

1. Инструкция по проверке качества органических удобрений МСХ СССР. Главное управление химизации. Изд-во "Колос", М., 1971.

2. Инструкция по приему промышленных сточных вод в городскую канализацию. МЖКХ РСФСР, М., 1977.

3. Оценочные показатели санитарного состояния почвы населенных мест № 1739-77, Минздрав СССР.

4. Методические указания по гельминтологическому исследованию объектов внешней среды и санитарным мероприятиям по охране от загрязнения яйцами гельминтов и обезвреживанию от нечистот.

5. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве № 1496-76 и № 1968-79, Минздрав СССР.

6. Рекомендации по использованию удобрений в МССР на 1981-1985гг. Кишинев, 1981.

7. Временные рекомендации по применению осадка городских сточных вод в качестве удобрения. Кишинев, 1977.

8. Компостирование твердой фракции бесподстилочного навоза. Молд. НИИНТИ, 1981.

EPURAREA APELOR

1. INTRODUCERE

Calitatea apelor este cel mai mult afectată de deversarea de către om de ape uzate. Prin urmare, principala măsură practică de protecție a calității apelor de suprafață este să epurăm apele uzate, subiect ce face obiectul prezentei broşuri, a 4-a din seria ECOAQUA.

Primul pas spre epurare este colectarea apelor uzate, care se face prin sisteme de canalizare. ele sunt mai simple la poluanți industriali, dar foarte vaste şi complicate în cazul canalizării localităților, deoarece trebuie să preia ape uzate fecaloid-menajere de la un foarte mare număr de surse - toate chiuvetele, WC-urile, cadele de duş sau baie etc. Se mai adaugă canalele ce preiau apele pluviale. Apele acestea trebuie apoi conduse la stația de epurare, de unde apoi de regulă sunt restituite în emisar, de obicei un râu. În final vom vedea o serie de reglementări în domeniu, pentru a înțelege mai bine problema epurării apelor.

2. CANALIZAREA

2.1 Generalități despre canalizări

La densități foarte reduse de populație nu e nevoie de latrine şi canalizări, câmpurile şi pădurile servind ca pentru orice animal drept loc de defecare şi urinare. Asemenea condiții erau cândva peste tot pe glob, dar treptat s-au redus încât astăzi se mai întâlnesc numai în zone montane sau deşertice sau polare. În rest e nevoie de un sistem organizat.

Primele canalizări se pare că au fost făcute acum 5000 de ani la Mohenjo-Daro, pe valea Indusului. În Roma antică, celebra cloaca maxima deservea 1 milion de locuitori. Canale romane sunt şi astăzi în uz, fiind tehnic excelent executate dar nefăcând pe atunci decât să deverseze apele uzate din oraşe în emisar (râu sau mare) mai aval. În evul mediu situația în oraşele europene era dezastruoasă, fecalele fiind aruncate pe stradă, în cel mai bun caz în şanțul din mijlocul străzii.

În zilele noastre în țări dezvoltate există sisteme performante de canalizare şi în mediul rural, în schimb în meri oraşe din lumea a treia fecalele sunt în continuare depuse pe stradă, unde sunt spălate de ploi, consumate de porci sau câini sau uscate de soare şi transformate în praf. De exemplu în Mexico CIty o mare parte din praful din atmosferă este de fapt format din fecale umane uscate. Consecințele asupra sănătății publice sunt pe măsură de grave.

În zone rurale cu climat nu foarte rece şi nu prea umed se pot folosi cu succes sisteme de tancuri septice cu câmpuri de absorbție pe sol. Mai sigure dar mai scumpe sunt tancurile septice închise, care se vidanjează periodic şi se transportă întreg conținutul la o stație de epurare, sau se face sistem centralizat de canalizare ca în mediul urban. O soluție ieftină hibridă este combinația între tanc septic care să rețină numai componenta solidă a apelor uzate fecaloid-menajere şi canalizare centralizată dar care să colecteze şi să ducă la stația de epurare numai componenta lichidă. Avantajele unui astfel de sistem sunt că tancul septic trebuie golit mult mai rar iar sistemul de canalizare se poate realiza cu țevi de diametre mult mai mici şi deci cu costuri reduse.

2.2 Structura unei rețele de canalizare

Există diverse variante constructive, soluții tehnice, de design şi de material folosit la canale. Majoritatea conductelor de canal sunt la noi din ciment sau azbociment, iar marile colectoare au structuri diverse, unele armate sau de metal, fiind adevărate tunele. Există însă principii comune şi variante larg folosite.

În mod tipic, în interiorul clădirilor sistemul începe cu sifoane la chiuvete, WC-uri, pisoare, cade de duş sau baie, canale la nivelul podelei etc. Aceste converg gravitațional spre subsolul clădirii de unde trec în exterior spre racordul cu rețeaua publică de canalizare

Canalele pentru ape pluviale au deschideri spre străzi, curți şi alte spații. Ele sunt laterale în rigole sau orizontale, acoperite cu grătare. În interiorul puțului se montează dispozitive care să împiedice intrarea de gunoaie şi eventual şi emanarea de mirosuri, având astfel canal cu găleată sau cu găleată şi sifon. Găleata reține corpurile solide şi se goleşte periodic.

Structura unei rețele de canalizare este arborescentă: canalele de racord converg în canale colectoare secundare ce se reunesc în colectoare principale, ce se termină sau ar trebui să se termine la stația de epurare.

Rețelele au şi guri pentru vizitare, care să permită accesul pentru control şi întreținere.

Canalele pot fi curățate prin diverse tehnici: Spălare cu presiune ridicată, curățare cu dragă cu lanț sau cablu; curățare cu vehicule speciale....

Construcția sistemului de canalizare trebuie să asigure o perfectă etanşeitate, o netă separare de rețeaua de alimentare cu apă (cu care nu trebuie să vină în contact şi în nici un caz să nu treacă deasupra ei) ca să se evite orice posibilă contaminare. Trebuie să fie cădere suficientă, coturi nu prea strânse, adâncime corespunzătoare ca să nu apară iarna îngheț şi dimensionările (diametre) adecvate ca să permită preluarea întregului debit, să nu se ajungă la blocaje şi refulări la exterior pe străzi sau şi mai rău în interiorul clădirilor.

2.3 Problema canalizării apelor pluviale

O mare problemă în zonele urbane o constituie apele pluviale. Uneori sunt colectate de sisteme de canalizare distincte şi deversate direct în emisar - de regulă râul care trece prin / pe lângă localitatea în cauză. Dar ele sunt mai mult decât nişte simple ape de şiroire încărcate cu suspensii.... De pe străzi ele se încarcă cu reziduuri petroliere şi de uleiuri, plumb de la combutibili, particule din abrazarea cauciucurilor şi discurilor de frână ale automobilelor etc. şi deci sunt suficient de poluate încât să necesite de fapt epurare în stația de epurare orăşenească la fel ca alte ape uzate.

În alte cazuri ele sunt colectate împreună cu apele uzate fecaloid-menajere sau alte asemenea ape puternic poluate, şi ajung în comun în stațiile de epurare. La ploi puternice însă, se generează debite cărora nici o stație de epurare nu le-ar putea face față, şi se ajunge ca volume mari de ape uzate să fie deversate direct în râurile apropiate, scurtcircuitând stația de epurare, obținând deci un efect şi mai grav decât dacă numai apele pluviale ar fi fost deversate neepurate în emisar.

Soluții s-au încercat mai multe. Unele oraşe au cheltuit imens pentru a construi rezervoare uriaşe pentru apele pluviale unde să se colecteze în timpul ploilor torențiale debitele ce nu pot fi preluate de stațiile de epurare şi să fie apoi treptat epurate în perioadele fără precipitații.

Mai logic şi ieftin este să se caute rezolvări cât mai aproape de cauzele fenomenului, nu d efecte, şi anume reducerea debitului apelor uzate pluviale ce ajung în canalizare, fie pe ansamblu, fie cel puțin întârzierea lor pentru a evita debit de vârf.

Reducerea permanentă se obține prin reducerea suprafețelor sigilate (impermeabilizate) din zonele urbane şi mărirea celor de pe care apa se poate infiltra în sol în loc să se scurgă în sistemul de canalizare. Astfel în locul asfaltului sau altor materiale impermeabile se pot pune pe trotuare, piețe, parcaje şi chiar străzi pavaje din materiale poroase, permeabile la apă, ce permit o anumită infiltrație. Această soluție deja se răspândeşte tot mai mult, deşi motivația este adesea uşurința desfacerii ei în caz de apariția necesității unor săpături (acces la conducte, cabluri etc.) şi nu din motive de ape. Alte soluții

sunt încă puțin răspândite, deşi sunt fezabile: Grilaje de metal, beton sau material plastic, în loc de asfalt, pe zonele de parcaj şi alte suprafețe, chiar pietriş în loc de asfalt pe alei şi diverse drumuri, intercalarea în şanțuri şi rigole de zone înierbate sau de gropi şi alte elemente ce favorizează infiltrația; conducte poroase sau perforate pentru apele pluviale, intercalarea de cisterne şi rezervoare pentru apele din parcaje şi de pe acoperişuri şi conducerea acestor ape, alături de cele stradal unde diferențele de nivel permit, spre paturi de infiltrare, ochiuri de apă sau bazine din parcuri şi zone verzi urbane, colectarea în cisterne şi recircularea în scop menajer, de stropire a spațiilor verzi sau în alte scopuri a apelor pluviale etc.

Întârzierea afluxului spre canalizare a apelor meteorice se fac prin creşterea rugozității suprafețelor de recepție şi colectare şi scăderea utilizării de materiale ce favorizează o curgere rapidă: Înierbarea rigolelor şi şanțurilor colectoare sau dispunerea de pietriş în ele, intercalarea de fâşii de iarbă, minigropi şi alte adâncituri, realizarea de acoperişuri plate eventual cu gazon sau pietriş, sau chiar inundarea temporară a acoperişului plat prin limitatoare de debit la sistemul de scurgere, utilizarea de materiale cu microcreste şi microşanțuri pentru acoperiş şi citerne pentru a întârzia curgerea apei etc. De asemenea se pot intercala la scurgerile de pe acoperişuri şi parcări cisterne pentru colectarea şi stocarea temporară a apelor pluviale şi se pot realiza prelungiri ale căilor de scurgere pentru o parte din ape, ca ele să se descarce succesiv în canalizare şi deci să se evite debitul "de vârf".

3. EPURAREA APELOR UZATE

3.1 Istoric şi evoluție

Primele stații de epurare au apărut în Anglia în secolul XIX. Inițial s-au realizat canalizări, care au rezolvat problema epidemiilor hidrice, dar au făcut din Tamisa un râu mort ce degaja miros pestilențial, încât în geamurile parlamentului au trebuit atârnate cârpe îmbibate cu clorură de calciu. Abia atunci s-a trecut la realizarea de stații de epurare. Tot în Anglia s-au pus bazele monitoringului. Parametrul "consum biochimic de oxigen" CBO_5 a fost introdus în 1898 şi a fost conceput în concordanță cu realitățile englezeşti - temperatură de 20^0C, timp de rezidență în râu 5 zile, tip de poluare predominantă fiind cea fecaloid-menajeră...

În SUA, în 1984 existau 15438 de stații de epurare care deserveau o populație de 172205000 locuitori, adică 73,1% . Procentul de epurare a apelor din punct de vedere al încărcării organice măsurate prin CBO_5 a fost de 84% iar din punct de vedere al suspensiilor de 86,3%. Pentru anul 2005 se prevede atingerea unui nivel de 16980 de stații de epurare care să deservească 243723000 locuitori, adică 86,6% . Procentul de epurare a apelor din punct de vedere al încărcării organice măsurate prin CBO_5 e planificat să atingă 89,9% iar din punct de vedere al suspensiilor de 88,9%.

În SUA tot mai puține ape uzate după epurare se descarcă din nou în emisar. Se infiltrează în sol sau se utilizează pentru irigații, în industrie, pentru recreere (lacuri), pentru piscicultură, şi chiar ca sursă de apă potabilă, după descărcare în lacuri sau injectare în sol sau chiar direct, dar cu supunere la preparare avansată. De exemplu în SUA se utilizează ape uzate la prepararea de apă potabilă în oraşe ca Palo Alto, Denver, El Paso şi chiar Washington DC! Aceasta e destul de scumpă, dar totuşi mai ieftină decât desalinizarea apei marine de exemplu, de aceea tehnologia se răspândeşte în țări arabe şi africane...

3.2 Principiul constructiv al unei stații de epurare a apelor uzate

Deşi diferă prin dimensiuni şi tehnologii folosite, cea mai mare parte a stațiilor de epurare a apelor uzate orăşeneşti au o schemă constructivă apropiată. Există şi unele realizate pe verticală, tip turn, dar majoritatea sunt pe orizontală. Ocupă relativ mult teren, dar o parte din instalații se pot realiza în subteran, cu spații verzi deasupra.

Distingem o treapta primară, mecanică; o treaptă secundară, biologică; şi la unele stații (deocamdată nu la toate!) o treapta terțiară - biologică, mecanică sau chimică.

Treapta primară constă din mai multe elemente succesive:

· **Grătarele** rețin corpurile plutitoare şi suspensiile grosiere (bucăți de lemn, textile, plastic, pietre etc.). De regulă sunt grătare succesive cu spații tot mai dese între lamele. Curățarea materiilor reținute se face mecanic. Ele se gestionează ca şi gunoiul menajer, luând drumul rampei de gunoi sau incineratorului...

· **Sitele** au rol identic grătarelor, dar au ochiuri dese, reținând solide cu diametru mai mic.

· **Deznisipatoarele** sau decantoarele pentru particule grosiere asigură depunerea pe fundul bazinelor lor a nisipului şi pietrişului fin şi altor particule ce au trecut de site dar care nu se mențin în ape liniştite mai mult de câteva minute. Nisipul depus se colectează mecanic de pe fundul bazinelor şi se gestionează ca deşeu împreună cu cele rezultate din etapele anterioare, deoarece conține multe impurități organice.

· **Decantoarele primare** sunt longitudinale sau circulare şi asigură staționarea apei timp mai îndelungat, astfel că se depun şi suspensiile fine. Se pot adăuga în ape şi diverse substanțe chimice cu rol de agent de coagulare sau floculare, uneori se interpun şi filtre. Spumele şi alte substanțe flotante adunate la suprafață (grăsimi, substanțe petroliere etc.) se rețin şi înlătură ("despumare") iar nămolul depus pe fund se colectează şi înlătură din bazin (de exemplu cu lame racloare susținute de pod rulant) şi se trimite la metantancuri.

Treapta secundară constă şi ea din mai multe etape:

· **Aerotancurile** sunt bazine unde apa este amestecată cu "nămol activ" ce conține microorganisme ce descompun aerob substanțele organice. Se introduce continuu aer pentru a accelera procesele biochimice.

· **Decantoarele secundare** sunt bazine în care se sedimentează materialele de suspensie formate în urma proceselor complexe din aerotancuri. Acest nămol este trimis la metantancuri iar gazele (ce conțin mult metan) se folosesc ca şi combustibil de exemplu la centrala termică.

Treapta terțiară nu există la toate stațiile de epurare. Ea are de regulă rolul de a înlătura compuşi în exces (de exemplu nutrienți- azot şi fosfor) şi a asigura dezinfecția apelor (de exemplu prin clorinare). Această treaptă poate fi biologică, mecanică sau chimică sau combinată, utilizând tehnologii clasice precum filtrarea sau unele mai speciale cum este adsorbția pe cărbune activat, precipitarea chimică etc. Eliminarea azotului în exces se face biologic, prin nitrificare (transformarea amoniului în azotit şi apoi azotat) urmată de denitrificare, ce transformă azotatul în azot ce se degajă în atmosferă. Eliminarea fosforului se face tot pe cale biologică, sau chimică.

În urma trecerii prin aceste trepte apa trebuie să aibă o calitate acceptabilă, care să corespundă standardelor pentru ape uzate epurate. Dacă emisarul nu poate asigura diluție puternică, apele epurate trebuie să fie foarte curate. Ideal e să aibă o calitate care să le facă să nu mai merite numite "ape uzate" dar în practică rar întâlnim aşa o situație fericită. Pe de o parte tehnologiile de epurare se îmbunătățesc, dar pe de altă parte ajung în apele fecaloid-menajere tot mai multe substanțe care nu ar trebui să fie şi pe care stațiile de epurare nu le pot înlătura din ape.

În final apa epurată este restituită în emisar - de regulă râul de unde fusese prelevată amonte de oraş. Ea conține evident încă urme de poluant, de aceea este avantajos ca debitul emisarului să fie mare pentru a asigura diluție adecvată.

Alte soluții propun utilizarea pentru irigații a apelor uzate după tratamentul secundar, deoarece au un conținut ridicat de nutrienți. Acest procedeu e aplicabil dacă acele ape nu conțin toxice specifice peste limitele admise şi produsele agricole rezultate nu se consumă direct. În acest caz nu mai este necesară treapta a III-a şi nu se mai introduc ape în emisar (fapt negativ din punct de vedere al debitului dar pozitiv pentru calitate, deoarece apele epurate nu sunt niciodată cu adevărat de calitate apropiată celor naturale nepoluate antropic). Se experimentează şi utilizarea apelor uzate ca sursă de apă potabilă, desigur cu supunerea la tratamente avansate de purificare.

Nămolul din decantoarele primare şi secundare este introdus în turnuri de fermentație, numite **metantancuri**. De obicei sunt rezervoare de beton armat de mari dimensiuni, unde se asigură temperatură relativ ridicată, constantă, şi condiții anaerobe, în care bacteriile fermentează nămolul şi descompun substanțele organice până la substanțe anorganice, rezultând un nămol bogat în nutrienți şi gaze care, conținând mult metan, se utilizează ca şi combustibil.

3.3 Probleme particular ale epurării apelor uzate

· Stații de epurare integral biologice

În anumite condiții de climă se poate folosi şi epurarea biologică cu plante, prin mlaştină / lagună de epurare, care poate reține fosfații, nitrații şi agenții patogeni. Un hectar de stuf de exemplu extrage din apă anual 10-15 tone de azot, fosfor şi sulf şi peste 150 tone de poluanți organici!

La Arcata (California) în mod experimental s-a introdus un sistem de epurare exclusiv biologic, cu plante, într-un sistem de mlaştini şi lacuri. Fezabilitatea pe termen lung şi posibilitatea de a folosi pe scară largă asemenea tehnologie este deocamdată controversată.

· Preepurarea apelor uzate industriale

Apele uzate industriale au de regulă nivele înalte de încărcare cu poluant şi mai ales au caracteristici frecvent foarte diferite de cele uzate fecaloid-menajere. De aceea ele nu pot fi epurate direct în stațiile de epurare orăşeneşti, ci trebuie supuse unui proces de preepurare specifică, adaptată naturii poluantului sau poluanților în cauză, şi apoi eventual descărcate în canalizarea orăşenească şi duse la stația clasică de epurare. Se poate face şi o stație complet separată pentru apele industriale, care să asigure epurare până la nivelul la care pot fi descărcate legal în emisar (râu de exemplu). O asemenea stație complet separată se poate justifica economic la mari întreprinderi...

Ape industriale uzate sunt şi cele ce provin din "spălarea" gazelor, inclusiv a celor de la centralele termice sau termoelectrice, unde apele încarcă bioxid de sulf, rezultând gaze mai puțin poluante pentru atmosferă dar ape foarte poluate, ce trebuie epurate.

Uneori apele uzate industriale au încărcări de poluanți pentru care nu există tehnologie de epurare adecvată, singura soluție rămânând în acest caz injectarea profundă.

· Problema nămolului

Din stațiile de epurare rezultă mari cantități de nămol. De exemplu în Germania se produc anual peste 100 de milioane de tone de nămol brut! Acesta este în final uscat prin diverse procedee şi poate fi utilizat ca îngrăşământ agricol sau după caz este transportat la rampa de gunoi şi haldat sau incinerat sau supus pirolizei. Utilizarea ca îngrăşământ oricum nu se face direct, ci mai întâi trebuie supus unui proces de "condiționare" ce poate cuprinde dezinfecție, adăugare de săruri de aluminiu şi fier, var, cenuşă, materiale de floculare apoi deshidratare prin presă sau centrifugă....

În ultimul timp în apele uzate ajung tot mai multe metale grele şi alți poluanți care fac ca nămolul să fie toxic şi neadecvat utilizării ca îngrăşământ. În Germania de exemplu doar circa 40% poate fi utilizat în agricultură.... Alternative sunt folosirea lui ca materie primă la cărămizi speciale şi alte materiale de construcții. O practică larg răspândită în trecut şi din fericire abandonată după îndelungi scandaluri a fost deversarea în ocean a nămolului provenit din stații de epurare a apelor.

· Metode speciale de epurare a apelor - osmoza inversa

Osmoza a fost descoperită în 1748 iar osmoza inversă mult mai târziu, dar cu vaste aplicații. Ea produce apă curată, chiar prea "curată" (demineralizată) şi se poate folosi pentru epurarea apelor uzate , preparare de apă potabilă, dar şi în alte scopuri (producerea gheții, aplicații biomedicale şi de laborator, în fotografie, industria farmaceutică, cosmetică, electronică şi electrotehnică, zootehnie, medicină pentru hemodializă, dedurizarea apei pentru centralele termice etc.).

Principiul de funcționare al procedeului este o membrană semi-permeabilă prin care apa trece foarte uşor dar alte substanțe mai puțin sau deloc din cauza mărimii moleculei. Punând în contact două mase de apă cu concentrații diferite de diverse substanțe, separate prin membrană, la osmoza normală apa va tinde să traverseze membrana de la soluția mai diluată către cea mai concentrată până la egalarea concentrațiilor. Dar dacă pe soluția mai concentrată se aplică o presiune mare, peste nivelul celei osmotice produsă de diferența de concentrație, procesul este invers şi apa trece din soluția concentrată spre cea diluată, cu alte cuvinte de la cea poluată spre cea purificată.

Stratul de soluție concentrată care se formează pe suprafața membranei trebuie îndepărtat periodic pentru a preveni astuparea microporilor prin care trec moleculele de apă. În acest sens se poate utiliza un pre-filtru cu carbon activ pentru reținerea clorului care poate distruge membrana şi a unui pre-filtru pentru sedimente care să rețină suspensiile fine. Dedurizarea prealabilă a apei e necesară dacă e foarte dură.

· **Latrinele** nu sunt o adevărată rezolvare a problemelor apelor uzate. Multe sunt doar nişte gropi în pământ de unde dejecțiile se infiltrează în sol şi îl contaminează cu multiple substanțe. Corect ele ar trebui să aibă bazinele betonate şi să fie vidanjate periodic iar dejecțiile să fie transportate la stația de epurare.

· Injectarea profundă - o alternativă la epurare?

O soluție mai puțin ecologică în locul tratării în stații de epurare sau alte metode este injectarea profundă a apelor uzate, în zone şi adâncimi unde nu contaminează surse de apă subterană în uz curent sau cunoscute. În funcție de natura poluantului, unele sperăm să îşi modifice sau reducă conținutul de poluanți, dar la majoritatea se speră doar să nu ne deranjeze în următoarele secole sau chiar milenii, ceea ce nu este deloc o abordare durabilă, dar se practică, la fel ca depozitarea deşeurilor nucleare puternic radioactive.

Injectarea se face la adâncimi de regulă de 500-2000 metri, cu extreme de la câteva sute de metri până la peste 4000 de metri. Depinde şi de tipul de rocă / formațiune geologică în care se injectează, de regulă nisip, gresie, dolomit sau calcare. Debitul şi presiunea sunt şi ele variabile, iar tipurile de ape uzate care se injectează sunt de regulă ape grav contaminate şi foarte greu de epurat sau în cantități foarte mari. Categorii de ape uzate injectate profund: ape uzate comunale şi industriale, ape sărate de la exploatări petroliere, ape utilizate la minerit prin solvire a diverselor minerale (clorură de sodiu, potasiu, fosfați, uraniu, cupru etc.), ape utilizate în procedeul de ardere in situ a combustibililor fosili (cărbune, şisturi bituminoase...), producere de energie electrică pe baza celei geotermale; ape radioactive sau încărcate cu substanțe de înaltă toxicitate din industria farmaceutică, chimică etc.; ape de răcire; ape meteorice colectate de canalizări municipale şi alte structuri. Se practică ți reinjectare de ape ne sau puțin uzate din rațiuni hidrogeologice, cum sunt reîncărcarea acviferelor, injecții de barare a intruziuni apei sărate în acvifer, injecții de solide sub formă de suspensie înapoi în golurile de unde au fost extrase ex. steril înapoi în mine. În SUA, cel mai frecvent au fost injectate ape uzate de proveniență din industria chimică, farmaceutică şi petrochimică (55%), rafinării şi industrie extractivă de gaze naturale (20%), industria metalurgică (7%).

4. REGLEMENTĂRI

Epurarea apelor uzate este o disciplină tehnică, în care se întâlnesc ştiințele inginereşti, fizica, chimia şi biologia. Există o bogată literatură de specialitate legată de operarea stațiilor de epurare. Sunt însă şi reglementări legale şi tehnice detaliate. Principalul act normativ specific este Hotărârea Guvernului nr. 188 din 28 februarie 2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate, *publicată în Monitorul Oficial, Partea I nr. 187 din 20 martie 2002,* din care reproducem în extras o serie de prevederi importante:

· Hotărârea Guvernului nr. 188 / 2002

pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate

- EXTRAS-

[.....]

Art. 1. - Se aprobă Normele tehnice privind colectarea, epurarea şi evacuarea apelor uzate orăşeneşti, NTPA-011, prevăzute în anexa nr. 1.

Art. 2. - Se aprobă Normativul privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților şi direct în stațiile de epurare, NTPA-002/2002, prevăzut în anexa nr. 2.

Art. 3. - Se aprobă Normativul privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale şi orăşeneşti la evacuarea în receptorii naturali, NTPA-001/2002, prevăzut în anexa nr. 3.

[.....]

ANEXA Nr. 1

NORME TEHNICE din 28 februarie 2002 privind colectarea, epurarea şi evacuarea apelor uzate orăşeneşti, **NTPA-011**

[.....]

I. Domeniul de aplicare

Art. 1. - (1) Prezentele norme tehnice se referă la colectarea, epurarea şi evacuarea apelor uzate orăşeneşti şi la epurarea şi evacuarea apelor uzate provenite din sectoarele industriale prevăzute în tabelul nr. 4.

(2) Încărcarea cu poluanți a apelor uzate se exprimă în echivalenți locuitor - e.l. - şi se calculează pe baza încărcării medii maxime săptămânale în CBO_5 intrat în stația de epurare în cursul unui an, exceptând situațiile de fenomene hidrometeorologice neobişnuite, cum sunt precipitațiile abundente.

Art. 2. - Definiții

În sensul prezentelor norme tehnice, prin termenii înscrişi mai jos se înțelege:

1. ape uzate orăşeneşti - ape uzate menajere sau amestec de ape uzate menajere cu ape uzate industriale şi/sau ape meteorice;

2. ape uzate menajere - ape uzate provenite din gospodării şi servicii, care rezultă de regulă din metabolismul uman şi din activitățile menajere;

3. ape uzate industriale - orice fel de ape uzate ce se evacuează din incintele în care se desfăşoară activități industriale şi/sau comerciale, altele decât apele uzate menajere şi apele meteorice;

[.....]

6. punct de control - locul de unde se prelevează probe de apă în vederea efectuării analizelor de laborator, acest loc fiind:

a) în cazul evacuărilor în rețeaua de canalizare a localității a apelor uzate menajere şi industriale, ultimul cămin al canalizării interioare a utilizatorului de apă înainte de debuşarea în rețeaua de canalizare a localității;

b) în cazul efluenților din stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti, a apelor uzate industriale sau al evacuărilor directe, punctul de evacuare finală a apelor uzate în apa receptoare;

7. rețea de canalizare - sistem de conducte şi/sau canale care colectează şi transportă apele uzate orăşeneşti şi/sau industriale;

8. aglomerare umană - o zonă în care populația şi/sau activitățile economice sunt suficient de concentrate pentru a face posibile colectarea apelor uzate orăşeneşti şi dirijarea lor spre o stație de epurare sau spre un punct final de evacuare;

9. un echivalent locuitor (e.l.) - încărcarea organică biodegradabilă având un consum biochimic de oxigen la 5 zile - CBO5 - de 60 g O_2/zi;

10. epurare primară - epurarea apelor uzate printr-un procedeu fizic şi/sau chimic care implică decantarea materiilor în suspensie sau prin alte procedee în care CBO5 al apelor uzate influente este redus cu cel puțin 20%, iar materiile în suspensie, cu cel puțin 50%;

11. epurare secundară - epurarea apelor uzate printr-un procedeu biologic cu decantare secundară sau printr-un alt procedeu care permite respectarea condițiilor prevăzute în prezentele norme tehnice;

[.....]

14. eutrofizare - dezvoltarea accelerată a algelor şi a speciilor vegetale superioare, cauzată de îmbogățirea apei cu elemente nutritive, în special compuşi ai azotului şi/sau ai fosforului, şi care produce o perturbare a echilibrului organismelor prezente, precum şi a calității apei respective;

[.....]

18. receptor natural - resursa de apă care primeşte apele uzate evacuate direct sau epurate.

[.....]

II. Colectarea apelor uzate

Art. 3. - (1) Proiectarea, construirea şi întreținerea rețelelor de canalizare se realizează în conformitate cu standardele şi normele tehnice naționale din domeniu, fără a antrena costuri excesive în ceea ce priveşte:

a) volumul şi caracteristicile apelor uzate orăşeneşti;

b) prevenirea pierderilor;

c) limitarea poluării receptorilor naturali determinate de fenomene hidrometeorologice neobişnuite.

(2) Colectarea apelor uzate menajere şi industriale în rețelele de canalizare ale localităților sau în stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti se realizează în condițiile prevăzute în anexa nr. 2 la hotărâre - Normativ privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților şi direct în stațiile de epurare, NTPA-002/2002.

III. Epurarea şi evacuarea apelor uzate orăşeneşti

Art. 4. - (1) Înainte de a fi evacuate în receptorii naturali apele uzate colectate în rețelele de canalizare vor fi supuse unei epurări secundare sau corespunzătoare, în vederea conformării cu prevederile art. 5 (tabelul nr.1 şi/sau tabelul nr.2).

[.....]

Tabelul nr. 1

Prescripții referitoare la evacuările provenite din stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti

Se aplică valorile de concentrație sau procentele de reducere.

Indicatori/ Concentrație Procentul minim

Parametrii de [mg/dm3] de reducere

calitate [%]

Consum biochimic de oxigen 25 mg O2/dm3 70-90

Consum chimic de oxigen 125 mg O2/dm3 75

Materii în suspensie 35 mg/dm3 90

[.....]

(2) Evacuările din stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti în zonele sensibile supuse eutrofizării, care au fost identificate conform art. 3 alin. (2) din anexa la prezentele norme tehnice, trebuie să respecte suplimentar prescripțiile din tabelul nr. 2.

Tabelul nr. 2

Prescripţii referitoare la evacuările din staţiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti în zonele sensibile supuse eutrofizării

În funcție de condițiile locale se vor aplica unul sau ambii indicatori.

Se aplică valorile de concentrație sau procentele de reducere.

Indicatori/ Concentrație Procentul minim

Parametrii de de reducere

calitate)

Fosfor total 2 mg/l 80%

(10.000-100.000 e.l.)

1 mg/l

(peste 100.000 e.l.)

Azot total 15 mg/l 70% - 80%

(10.000-100.000 e.l.)

10 mg/l

(peste 100.000 e.l.)

(3) Pentru a se asigura că resursele de apă, care sunt şi receptoare pentru apele uzate, corespund, din punct de vedere al calității, reglementărilor în domeniu, autoritatea competentă poate stabili în vizele/autorizațiile de gospodărire a apelor prescripții mai severe decât cele prezentate în tabelele nr. 1 şi 2, aşa cum se arată şi în art. 4 alin. (2) din anexa nr. 3 la hotărâre.

(4) În funcție de specificul apelor uzate industriale care intră în rețelele de canalizare, de utilizările din aval şi de obiectivele de calitate ale receptorului natural, autoritatea competentă, prin autoritățile bazinale de gospodărire a apelor, poate stabili şi alte condiții de calitate pentru efluenții stațiilor de epurare a apelor uzate orăşeneşti, suplimentar celor prevăzute în tabelele nr. 1 şi 2. Stabilirea acestor condiții se va face având ca nivel de referință concentrațiile maxim admisibile prevăzute în anexa nr. 3 (NTPA-001/2002).

(5) Punctele de evacuare pentru apele uzate orăşeneşti se aleg avându-se în vedere maxima reducere a efectelor asupra receptorului.

Art. 6. - (1) Apele uzate epurate se vor reutiliza ori de câte ori acest lucru este posibil, cu avizul autorităților în domeniu, în funcție de origine şi de domeniul de utilizare. Reutilizarea acestor ape trebuie să se facă în condițiile reducerii la minimum a efectelor negative asupra mediului.

(2) Nămolurile provenite din epurarea apelor uzate se depozitează în mod corespunzător sau se utilizează ori de câte ori acest lucru este posibil.

[.....]

Art. 8. - (1) Apele uzate orăşeneşti sau industriale, înainte de a fi evacuate în receptorii naturali, trebuie monitorizate în concordanță cu procedurile de control stabilite la art. 10.

(2) Monitorizarea constituie obligația tuturor prestatorilor/operatorilor de servicii publice ai rețelelor de canalizare şi/sau ai stațiilor de epurare a apelor uzate orăşeneşti, ai stațiilor de epurare a apelor uzate industriale şi ai oricăror evacuări directe în receptorii naturali.

Art. 9. - Stațiile de epurare vor fi proiectate sau modificate astfel încât din punctele de control stabilite să se poată preleva probe reprezentative din influentul stației şi din efluentul epurat sau din efluentul final, înainte de evacuarea în receptori.

[.....]

3. Se consideră că apa uzată epurată respectă valorile maxim admisibile fixate pentru parametrii relevanți/de interes, dacă pentru fiecare parametru relevant, luat individual, probele de apă arată că acesta respectă valoarea fixată astfel:

a) pentru indicatorii/parametrii din tabelul nr. 1 numărul maxim de probe care pot să nu corespundă valorilor fixate, exprimate în concentrații sau procente de reducere, este prevăzut în tabelul nr. 3;

b) se consideră probe necorespunzătoare acele probe prelevate în condiții normale de exploatare, în care concentrațiile găsite pentru indicatorii CBO5 şi CCO(Cr) din tabelul nr. 1 se abat cu cel mult 100% de la valorile fixate, iar pentru indicatorul Total suspensii solide, cu cel mult 150%;

c) pentru indicatorii prevăzuți în tabelul nr. 2 media anuală a probelor, pentru fiecare indicator, trebuie să respecte valorile fixate.

[.....]

5. Nu se iau în considerare valorile extreme pentru calitatea apei respective dacă acestea sunt rezultatul unor situații neobişnuite, cum ar fi ploile torențiale.

Tabelul nr. 3 Numărul de probe prelevate Numărul maxim de probe permise în cursul unui an a se abate de la cerințe

[.....]

ANEXĂ la normele tehnice

PLAN DE ACȚIUNE privind colectarea, epurarea şi evacuarea apelor uzate orăşeneşti

[.....]

ARTICOLUL 3 Zone sensibile

(1) Până la data de 31 decembrie 2003 autoritatea competentă colaborează cu comitetele de bazin pentru întocmirea listelor tronsoanelor de apă de suprafață şi lacurilor afectate de eutrofizare şi a hărții

zonelor sensibile, zone în care pentru evacuarea apelor uzate epurate se impun cerințe suplimentare față de cele prevăzute la art. 5 alin. (1) şi art. 7. Aceste cerințe suplimentare sunt prevăzute la art. 5 alin. (2) şi art. 8. Listele şi harta respectivă se elaborează în conformitate cu criteriile prevăzute la alin. (2) şi se aprobă prin ordin al ministrului apelor şi protecției mediului. Atât listele, cât şi harta se revizuiesc la intervale nu mai mari de 4 ani.

(2) Criterii pentru identificarea zonelor sensibile

[.....]

Acolo unde instalarea unei rețele de canalizare nu se justifică fie pentru faptul că nu produce nici un beneficiu asupra mediului, fie pentru că necesită costuri excesive, se montează sisteme individuale sau alte sisteme corespunzătoare care pot asigura acelaşi nivel de protecție a mediului. Planul de urbanism ține seama de aceste cerințe.

ARTICOLUL 5 Colectarea apelor uzate orăşeneşti

(1) Localitățile pe teritoriul cărora sunt cuprinse, parțial sau în totalitate, zone de aglomerări umane trebuie să fie prevăzute cu rețele de canalizare pentru partea lor de teritoriu cuprinsă în această zonă, astfel:

a) pentru zonele de aglomerări umane cu mai mult de 15.000 e.l., până la data de 31 decembrie 2017;

b) pentru zonele de aglomerări umane cu 2.000-15.000 e.l., până la data de 1 ianuarie 2022.

(2) Pentru evacuările provenite din zone de aglomerări umane cu mai mult de 10.000 e.l. în zone sensibile condițiile prevăzute la alin. (1) vor trebui îndeplinite până la data de 31 decembrie 2015.

(3) Termenele pot fi modificate prin ordin al ministrului apelor şi protecției mediului şi al ministrului administrației publice.

ARTICOLUL 6 Obligația racordării la rețeaua de canalizare orăşenească

(1) Deținătorii de locuințe individuale sau colective ori de incinte în care se desfăşoară activități socioeconomice, ale căror ape uzate nu pot fi epurate separat, au obligația să se racordeze la rețelele de canalizare ale localităților, în condițiile prevăzute în anexa nr. 1 la hotărâre - NTPA-011, astfel:

a) pentru rețelele existente, până la data de 31 decembrie 2003;

b) pentru rețelele noi, o dată cu punerea în funcțiune a acestora. Autoritățile locale trebuie să informeze populația în timp util, prin mass-media, care sunt termenele de punere în funcțiune a noilor rețele.

(2) În situația în care deținătorii de locuințe individuale sau colective ori de incinte în care se desfăşoară activități socioeconomice au deja sisteme individuale de colectare a apelor uzate - fose septice, puțuri absorbante -, aceştia vor lua toate măsurile sanitare necesare pentru dezafectarea lor, o dată cu racordarea la rețelele de canalizare.

ARTICOLUL 7 Epurarea şi evacuarea apelor uzate orăşeneşti

(1) Apele uzate orăşeneşti care intră în rețelele de canalizare ale localităților trebuie ca înainte de a fi evacuate în receptorii naturali să fie supuse unei epurări secundare sau unei epurări corespunzătoare, şi anume:

a) pentru toate evacuările ce provin din aglomerări umane cu peste 15.000 e.l., până la data de 31 decembrie 2017;

b) pentru toate evacuările ce provin din aglomerări umane cu mai puțin de 15.000 e.l., până la data de 1 ianuarie 2022.

Excepție de la aceste prevederi fac situațiile prevăzute la alin. (2) şi la art. 8.

(2) În regiunile muntoase înalte, cu altitudinea de peste 1.500 m deasupra nivelului mării, unde este dificil să se aplice o epurare biologică eficientă din cauza temperaturilor scăzute, autoritatea administrației publice locale poate solicita autorității publice centrale din domeniul apelor şi protecției mediului o epurare mai puțin severă. Această solicitare trebuie să fie clar motivată, să prezinte dificultățile tehnice întâmpinate şi să fie însoțită de un studiu detaliat din care să reiasă că astfel de evacuări nu influențează negativ mediul. Studiul va cuprinde şi măsurile care trebuie luate în acest scop.

[.....]

ARTICOLUL 8 Epurarea apelor uzate orăşeneşti care se evacuează în zone sensibile

(1) Până la data de 31 decembrie 2015 apele uzate orăşeneşti provenite de la aglomerări umane cu mai mult de 10.000 e.l., care intră în rețelele de canalizare, trebuie ca înainte de evacuarea în zonele sensibile să fie supuse unei epurări mai severe decât cea descrisă la art. 7, privind azotul şi fosforul.

(2) Evacuările ce provin din stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti, descrise la alin. (1), trebuie să satisfacă cerințele din anexele nr. 1 şi 3 la hotărâre, respectiv NTPA-011 şi NTPA-001/2002.

(3) Termenele pot fi modificate prin ordin al ministrului apelor şi protecției mediului.

[.....]

ARTICOLUL 10 Monitorizarea evacuărilor de ape uzate orăşeneşti sau industriale în receptorii naturali

(1) Apele uzate orăşeneşti sau industriale, înainte de a fi evacuate în receptorii naturali, trebuie monitorizate în concordanță cu procedurile stabilite în anexa nr. 1 la hotărâre - NTPA-011. Monitorizarea este obligatorie pentru toți prestatorii/operatorii de servicii publice care exploatează rețelele de canalizare, stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti, stațiile de epurare a apelor uzate industriale sau oricare instalații de evacuare directă în receptori naturali.

(2) Autoritatea competentă în domeniu verifică periodic respectarea prevederilor cuprinse în anexele nr. 1, 2 şi 3 la hotărâre, în acordurile de racordare şi în avizele şi autorizațiile de gospodărire a apelor.

ARTICOLUL 11 Monitorizarea receptorilor naturali în care se evacuează apele uzate orăşeneşti sau industriale

(1) Autoritatea în domeniu monitorizează receptorii naturali în care se evacuează apele uzate orăşeneşti sau industriale, direct sau din stațiile de epurare. Monitorizarea se realizează prin intermediul Sistemului Național de Supraveghere a Calității Apelor - S.N.S.C.A. Secțiunile de control reprezentative pentru apele de suprafață, lacuri şi apele subterane sunt reglementate prin ordin al ministrului apelor şi protecției mediului.

(2) S.N.S.C.A. va fi reactualizat şi completat cu lista secțiunilor de control situate în zonele sensibile şi cu tabelul cu frecvența de prelevare şi de analiză a probelor de apă prelevate din zonele sensibile, până la data de 31 decembrie 2003.

ARTICOLUL 12 Raportări

Prestatorii/operatorii de servicii publice care administrează şi/sau exploatează rețelele de canalizare, stațiile de epurare a apelor uzate orăşeneşti, stațiile de epurare a apelor uzate industriale şi evacuările directe vor prezenta lunar şi, respectiv, anual autorității competente un raport privind situația cantitativă şi calitativă a evacuărilor de ape uzate. Datele conținute în acest raport servesc la elaborarea raportului anual privind starea mediului şi a sintezelor anuale de gospodărire a apelor.

ANEXA Nr. 2

NORMATIV din 28 februarie 2002 privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților şi direct în stațiile de epurare, **NTPA-002/2002**

[.....]

Art. 3. - (1) Principalii parametri/indicatori de calitate ce trebuie să caracterizeze apele uzate sunt prevăzuți în tabelul nr. 1 din prezentul normativ. Tabelul prezintă şi limitele maxim admisibile. Aceste limite pentru substanțele poluante sunt concentrații momentane, exprimate în mg/dm3, şi se măsoară în punctele de control.

(2) În funcție de activitatea specifică desfăşurată apele uzate pot fi caracterizate şi prin alți indicatori de calitate decât cei din tabelul nr. 1. Limitele maxim admisibile pentru aceştia se vor stabili pe bază de studii de specialitate, la comanda utilizatorului de apă. Studiile trebuie să cuprindă, de asemenea, metodele de analiză cantitativă şi calitativă a substanțelor în cauză şi tehnologiile de epurare adecvate şi se aprobă de către autoritatea publică centrală din domeniul apelor şi protecției mediului.

(3) Utilizatorul de apă are obligația epurării locale a apelor uzate, astfel încât în punctul de control să fie asigurată respectarea condițiilor prevăzute în contractul-abonament şi în avizul/autorizația de gospodărire a apelor.

Art. 4. - Evacuarea apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților este permisă numai dacă prin aceasta:

a) nu se aduc prejudicii igienei şi sănătății publice sau personalului de exploatare;

b) nu se diminuează prin depuneri capacitatea de transport a canalelor colectoare;

c) nu se degradează construcțiile şi instalațiile rețelelor de canalizare, ale stațiilor de epurare şi ale echipamentelor asociate;

d) nu sunt perturbate procesele de epurare din stațiile de epurare sau nu se diminuează capacitatea de preluare a acestora;

e) nu se creează pericol de explozie.

III. Restricții privind evacuarea apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților şi direct în stațiile de epurare

Art. 5. - Apele uzate care se evacuează în rețelele de canalizare ale localităților şi direct în stațiile de epurare nu trebuie să conțină:

1. materii în suspensie, în cantități şi dimensiuni care pot constitui un factor activ de erodare a canalelor, care pot provoca depuneri sau care pot stânjeni curgerea normală, cum sunt:

a) materialele care, la vitezele realizate în colectoarele de canalizare corespunzătoare debitelor minime de calcul ale acestora, pot genera depuneri;

b) diferitele substanțe care se pot solidifica şi astfel pot obtura secțiunea canalelor;

c) corpurile solide, plutitoare sau antrenate, care nu trec prin grătarul cu spațiu liber de 20 mm între bare, iar în cazul fibrelor şi firelor textile ori al materialelor similare - pene, fire de păr de animale - care nu trec prin sita cu latura fantei de 2 mm;

d) suspensiile dure şi abrazive ca pulberile metalice şi granulele de roci, precum şi altele asemenea, care prin antrenare pot provoca erodarea canalelor;

e) păcura, uleiul, grăsimile sau alte materiale care prin formă, cantitate sau aderență pot conduce la crearea de zone de acumulări de depuneri pe pereții canalului colector;

f) substanțele care, singure sau în amestec cu alte substanțe conținute în apa din rețelele de canalizare, coagulează, existând riscul depunerii lor pe pereții canalelor, sau conduc la apariția de substanțe agresive noi;

2. substanțe cu agresivitate chimică asupra materialelor din care sunt realizate rețelele de canalizare şi echipamentele şi conductele din stațiile de epurare a apelor uzate;

3. substanțe de orice natură, care, plutitoare sau dizolvate, în stare coloidală sau de suspensie, pot stânjeni exploatarea normală a canalelor şi stațiilor de epurare a apelor uzate sau care împreună cu aerul pot forma amestecuri explozive, cum sunt: benzina, benzenul, eterii, cloroformul, acetilena, sulfura de carbon, solvenți, dicloretilena şi alte hidrocarburi clorurate, apa sau nămolul din generatoarele de acetilenă;

4. substanțe toxice sau nocive care, singure sau în amestec cu apa din canalizare, pot pune în pericol personalul de exploatare a rețelei de canalizare şi a stației de epurare;

5. substanțe cu grad ridicat de periculozitate, cum sunt:

a) metalele grele şi compuşii lor;

b) compuşii organici halogenați;

c) compuşii organici cu fosfor sau cu staniu;

d) agenții de protecție a plantelor, pesticidele - fungicide, erbicide, insecticide, algicide - şi substanțele chimice folosite pentru conservarea materialului lemnos, a pieilor sau a materialelor textile;

e) substanțele chimice toxice, carcinogene, mutagene sau teratogene, ca: acrilonitril, hidrocarburi policiclice aromatice, ca benzpiren, benzantracen şi altele asemenea;

f) substanțele radioactive, inclusiv reziduurile;

6. substanțe care, singure sau în amestec cu apa din canalizare, pot degaja mirosuri ce contribuie la poluarea mediului;

7. substanțe colorante ale căror cantitate şi natură, chiar în condițiile diluării realizate în rețeaua de canalizare şi în stația de epurare, determină prin descărcarea lor o dată cu apele uzate modificarea culorii apei receptorului natural;

8. substanțe inhibitoare ale procesului biologic de epurare a apelor uzate sau de tratare a nămolului;

9. substanțe organice greu biodegradabile.

Art. 6. - (1) Apele uzate provenite de la unitățile medicale şi veterinare, curative sau profilactice, de la laboratoarele şi institutele de cercetare medicală şi veterinară, întreprinderile de ecarisaj, precum şi de la orice fel de întreprinderi şi instituții care prin specificul activității lor pot produce contaminarea cu agenți patogeni - microbi, virusuri, ouă de paraziți - se descarcă în rețelele de canalizare ale localităților şi în stațiile de epurare numai în condițiile în care s-au luat toate măsurile de dezinfecție/sterilizare prevăzute de legislația sanitară în vigoare.

[.....]

Art. 7. [.....] Dacă rețeaua de canalizare nu conduce apele uzate într-o stație de epurare dintr-o localitate apropiată, ci într-un receptor natural, atunci condițiile de evacuare sunt cele prevăzute în anexa nr. 3 la hotărâre - NTPA-001.

(2) Pentru localitățile care au în curs de realizare stații de epurare sau extinderi ale acestora, prevăzute prin programe de etapizare aprobate conform legii, autoritatea competentă poate stabili alte condiții de evacuare pe perioada de derulare a programului, până la îndeplinirea obiectivelor acestuia, ținându-se seama de prevederile prezentului normativ.

[.....]

Art. 11. - Acordul de racordare şi contractul-abonament pentru serviciul de preluare a apelor uzate în rețeaua de canalizare a localității şi/sau în stația de epurare precizează:

a) debitele şi concentrațiile maxim admisibile ale impurificatorilor apelor uzate evacuate în punctul de control;

b) eventualele restricții de evacuare la anumite ore;

c) măsurile de uniformizare a debitelor şi concentrațiilor substanțelor poluante conținute;

d) obligația montării de debitmetre cu înregistrare şi contorizare pe canalul de evacuare a apelor uzate şi a menținerii lor în stare de funcționare;

e) obligația abonatului de a semnala operatorului de servicii publice toate accidentele sau anomaliile din instalațiile proprii, care pot perturba buna funcționare a sistemului de canalizare;

f) obligația de elaborare a planului de combatere a poluărilor accidentale, inclusiv dotarea cu mijloace şi materiale pentru intervenție, sau de încheiere a unui precontract cu o unitate specializată pentru intervenții în caz de poluare accidentală;

g) punctele de control al calității apelor uzate evacuate şi frecvența de prelevare şi analiză a probelor de apă uzată.

[.....]

Tabelul nr. 1

Indicatori de calitate ai apelor uzate evacuate în rețelele de canalizare ale localităților

---

Nr. Valorile maxime

crt. Indicatorul de calitate U.M.

---

1. Temperatura 0C 40

2. pH unități pH 6,5-8,5

3. Materii în suspensie mg/dm3 350

4. Consum biochimic de oxigen la 5 zile (CBO5) mg O2/dm3 300

5. Consum chimic de oxigen - metoda cu mg O2/dm3 500

6. Azot amoniacal (NH4+) mg/dm3 30

7. Fosfor total (P) mg/dm3 5,0

8. Cianuri totale (CN) mg/dm3 1,0

9. Sulfuri şi hidrogen sulfurat (S2-) mg/dm3 1,0

10. Sulfiți (SO32-) mg/dm3 2

11. Sulfați (SO42-) mg/dm3 600

12. Fenoli antrenabili cu vapori de apă (C6H5OH) mg/dm3 30

13. Substanțe extractibile cu solvenți organici mg/dm3 30

14. Detergenți sintetici biodegradabili mg/dm3 25

15. Plumb (Pb2+) mg/dm3 0,5

16. Cadmiu (Cd2+) mg/dm3 0,3

17. Crom total (Cr3+ + Cr6+) mg/dm3 1,5

18. Crom hexavalent (Cr6+) mg/dm3 0,2

19. Cupru (Cu2+) mg/dm3 0,2

20. Nichel (Ni2+) mg/dm3 1,0

21. Zinc (Zn2)2) mg/dm3 1,0

22. Mangan total (Mn) mg/dm3 2,0

23. Clor rezidual liber (Cl2) mg/dm3 0,5

1) Valoarea concentrației CCO(Cr) este condiționată de respectarea raportului CBO5/CCO mai mare sau egal cu 0,4. Pentru verificarea acestei condiții vor putea fi utilizate şi rezultatele determinării consumului chimic de oxigen, prin metoda cu permanganat de potasiu, urmărindu-se cunoaşterea raportului CCO(Mn)/CCO(Cr) caracteristic apei uzate.

2) Pentru localitățile în care apa potabilă din rețeaua de distribuție conține zinc în concentrație mai mare de 1 mg/dm3 se va accepta aceeaşi valoare şi la racordare, dar nu mai mare de 5 mg/l.

3) Metoda de analiză va fi cea corespunzătoare standardului în vigoare.

NOTĂ:

Dacă pe colectorul rețelei de canalizare a localității, în punctul de racord al sursei de ape uzate, curge în permanență un debit care asigură diluarea corespunzătoare a acestora, operatorul de servicii publice care exploatează şi administrează rețeaua de canalizare poate stabili condițiile de evacuare, ținând seama de diluția realizată. În aceste situații utilizatorii de apă care se racordează la rețeaua de canalizare din localitate sunt obligați să amenajeze căminul de racord corespunzător necesităților de protejare a construcției şi cu respectarea condițiilor de salubritate şi a igienei mediului. În cazul în care în apa uzată se găsesc mai multe metale grele din categoria: Cu, Cr, Ni, Mn, suma concentrațiilor lor nu trebuie să depăşească valoarea de 5,0 mg/dm3; dacă se găsesc doar metale grele, precum Zn şi/sau Mn, suma concentrațiilor acestora nu poate depăşi valoarea de 6,0 mg/dm3. Enumerarea din tabel nu este limitativă; operatorul de servicii publice care exploatează şi administrează rețeaua de canalizare şi stația de epurare, împreună cu proiectantul care deține răspunderea realizării parametrilor proiectați şi, după caz, prin implicarea unității de cercetare tehnologică, care a fundamentat soluția de proiectare pentru rețeaua de canalizare şi/sau pentru stația de epurare, pot stabili, în funcție de profilul activității desfăşurate de abonat, limite şi pentru alți indicatori, ținând seama de prescripțiile generale de evacuare

şi, atunci când este cazul, şi de efectul cumulat al unor agenți corosivi şi/sau toxici asupra rețelei de canalizare şi instalațiilor de epurare.

ANEXA Nr. 3

NORMATIVdin 28 februarie 2002 privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale şi orăşeneşti la evacuarea în receptorii naturali, **NTPA-001/2002**

I. Obiect şi domeniu de aplicare

Art. 1. - (1) În scopul protejării sănătății populației şi a mediului evacuarea/descărcarea în receptorii naturali a apelor uzate orăşeneşti şi industriale cu conținut de substanțe poluante se face numai în condițiile respectării prevederilor legislației în vigoare şi ale prezentului normativ.

(2) Prezentul normativ are drept scop stabilirea condițiilor generale de calitate a tuturor categoriilor de ape uzate, înainte de evacuarea acestora în receptorii naturali, precum şi a valorilor limită admisibile ale principalilor indicatori de calitate ai acestor ape.

Art. 2. - Domeniul de aplicare a prezentului normativ cuprinde apele uzate industriale şi orăşeneşti care au fost sau nu epurate. El se aplică şi apelor uzate evacuate din stațiile de epurare orăşeneşti caracterizate şi prin alți indicatori de calitate decât cei prevăzuți în anexa nr. 1 la hotărâre - NTPA-011.

Art. 3. - Condițiile de evacuare a apelor uzate, stabilite conform art. 2, sunt prevăzute în tabelul nr. 1 din prezentul normativ.

II. Modul de stabilire a valorilor limită admisibile ale poluanților din apele uzate evacuate în receptorii naturali

Art. 4. - (1) Limitele maxime admisibile de încărcare cu poluanți a apelor uzate la evacuarea în receptorii naturali sunt prevăzute în tabelul nr. 1 din prezentul normativ şi reprezintă concentrații exprimate în mg/dm3. Valorile acestor concentrații limită sunt pentru probe momentane; nu se admit concentrații medii şi ele se măsoară în punctul de control situat înainte de descărcare.

[.....]

(3) Prin avizele şi autorizațiile de gospodărire a apelor emitentul acestora poate stabili ca valori admisibile valori mai mici decât cele prevăzute în tabelul nr. 1, pe baza încărcării în poluanți deja existente în receptor, în amonte de punctul de evacuare a apelor uzate, şi având în vedere obiectivele de calitate ale receptorului natural.

(4) La stabilirea valorilor admisibile pentru metale grele emitentul trebuie să țină seama de faptul că, deşi individual, concentrația maximă admisibilă poate fi cea prevăzută în tabelul nr. 1, atunci când în apele uzate sunt prezente mai multe metale grele (de exemplu: plumb, cadmiu, crom, cupru, nichel, zinc sau mercur), concentrația totală a acestora în apă neputând depăşi 2 mg/dm3. Excepție fac apele uzate provenite de la obținerea şi prelucrarea metalelor, pentru care valoarea limită de concentrație pentru fiecare metal - plumb, zinc, mangan, staniu - nu trebuie să depăşească 2 mg/dm3. În privința mercurului concentrația acestuia nu poate depăşi 0,05 mg/dm3 chiar în situația în care este unicul metal prezent în apele uzate.

(5) Pentru substanțele pentru care nu sunt prevăzute limite maxime admisibile în standardele sau în normativele în vigoare, acestea se stabilesc pe bază de studii elaborate de institute specializate, abilitate conform legii, la comanda utilizatorului de apă. Studiile vor cuprinde, de asemenea, metodele de analiză calitativă şi cantitativă a substanțelor respective, precum şi tehnologiile de epurare adecvate. Limitele maxime admisibile vor fi aprobate de către autoritatea publică centrală din domeniul apelor şi protecției mediului.

(6) Pentru substanțele poluante, altele decât cele prevăzute în tabelul nr. 1, limitele maxime admisibile se stabilesc prin avizele şi autorizațiile de gospodărire a apelor, în funcție de caracteristicile receptorului natural, de capacitatea sa de autoepurare, de caracteristicile celorlalte ape uzate evacuate în acelaşi receptor, de cerințele utilizatorilor de apă şi de necesitatea protecției mediului.

(7) În cazul apelor uzate ce conțin substanțe poluante peste valorile limită stabilite prin prezentul normativ, este obligatorie epurarea acestora sau luarea de măsuri tehnologice adecvate, până la atingerea valorilor admise.

(8) În situații excepționale autoritatea publică centrală din domeniul apelor şi protecției mediului poate face derogări de la prezentul normativ.

[.....]

(10) În cazuri speciale - după probe tehnologice, la amorsarea treptelor biologice din stațiile de epurare, revizii periodice sau pe parcursul execuției unor lucrări de retehnologizare sau extindere a capacității stației de epurare - este permisă depăşirea valorilor limită ale indicatorilor de calitate, dacă prin aceasta nu se pune în pericol sănătatea populației, a ecosistemelor acvatice sau nu se produc pagube materiale, şi numai cu avizul autorităților bazinale de gospodărire a apelor şi, după caz, şi al inspectoratelor teritoriale de sănătate publică.

[.....]

(11) Pentru utilizatorii existenți care realizează capacități de epurare în conformitate cu programul de etapizare aprobat, în autorizația de gospodărire a apelor, emisă pe o perioadă limitată, se înscriu valori ale substanțelor poluante ce nu depăşesc valorile limită din tabelul nr. 1 din anexa nr. 2 la hotărâre - NTPA-2/2002.

III. Restricții privind evacuarea apelor uzate

Art. 5. - (1) Apele uzate care se evacuează în receptorii naturali nu trebuie să conțină:

a) substanțe poluante cu grad ridicat de toxicitate, prevăzute în tabelul nr. 2, precum şi acele substanțe a căror interdicție a fost stabilită prin studii de specialitate;

b) materii în suspensie peste limita admisă, care ar putea produce depuneri în albiile minore ale cursurilor de apă sau în cuvetele lacurilor;

c) substanțe care pot conduce la creşterea turbidității, formarea spumei sau la schimbarea proprietăților organoleptice ale receptorilor față de starea naturală a acestora.

(2) Apele uzate provenind de la spitale de boli infecțioase, sanatorii TBC, instituții de pregătire a preparatelor biologice - seruri şi vaccinuri -, alte instituții medicale curative sau profilactice, de la unități zootehnice şi abatoare nu pot fi descărcate în receptori fără a fi fost supuse în prealabil dezinfecției specifice. În această situație se aplică prevederile art. 6 din anexa nr. 2 la hotărâre - NTPA-002/2002.

Art. 6. - Descărcarea apelor uzate epurate în rețeaua de canale de desecare, de irigații ori pe terenuri agricole se va face numai în condițiile realizării unei epurări corespunzătoare şi numai cu avizul administratorului/deținătorului acestora, astfel:

1. când apa din canale se foloseşte la irigarea culturilor agricole, limitele indicatorilor de calitate se corelează şi cu standardul privind calitatea apei pentru irigarea culturilor agricole, STAS 9450/83;

2. când apa uzată se descarcă într-un canal de desecare ce debuşează într-un receptor natural, limitele indicatorilor de calitate vor fi cei corespunzători prezentului normativ.

[.....]

Art. 9. - În scopul protejării resurselor de apă împotriva poluării:

1. se recomandă folosirea apelor uzate şi/sau a nămolurilor care conțin nutrienți la fertilizarea ori la irigarea terenurilor agricole sau silvice, cu acceptul deținătorilor terenurilor respective şi cu avizul autorităților competente în domeniul îmbunătățirilor funciare. În funcție de natura culturii se va cere şi avizul inspectoratului teritorial de sănătate publică;

2. este obligatorie asigurarea impermeabilizării tuturor depozitelor; eventualele exfiltrații, precum şi apele din precipitații ce se scurg de la aceste depozite trebuie colectate şi epurate astfel încât acestea să corespundă prevederilor prezentului normativ.

Art. 10. - Prevederile prezentului normativ se aplică şi la evacuarea apelor uzate în soluri permeabile sau în depresiuni cu scurgere asigurată natural.

[.....]

Tabelul nr. 1

Valori limită de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale şi orăşeneşti evacuate în receptori naturali

Se aplică tuturor categoriilor de efluenți proveniți sau nu din stații de epurare.

[.....]

Tabelul nr. 2

Substanțe poluante cu grad ridicat de periculozitate

Tabelul cuprinde următoarele clase şi grupe de substanțe selectate în special pe baza toxicității, persistenței şi bioacumulării lor:

1. compuşi organohalogenați;

2. compuşi organostanici şi organofosforici;

3. substanțe cu proprietăți cancerigene;

4. compuşi organici ai mercurului;

5. compuşi organosilicici;

6. deşeuri radioactive care se concentrează în mediu sau în organismele acvatice.

Este interzisă evacuarea în receptorii naturali o dată cu apele uzate a substanțelor individuale care aparțin claselor sau grupelor de substanțe enumerate mai sus şi care au un grad ridicat de periculozitate.

[.....]

· O MAPPM 1097 / 1997

Normele tehnice de epurare biologică în stațiile de epurare şi ghidul de stabilire a programelor de recoltare şi analizare a probelor şi metodologia de prevalare a probelor de ape uzate sunt aprobate prin Ordinul Ministerului Apelor, Pădurilor şi Protecției Mediului nr. 1097 din 17 decembrie 1997, publicat în Monitorul Oficial nr. 47 din 3 februarie 1998, pe care îl reproducem mai jos:

OMAPPM 1097 / 1997

[.....]

Art.1. - Se aproba Normele tehnice*) privind metodologia de conducere si control al procesului de epurare biologica cu nămol activ in stații de epurare a apelor uzate orăşeneşti, industriale si din zootehnie, NTPA-003/1997, prezentate in anexa nr.1 la prezentul ordin.

Art.2. - Se aproba Normele tehnice*) privind ghidul de stabilire a programelor de recoltare si analizare a probelor de apa uzata, NTPA-004/1997, prezentate in anexa nr.2 la prezentul ordin.

Art.3. - Se aproba Normele tehnice*) privind metodologia de prevalare a probelor de ape uzate din efluenții finali, NTPA-005/1997, prezentate in anexanr.3.

Art.4. - Anexele 1-3 fac parte integranta din prezentul ordin.

Art.5. Deținătorii, persoane fizice si persoane juridice, de stații de epurare a apelor uzate orăşeneşti, industriale si din zootehnie, precum si de laboratoarele de analiza a probelor de ape uzate vor aplica normele prevăzute in prezentul ordin.

Art.6. - Nerespectarea dispozițiilor prezentului ordin atrage după sine răspunderea materiala, contravențională sau penala, după caz.

*) Normele tehnice prevăzute in anexele nr.1-3 vor putea fi procurate de la Institutul de Cercetare si Inginerie a Mediului Bucureşti.

[.....]

· HG 472 / 2000

privind unele măsuri de protecție a calității resurselor de apă

Publicat în Monitorul Oficial al României nr. 272 din 15 iunie 2000

[EXTRAS]

[....]

Art. 1. - Protecția resurselor de apă de suprafață şi subterane şi a ecosistemelor acvatice are ca obiect ameliorarea şi menținerea calității naturale a acestora în scopul evitării unor efecte negative asupra mediului şi sănătății umane, în contextul realizării unei dezvoltări durabile.

Art. 2. - (1) Concentrațiile maxime admise ale poluanților conținuți de apele uzate, evacuate în resursele de apă, în soluri permeabile sau în depresiuni cu scurgere asigurată natural, precum şi în rețelele de canalizare, se stabilesc pentru zona de deversare în funcție de capacitatea de primire a receptorilor şi se înscriu în avizele şi în autorizațiile de gospodărire a apelor eliberate utilizatorilor de apă.

(2) Compania Națională "Apele Române" - S.A. urmăreşte, prin Sistemul național de supraveghere a calității apelor, starea calității resurselor de apă de suprafață şi subterane, precum şi modul de respectare a concentrațiilor de poluanți, înscrise în actele de reglementare emise utilizatorilor pentru protecția calității apelor.

Art. 3. - (1) Stimularea economică a utilizării durabile a resurselor de apă implică servicii specifice de gospodărire a apelor, de protecție a calității apelor, de monitorizare cantitativă şi calitativă a poluanților din apele uzate evacuate de utilizatori în limitele prevăzute în contractele economice încheiate cu aceştia.

(2) Compania Națională "Apele Române" - S.A. percepe, pe bază de contract, tarife pentru serviciile de monitorizare cantitativă şi calitativă a poluanților din apele uzate evacuate şi de protecție a calității resurselor de apă, ale căror niveluri, pe categorii de poluanți, sunt prevăzute în anexa nr. 1.

Art. 4. - (1) Pentru depăşirea concentrațiilor maxime admise ale poluanților din apele uzate evacuate, înscrise în contractele de furnizare a serviciilor, utilizatorii de apă sunt penalizați în cuantumul prevăzut în anexa nr. 2.

(2) Constatarea depăşirii concentrațiilor maxime admise ale poluanților din apele uzate se face de personalul sucursalelor bazinale ale Companiei Naționale "Apele Române" - S.A. sau, după caz, al unităților de gospodărire comunală pentru sistemele de canalizare ale localităților.

(3) Prelevarea probelor de apă uzată se face în prezența unui reprezentant al utilizatorului de apă.

(4) Constatarea abaterii şi stabilirea cuantumului penalității se fac prin proces-verbal de constatare întocmit de personalul împuternicit al sucursalelor bazinale ale Companiei Naționale "Apele Române" - S.A. sau, după caz, al unităților de gospodărie comunală, care se comunică prin poştă, cu confirmare de primire.

(5) Unitatea penalizată va achita cuantumul penalității prin ordin de plată, în termen de 10 zile lucrătoare de la primirea procesului-verbal de constatare.

(6) Procesul-verbal de constatare poate fi contestat de unitatea în cauză la judecătoria în a cărei rază teritorială a fost săvârşită abaterea, în termen de 15 zile de la comunicare, dacă în contract nu este prevăzut un alt termen.

(7) Sumele de bani încasate cu titlu de penalități, calculate conform modelului prezentat în anexa nr. 4, se fac venit la Fondul apelor, constituit la Ministerul Apelor, Pădurilor şi Protecției Mediului, gestionat prin buget separat, elaborat de Compania Națională "Apele Române" - S.A. şi aprobat de Ministerul Apelor, Pădurilor şi Protecției Mediului.

Art. 5. - (1) Utilizatorii de apă care manifestă constant o grijă deosebită cu privire la protecția calității apelor şi care realizează evacuarea apelor uzate epurate în concentrații mai reduse de substanțe impurificatoare decât cele înscrise în autorizația de gospodărire a apelor vor primi bonificații.

(2) Bonificația se acordă în procent de 10% din valoarea anuală a serviciilor de monitorizare a poluanților din apele uzate evacuate.

(3) Bonificațiile se calculează de Compania Națională "Apele Române" - S.A. şi se acordă utilizatorilor cu aprobarea Ministerului Apelor, Pădurilor şi Protecției Mediului.

Art. 6. - Compania Națională "Apele Române" - S.A. stabileşte anual secțiunile reprezentative din cadrul Sistemului național de supraveghere a calității apelor, care sunt monitorizate pe cursurile de apă de suprafață, lacurile de acumulare şi în apele subterane. Aceste secțiuni se aprobă prin ordin al ministrului apelor, pădurilor şi protecției mediului.

Art. 7. - Punctele nr. 1, 2, 3 şi 4, precum şi nota cuprinsă în anexa nr. 5 "Servicii specifice de gospodărire a apelor realizate prin unitățile de gospodărire a apelor" la Hotărârea Guvernului nr. 981/1998 privind înființarea Companiei Naționale "Apele Române" - S.A., publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 530 din 31 decembrie 1998, se modifică conform anexei nr. 3.

Art. 8. - Anexele nr. 1-4 fac parte integrantă din prezenta hotărâre.

[.....]

· O MAPM 325 / 2001

privind aprobarea Instrucțiunilor tehnice pentru aplicarea prevederilor Hotărârii Guvernului nr. 472/2000 privind unele măsuri de protecție a calității resurselor de apă - NTPA 012 şi pentru modificarea Ordinului ministrului mediului nr. 242/1990

Publicat în Monitorul Oficial al României nr. 152 din 28 martie 2001

[EXTRAS] [.....]

Art. 1. - Se aprobă Instrucțiunile tehnice pentru aplicarea prevederilor Hotărârii Guvernului nr. 472/2000 privind unele măsuri de protecție a calității resurselor de apă - NTPA 012, prevăzute în anexa*) care face parte integrantă din prezentul ordin.

*) Anexa va fi pusă la dispoziție celor interesați de către Compania Națională "Apele Române" - S.A. şi de sucursalele sale bazinale.

[.....]

Art. 4. - La data intrării în vigoare a prezentului ordin îşi încetează aplicabilitatea Ordinul ministrului apelor, pădurilor şi protecției mediului nr. 1.711/2000,

[.....]

5. ÎNCHEIERE

În această broşură am trecut foarte pe scurt în revistă câteva probleme legate de canalizare, epurarea apelor uzate şi reglementările din domeniu. Detalii mai multe se găsesc în lucrări tehnice şi biologice special dedicate acestei teme. Noi am vrut doar să creăm o bază pentru înțelegerea fasciculului nr. 7 din seria ECOAQUA, dedicat apei Clujului, inclusiv canalizării şi epurării apelor uzate. Bibliografia selectivă pentru întreaga serie de broşuri este reprodusă în fasciculul nr. 10 al seriei de broşuri ECOAQUA.

Вторичное использование сточных вод

Nino Zinna

Вторичное использование стоков зданий после соответствующей обработки может успешно способствовать решению кризисных ситуаций, существующих в регионах с недостаточными запасамиводных ресурсов.

Во многих регионах нашей страны имеются серьезные проблемы с водоснабжением в силу недостаточности водных ресурсов, и, как следствие, водосберегающие технологии приобретают здесь чрезвычайно большое значение.

Меры, которые могли бы способствовать экономии природных ресурсов и внести существенный вклад в решение проблемы или, по крайней мере, снять ее остроту, представляются следующими:

– стимулирование сокращения потребления;

– регенерация воды (если возможно);

– повторное использование стоков и дождевой воды (как правило, требует дополнительной обработки).

В частности, вторичная утилизация уже использованной воды сокращает уровень загрязнения природных массивов, принимающих сточные воды. Сбор дождевой воды в ваннах или водосборных резервуарах с последующим плановым использованием позволяет предотвратить перегрузку канализационной сети в случае интенсивных осадков. Кроме того, если бытовые и канализационные стоки сливаются в один канализационный канал, это позволяет не так сильно разжижать нечистоты, поскольку в противном случае это нарушило бы биологическую фазу очистки. В части вторичного использования такой воды для защиты здоровья населения установлены определенные требования в отношении санитарно-гигиенических и химических параметров. В зависимости от требуемого качества конечного продукта очистка может быть более или менее сложной.



Рисунок 1.
Флокуляционная ванна установки по очистке сточных вод

Нормативная документация

Требования нормативной документации в отношении вторичного использования городских сточных вод в разных странах разные и имеют более или менее ограничительный характер. В Европе основным документом является Европейский регламент 91/271. В Италии в части вторичного использования стоков в рамках политики сохранения и стимулирования экономии природных ресурсов руководящим считается республиканское законодательство в области охраны природы (закон от 05.01.1994 года № 36, законодательный актот 11.05.1999 года № 152 с последующими изменениями, постановление от 12.06.2003 года № 185), а также законодательные акты на уровне регионов (имеющих свои полномочия в данной сфере). Нормативные требования к качеству воды, регенерированной для вторичного использования в различных областях деятельности, составлялись несколькими органами. Это, в первую очередь, основные направления, определяющие предельно допустимые параметры: регламенты WHO (всемирная организация здравоохранения), EEA (европейское агентство по вопросам окружающей среды), EPA (агентство по охране окружающей среды).

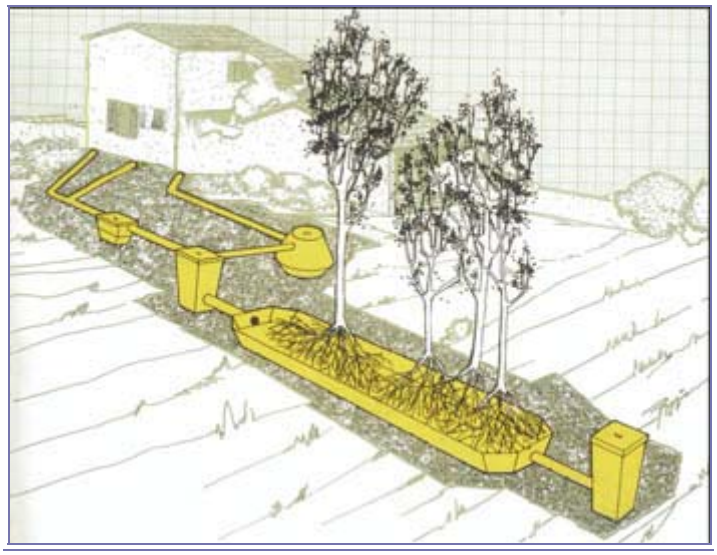


Рисунок 2.
Схема системы очистки бытовых сточных вод
с использованием ванн фитоочистки

Области применения

На вторичное использование могут направляться как бытовые стоки, так и городские и промышленные. Вторичное использование разрешается при условии, если будет обеспечена полная экологическая безопасность (т. е. такое использование не должно наносить ущерб сложившейся экосистеме, почве и культурным растениям), а также исключен всякий риск для местного населения в санитарно-гигиеническом отношении. Таким образом, очень важно, чтобы в рамках любого такого проекта тщательно соблюдались требования действующих нормативных документов в части охраны здоровья и безопасности, а также действующие отраслевые нормы и правила для промышленности и сельского хозяйства.

В большинстве случаев, чтобы воду можно было направить на вторичное использование, требуется ее предварительная очистка. Выбор степени такой очистки определяется установленными требованиями санитарно-гигиенической безопасности и стоимостными параметрами. Для организации снабжения вторичной регенерированной воды после очистки необходим выделенный распределительный трубопровод.

В соответствии с постановлением 185/2003 в отношении использования регенерированной воды выделяются три основные категории:

– системы орошения: полив культурных растений, предназначенных для производства пищевых продуктов для потребления человеком и домашними животными, а также продуктов непродовольственной сферы, полив участков озеленения, садово-парковых зон и спортивных объектов;

– гражданское назначение: мойка мостовых и тротуаров населенных пунктов, водоснабжение отопительных сетей и сетей кондиционирования воздуха, водоснабжение вторичных водораспределительных сетей (отдельно от питьевого водопровода) без права непосредственного использования такой воды в зданиях гражданского назначения за исключением систем слива туалетов и санузлов;

– промышленное назначение: снабжение систем пожаротушения, производственных контуров, моечных систем, термических циклов производственных процессов с исключением областей применения, предусматривающих контактирование вторичной регенерированнойводы с пищевой, фармацевтической и косметической продукцией.

Перед вторичным использованием регенерированной воды необходимо обеспечить определенный уровень качества, особенно в отношении санитарно-гигиенических требований. Традиционные методы обработки воды, направляемой на сброс, для обеспечения такого качества недостаточны. Сегодня появляются новые альтернативные технологии очистки и дезинфекции, при помощи которых удается снизить уровень содержания в воде микробов, питательных веществ, токсических веществ и выйти на требуемый уровень качества воды при относительно невысокой стоимости. В нормативной документации представлены минимально допустимые параметры качества, которые должна иметь вода после регенерации, если предполагается направить ее на вторичное использование. Указанные требования (химико-физические и микробиологические) для регенерированной воды, предназначенной для вторичного использования в целях орошения или на гражданских объектах, приведены в таблице в приложении к постановлению 185/2003. Для воды, предназначенной для промышленного использования, предельно допустимые значения устанавливаются в зависимости от конкретных производственных циклов. Строительство систем регенерации сточных вод и последующее их использование должны осуществляться с санкции компетентных властей и подлежат

периодическому инспекционному контролю. Распределительные сети регенерированной воды должны быть особым образом обозначены и отличаться от сетей питьевого водоснабжения, для того чтобы полностью исключить всякий риск загрязнения распределительной водопроводной сети питьевого назначения. Водоразборные точки таких сетей должны иметь соответствующую маркировку и четко отличаться от питьевых.

Вместе с тем при всех преимуществах, которые дает современная технология, помимо прямой выгоды, реализация мер экономии гидроресурсов может повлечь и определенные риски.



Рисунок 3.
Водоочистные сооружения

Методы очистки сточных вод

Методика очистки сточных вод в каждом конкретном случае в зависимости от требуемого конечного качества продукта может предусматривать следующие виды обработки:

– предварительная очистка: включает в себя пропускание через сито (удаление крупных твердых частиц), удаление песка (через посредство ванн седиментации), предварительную аэрацию, извлечение масляных частиц (воздушной продувкой на поверхность сгоняется большая часть масел и жиров), просеивание (удаление взвешенных частиц при помощи вращающихся сит);

– первичная очистка выполняется путем седиментации: в ванне седиментации посредством механической декантации сепарируется значительная часть осаждающихся твердых частиц. Процесс может форсироваться путем применения химических добавок (флокулянтов): в ваннах флокуляционного осветления повышается выпадаемость твердых частиц, а также выпадаемость неосаждаемых взвешенных частиц;

– вторичная очистка с применением аэробных бактерий, обеспечивающих биологическое разрушение органической нагрузки, таким образом осуществляется биологическое окисление взвешенного биологически разрушаемого органического вещества, растворенного в сточных водах. Методы очистки могут подразумевать процессы с взвешенной биомассой (активные грязи), когда грязь поддерживается в состоянии постоянного перемешивания с нечистотами, и процессы с адгезионной биомассой (предусматривающие перколяторную основу или вращательно-биодисковую подложку), в ходе которых обеззараживающие бактерии присоединяются к фиксированной основе;

– очистка третьего уровня применяется после первичной и вторичной в случае, когда в соответствии с требованиями качества, предъявляемым к очищенной воде, из нее должны удаляться питательные вещества (нитраты и фосфаты);

– нитрификация, денитритификация, дефосфоризация: очистные процессы, обеспечивающие соответственно превращение органического азота в нитраты, разложение нитратов с образованием газообразного азота, удаление из сточной воды растворимых солей фосфора;

– финишная дезинфекция применяется, когда требуется обеспечить полную санитарно-гигиеническую безопасность сточной воды. Методика предусматривает использование реагентов на основе хлора либо озонирование, либо обработку ультрафиолетовым облучением. Помимо выше перечисленных способов существуют еще две технологии естественной очистки сточных вод, которые вполне могут применяться в качестве очистки второго или третьего уровня. Это фитоочистка и биологическое отстаивание (или лагунирование). Обе технологии применяются главным образом в небольших водоочистных сооружениях или в районах, где имеется возможность использовать обширные территории. Суть фитоочистки заключается в том, что сточную воду постепенно заливают в ванны или каналы, где поверхность (глубина воды 40–60 см) находится непосредственно под открытым небом, а дно, находящееся все время под водой, служит основой корней особого вида растений. Задача растений – способствовать созданию микросреды, пригодной для размножения микробной флоры, осуществляющей биологическую очистку. Пройдя очистную ванну, вода медленно, причем в объеме, равном залитому объему воды, направляется на дальнейшее использование.

Для биологического отстаивания требуются большие бассейны (лагуны), куда периодически заливается сточная фекальная вода. Происходит постепенное биологическое разложение загрязнения

живущими в бассейне микробными колониями (за счет аэробного либо анаэробного метаболизма) либо водорослями.



Рисунок 4.
Сито с цилиндрической вращающейся решеткой для сепарации твердых фекальных частиц

Очистка до качества питьевой воды

В определенных случаях при недостаточности запасов питьевых ресурсов в качестве таковых можно использовать сточную воду, прошедшую соответствующую обработку. Подобных очистных сооружений в Италии пока нет, но они построены в целом ряде стран. Очищенная сточная вода может подаваться непосредственно в питьевой водопровод либо в накопительное водохранилище (природное или искусственное). В качестве альтернативы такую воду можно направлять на питание водоносных горизонтов прямым впрыском непосредственно в горизонт либо естественной инфильтрацией через водопроницаемые грунты. Из напитанного таким образом горизонта воду забирают через колодцы, устраиваемые вдали от участка, где организована инфильтрация. Чтобы очистить сточную воду до состояния питьевой воды, пригодной для прямой подачи в питьевой водопровод, или для впрыска в водоносный горизонт, нужно, чтобы она последовательно прошла следующие виды очистки:

осветление флокуляцией – фильтрование – абсорбция активированным углем – мембранная очистка (обратный осмос) – финишная дезинфекция.

Более простую очистку (фильтрование – абсорбция активированным углем – дезинфекция) проводят для сточной воды, предназначенной для питания водоносных горизонтов путем инфильтрации через водопроницаемые грунты, поскольку в этом случае используется естественная способность грунта служить фильтрующей подушкой.

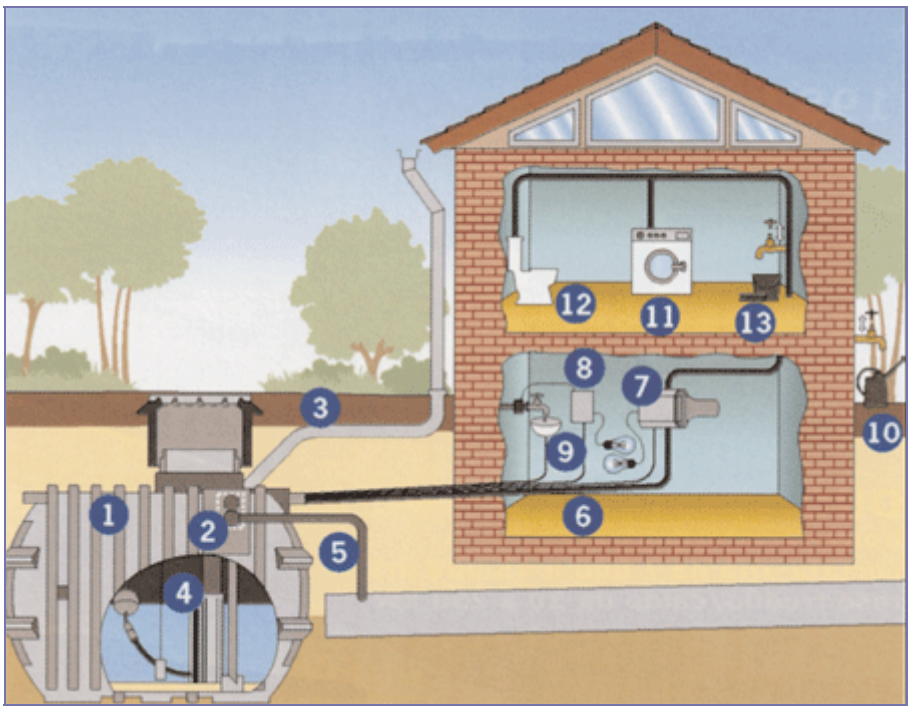


Рисунок 5.
Схема системы регенерации дождевой воды
1 – подземная накопительная цистерна; 2 – фильтр; 3 – подача дождевой воды; 4 – погружной насос; 5 – выход в слив и сток дождевой воды; 6 – трубопровод подачи подготовленной дождевой воды; 7 – блок управления насосом; 8 – блок регулировки уровня рабочего контура; 9 – подключение к сети питьевого водопровода на случай нехватки дождевой воды в накопительной цистерне; 10–13 – разборные точки дождевой воды

Вторичное использование сточных вод для технических (непитьевых) целей

Наиболее популярная технология сегодня – так называемые двойные системы. Рядом с обычной водопроводной сетью питьевого назначения организуется вторая выделенная сеть доставки сточной воды, прошедшей очистку.

Такую воду можно использовать в следующих целях:

– бытовая техническая вода для санузлов в случаях, не предусматривающих прямой контакт с человеком (т. е. в основном, для слива унитазов);

– поливка зеленых насаждений садово-парковых зон, спортивных полей, полей для игры в гольф и пр.;

– мойка улиц, тротуаров, пешеходных переходов и т. п.;

– водоснабжение декоративных фонтанов;

– мойка автотранспортных средств.

Очистка воды для технического использования предусматривает последовательное прохождение через осветление флокуляцией, фильтрование и дезинфекцию. В основном на такую очистку направляется бытовая сточная вода, чаще всего, чтобы не создавать излишне громоздкую сеть, так называемый «серый» слив, исключая фекальные воды с содержанием мочи и кала.

Одновременно параллельно с общими двойными системами сегодня существуют эффективные технологии очистки воды, уже использовавшейся в отдельных агрегатах санузлов, для последующего вторичного применения, когда, например, сточная вода умывальников, ванны и душевой кабины фильтруется, из нее удаляется мыло и загрязнения, и она направляется в сливной бачок унитаза или на иные технические нужды, например, для мойки автомобиля или поливку сада. Такие системы подходят для индивидуальных домов, отдельных квартир, небольших гостиниц, клубов и пр. Результаты проведенных экспериментов показали, что по фактическому потреблению ресурсов такие системы дают экономию до 50 % в обычных жилых домах и до 40 % в гостиничном бизнесе и сфере торговли. Основные преимущества – полная автономность системы водоснабжения при абсолютной невозможности перекрестного загрязнения питьевой и технической воды, отсутствие химических реагентов и вредных субпродуктов, существенная энергетическая эффективность (для питания электронасоса используется источник постоянного тока напряжением 12 Вт), возможность использования солнечной энергии, полностью автоматический цикл очистки.

Вторичное использование сточных вод для общих целей

Прошедшие очистку сточные воды можно успешно использоватьдля общих целей и в гражданской, и в промышленной сфере. Это могут быть, в частности, системы отопления (контуры питания отопительных котлов), охлаждения (охлаждающие башни, конденсаторы, теплообменники), противопожарной безопасности (системы пожаротушения водой). Для использования в отопительных котлах сточную воду следует пропустить через осветление флокуляцией, затем профильтровать и деминерализовать.

Последний тип обработки предусматривает пропускание воды через смоляную подушку ионного обмена. Использование в охлаждающие контурах обычно предусматривает осветление флокуляцией, фильтрацию и, как правило, дезинфекцию.

Вторичная вода в промышленности

В промышленных процессах множество операций требует использования воды. Среди них:

– приготовление пара в котлах и увлажнителях воздуха;

– теплообмен в системах отопления, пароконденсации, охлаждения жидких и твердых тел;

– промывка от твердых частиц и очистка газа;

– ванны поверхностной обработки различного рода.

Во многих случаях, когда на производстве требуются большие объемы воды, для этих целей также вполне подходят очищенные сточные воды, например, в текстильной промышленности, целлюлозно-бумажной, красильных цехах и металлургии. С учетом крайнего множества и разнообразия производственных процессов качество вторичной воды для них требуется самое разное и, следовательно, в каждом конкретном случае для очистки сточных вод применяются разные системы очистки.

Вторичная вода в сельском хозяйстве

Вторичная вода в сельском хозяйстве дает ощутимую экономию расхода водных ресурсов. Действительно потребление воды в агрозоотехнической сфере существенно превышает потребление в гражданской сфере и промышленности. Для Италии эти цифры составляют соответственно 60 %, 15 % и 25 %. Во исполнение европейского регламента (признание действующими положений Европейской Директивы 91/271) в настоящее время предпочтение отдается вторичной воде, а подключение к магистральному водопроводу – если вода не предназначена для питьевых целей или ихтиогенной сферы – ограничивается случаями, когда не имеется возможности использоватьочищенные сточные воды или когда эти экономические затраты носят очевидный запретительный характер. Сточные воды отпускаются бесплатно, а капитальные расходы на организацию очистных систем вычитаются из налогооблагаемой базы.

Следует учитывать, что использование вторичной воды в сельском хозяйстве возможно далеко не всегда, а только, например, если сельскохозяйственные угодья, где предполагается применять такую технологию, расположены в очень удаленном районе либо на нижнем высотном уровне.

Нельзя использовать сточную воду, когда ее химический состав несовместим с сельским хозяйством (превышение содержания натрия и кальция по сравнению с калием и магнием). Важно отметить, что смехотворно низкая нынешняя цена обычной водопроводной воды, отпускаемой для орошения (определяемая стоимостью лицензии на подключение к источнику или бурение скважины) не способствует переходу на использование в этих целях очищенной сточной воды. Технология очистки сточных вод для сельского хозяйства различается в зависимости от видов культур, для которых они предназначены. Для орошения культур, предназначенных для употребления в пищу в сыром виде, вода должна пройти осветление флокуляцией, фильтрацию и дезинфекцию (иногда лагунирование). Для орошения садов и пастбищ – только осветление флокуляцией (или биологическое отстаивание) и дезинфекцию, для орошения полей с непищевыми культурами – биологическое отстаивание (и при необходимости водохранилищные ванны).

Регенерация дождевой воды

В индивидуальных жилых домах, кондоминиумах, гостиницах дождевая вода, собираемая в накопительные резервуары, может успешно использоваться в рабочих контурах санитарных приборов, стиральных машин, для уборки, поливки растений, мойки автомобилей. По имеющимся оценкам в частном секторе до 50 % дневной потребности воды можно перевести на использование регенерированной дождевой воды.

В силу своих характеристик (очень мягкая) дождевая вода в сравнении с водопроводной водой дает наилучшие результаты, если используется для поливки растений и стирки белья. В частности, такая вода не дает отложений на трубах, манжетах и нагревательных элементах стиральных машин и позволяет снизить количество моющего средства, не говоря о том, что за нее не надо никому платить. В коммунальной сфере ее можно рекомендовать для поливки садово-парковых зон и мойки улиц. В промышленности дождевую воду можно также использовать на множестве производственных участков, что дает существенную экономию в оплате водных ресурсов и ощутимо влияет на себестоимость процессов.

Следует при этом учитывать, что дождевая вода вообще не требует какой-либо особой очистки: достаточно лишь простого фильтрования, пока она стекает по крышам зданий и попадает в накопительные резервуары.

В системе регенерации дождевой воды в зависимости от того, где именно расположен накопительный резервуар (к примеру, зарыт в грунт), может потребоваться водонапорный насос. На рис. 5 приведена схема подобной системы.

Дождевая вода считается непригодной для питья, поэтому питающий трубопровод и водоразборные точки (водоразборные краны, точки подключения к бытовым приборам) должны быть маркированы хорошо видимой предупредительной надписью: «вода не пригодна для питья».

Перепечатано с сокращениями из журнала RCI №2/2006
Перевод с итальянского **С. Н. Булекова**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ (РЕГЛАМЕНТ) ПО СЕРТИФИКАЦИИ ВОДООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО (БЫТОВОГО) И КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Дата введения 30.03.98 Разработаны: НИИ ЭЧиГОС им. А.Н. Сысина РАМН (Ю.А. Рахманин, д.т.н., чл. - корр. РАМН - научный руководитель; З.И. Жолдакова, Красовский Г.Н., Л.Ф. Кирьянова, Р.И. Михайлова); Московским государственным строительным университетом (Т.В. Дятлова, И.Н. Чурбанова); ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО (Л.А. Богатырева, Е.В. Соколова, С.В. Яковлев); ВНИИНМАШ (Л.П. Колесникова); Министерством строительства Московской области (Б.К. Байков, И.Б. Захаров); Лицензионно - экспертным управлением Московской области (Л.Д. Мандель; Б.П. Маркин); Государственным комитетом по охране окружающей природной среды Московской области (В.А. Иванов, А.М. Калинин), Центром государственного санитарно - эпидемиологического надзора Московской области (О.Л. Гавриленко, О.А. Гильденскиольд). Введение Настоящий документ - Методические указания (регламент) по сертификации водоочистного оборудования индивидуального (бытового) и коллективного пользования систем водоснабжения и водоотведения территории Московской области (далее по тексту - МУ) - разработан в соответствии с Законами Российской Федерации "О защите прав потребителей", "О санитарно - эпидемиологическом благополучии населения", "О сертификации продукции и услуг", включает полный пакет документов, определяющих функционирование системы сертификации питьевой воды, материалов, технологических процессов и оборудования (водоочистных устройств), применяемых в хозяйственно - питьевом водоснабжении, сертификации сточной воды, материалов и оборудования, применяемых в системах водоотведения (далее - Система), и устанавливает на всех стадиях общий порядок и правила проведения работ по сертификации действующих и вновь создаваемых водоочистных сооружений, установок заводского изготовления, устройств, материалов и оборудования для систем хозяйственно - питьевого водоснабжения и водоотведения бытовых и производственных сточных вод. МУ учитывают действующие в Российской Федерации и на территории Московской области и вновь разрабатываемые законодательно - нормативные документы, регламентирующие требования к качеству очищенной воды, инструктивно - методические документы по гигиенической оценке материалов и реагентов, предлагаемых для применения в практике хозяйственно - питьевого водоснабжения и очистки сточных вод (приложение 1). МУ разработаны на основании результатов технолого - гигиенических исследований и технической оценки многообразия технологических схем водоочистки и очистки бытовых и производственных сточных вод, конструкций водоочистных устройств, сооружений и инженерного оборудования, эксплуатируемых в разных режимах и условиях, с целью создания унифицированных методических основ их сертификации. Они обязательны для использования при технолого - гигиенической оценке водоочистного оборудования и технологий различного типа и назначения (индивидуальные, бытовые, коллективные) независимо от их принципа работы, конструктивных особенностей, производительности, ресурса работы. МУ предназначены для специалистов, занимающихся сертификацией продукции в области водоснабжения и водоотведения,

испытательных центров и лабораторий, аккредитованных с этой целью Департаментом государственного санитарно - эпидемиологического надзора, Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды и в Системе сертификации ГОСТ Р. Применение МУ в научно - практической деятельности органов, аккредитованных в Системе, позволит всесторонне и качественно провести работы по обязательной и добровольной сертификации водоочистного оборудования и технологий, количественно охарактеризовать полноту очистки, обеззараживания и кондиционирования воды, получаемой после них. Полученные в результате технологического и эколого - гигиенического анализа материалы могут быть использованы для аргументированного обоснования и внедрения в практику масштабных мероприятий по укреплению здоровья населения и охране окружающей среды от загрязнения. В МУ использованы термины и определения (приложение 2) в соответствии с РС 0001-93 "Общие правила и рекомендации по проведению сертификации в Российской Федерации. Система сертификации ГОСТ Р" и другими документами, приведенными в приложении 1. Методические указания должны быть открыты и доступны для ознакомления всех заинтересованных лиц (разработчиков и производителей водоочистных установок и оборудования систем водоснабжения и водоотведения и пр.) с правилами и методами сертификации. 1. Правила сертификации продукции для систем водоснабжения и водоотведения. Общие положения 1.1. Основной целью Системы является содействие комплексному решению задач усовершенствования систем водоснабжения и водоотведения методами и средствами стандартизации и сертификации. Это достигается путем оценки эффективности водоочистных технологий, установок и оборудования в отношении обеспечения требуемой полноты очистки, доочистки и обеззараживания хозяйственно - питьевых и сточных вод и их соответствия требованиям безопасности, безвредности и эстетической приемлемости. 1.2. Область распространения Системы определяется следующими объектами сертификации (далее - продукция): - вода хозяйственно - питьевого назначения; - водоочистные оборудование, установки и устройства (индивидуальные, бытовые, коллективные) заводского изготовления; - реагенты; - материалы: конструкционные, фильтрующие, сорбирующие, для иммобилизации биомассы и т.д.; - сточные воды (включая оборотные); - технологические схемы очистки в производственных и бытовых системах водоотведения (технологическая цепь очистных сооружений); - сооружения очистки сточных вод - канализационные очистные сооружения (КОС); - вспомогательное оборудование; - трубы, соединительная арматура; - электрооборудование (насосы, компрессоры и т.п.). 1.3. Порядок сертификации продукции определен основополагающим документом Системы - правилами сертификации. 1.4. Система предусматривает проведение обязательной и добровольной сертификации однородной продукции, включая импортную. Обязательной или добровольной сертификации подлежат опытные или единичные образцы, серийно выпускаемое, модернизируемое или действующее в системах водоснабжения и водоотведения водоочистное оборудование. 1.5. Обязательная сертификация однородной продукции согласно номенклатуре продукции, определенной Госстандартом России, Департаментом государственного санитарно - эпидемиологического

надзора (приложение 3) и Территориальными строительными нормами ТСН ВиВ-97 МО, п. 1.11, проводится с целью подтверждения ее соответствия требованиям государственных стандартов и санитарных правил и норм Российской Федерации, обеспечивающих, с одной стороны, ее безопасность и безвредность для здоровья людей и окружающей среды, с другой - достаточную эффективность работы при эксплуатации, что является обязательным условием при реализации однородной продукции на территории Российской Федерации. 1.6. Сертификация импортируемой однородной продукции осуществляется в соответствии с приказом от 14.08.96 N 496 "О применении Перечней товаров, подлежащих обязательной сертификации при ввозе на таможенную территорию Российской Федерации" и общими правилами и рекомендациями, установленными в системе сертификации ГОСТ Р (приложение 4). 1.7. Продукция для систем водоснабжения и водоотведения различного типа и назначения независимо от принципа работы, конструктивных особенностей и производительности перед выпуском и потреблением должна пройти технолого - гигиенические испытания и получить для системы водоснабжения гигиенический сертификат и сертификат соответствия, для системы водоотведения - сертификат соответствия (единый технолого - гигиенический сертификат) требованиям действующих стандартов по показателям, заявленным изготовителем и реализуемым при эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения (централизованных, местных и индивидуальных). 1.8. Перечень показателей качества очищенных вод, подлежащих подтверждению при обязательной сертификации оборудования, предназначенного для очистки и обеззараживания их от основных видов загрязнений, нормативные документы, устанавливающие показатели ее безопасности и безвредности для жизни и здоровья людей, органолептические характеристики и методы контроля представлены в разделе 3. Наряду с приведенными в приложениях допускается использовать другие методики контроля качества воды, метрологически аттестованные, разрешенные к применению Госстандартом России и Госсанэпиднадзором России, или действующие методики, разрешенные Минздравом России, при условии соблюдения их метрологических характеристик и диапазонов измерений требуемым нормам, обусловленным значениями установленных ПДК. 1.9. Для оборудования, предназначенного для очистки, доочистки и обеззараживания хозяйственно - питьевых и сточных вод или улучшения их характеристик по отдельным показателям с указанием их конкретной номенклатуры в нормативных документах (НД), технических условиях (ТУ) и паспорте изделия, обязательная сертификация соответствия проводится по заявленной номенклатуре показателей с целью подтверждения заявленной эффективности очистки, обеспечивающей требуемое качество сточной воды по контролируемым показателям при начальных уровнях загрязнений в течение регламентированного срока службы, который должен быть установлен в НД, ТУ или паспорте на каждое изделие. Дополнительно для оборудования, работающего в системе хозяйственно - питьевого водоснабжения и оборотного водопользования, проверяют отсутствие эффекта "обрастания". Кроме того, проводится проверка для подтверждения отсутствия других возможных негативных эффектов, например ухудшения качества воды на выходе из водоочистных установок вследствие образования вторичных загрязнений в результате химических реакций, иных

процессов, которые могут иметь место при взаимодействии воды и содержащихся в ней компонентов с материалами фильтрующе - сорбирующей среды. Исследования и анализ указанных факторов проводятся в полном объеме при технолого - гигиенической оценке ВУ на стадии постановки на производство и при необходимости подтверждаются во время проведения сертификации соответствия. 1.10. Сертификация однородной продукции, применяемой в системах водоснабжения и водоотведения в зависимости от конструкции и принципа действия, включает оценку соответствия и по иным требованиям безопасности (пожаробезопасности и пр.), установленным нормативными документами на конкретную продукцию. Например, при обязательной сертификации продукции для систем водоснабжения и водоотведения, в которой используется электроэнергия, проверяют соответствие требованиям электробезопасности с применением нормативов и методов контроля, установленных ГОСТ 27570-87 и "Национальной системой безопасности электрических приборов". Проверку герметичности водоочистных устройств при обязательной сертификации проводят при условии, если нарушение герметичности может повлечь за собой смешивание неочищенных и очищенных вод. 1.11. Однородная продукция, сертифицируемая в Системе ГОСТ Р по иным обязательным требованиям (разнородным свойствам), подлежит комплексной оценке соответствия и по этим требованиям. Комплексная оценка соответствия по каждому из них проводится на основе результатов (протоколов) испытаний и заключений, выданных аккредитованными в Системе сертификации ГОСТ Р испытательными лабораториями. Результаты комплексной оценки оформляются одним (единым) сертификатом соответствия и заявлением - декларацией (приложение 12) по совокупности соответствия всех обязательных требований к объекту действующим нормативным документом. 1.12. Характеристики ВУ, которые подлежат подтверждению при добровольной сертификации, определяются по согласованию между заявителем и органами сертификации однородной продукции и включают, как правило, функциональные и конструктивные показатели, обеспечивающие конкурентоспособность данных устройств. Номенклатура указанных показателей и их количественные значения, которые подлежат подтверждению при сертификационных испытаниях, определяются в соответствии с НД или ТУ на устройства, а также перечнем показателей, характеризующих возможные негативные эффекты. 1.13. Изложенные в Системе порядок, правила и нормы проведения технолого - гигиенических испытаний являются обязательными при проведении сертификации объекта. Объективность и достоверность подтверждения соответствия продукции установленным в стандартах требованиям обеспечиваются соблюдением принципов компетентности и независимости в системе территориально - разнесенной сети органов по сертификации и испытательных лабораторий. Признание компетентности и независимости сети осуществляется на основе их аккредитации в Системе. 1.14. Порядок и правила подачи и рассмотрения заявок на проведение сертификации соответствия, функции участников Системы сертификации ВУ и типовые формы документов, используемых в Системе, установлены в документах "Система сертификации ГОСТ" (инструкция Госстандарта от 01.05.92), "Система сертификации питьевой воды, материалов технологических процессов и оборудования, применяемых в питьевом водоснабжении" (утвержден 28.04.95 N

8/5). 1.15. Отбор и идентификацию образцов продукции для проведения сертификационных испытаний проводят по поручению органа сертификации однородной продукции аккредитованные испытательные лаборатории (центры) с участием при необходимости представителя этого органа и (или) с привлечением специалистов территориальных органов Госстандарта России. Количество подлежащих отбору для испытаний образцов продукции и правила их идентификации определяет орган по сертификации с учетом типа и характеристик образцов, результатов предварительных технолого - гигиенических испытаний. 1.16. Сертификат соответствия на продукцию выдается на основании положительных результатов испытаний типового образца (пробы) продукции в аккредитованной в Системе испытательной лаборатории (центре) с последующим инспекционным контролем. 1.17. Продукция единичного производства, например локальные водоочистные сооружения или установки, сертифицируется на основании положительных результатов испытаний, проведенных аккредитованной в Системе испытательной лабораторией (центром) каждого изготовленного единичного изделия. 1.18. При сертификации однотипных установок различной производительности (типоряд) должны быть указаны и обоснованы один или несколько обобщающих технологических параметров, обеспечивающих гарантированную эффективность работы установки в заявленных условиях эксплуатации. 1.19. Гигиенический сертификат и сертификат соответствия для продукции системы водоснабжения и единый технолого - гигиенический сертификат и сертификат соответствия для продукции системы водоотведения при первичной сертификации выдаются сроком на один год. 1.20. Повторная сертификация проводится по окончании действия первичного сертификата для продукции систем водоснабжения и водоотведения. Срок действия повторного сертификата - 3 года. 2. Порядок и правила подачи и рассмотрения заявок на проведение сертификации продукции для систем водоснабжения и водоотведения А. Изготовитель продукции (заявитель) При первичной сертификации: 2.1. Подает в орган по сертификации заявку на сертификацию однородной продукции: в системе водоснабжения для гигиенической сертификации - в соответствии с приложением 5, в системе водоснабжения и водоотведения - для сертификации соответствия - согласно приложению 6. 2.2. Представляет другие документы о соответствии заявленной на сертификацию продукции установленным требованиям, выданные или согласованные государственными органами управления в порядке их компетенции (если это установлено законодательными актами Российской Федерации). 2.3. Представляет техническую и эксплуатационную документацию на продукцию (ТУ, ТО, паспорт, руководство или инструкция по эксплуатации). Технические условия на объект сертификации, которые позволяют идентифицировать реальное изделие как соответствующее изделию, представленному на сертификацию и способному воспроизводить заявленные характеристики в течение оговоренного срока эксплуатации. В ТУ отражаются условия хранения, транспортирования, консервации и монтажа (форма представления ТУ дана в приложении 7). Техническое описание сертифицируемого объекта включает: - назначение и область применения, ограничения на использование, специальные условия эксплуатации; - производительность и основные технологические параметры работы объекта в целом и (или) отдельных его элементов; - качество

исходной и очищенной сточной воды, а также по ступеням очистки, если процесс многоступенчатый; - схему и собственно техническое описание водоочистной установки: состав и устройство отдельных ее узлов, их геометрические размеры и взаимосвязь элементов, обеспечивающих функционирование установки в целом, массу, используемые материалы. Эксплуатационная документация (паспорт, руководство или инструкция по эксплуатации) позволяет технически грамотно подготовить ВУ к эксплуатации и обслуживанию. Основные разделы эксплуатационной документации включают: - назначение и область применения; - общие указания; - комплект поставки; - описание конструкции ВУ; - технические характеристики ВУ; - подготовку к эксплуатации и техническое обслуживание (с указанием особых условий эксплуатации); - правила хранения; - свидетельство о приемке ВУ; - гарантийные обязательства. 2.4. По согласованию с органом по сертификации представляет протоколы испытаний (с учетом сроков их действия), проведенных при технологической или гигиенической оценке продукции, а также при разработке и постановке продукции на производство. Пакет документов должен содержать достоверную и сопоставимую информацию. В документах, подтверждающих эффективность работы установки при ее апробации или эксплуатации, должны быть указаны: - условия привязки, например, если технологическая схема предусматривает в своем составе почвенные методы очистки (гидрогеологические и зона санитарной охраны); - места отбора и характер анализируемых проб (разовая, среднесуточная, среднесменная и пр.), частота отбора проб, длительность наблюдений; - протоколы испытаний, подтверждающих эффективность очистки по отдельным видам загрязнений в заявленных диапазонах; - перечень методик аналитического контроля проб с соответствующими ссылками на нормативные документы (ГОСТ, РД, ИСО, ПНД Ф); - данные о количестве и составе образующихся отходов (твердых, жидких, газообразных), класс их опасности, периодичность удаления из системы и методы утилизации; - перечень конструкционных материалов, реагентов, дезинфектантов, сорбентов, вспомогательных материалов (загрузка и пр.), применяемых в технологии очистки, с указанием их химического и торгового названия, марки, количественного содержания, ГОСТов или ТУ, сертификатов и документов Госсанэпиднадзора России, разрешающих их целевое использование, в соответствии с приложением 8; - способы и режимы регенерации фильтрующих материалов, сорбентов, насадок (если таковая предусматривается), данные, подтверждающие ее эффективность; - паспорт, инструкцию или регламент по эксплуатации и контролю за эффективностью работы установки (объекта сертификации). 2.5. При наличии в водоочистной установке одного или нескольких новых материалов обеспечивает проведение исследований по предварительной гигиенической оценке каждого из материалов отдельно в соответствии с разделом 5. Изучение таких материалов может быть ограничено санитарно - химическими и санитарно - микробиологическими испытаниями при условии, что в них входят соединения с полной санитарно - токсикологической характеристикой, относящиеся к IV классу опасности, на которые разработаны ПДК и методы определения в воде (с чувствительностью измерения не менее ПДК). При положительной оценке этих материалов продолжение технолого - гигиенических исследований водоочистных установок проводят в соответствии с методической схемой. 2.6. При

наличии в составе установки вновь используемых сорбентов, фильтрующих и загрузочных материалов, материалов конструктивных элементов установки, для которых не установлены ПДК, а также веществ, для которых отсутствуют методы аналитического контроля, обеспечивает проведение необходимых санитарно - токсикологических исследований для обоснования ПДК этих соединений в воде, а также разработку методов их определения на уровне ПДК. При заявке на эффективность очистки воды от специфических загрязнений, для которых отсутствуют методы аналитического контроля, обеспечивает разработку методов их определения в воде на уровне ПДК. 2.7. Передает документы по испытаниям или сертификации продукции, выполненным зарубежными организациями и признанным в Системе ИСО. При повторной сертификации: 2.8. Для повторной сертификации ВУ изготовитель подает в орган по сертификации документы и необходимую информацию в соответствии с пп. 2.1-2.7, а также направляет сопроводительное письмо с указанием отсутствия или наличия каких-либо изменений в нормативной документации на сертифицируемую продукцию, в технологии ее изготовления и т.д. В сопроводительном письме также указывается наличие или отсутствие рекламаций от потребителей (конкретные недостатки в работе ВУ). Б. Орган по сертификации однородной продукции При первичной сертификации: 2.9. Рассмотрев заявку и представленные документы в срок не позднее 1 месяца, сообщает заявителю решение органа сертификации по заявке на проведение сертификации (приложение 9). При отсутствии у заявителя технолого - гигиенического заключения (отчета о проведении технолого - гигиенических испытаний) или других установленных документов - обеспечивает взаимодействие заявителя с полномочными органами с целью проведения необходимой технолого - гигиенической оценки и получения технолого - гигиенического заключения (отчета о технолого - гигиенических испытаниях) или других документов установленным порядком (эти услуги учитываются при оценке объема работ по сертификации заявленной продукции и заключении договора). 2.10. Результатом проверки представленных заявителем документов, в том числе соответствия содержащихся в них результатов испытаний (анализов) действующим нормативным документам; сроков их выдачи и действия; внесенных изменений в конструкцию (состав), в материалы или технологию могут быть: - решение о выдаче сертификата; - решение о сокращении объема испытаний; - решение о проведении испытаний в полном объеме, что отражается в соответствующем документе. 2.11. На основании решения на проведение сертификации заявитель заключает с органом по сертификации договор на проведение сертификации заявленной продукции. 2.12. Выбор схемы обязательной сертификации осуществляет орган по сертификации однородной продукции. Схему добровольной сертификации определяет заявитель и предлагает ее органу по сертификации для согласования. Схемы сертификации представлены в разделе 4. 2.13. При отборе образцов (проб) продукции для проведения испытаний должна быть обеспечена их полная идентичность с серийной продукцией, поставляемой потребителем (заказчиком) в отношении исходных материалов, сырья, технологий производства и других факторов, которые могут влиять на качество данной продукции. 2.14. Отбор образцов (проб) продукции осуществляет, как правило, испытательная лаборатория (центр), назначенная (назначенный) органом по сертификации для проведения

испытаний или по его поручению другая компетентная организация. 2.15. По окончании испытаний в официальный орган выдачи сертификата соответствия - Госстандарт России организациями, проводившими технолого - гигиенические испытания, направляются следующие материалы: - отчет, заключение и гигиенический сертификат (приложение 10) по результатам проведенных технолого - гигиенических испытаний с сопроводительным письмом сертификационного центра, в котором проводилась данная работа; - заявка организации - заказчика с указанием своих реквизитов; - техническая документация (ТУ, ТО); - паспорт (инструкция по эксплуатации, регламент). 2.16. После рассмотрения указанных материалов и возможной дополнительной экспертизы по специальным вопросам Госстандарт России выдает сертификат соответствия (приложение 11) на опытную (сроком на 1 год) или промышленную партию продукции, в котором обязательно указываются: - область применения; - данные о производительности; - заявляемая номенклатура сертифицируемых показателей и характеристики эффективности очистки и доочистки воды; - специфические условия и ограничения сферы практического применения. Протоколы испытаний представляются в орган по сертификации однородной продукции и заявителю. Копии протоколов подлежат хранению не менее срока действия сертификата. При повторной сертификации: 2.17. При отсутствии изменений в нормативной документации, в технологии изготовления ВУ, а также при отсутствии рекламаций объем необходимых исследований регламентируется только изменением в методических документах по сертификации данного вида продукции. 2.18. При наличии рекламаций на ВУ при его гигиенической пересертификации проводятся исследования по показателям, отмеченным в рекламациях на ВУ. 3. Правила и методика технолого - гигиенической оценки водоочистных устройств А. Системы водоснабжения 3.1. Сертификации соответствия подлежат любые водоочистные устройства (ВУ), предназначенные для очистки, доочистки, обеззараживания и кондиционирования биологических свойств воды в системе хозяйственно - питьевого водоснабжения. Сертификация на соответствие проводится только после получения гигиенического сертификата, оформляемого на основе технолого - гигиенической оценки, адекватной заявляемым характеристикам улучшения качества воды. ВУ, нормативная документация на которые была ранее согласована органами Госсанэпиднадзора и Госстандарта России, подлежат обязательной пересертификации (гигиенической и на соответствие) по истечении срока действия сертификата. 3.2. Основными критериями при технолого - гигиенической оценке ВУ являются их гарантированная безвредность и достаточная эффективность улучшения качества воды, что и определяет целесообразность их использования как средства основной или дополнительной водообработки в конкретных условиях водопользования (источники водоснабжения, централизованные системы водоснабжения). Безвредность ВУ определяется отсутствием значимого негативного воздействия их на качество очищаемой воды. Эффективность очистки, доочистки и обеззараживания воды характеризуется степенью снижения загрязненности исходной воды для достижения требуемых величин по органолептическим (эстетическим), токсикологическим и эпидемиологическим показателям качества воды при определенных уровнях содержания загрязняющих компонентов в исходной

воде, т.е. соответствия очищенной воды критериям благоприятности органолептических свойств, безвредности химического состава, эпидемической и радиационной безопасности. Эффективность кондиционирования биологических свойств определяется степенью коррекции ее физических свойств и химического состава для повышения ее физиологической полноценности для организма. 3.3. Экспертиза и технолого - гигиеническая оценка ВУ проводятся гигиеническими и санитарными организациями, аккредитованными в системе Госсанэпиднадзора России и Госстандарта России на проведение соответствующих исследований. 3.4. Методическая схема проведения технолого - гигиенических исследований с целью сертификации ВУ индивидуального, бытового, коллективного пользования и различного принципа действия должна включать следующие этапы: - анализ исходной документации и гигиеническая экспертиза использованных в устройстве реагентов и материалов для определения необходимого объема исследований; - эколого - гигиеническое исследование новых реагентов и материалов, использованных в водоочистном устройстве; - эколого - гигиеническое изучение безвредности водоочистного устройства с учетом комплексного воздействия различных реагентов, материалов и процессов; - изучение барьерной функции водоочистного устройства в отношении биологических и химических загрязнений в условиях ресурсных испытаний; - оформление документов по гигиенической сертификации водоочистного устройства (гигиенического сертификата); - оформление документов для сертификации в системе Госстандарта России. Основные задачи и возможные результаты каждого из указанных этапов приведены в приложении 13. 3.5. Технолого - гигиеническая оценка ВУ должна включать объективную оценку в условиях ресурсных (или фильтроцикловых) испытаний по следующим критериям: - безопасность ВУ для здоровья человека; - соответствие качества очищенной воды действующим гигиеническим требованиям по номенклатуре показателей, заявленных производителем как улучшаемых в процессе водообработки; - исключение вторичного загрязнения воды вследствие вымывания из фильтроэлементов сорбируемых на них загрязнений (химических, радиоактивных, микробных, паразитарных) и продуктов их деструкции, миграции веществ из материалов и конструкционных элементов ВУ, а также в результате биообрастания; - сохранение заявленной производителем эффективности очистки и обеззараживания на протяжении всего ресурса, обозначенного в технической документации; - надежность режима эксплуатации, заявленного в эксплуатационных документах на ВУ. 3.6. Последовательность действий по технолого - гигиенической оценке ВУ: 3.6.1. Определение объема необходимых исследований: анализ сопроводительной нормативной, технологической и эксплуатационной документации и эколого - гигиеническая экспертиза использованных в ВУ реагентов и материалов. 3.6.2. Установление типа ВУ в соответствии с классификацией ВУ по технологическим и конструкционным признакам (приложение 14), области применения, назначения и ограничения его использования. 3.6.3. Эколого - гигиеническая оценка новых реагентов и материалов использованных в ВУ (при условии соблюдения пункта 2.5). 3.6.4. Определение обязательных и дополнительных контролируемых показателей в соответствии с заявленными характеристиками ВУ. 3.6.5. Эколого - гигиеническая оценка безвредности ВУ с учетом комплекса воздействующих факторов,

миграционных и трансформационных процессов. 3.6.6. Эколого - гигиеническая оценка и количественная формализация эффективности очистки, обеззараживания или кондиционирования качества воды с учетом кинетических характеристик по всем изученным показателям. 3.6.7. Вынесение решения о соответствии ВУ нормативной документации. 3.7. Установление безопасности ВУ должно быть основано: - на комплексной эколого - гигиенической оценке безопасности самого ВУ и связано со спецификой конструкционных особенностей, технологических параметров и режимов эксплуатации ВУ, а также с особенностями использования в них различных реагентов и материалов; - на эколого - гигиенической оценке комплексного воздействия всех действующих факторов, включая возможные миграционные и трансформационные процессы, происходящие в ВУ при контакте с водной средой. 3.8. Исследования ВУ на безвредность проводят на чистой воде, соответствующей основным гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды по критериям: - непосредственного аналитического контроля химических показателей, свидетельствующих, как правило, либо о начальной (стартовой) миграции в питьевую воду специфических химических веществ, входящих в композиционный состав основных компонентов водоочистителя, либо о происходящих в них и пролонгированных во времени деструктивных или трансформационных процессов. Перечень таких показателей уточняется применительно к конкретному ВУ; - интегральных химических показателей (перманганатная окисляемость, органический углерод); - бактериологического контроля по санитарно - индикаторным показателям (коли - индекс, ОМЧ, синегнойная палочка, клостридии) возможности размножения микрофлоры в водоочистном устройстве; - интегрального биологического контроля по показателям экспресс - экспериментального биотестирования общей токсичности на гидробионтах (инфузориях, дафниях) и суммарной мутагенной активности на культуре Salmonella typhimurium в модифицированном скрининговом тесте Эймса (приложение 1); - контроля основных органолептических (запах, привкус, цвет) и физико - химических (температура, мутность, pH, цветность) показателей качества обработанной воды; - (при необходимости) экспресс - экспериментального токсикологического исследования на теплокровных животных в режиме свободного водопотребления. Анализ качества воды проводится на первых литрах, в конце ресурса или фильтроцикла и при "прогоне" через ВУ каждых 25-33% объема общего ресурса или фильтроцикла. При исследованиях в режиме фильтроцикла проводится дополнительное исследование на первых литрах после регенерации фильтра. На основании указанной выше эколого - гигиенической оценки определяется полная (в течение всего заявленного ресурса) или ограниченная по ресурсу (по результатам исследования) безвредность ВУ для водопользователей, определяется продолжительность (при обоснованной необходимости) промывочного и регенерационного (в режиме работы по фильтроциклам) периода (по времени или по объему). 3.9. Оценка эффективности очистки и обеззараживания воды от различных видов загрязнений должна быть основана на изучении барьерной роли ВУ в отношении биологических и химических загрязнений в условиях ресурсных испытаний на специально оборудованном стенде согласно одной из схем, представленных в приложении 15. При этом

согласно представляемой Заказчиком технологической документации (ТУ, инструкция по применению, паспорт, рекламный листок и т.д.) может быть использована программа испытаний для региональных фильтров направленного действия или испытаний для фильтров универсального действия. При этом в значительной мере варьируют не только число изучаемых показателей качества воды, но в зависимости от целевой установки (обработка воды водоисточника или водопроводной воды) и моделируемые уровни контаминации исходной (обрабатываемой) воды. 3.10. Программа испытаний регионального фильтра направленного действия включает минимально необходимое число контролируемых показателей, определяемых, с одной стороны, заявленной номенклатурой биологических и химических загрязнителей, для очистки от которых оно предназначено, с другой - обязательным набором дополнительных исследований, свидетельствующих о характере и выраженности возможных негативных (альтернативных) изменений качества воды в процессе ее очистки. 3.11. К числу обязательных дополнительных исследований при оценке региональных фильтров относятся: органолептические (температура, запах, цветность, мутность), бактериологические (ОМЧ, коли - индекс, колифаги, синегнойная палочка, клостридии), интегральные экспресс - экспериментальные биологические (биотестирование на гидробионтах - инфузориях и дафниях, определение суммарной мутагенной активности в тесте Эймса) показатели. 3.12. Программа испытаний фильтров универсального действия проводится на модельных водах в режиме возможных (в условиях Российской Федерации и ряда стран Сообщества Независимых Государств) уровней контаминации водопроводной воды или воды водоисточников. При этом спектр контролируемых показателей расширяется до перечня, приведенного в приложении 16, а модельные растворы формируются соответственно на основе водопроводной воды (при микробиологических исследованиях предварительно дехлорированной) или воды поверхностного водоисточника. 3.13. При испытании портативных устройств опреснения и очистки воды, помимо указанных выше программ загрязнения исходной воды, дополнительно вводятся различные солевые добавки, имитирующие уровень общей минерализации и гидрохимические классы вод согласно заявляемым параметрам и в соответствии с Методическими указаниями по санитарному контролю за применением и эксплуатацией обратно - осмотических (N 2261-80), электродиализных (N 4044-85), ионообменных (N 4045-85), дистилляционных (N 4687-88), гелиоопреснительных (N 4486-88) и опреснительных установок (приложение 1). 3.14. Химические загрязнения органическими (фенолы, нефтепродукты, поверхностно - активные вещества, полициклические ароматические углеводороды) и неорганическими (металлы, микроэлементы, азотсодержащие соединения) компонентами вносятся в модельные воды в концентрациях, соответствующих заявляемым параметрам, но не менее уровня 2 ПДК по каждому веществу (при дополнительной обработке водопроводной воды) и не менее уровня 10 ПДК (при основной обработке воды водоисточников). При испытаниях на водопроводной воде дополнительно производится загрязнение ее хлороформом, являющимся индикаторным показателем содержания в воде хлорированных углеводородов, образующихся при обеззараживании воды хлором. 3.15. Исходные уровни биологического загрязнения для оценки

обеззараживающего действия ВУ должны составлять (приложение 17): 3 - для дообеззараживания водопроводной воды: по ОМЧ - 10 2 кл/мл, термотолерантным колиформным бактериям - 10 кл/л, общим 2 колиформным бактериям - 10 кл/л, клостридиям - до 10 кл/л, 2 сальмонеллам - до 10 кл/л, синегнойной палочке - 10 кл/л, коли - 2 фагам - 10 БОЕ/л, энтеровирусам - до десяти вирионов/10 л, цистам лямблий, яйцам гельминтов, ооцистам криптоспоридий - до 5 экземпляров в 50 л воды; - для обеззараживания воды водоисточников в соответствии с III 5 классом водоисточников, в частности: по ОМЧ - 10 кл/мл, 4 термотолерантным колиформным бактериям - 10 кл/л, общим 5 4 колиформным бактериям - 10 кл/л, фекальным энтерококкам - 10 4 3 кл/л, синегнойной палочке - 10 кл/л, сальмонеллам - 10 кл/л, 3 3 коли - фагам - 10 БОЕ/л, энтеровирусам - 10 вирионов/л, яйцам 2 гельминтов, цистам лямблий, ооцистам криптоспоридий - 10 экземпляров в литре воды. 3.16. Для создания загрязнения модельных вод рекомендуется использовать следующие среды и реагенты: хозяйственно - бытовые сточные воды, суспензию суточной культуры 2 штаммов сальмонелл (S. Derbi, S. Enteritides), свежевыделенную культуру синегнойной палочки, вакцинный вирус полиомиелита I типа (штамм (LS 52 ав), РНК - содержащие колифаги (штамм MS-2), взвесь жизнеспособных цист лямблий (L. Intestinalis), яйца аскарид (A. Lumbricoides), ооцисты криптоскоридий (Cryptosporidium parvum), хлороформ, фенол, смесь бензола, изооктана, цетола в четыреххлористом углероде, синтетическое моющее средство "Кристалл", пестициды - рогор и линдан, бенз(а)пирен, гептамолибданат аммония, алюминий сернокислый, барий азотнокислый, борную кислоту, железо хлористое, калий бромистый, калий двухромовокислый, кадмий азотнокислый, медь хлористую, марганец хлористый, никель хлористый, натрий мышьяковистый, свинец азотнокислый, стронций хлористый, ртуть азотнокислую, солевые добавки - хлорид кальция, хлорид магния, хлорид натрия, сульфат натрия, гидрокарбонат натрия, нитрат калия. Методика расчета по приготовлению рабочего (основного) и модельного растворов химических веществ представлена на примере неорганических загрязнителей в приложении 18. 3.17. Для определения химических и биологических загрязнений воды при стендовых испытаниях ВУ должны использоваться гостированные, унифицированные или стандартизованные методы исследования, обеспеченные необходимым оборудованием, метрологическим контролем и имеющие погрешность определения не выше допустимой и для химических веществ чувствительность определения не более 1/3 ПДК (приложение 16). Необходимые объемы исходной и очищенной воды для исследования отбираются в соответствии с приложением 19. 3.18. Ресурсные испытания ВУ проводят на специально оборудованном стенде в соответствии с одной из схем, представленных в приложении 15, который должен обеспечивать возможность: - дозированного введения изучаемых видов биологических и химических загрязнений, равномерного распределения их по всему исходному объему воды, количественного учета скорости пропускания загрязненной воды через портативный водоочиститель и соблюдения прочих технологических (в соответствии с ТУ) условий его практического применения; - раздельного отбора проб воды (на входе, на выходе и, возможно, после отдельных узлов водоочистного устройства) в соответствии с требованиями ГОСТ 24481-80 "Вода питьевая. Отбор

проб" и ГОСТ 18963-73 "Вода питьевая. Методы санитарно - бактериологического анализа"; - приготовления различных комбинаций загрязняющих химических веществ при невозможности совмещения некоторых загрязнителей, заявленных заказчиком, в одном модельном растворе из-за вероятности химических реакций между ними; - поэтапного "прогона" через водоочистное устройство всего ресурсного (фильтроциклового) объема модельных растворов в соответствии с его паспортными характеристиками. При этом под фильтроциклом подразумеваются те исходные объемы воды или то время эксплуатации, при котором водоочиститель или отдельные его элементы не нуждаются в проведении каких-либо приемов регенерации или иной специальной обработки. 3.19. Время отбора проб исходной (модельной) и очищенной (после устройства) воды определяется ресурсом (фильтроциклом) и производительностью испытываемого устройства. При этом в обязательном порядке рекомендуется исследовать качество воды в начальный (первые литры) и конечный (в конце ресурса или фильтроцикла) периоды эксплуатации, а также после прохождения через устройство каждых 25-33% его ресурса, а при исследовании в режиме "фильтроцикла" дополнительно также первые литры после регенерационной обработки. 3.20. Исследования эффективности работы водоочистного устройства следует прекратить в тех случаях, когда до исчерпания ресурса, указанного в технических условиях на изделие, в воде после устройства: - значения одного из изученных показателей превышают исходные уровни контаминации; - значения одного из основных показателей, регламентированные ТУ, не соответствуют необходимым гигиеническим требованиям. 3.21. По результатам изучения барьерной функции ВУ в отношении биологических и химических загрязнений в условиях ресурсных испытаний проводятся всесторонняя технолого - гигиеническая оценка и количественная формализация эффективности обеззараживания и очистки воды с учетом кинетики очистительного процесса, а также определяется категория ВУ для обеззараживания и очистки воды водоисточников, для дообеззараживания и доочистки водопроводной воды, для регионального (узконаправленного) использования, для опреснения и очистки воды; а также (при необходимости) проводится корректировка ресурсных (фильтроцикловых) характеристик и заявленных параметров очистки и обеззараживания воды. 3.22. По показателям эффективности функционирования ВУ в гигиенический сертификат вносятся количественные характеристики, достигаемые ВУ в конце изученного или рекомендуемого по результатам проведенных испытаний ресурса (фильтроцикла), которые составляют позитивную часть гигиенического сертификата на то или иное изделие, а также формируются ограничительные (при наличии таковых) условия применения ВУ, составляющие негативную его характеристику, что, с одной стороны, необходимо знать Потребителю, с другой - является основанием для возможной модернизации того или иного водоочистного устройства. 3.23. Сертификация соответствия ВУ производится с учетом гигиенического сертификата и в соответствии с требованиями ГОСТ "Правила сертификации водоочистных устройств" (приложение 1). Б. Системы водоотведения 3.24. Основным критерием при технолого - гигиенической оценке продукции в Системе водоотведения является эффективность очистки воды от различных загрязнений антропогенного и техногенного характера, что и определяет целесообразность ее использования в конкретных условиях

водоотведения (индивидуальных, местных, централизованных или производственных системах) в декларируемой заявителем области применения. 3.25. Методическая схема проведения технолого - гигиенических исследований с целью сертификации систем водоотведения должна включать следующие этапы (приложение 20): - анализ исходной документации и технолого - гигиеническая оценка использованных материалов и реагентов для определения необходимого объема исследований; - технологическая оценка элементов систем водоотведения (проверка технологических процессов, системы аналитического и технологического контроля качества исходной и очищенной воды, оценка соответствия применяемых методов и технических средств действующим нормативным документам); - изучение эффективности эксплуатации элементов систем водоотведения в экстремальных условиях; - оформление документов по технолого - гигиенической оценке, протоколов и отчетов по результатам испытаний; - оформление документов для сертификации соответствия в системе Госстандарта России, дающего право на реализацию объекта сертификации. 3.26. Порядок осуществления процедуры технолого - гигиенической оценки продукции устанавливается для каждой из групп сертифицируемых объектов на основе типовых и рабочих методик по проверке конкретного объекта. 3.27. Технолого - гигиеническая оценка канализационных очистных сооружений и водоочистных устройств систем водоотведения включает объективную оценку: - эффективности технологических процессов, т.е. оценку качества очищенной воды (по схеме в целом или на отдельных ее этапах), по номенклатуре показателей, заявленных производителем и соответствующих современным нормативным требованиям; - сохранения заявленной эффективности очистки в течение оговоренного периода эксплуатации; - надежности заявленного режима эксплуатации (при изменении качества поступающей воды); - возможности вторичного загрязнения воды вследствие вымывания задержанных в сооружении загрязнений (химических, микробных, паразитарных), продуктов деструкции, миграции веществ и конструкционных материалов, а также в результате биообрастания; - исключения (минимизации) загрязнения окружающей природной среды отходами; - безопасности КОС, ВУ и отходов, образующихся при их эксплуатации, для здоровья человека. 3.28. Последовательность действий по технологической оценке: 3.28.1. Классификация КОС или ВУ по технологическим и конструктивным признакам (приложение 20). 3.28.2. Анализ уровня прогрессивности технологических процессов, инженерных и конструктивных решений, а также их совокупности. 3.28.3. Определение номенклатуры обязательных и приоритетных показателей качества очищенной воды и установление их нормативных значений в заявленной области применения. 3.28.4. Определение специфических показателей в соответствии с заявленными характеристиками водоочистного устройства. 3.28.5. Определение эффективности очистки и доочистки воды от различных видов загрязнений. 3.28.6. Определение эффективности обеззараживания очищенной воды (в случае необходимости). 3.28.7. Вынесение решения о соответствии установки в целом и ее отдельных элементов нормативной документации. 3.29. Оценка эффективности очистки воды основывается на: 3.29.1. Изучении возможности КОС и ВУ удалять различного рода загрязнения (минеральные, химические и биологические) в заявленном

режиме эксплуатации при испытании: - в натурных условиях на действующих установках (схема испытаний - приложение 21); - на специально оборудованном испытательном стенде (на реальной или модельной сточной воде (схема испытаний - приложение 22). 3.29.2. Контроле технологических параметров очистки в соответствии с перечнем для каждого направления очистки - механической, биологической и т.д. (приложения 23 и 24). 3.29.3. Аналитическом контроле санитарно - химических показателей качества исходной и очищенной воды, количество которых в заявленной области применения установки уточняется в соответствии с нормируемым перечнем (приложение 25). Перечень допустимых к применению методик для большинства контролируемых показателей при проведении испытаний указан в приложении 28. Применение других методик допускается при подтверждении их метрологической аттестацией. 3.29.4. При необходимости бактериологического контроля по санитарно - индикаторным показателям (приложение 25). 3.29.5. Интегральном биологическом контроле по показателям общей токсичности на гидробионтах и суммарной мутагенной активности (при обосновании необходимости такого контроля). 3.30. Анализ качества исходной и очищенной воды (по установке в целом и по этапам очистки) проводится в пробах, отобранных с нормируемым интервалом в течение представительного периода исследований. Пробы отбираются в соответствии с Методикой отбора проб (приложение 26). 3.31. Эффективность очистки и обеззараживания воды характеризуется степенью снижения загрязненности исходной воды и достижением требуемых показателей безопасности и безвредности после очистки при определенных уровнях содержания загрязняющих компонентов в исходной воде. 3.32. Вышеуказанные данные вносятся в констатирующую часть отчета по технолого - гигиенической оценке и при необходимости формируются дополнительные или ограничительные (при наличии таковых) условия применения установки. Объем дополнительных исследований для производственных сточных вод определяется в соответствии с приложением 27, а при наличии реагентов или материалов, впервые используемых в практике обработки сточных вод, - согласно Правилам технолого - гигиенической оценки материалов и реагентов (раздел 5). 3.33. Результаты технолого - гигиенических испытаний сертифицируемой продукции, включая протоколы испытаний, схемы, таблицы, графики, оформляются в соответствии с установленными общими требованиями. На основании экспертного заключения орган по сертификации принимает решение о выдаче сертификата, оформляет сертификат и регистрирует его. Сертификат действителен только при наличии регистрационного номера. 4. Схемы сертификации 4.1. Состав схем сертификации в Системе водоснабжения и Системе водоотведения представлен в таблице 4.1 и соответствует требованиям ГОСТ Р N РОСС RU.0001.11. Таблица 4.1 Номер схемы Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и др. способы доказательства соответствия Проверка производства (системы качества) Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства) 1 2 3 4 1 Испытания типа <*> - - 1а Испытания типа Анализ состояния производства - 2 Испытания типа - Испытания образцов, взятых у продавца 2а Испытания типа Анализ состояния производства Испытания образцов, взятых у продавца. Анализ состояния производства 3 Испытания типа - Испытание образцов,

взятых у изготовителя 3а Испытания типа Анализ состояния производства Испытание образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства 4 Испытания типа - Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя 4а Испытания типа Анализ состояния производства Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства 5 Испытания типа Сертификация производства или сертификация системы качества Контроль сертифицированной системы качества (производства) испытания образцов, взятых у продавца и (или) у изготовителя 6 Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам Сертификация системы качества Контроль сертифицированной системы качества 7 Испытания партии - - 8 Испытания каждого образца - - 9 Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам - - 9а Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам Анализ состояния производства - 10 Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам - Испытания образцов, взятых у изготовителя или у продавца 10а Рассмотрение декларации о соответствии прилагаемым документам Анализ состояния производства Испытания образцов, взятых у изготовителя или у продавца. Анализ состояния производства ---------- <*> Испытания выпускаемой продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями. Примечания: 1. Схемы 1-8 приняты в зарубежной и международной практике и классифицированы ИСО. Схемы 1а, 2а, 3а, 4а - дополнительные и являются модификацией соответственно схем 1, 2, 3 и 4. 2. Схемы 9-10а основаны на использовании декларации о соответствии поставщика, принятом в ЕЭС в качестве элемента подтверждения соответствия продукции установленным требованиям. 3. Инспекционный контроль, указанный в таблице, проводят после выдачи сертификата. 4.2. Схемы сертификации 1-6 и 9а-10а применяются при сертификации продукции, серийно выпускаемой изготовителем в течение срока действия сертификата, схемы 7, 8, 9 - при сертификации уже выпущенной партии или единичного изделия. 4.3. Схемы 1-4 рекомендуется применять в следующих случаях: - схему 1 - при ограниченном, заранее оговоренном объеме реализации продукции, которая будет поставляться (реализовываться) в течение короткого промежутка времени отдельными партиями по мере их серийного производства (для импортной продукции - при краткосрочных контрактах; для отечественной продукции - при ограниченном объеме выпуска); - схему 2 - для импортной продукции при долгосрочных контрактах или при постоянных поставках серийной продукции по отдельным контрактам с выполнением инспекционного контроля на образцах продукции, отобранных из партий, завезенных в Российскую Федерацию; - схему 3 - для продукции, стабильность серийного производства которой не вызывает сомнения; - схему 4 - при необходимости всестороннего и жесткого инспекционного контроля продукции серийного производства. 4.4. Схемы 5 и 6 рекомендуется применять при сертификации продукции, для которой: - реальный объем выборки для испытаний недостаточен для объективной оценки выпускаемой продукции; - технологические процессы чувствительны к внешним факторам; - установлены повышенные требования к стабильности характеристик выпускаемой продукции; - сроки годности продукции меньше времени, необходимого для организации и проведения

испытаний в аккредитованной испытательной лаборатории; - характерна частая смена модификаций продукции; - продукция может быть испытана только после монтажа у потребителя. Условием применения схемы 6 является наличие у изготовителя системы испытаний, включающей контроль всех характеристик на соответствие требованиям, предусмотренным при сертификации такой продукции, что подтверждается выпиской из акта проверки и оценки системы качества. Схему 6 возможно использовать также при сертификации импортируемой продукции поставщика (не изготовителя), имеющего сертификат на свою систему качества, если номенклатура сертифицируемых характеристик и их значения соответствуют требованиям нормативных документов, применяемых в Российской Федерации. 4.5. Схемы 7 и 8 рекомендуется применять тогда, когда производство или реализация данной продукции носит разовый характер (партия, единичные изделия). 4.6. Схемы 9 и 10а основаны на использовании в качестве доказательства соответствия (несоответствия) продукции установленным требованиям - декларации о соответствии с прилагаемыми к ней документами, подтверждающими соответствие продукции установленным требованиям. В декларации о соответствии изготовитель (продавец) в лице уполномоченного представителя под свою ответственность заявляет, что его продукция соответствует установленным требованиям. Декларация о соответствии, подписанная руководителем организации - изготовителя (продавца), совместно с прилагаемыми документами направляется с сопроводительным письмом в орган по сертификации. Орган по сертификации рассматривает представленные документы и в случае необходимости запрашивает дополнительные материалы (претензии потребителей, результаты проверки технологического процесса, документы о соответствии продукции определенным требованиям, выдаваемые органами исполнительной власти в пределах своей компетенции и т.д.). Одновременно орган по сертификации сопоставляет образец продукции с представленными документами. Схема может использоваться только для продукции, широко апробированной в практике водоотведения. При положительных результатах орган по сертификации выдает изготовителю сертификат соответствия. Условием применения схем 7-10а является наличие у заявителя всех необходимых документов, прямо или косвенно подтверждающих соответствие продукции заявленным требованиям и возможность строгого выполнения всех оговоренных ограничений по области применения. Если указанные условия не выполнены, то орган по сертификации предлагает заявителю сертифицировать данную продукцию по другим схемам сертификации и с возможным учетом отдельных доказательств соответствия из представленных документов. 4.7. Схемы 9-10а рекомендуется применять в следующих случаях: - схему 9 - при сертификации неповторяющейся партии небольшого объема импортной продукции, выпускаемой фирмой, зарекомендовавшей себя на мировом или российском рынках как производителя продукции высокого уровня качества, или единичного изделия, комплекта (комплекса) изделий, приобретаемого целевым назначением для оснащения отечественных производственных или иных объектов, если по представленной технической документации можно судить о безопасности изделий; - схему 9а - при сертификации продукции отечественных производителей, в том числе граждан, занимающихся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица,

зарегистрировавших свою деятельность в установленном порядке, при нерегулярном выпуске этой продукции по мере ее спроса на рынке и нецелесообразности проведения инспекционного контроля; - схемы 10 и 10а - при продолжительном производстве отечественной продукции в небольших объемах выпуска. 4.8. Схемы 1а, 2а, 3а, 4а, 9а и 10 рекомендуется применять вместо соответствующих схем 1, 2, 3, 4, 9 и 10, если у органа по сертификации нет информации о возможности производства данной продукции обеспечить стабильность характеристик, подтвержденных испытаниями. Необходимым условием применения схем 1а, 2а, 3а, 4а, 9а и 10а является участие в анализе состояния производства экспертов по сертификации систем качества (производств) или экспертов по сертификации продукции, прошедших обучение по программе, включающей вопросы анализа производства. При проведении обязательной сертификации по этим схемам и наличии у изготовителя сертификата соответствия на систему качества (производства) анализ состояния производства не проводят. 4.9. При проведении обязательной сертификации по схемам 5 или 6 и наличии у изготовителя сертификата соответствия на производство или систему качества (по той же или более полной модели, чем та, которая принята при сертификации продукции) сертификацию производства или системы качества соответственно повторно не проводят. 5. Правила сертификации реагентов и материалов 5.1. При применении в системе водоснабжения и водоотведения реагентов, фильтрующих материалов, ионообменных смол, загрузочных и новых конструктивных материалов необходимо: указывать их химическое и торговое название; марку; количественное содержание компонентов; ГОСТ или ТУ на продукцию; сертификат или документы Госсанэпиднадзора России, разрешающие их целевое использование. 5.2. При наличии одного или нескольких новых материалов разработчик продукции должен обеспечить проведение исследований по предварительной гигиенической оценке каждого материала отдельно. Изучение таких материалов может быть ограничено только санитарно - химическими и санитарно - микробиологическими испытаниями при условии, что в них входят соединения с полной санитарно - токсикологической характеристикой, относящиеся к 4 классу опасности, на которые разработаны ПДК. 5.3. Правила сертификации включают в себя общие требования и критерии технолого - гигиенической оценки различных видов материалов и реагентов, применяемых в водоснабжении и водоотведении, а также программы и методы исследований с целью получения объективных научных данных для решения вопроса о допустимости внедрения новых материалов и подтверждения или установления регламента их применения. 5.4. Методическая схема включает органолептические, санитарно - химические, санитарно - микробиологические и санитарно - токсикологические исследования, дифференцированные в зависимости от вида и назначения сертифицируемой продукции. Санитарно - токсикологический эксперимент может быть исключен, если известна токсикологическая характеристика всех веществ, которые могут поступать в воду из этих материалов. 5.5. Технолого - гигиеническая оценка безопасности продукции должна проводиться на основе нормативов качества воды, а также СанПиН по охране вод и СанПиН "Вода питьевая", утвержденных Минздравом России. 5.6. Для технолого - гигиенической оценки новых реагентов и материалов необходимо руководствоваться следующими основными критериями: - продукция

должна соответствовать свойствам, заявленным изготовителем, в том числе по: технологическому назначению; составу; физико - химическим свойствам; гигиеническим характеристикам; - продукция в процессе эксплуатации не должна: оказывать вредное действие на объекты окружающей среды (водные объекты, почву, воздух, пищевые продукты, жилище) и здоровье населения; ухудшать показатели качества воды; приводить к поступлению в воду веществ в опасных концентрациях, в случае миграции химических веществ концентрация, их в воде не должна превышать допустимые уровни; оказывать влияние на развитие микрофлоры в воде и/или на конструкционных материалах; влиять на процессы самоочищения водных объектов; - при использовании химических, физических и биологических методов очистки и обеззараживания воды не должны образовываться продукты трансформации в концентрациях, превышающих их гигиенические нормативы. Дополнительным критерием безопасности является режим миграции (трансформации) веществ во времени - убывающий, стабильный, возрастающий. 5.7. Объем исследований зависит от вида сертификации - первичной или повторной. При первичной сертификации реагентов, применяемых в водоснабжении и водоотведении, таких как флокулянты, коагулянты, антинакипины, антикоррозионные средства, стабилизаторы и др., обязательным разделом гигиенической оценки является обоснование их ПДК в воде. Обоснование ПДК проводится в соответствии с Методическими указаниями, утвержденными за N 01-19/10-11 от 04.08.92 Госсанэпиднадзором России. При повторной сертификации - в случае изменения технологии, строительства нового предприятия, цеха по производству уже сертифицированной продукции, поставки из новой страны, а также при необходимости сравнения нескольких образцов при конкурсных испытаниях - оценка реагента проводится по сокращенной программе, которая включает: - проверку идентичности химического состава; - наличие и концентрацию примесей, обнаруженных при первичной сертификации; - определение пороговой и недействующей концентраций (доз) по лимитирующему признаку вредности, установленному при нормировании сертифицируемого образца; - сравнительную токсичность первичного и нового образцов (или всех сравниваемых образцов при конкурсных испытаниях) по данным биотестирования. 5.8. Изготовитель продукции (заявитель) подает в орган сертификации заявку на проведение сертификации реагента и представляет на рассмотрение материалы, в которых должны быть отражены следующие данные: - назначение, область и условия применения; - количественное содержание каждого компонента в продукции, ее отдельных рецептурах; - наличие четкого указания о маркировке материала и условия хранения. 5.9. Исследования всех реагентов обязательно должны включать следующие этапы: - изучение химического состава основного вещества с целью определения его соответствия представляемым документам. В отношении полимерных материалов определяются молекулярная масса, степень однородности состава по молекулярно - массовому распределению, наличие и содержание олигомеров. Определяется соответствие состава вещества предъявленному паспорту (или ГОСТу, ТУ); - определение содержания примесей в реагенте. Контролю подлежит содержание исходных и промежуточных продуктов синтеза, тяжелых металлов, стабилизаторов, пластификаторов и т.д. Особое внимание уделяется содержанию мономеров в полимерных продуктах. Устанавливается

концентрация примесей в мг/кг продукта. Примеси определяют путем экстракции как водой, так и органическими растворителями. Определяют их содержание в мг/кг продукта. - анализ примесей, которые могут поступить в воду в процессе применения реагента. Для этого реагент растворяется в воде в количестве, позволяющем определить предполагаемые примеси в концентрациях, которые находятся в пределах чувствительности аналитических методов. Состав и свойства экстрагирующей воды (дистиллированная, стандартизованная водопроводная) зависят от методов химического анализа. Время экспозиции 1-24 часа - в зависимости от условий применения реагента и свойств примесей, которые предположительно могут экстрагироваться водой (растворимость, стабильность, летучесть). Рассчитываются концентрации выявленных примесей, которые могут образоваться в воде при содержании в ней реагента на уровне 3-5 рабочих доз. Результаты, представленные в мг/л воды, сопоставляются с ПДК или ОДУ обнаруженных веществ, и оценивается опасность примесей или необходимость их нормирования; - изучение стабильности реагента с обязательным определением продуктов трансформации под воздействием факторов, которым он реально подвергается в процессе водоподготовки и водоочистки. Особое внимание уделяется опасности образования продуктов трансформации при хлорировании воды; - определение сравнительной токсичности реагента и продуктов его трансформации для гидробионтов. Биотестирование проводится в соответствии с Методическим руководством по биотестированию воды N РД-118-02-90. Опыт показал, что тестирование флокулянтов нецелесообразно проводить на Dafnia Magna, т.к. полимерные соединения оказывают на них не химически, а физически вредное воздействие за счет адсорбции на дыхательных и двигательных органах и в результате происходит обездвиживание особей. Это воздействие тем сильнее, чем выше флокулирующие свойства реагента, но не зависит от его токсичности. Более показательны данные о токсичности на фотобактериях и по результатам изучения динамики БПК. Для других видов реагентов наиболее показательны результаты тестирования на Dafnia Magna в течение 96 часов. 5.10. Гигиеническая оценка результатов исследования реагентов, применяемых в водоснабжении, осуществляется по следующим критериям: - стабильность и степень однородности состава; - соотношение рабочих доз и величины пороговой концентрации по токсикологическому признаку вредности (ПКтокс). Если ПКтокс ниже 2-3 кратной величины рабочей дозы - реагент не рекомендуется к применению; - класс опасности. Разрешается применять в качестве реагентов в водоснабжении только вещества 3-4 классов опасности; для очистки сточных вод допустимо применение веществ 2 класса опасности; - содержание примесей. При условиях, в наибольшей мере способствующих их поступлению в воду, концентрация не должна превышать 1/2 ПДК в расчете на 3-кратную рабочую дозу реагента; при этом исходят из предположения, что при применении реагента примеси полностью экстрагируются из него и растворяются в воде; - опасность продуктов трансформации. В процессе трансформации реагентов не должны образовываться вещества более опасные, чем исходные, и в концентрациях, превышающих их ПДК. 5.11. Порядок выдачи гигиенических сертификатов. На новую продукцию, требующую дополнительных натурных испытаний или вызывающую необходимость пролонгированных исследований (например,

изучения стабильности реагентов в окружающей среде, длительных исследований процессов старения и т.п.), выдается временный сертификат сроком на 1 год. По истечении 1 года и при окончании дополнительных испытаний при условии соблюдения условий производства и применения выдается сертификат на срок, оговоренный в российском законодательстве. В сертификате указываются величина ПДК реагента, максимальная рабочая доза в водоподготовке, допустимая величина остаточного количества, дополнительные химические показатели, подлежащие контролю в очищенной воде (например, содержание мономера или продукта трансформации). 5.12. Программа испытаний при технолого - гигиенической оценке ионообменных смол, фильтрующих материалов и засыпок (насадок) включает следующие этапы: - химический анализ водных вытяжек из материала на содержание органических и неорганических примесей, в том числе мономеров, стабилизаторов, пластификаторов (при оценке полимеров), канцерогенных примесей, дезинфектантов (при оценке активированных углей), тяжелых металлов; - выявление содержания суммы идентифицированных и неидентифицированных органических примесей по показателям общего неорганического углерода и перманганатной окисляемости и/или ХПК; - изучение органолептических свойств водных вытяжек; - определение способности материала к биообрастанию (если это нарушает технологический процесс очистки воды); - установление сроков деструкции и опасности загрязнения воды продуктами деструкции; - определение токсичности водных вытяжек по результатам биотестирования; - при необходимости обоснование ПДК или ОДУ идентифицированных веществ в воде; - изучение токсичности и опасности водных вытяжек в экспресс - эксперименте на лабораторных животных (в случае повышения токсичности по данным биотестирования); - изучение мутагенной активности вытяжки (по показаниям - результатам химического анализа); - определение сенсибилизирующего и местного раздражающего действия водных вытяжек. Водные вытяжки готовят: - для химического анализа на стандартизованной водопроводной или дистиллированной воде; - для определения общего органического углерода на дистиллированной воде или на воде, приготовленной на установке Миллипор; - для биотестирования на аквариумной воде; - для токсикологических экспериментов на животных на стандартизованной водопроводной воде. Условия приготовления водных вытяжек Требование стандартного соотношения поверхности исследуемого образца (кв. см) к объему воды (куб. см) - 1:1 соблюдается для частиц исследуемого вещества, имеющих размер от 0,6 до 0,8 куб. мм, при объемном соотношении продукт/вода = 1/50. Миграция веществ может изучаться как в статических условиях, так и в установках, обеспечивающих рециркуляцию воды, второй способ является предпочтительным. Экстрагирование с целью химической идентификации примесей проводится водой при pH = 6,5 и 8,5 при температуре 20 град. С в течение 30 суток, при температуре 60 град. С - в течение 1 суток, при кипячении (с обратным холодильником) - в течение 1 часа. При экспозиции в условиях комнатной температуры (20 град. С) химический анализ водных вытяжек и органолептические испытания проводят в 1-3-5-15-30 сутки. Биотестированию и токсикологическим исследованиям подвергают вытяжки, которые по данным химических и органолептических испытаний оцениваются как наиболее опасные. Способность к

биообрастанию изучается при экспозиции материала в нативной речной (прудовой) воде или в дехлорированной питьевой воде при добавлении естественного органического загрязнения. При этом: соотношение материал/вода по объему = 1/50 при t = 20 град. С; сроки наблюдения (тотчас) 1-3-7 сутки; критерий оценки - динамика роста и отмирания сапрофитной микрофлоры и динамика нарастания содержания аммиака и нитритов в воде. Изучение мутагенной активности водной вытяжки обязательно при следующих условиях: - если выявлена миграция в воду вещества, известного как мутаген или канцероген или не изученного в отношении мутагенной активности, в концентрации менее чем 50 мкг/л, проводится 3 теста на мутагенность: генные мутации у бактерий, хромосомные аберрации в клетках млекопитающих, генные мутации в клетках млекопитающих; - если концентрация мутагена или канцерогена в вытяжке составляет от 50 мкг/л до 5 мг/л, исследования дополняются опытом на животных в течение не менее 90 дней при ежедневном введении вытяжки или неизученного вещества в желудок; - в остальных случаях проводится определение суммарной мутагенной активности водной вытяжки. 5.13. Процессы и сроки деструкции материалов могут оцениваться по изменению внешнего вида материала при макро- и микроскопическом исследовании, по нарастанию ХПК, ООУ в условиях, исключающих биообрастание, а также по вспомогательным физическим показателям, например, по уменьшению массы материала. Дополнительно может исследоваться биодеструкция материала в условиях биообрастания - по изменению внешнего вида и накоплению продуктов деструкции, например, мономеров, олигомеров. 5.14. Количественные критерии гигиенической оценки материалов. Водные вытяжки, полученные в модельных условиях, должны отвечать следующим требованиям: - содержание общего органического углерода - не выше 4 мг/л; - органолептические свойства не должны ухудшаться по сравнению с контрольной водой; - содержание веществ, известных как мутагены и канцерогены, - не выше 1/2 ПДК (например, ПДК 1, 2 - дихлорэтана - 3 мкг/л, его содержание в вытяжке не должно быть выше 1,5 мкг/л; ПДК эпихлоргидрина - 0,5 мкг/л, содержание в вытяжке - не более - 0,25 мкг/л); - содержание веществ 2-3 классов опасности не должно превышать гигиенические ПДК или ОДУ; - увеличение перманганатной окисляемости, ХПК, аммиака и нитритов в вытяжке более, чем на 25% по сравнению с контрольной водой; - отличие от контроля в динамике роста и отмирания сапрофитной микрофлоры (по показателю ОМЧ) в 10 и более раз при параллельном нарастании количества аммиака и нитритов в воде. В отсутствие нарастания нитритов и аммиака значимым считается увеличение ОМЧ на 2 порядка. Оценка результатов биотестирования и токсикологической оценки на лабораторных животных проводится в соответствии с методическими документами по этим разделам исследований. 6. Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией 6.1. Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией проводится органом по сертификации, выдавшим сертификат. В инспекционном контроле могут участвовать специалисты территориальных органов Госстандарта России, представители санитарно - эпидемиологических органов, транспортной инспекции, обществ потребителей и др. Содержание проверки при инспекционном контроле определяется в соответствии со схемой сертификации. При инспекционном контроле используется информация

обществ потребителей, органов санэпиднадзора, Минприроды России и других органов экологического контроля. 6.2. Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией предусматривает: - анализ информации о сертифицированной продукции; - организацию комиссий для проведения инспекционного контроля; - проведение проверки; - оформление результатов проверки и принятие решений. 6.3. Периодичность и объем проведения инспекционного контроля за соответствием продукции требованиям, установленным при сертификации, определяет орган по сертификации, но не реже, чем один раз в год. 6.4. Внеплановый инспекционный контроль может проводиться в случаях неоднократного поступления информации о претензиях к качеству продукции, на которую выдан сертификат. 6.5. Результаты инспекционного контроля оформляют актом, в котором дается оценка результатов испытаний (проверок) и делается заключение о возможности сохранения действия данного сертификата. Акт хранится в органе по сертификации, а его копии направляются исполнителю и в организации, принимавшие участие в инспекционном контроле. 6.6. По результатам инспекционного контроля орган по сертификации может приостановить или отменить действие сертификата в случае несоответствия требованиям нормативных документов, контролируемых при сертификации, а также в случаях: - изменения нормативного документа на продукцию; - изменения технологического процесса; - изменения методов контроля, испытаний (проверок), если указанные изменения могут вызвать несоответствие требованиям, контролируемым при сертификации. 6.7. Решение о приостановлении действия сертификата принимается в том случае, если путем корректирующих мероприятий, согласованным с органом, его выдавшим, заявитель не может устранить обнаруженные причины несоответствия и подтвердить без повторных проверок и испытаний соответствие продукции нормативным документам. Информация о приостановлении действия или отмене сертификата доводится органом, его выдавшим, до сведения заявителя, потребителей, Госстандарта России и других заинтересованных участников Системы сертификации однородной продукции. Отмена сертификата действует с момента исключения его из Государственного реестра. 7. Корректирующие мероприятия 7.1. В случае выявления при инспекционном контроле нарушения соответствия продукции установленным требованиям разрабатываются корректирующие мероприятия. 7.2. При проведении корректирующих мероприятий орган по сертификации: - приостанавливает действие сертификата; - информирует заинтересованных участников сертификации; - устанавливает срок выполнения корректирующих мероприятий; - контролирует выполнение корректирующих мероприятий; - уведомляет потребителей, общественность, заинтересованные организации об опасности (или нежелательности) использования продукции и порядке устранения выявленных нарушений. 7.3. После выполнения корректирующих мероприятий орган по сертификации направляет заинтересованным организациям уведомление о снятии приостановления действия сертификата. При невыполнении производителем корректирующих мероприятий или их неэффективности орган по сертификации отменяет действие сертификата. 8. Информационное обеспечение 8.1. В Системе сертификации должно осуществляться информирование производителей продукции, общественных организаций,

потребителей, органов по сертификации, испытательных лабораторий, а также всех других заинтересованных предприятий, организаций или отдельных лиц о правилах и результатах аккредитации и сертификации, участниках сертификации. Приложение 1 к ТСН МУ-97 МО ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ, НОРМАТИВНЫХ И ИНСТРУКТИВНО - МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ХОЗЯЙСТВЕННО - ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ ВОДОЕМОВ 1. Закон Российской Федерации "О сертификации продукции и услуг" от 10.06.93 N 5151-1. 2. Закон Российской Федерации "О защите прав потребителей" от 07.02.92 N 2300-1. 3. Закон Российской Федерации "О стандартизации" от 10.06.93 N 5154-1. 4. Закон Российской Федерации "Об обеспечении единства измерений" от 27.04.93 N 4871-1. 5. Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21.12.94 N 69-ФЗ. 6. Закон РСФСР "Об охране окружающей природной среды" от 19.12.91 N 2060-1. 7. Закон Российской Федерации "О недрах" от 21.02.92 N 2395-1. 8. Федеральный закон "О внесении изменений и дополнений в Закон Российской Федерации "О недрах" от 03.03.95 N 27-ФЗ. 9. Закон Российской Федерации "О санитарно - эпидемиологическом благополучии населения" от 19.04.91 N 1034-1. 10. Федеральный закон "Об экологической экспертизе" от 23.11.95 N 174-ФЗ. 11. Водный кодекс Российской Федерации от 16.11.95 N 167-ФЗ. 12. СНиП 10-1-94 "Система нормативных документов в строительстве. Основные положения". 13. СНиП 2.04.01-85 "Внутренний водопровод и канализация зданий". 14. СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения". 15. СНиП 2.04.03-85 "Канализация. Наружные сети и сооружения". 16. СНиП 3.05.01-85 "Внутренние санитарно - технические системы". 17. СНиП 3.05.04-85 "Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации". 18. СанПиН 2.1.4.027-95 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно - питьевого назначения". 19. СанПиН 2.1.4.031-95 "Зоны санитарной охраны источников хозяйственно - питьевого водоснабжения г. Москвы". 20. СанПиН 2.1.4.559-96 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованного питьевого водоснабжения. Контроль качества". 21. СанПиН N 4630-88 "Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения". 22. СанПиН 42-128-4690-88 "Санитарные правила содержания территорий населенных мест". 23. ГОСТ 16263-70. ГСИ. Метрология. Термины и определения. 24. ГОСТ 16504-81. ГСИ. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. 25. ГОСТ 24555-81. ГСИ. Порядок аттестации испытательного оборудования. Основные положения. 26. ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая". 27. ГОСТ 25297-82 "Установки компактные для очистки поверхностных вод на питьевые нужды. Типы. Основные параметры и размеры". 28. ГОСТ 25298-82 "Установки компактные для очистки бытовых сточных вод. Основные параметры и размеры". 29. ГОСТ 2761-84 "Источники централизованного хозяйственно - питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора". М., 1984. 30. ГОСТ 27384-87 "Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств". М., 1987. 31. РДС 10-232-94 "Система сертификации ГОСТ Р. Основные положения сертификации продукции в строительстве. Порядок проведения сертификации продукции в строительстве". 32. Система сертификации ГОСТ Р "Правила сертификации водоочистных устройств" N РОСС RU.0001.11, 1995. 33. НПБ 106-95

"Индивидуальные жилые дома. Противопожарные требования". 34. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест, 1979 г. (утверждены Министерством жилищно - коммунального хозяйства РСФСР N 164 30.03.77). 35. Постановление Верховного Совета Российской Федерации от 15.07.92 N 3314-1 "О порядке введения в действие Положения о порядке лицензирования пользования недрами". 36. Положение о порядке лицензирования пользования недрами на территории Московской области, 1994. Решение Московской областной Думы от 28.09.94 N 10/29 "Об утверждении Положения о порядке лицензирования пользования недрами на территории Московской области". 37. Инструкция по применению Положения о порядке лицензирования пользования недрами к участкам недр, предоставляемым для добычи подземных вод, а также других полезных ископаемых, отнесенных к категории лечебных (утверждена приказом Роскомнедра от 28.04.94 N 70, зарегистрирована Минюстом 26.05.94 N 583). 38. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.08.97 N 1009 об утверждении правил подготовки нормативных правовых актов федеральных органов. 39. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.08.97 N 1013 "Об утверждении перечня товаров, подлежащих обязательной сертификации, и перечня работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации". 40. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.06.94 N 625 "Об утверждении Положения о Государственной санитарно - эпидемиологической службе Российской Федерации и Положения о государственном санитарно - эпидемиологическом нормировании". 41. Постановление Главы Администрации Московской области от 01.07.96 N 298-ПГ "О введении в действие раздела ТСН "Нормы водопотребления населения Московской области". 42. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации "О введении единой формы гигиенического сертификата" от 03.06.97 N 12. 43. Постановление Госстандарта России и Госкомсанэпиднадзора России "О создании и внедрении сертификации питьевой воды, материалов, технологических процессов и оборудования, применяемых в хозяйственно - питьевом водоснабжении" от 28.04.95 N 8/5. 44. Методические рекомендации по применению методов биотестирования для оценки качества воды в системах хозяйственно - питьевого водоснабжения. N 005-95, Госстандарт России. М., 1995. 45. Методические указания по санитарному контролю за применением и эксплуатацией обратноосмотических опреснительных установок. N 2261-80. М., 1980. 46. Методические указания по гигиеническому контролю за изделиями из синтетических материалов для использования в практике хозяйственно - питьевого водоснабжения. N 2349-81. М., 1981. 47. Методические указания по применению и эксплуатации электродиализных установок. N 4044-85. М., 1986. 48. Методические указания по санитарному контролю за применением и эксплуатацией ионообменных опреснительных установок. N 4045-85. М., 1986. 49. Методические указания по гигиенической оценке фильтрующих материалов для использования в практике хозяйственно - питьевого водоснабжения. N 4250-87. М., 1987. 50. Методические указания по санитарному контролю за применением и эксплуатацией дистилляционных опреснительных установок. N 4687-88. М., 1988. 51. Методические указания по экспериментальной оценке суммарной мутагенной активности загрязнений воздуха и воды. М., 1990. 52. Инструкция по санитарно - химическому

исследованию изделий изополимерных материалов, предназначенных для использования в хозяйственно - питьевом водоснабжении и водном хозяйстве. N 425-87. М., 1987. 53. Перечень материалов, реагентов и малогабаритных очистных устройств, разрешенных Государственным комитетом санэпиднадзора РФ для применения в практике хозяйственно - питьевого водоснабжения. N 01-19/32-11. М., 1992. 54. Справочник "Нормативное обеспечение контроля качества воды", Госстандарт России. М., 1995. Приложение 2 к ТСН МУ-97 МО ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В настоящих правилах используются следующие понятия: 1. Сертификация - деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям. 2. Система сертификации - совокупность участников сертификации, осуществляющих сертификацию по правилам, установленным в этой системе. 3. Система сертификации однородной продукции - система сертификации, относящаяся к определенной группе продукции (в отдельных случаях к совокупности видов продукции, объединенных общностью одного или нескольких свойств), для которой применяются одни и те же конкретные стандарты и правила и та же самая процедура. 4. Центральный орган системы сертификации - орган, возглавляющий систему сертификации однородной продукции. 5. Орган по сертификации - орган, проводящий сертификацию соответствия определенной продукции. 6. Испытательная лаборатория (испытательный центр) - лаборатория (центр), которая проводит испытания (отдельные виды испытаний) определенной продукции. 7. Сертификат соответствия - документ, выданный по правилам системы сертификации для подтверждения соответствия сертифицированной продукции установленным требованиям. 8. Знак соответствия - зарегистрированный в определенном порядке знак, который по правилам, установленным в данной системе сертификации, подтверждает соответствие маркированной им продукции установленным требованиям. 9. Аккредитация (испытательной лаборатории или органа по сертификации) - процедура, посредством которой уполномоченный в соответствии с законодательными актами Российской Федерации орган официально признает возможность выполнения испытательной лабораторией или органом по сертификации конкретных работ в заявленной области. 10. Инспекционный контроль за соблюдением правил сертификации (за деятельностью аккредитованных органов по сертификации, испытательных лабораторий) - проверка, осуществляемая с целью установления, что деятельность органов по сертификации и испытательных лабораторий продолжает соответствовать правилам системы. 11. Инспекционный контроль за сертифицированной продукцией - контрольная оценка соответствия, осуществляемая с целью установления, что продукция продолжает соответствовать заданным требованиям, подтвержденным при сертификации. 12. Заявитель - предприятие, организация, лицо, обратившееся с заявкой на проведение аккредитации или сертификации. 13. Эксперт (по сертификации, аккредитации) - лицо, аттестованное на право проведения одного или нескольких видов работ в области сертификации. 14. Схема (способов, форма) сертификации - определенная совокупность действий, официально принимаемая (устанавливаемая) в качестве доказательства соответствия продукции заданным требованиям. 15. Идентификация продукции - процедура, посредством которой устанавливают соответствие представленной на сертификацию продукции

требованиям, предъявляемым к данному виду (типу продукции) в нормативной и технической документации, в информации о продукции. 16. Система водоснабжения - комплекс водозаборных, водоочистных сооружений, систем подачи и распределения воды, регулирующих резервуаров, водопроводных вводов, установок и оборудования для водоснабжения. 17. Система водоотведения - комплекс канализационных выпусков и сетей, насосных станций, предназначенных для сбора и отвода сточных вод, а также сооружения по очистке сточных вод перед сбросом в водный объект - приемник. 18. Индивидуальная система водоснабжения (водоотведения) - система водоснабжения (водоотведения), расположенная в пределах объекта недвижимости, принадлежащего пользователю, и являющаяся его собственностью. 19. Коммунальная система водоснабжения (водоотведения) - система водоснабжения (водоотведения), расположенная на территории, принадлежащей администрации, и являющаяся ее собственностью. 20. Бытовые сточные воды - вода, использованная человеком для удовлетворения физиологических потребностей и хозяйственной деятельности и получившая при этом загрязнения. 21. Производственные сточные воды - воды, использованные в технологических процессах промышленных и сельскохозяйственных предприятий. 22. Водоочистная установка - установка полной заводской готовности для очистки (питьевых) сточных вод. 23. Питьевая вода - вода, по своему качеству безопасная и безвредная для здоровья людей, обладающая благоприятными органолептическими свойствами и предназначенная для удовлетворения питьевых и бытовых нужд либо предназначенная для производства пищевой продукции. 24. Питьевое водоснабжение - деятельность, направленная на обеспечение потребностей в питьевой воде. 25. Источник питьевого водоснабжения - водный объект или его часть, содержащая воду, по своему качеству отвечающую санитарным требованиям для забора воды в системы питьевого водоснабжения либо для индивидуального пользования. 26. Централизованная система питьевого водоснабжения (водопровод общего пользования) - комплекс инженерно - технических устройств и технологических сооружений для забора, получения, хранения питьевой воды, ее подачи к местам расходования и открытый для общего пользования гражданам и (или) юридическим лицам. 27. Нецентрализованная система питьевого водоснабжения общего пользования - инженерно - технические устройства (колодец, каптаж, скважина, водоочистная установка и другие) для забора и получения питьевой воды без подачи ее к местам расходования и открытая для общего пользования гражданами и (или) юридическими лицами. 28. Автономная система питьевого водоснабжения - технические средства для забора и получения питьевой воды с подачей (без подачи) ее к месту расходования, находящиеся в индивидуальном пользовании (в пределах отдельного дома, объекта, фермерского хозяйства, дачного участка или иного). 29. Система питьевого водоснабжения транспортного средства - технические установки и оборудование, размещенные на транспортном средстве, для обеспечения питьевой водой пассажиров, экипажей, обслуживающего персонала в пути следования транспортного средства пассажирского или иного назначения. 30. Система водоснабжения - централизованная, нецентрализованная, автономная система и система питьевого водоснабжения на транспорте. 31. Зона санитарной охраны - территория, акватория,

включающая источник водоснабжения и водопровод и состоящая из трех поясов, на которых устанавливаются особые режимы хозяйственной деятельности и охраны воды от загрязнения. 32. Организация питьевого водоснабжения - юридическое лицо, осуществляющее эксплуатацию централизованной системы питьевого водоснабжения. 33. Пользователи систем питьевого водоснабжения - граждане и юридические лица, потребляющие питьевую воду на собственные нужды или передающие ее другим потребителям в установленном законом порядке. Приложение 3 к ТСН МУ-97 МО УКРУПНЕННАЯ НОМЕНКЛАТУРА ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ХОЗЯЙСТВЕННО - ПИТЬЕВОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ

Код	Наименование продукции	Обозначение стандарта, на соответствие которому проводится сертификация	ОКП	
Вода питьевая				
013100	Вода питьевая, в том числе вода, расфасованная в емкости (бутилированная вода), вода природных источников, вода централизованных и нецентрализованных систем хозяйственно питьевого водоснабжения, вода, используемая в пищевой промышленности для приготовления напитков, пищевых продуктов, пищевого льда и т.п.	ГОСТ 2874-82 ГОСТ 2761-84 ГОСТ 29183-91 СанПиН 4630-88 СанПиН 2.1.4.559-96		
Устройства водоочистные				
369710	Устройства (установки, оборудование) индивидуальные, бытовые, групповые (локальные) для очистки и доочистки воды	ГОСТ 2874-82 ГОСТ 29183-91 ГОСТ 25297-83 СанПиН 4630-88		
Реагенты и материалы, используемые в хозяйственно - питьевом водоснабжении				
211431	Дезинфектанты (хлор, гипохлориты, аммиак и др.)	ГОСТ 6718-68	211461	ГОСТ 11078-76
214113		ГОСТ 9-92		ГОСТ 3760-79
214114	Коагулянты (сульфат алюминия и др.)	ГОСТ 12969-85	215213	ГОСТ 8136-85
214511	Флокулянты (жидкое стекло, полиакриламид и др.)	ГОСТ 13078-81	221691	
214631	Окислители - дезодоранты (перманганат калия и др.)	ГОСТ 5777-84		
216200	Сорбенты (уголь активированный порошкообразный,	ГОСТ 4453-74		

гранулированный, |ГОСТ 23998-80 | | |дробленый и др.) |ГОСТ 6217-74 |
├──────┼──────────────────────────────────────┼──────────────────────────────┤
|485914|Материалы для загрузки фильтров |ГОСТ 11991-83 | | |(песок, антрацитовая крошка, щебень | | | |и др.) | |
├──────┴──────────────────────────────────────┴──────────────────────────────┤ |
Технологические процессы и оборудование, применяемые | | в хозяйственно - питьевом водоснабжении |
├──────┬──────────────────────────────────────┬──────────────────────────────┤
|485910|Оборудование (емкости, насосы, |ГОСТ 2874-82 | | |дозаторы и др.) |СанПиН 2.04-84 | | | |СанПиН 4630-88 | | | |СанПиН 2.1.4.559-96 |
├──────┼──────────────────────────────────────┼──────────────────────────────┤
|492340|Трубы, фитинги, задвижки, краны |Нормативные документы | |492350| |на продукцию | |140809| | | ├──────┼──────────────────────────────┤ |
|644500|Опреснительные установки и | | | |оборудование | |
├──────┼──────────────────────────────┤ | |361471|Оборудование озонаторное. | | | |Технологические процессы очистки и | | | |обеззараживания воды в системе | | | |хозяйственно - питьевого | | | |водоснабжения | |
└──────┴──────────────────────────────┴──────────────────────────────┘

Приложение 4 К ТСН МУ-97 МО Приводится приказ ГТК РФ от 14 августа 1996 г. N 496.

Приложение 5 К ТСН МУ-97 МО _____ (наименование органа по сертификации) ЗАЯВКА НА ПРОВЕДЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ 1. _____ (наименование организации - заявителя, адрес) в лице _____ заявляет, (Ф.И.О. руководителя) что _____ (наименование продукции) производства _____ (название страны производителя и наименование фирмы) получена по контракту (договору) N _____ от _____, соответствует требованиям _____ (наименование и N нормативных документов) _____ (реквизиты сертификатов качества страны - производителя) и просит признать сертификат (свидетельство) безопасности страны - производителя и (или) провести гигиеническую сертификацию данной продукции на соответствие санитарно - гигиеническим требованиям. 2. Заявитель обязуется: - выполнять все условия гигиенической сертификации; - оплатить все расходы на проведение гигиенической сертификации. 3. К заявке прилагаются копии документов: 3.1. _____ 3.2. _____ 3.3. _____ 3.4. _____ Руководитель организации

(подпись) Приложение 6 К ТСН МУ-97 МО _____ (наименование органа по сертификации) ЗАЯВКА НА ПРОВЕДЕНИЕ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ В Системе сертификации _____ (наименование системы) 1. _____ (наименование предприятия - изготовителя, продавца) _____ (далее - заявитель) _____ (код ОКПО) Юридический адрес _____ Телефон _____ Факс _____ Телекс _____ в лице _____ (Ф.И.О. руководителя) заявляет, что _____ (наименование вида продукции, код ОКП) _____ (выпускается серийно или партия (каждое изделие при _____, единичном производстве) выпускаемая по _____ (наименование и реквизиты документации изготовителя) _____ (ТУ, стандарт) соответствует требованиям _____ (наименование и обозначение стандартов) и просит провести сертификацию данной продукции на соответствие требованиям указанных стандартов по _____ (номер схемы сертификации) 2. Заявитель обязуется: - выполнять все условия сертификации; - обеспечить стабильность сертификационных характеристик продукции, маркированной знаком соответствия; - оплатить все расходы по проведению сертификации. 3. Дополнительные сведения _____ _____ Руководитель предприятия _____ (подпись, инициалы, фамилия) Главный бухгалтер _____ (подпись, инициалы, фамилия) МП Дата Приложение 7 К ТСН МУ-97 МО ОКП..... Группа Госрегистрации _____ N _____ Согласовано Утверждаю (орган сертификации) Директор предприятия разработчика НАИМЕНОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ Технические условия ТУ..... Введены в действие..... Главный инженер предприятия _____ Год 1. Введение с наименованием ВУ и указанием области применения. 2. Технические требования: - основные параметры и размеры; - характеристики; - комплектность; - маркировка; - упаковка. 3. Требования безопасности. 4. Правила приемки. 5. Методы испытания. 6. Транспортирование и хранение. 7. Указания по эксплуатации. 8. Гарантии изготовителя. Приложение 8 К ТСН МУ-97 МО ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПЕРЕЧНЯ МАТЕРИАЛОВ, РЕАГЕНТОВ И ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ВУ ДЛЯ ЭКСПЕРТИЗЫ И ГИГИЕНИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ N п/п Наименование материала (химическое обозначение и торговое название) Обозна- чение научно - техниче- ской докумен- тации, марка, сорт

Функциональное назначение материала, наполнителя Количество материала, наполнителя Соотношение: материал/объем пропущенной воды Примечание (ссылка на документ, разрешающий применение в практике питьевого водоснабже- ния) г куб. см повер- хность контакта, кв. см г/куб. дм куб. см/ куб. дм кв. см/ куб. дм Приложение 9 К ТСН МУ-97 МО РЕШЕНИЕ ОРГАНА ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПО ЗАЯВКЕ НА ПРОВЕДЕНИЕ СЕРТИФИКАЦИИ N_____ от "__" _____ 19__ г. Рассмотрев заявку _____ (наименование предприятия - изготовителя, _____ продавца) Юридический адрес _____ Телефон _____ Факс _____ Телекс _____ на сертификацию _____ (наименование продукции, код ОКП) Орган по сертификации _____ решает: 1. Сертификация будет проведена по схеме _____ (номер схемы сертификации) 2. Сертификация будет проведена на соответствие требованиям _____ _____ (наименование и обозначение нормативно - технических документов) 3. Оценка производства будет проведена _____ _____ (наименование аккредитованной организации, адрес, _____ вид проверки) 4. Инспекционный контроль за продукцией будет осуществляться путем испытаний образцов _____ (взятых в торговле и (или) у изготовителя) с периодичностью _____ 5. Работы проводятся на основе _____ (хозяйственный договор, _____ тариф, другие варианты оплаты) Приложение. Перечень аккредитованных испытательных лабораторий, в которых может быть испытана продукция, органов по сертификации производства или система качества, в которых могут быть получены соответствующие сертификаты. Руководитель органа по сертификации _____ _____ (подпись) (расшифровка подписи) "__" _____ 199_ г. Печать Приложение 10 К ТСН МУ-97 МО Голографическая марка МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЕПАРТАМЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНО - ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА ЦЕНТР ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНО - ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА В _____ (наименование учреждения) ГИГИЕНИЧЕСКИЙ СЕРТИФИКАТ N _____ от _____ Продукция: _____ (наименование продукции) допущена к производству, поставке, реализации, использованию на территории Российской Федерации (ненужное зачеркнуть). Фирма (организация) - разработчик нормативной

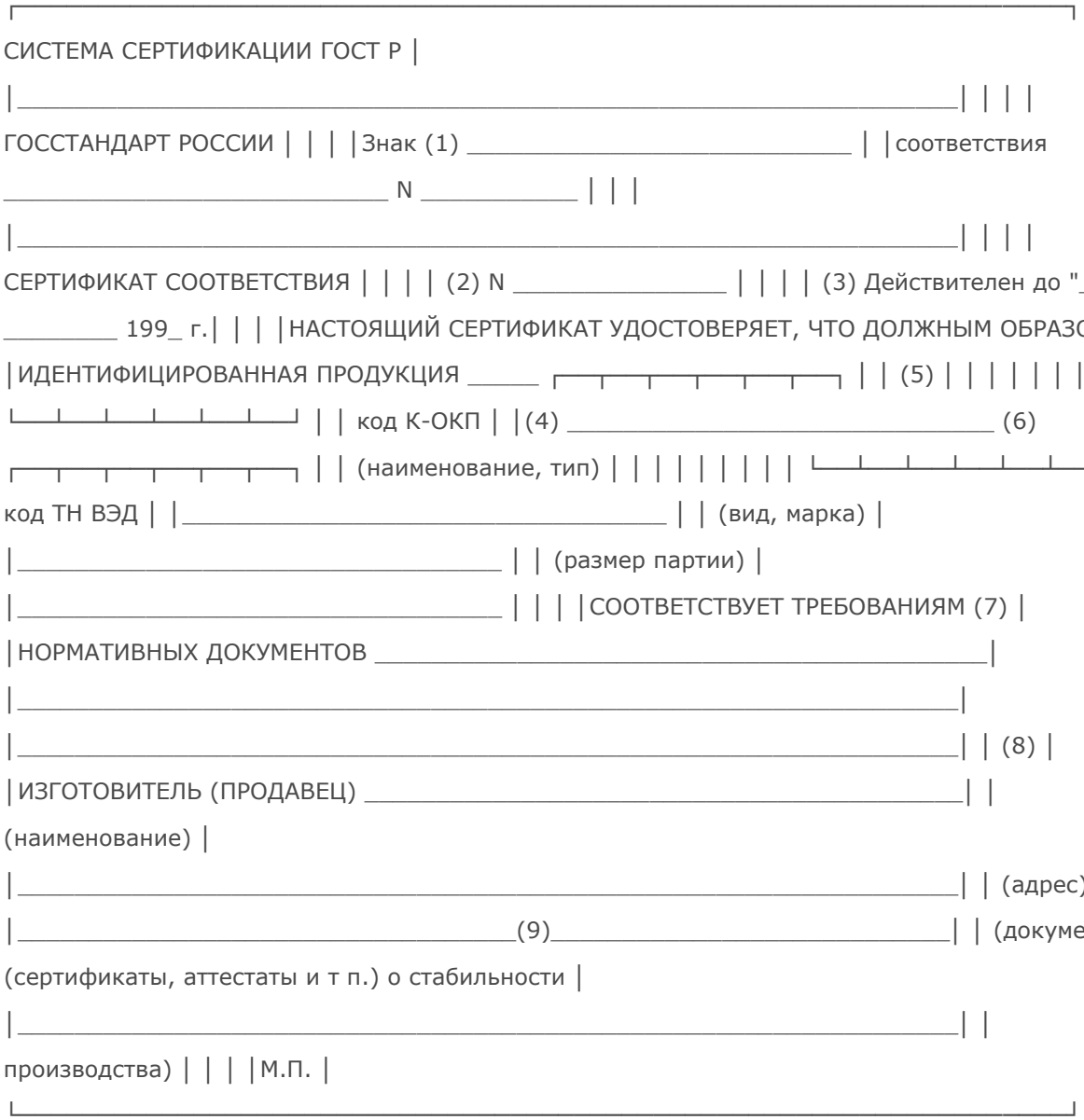
документации _____

Фирма (организация) - изготовитель _____ (название организации, _____

юридический адрес) Получатель сертификата _____ (название организации, юридический адрес) Нормативная и технологическая документация _____ Реквизиты импортной продукции:

_____

_____ Гигиеническая характеристика продукции Вещества, показатели (факторы) Гигиенический норматив (МДУ, ПДК и т.д.) Область применения: Необходимые условия использования, хранения, транспортировки и меры безопасности: Информация, наносимая на этикетку: Срок действия сертификата Голографическая марка Руководитель (заместитель) учреждения _____ Ф.И.О. _____ (подпись) Приложение 11 К ТСН МУ-97 МО



Оригинал имеет сетку желтого цвета. Приложение 12 К ТСН МУ-97 МО ЗАЯВЛЕНИЕ - ДЕКЛАРАЦИЯ

О безопасности товара, произведенного _____ (наименование предприятия) Изготовитель товара в лице _____ (должность, фамилия, имя, отчество) заявляет под свою исключительную ответственность, что продукция __ _____ (наименование, тип, вид, марка, номер и размер партии) _____ (дата выработки (при необходимости), наименование документа, _____ по которому выпускается продукция. Код К-ОКП) соответствует всем требованиям, обеспечивающим безопасность жизни, здоровья потребителей, охрану окружающей среды, предотвращение причинения вреда имуществу потребителей, установленным для данной продукции в действующих на момент заявления нормативных документах _____ (наименование и обозначение государственного стандарта, _____ санитарных норм и правил и других документов) Заявление - декларация оформлено на основании _____ _____ (наименование документа) <*> Регистрационный номер заявления - декларации N _____ от "__" _____ 199_ г. Действительно до "__" _____ 199_ г. (или в течение срока годности продукции). Зарегистрировано органом по Изготовитель Сертификации _____ _____ (наименование органа (реквизиты) _____ _____ и его реквизиты) (подпись) Регистрационный номер _____ "__" _____ 199_ г. От "__" _____ 199_ г. _____ М.П. (подпись) "__" _____ 199_ г. М.П. _____ ---------- <*> Указывается сертификат системы качества, данные испытаний, анализов, проверок и др. Приложение 13 К ТСН МУ-97 МО Приводится Схема проведения исследований с целью сертификации водоочистных устройств. Приложение 14 К ТСН МУ-97 МО КЛАССИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК ВОДОПОДГОТОВКИ 1. По принципу обеззараживания и кондиционирования воды



| озоновые | | ультрафиолетовые | | ионообменные | | | | |инжек- |компрес-| | "жесткий"|"мягкий" | | катионо- |амфотерные|анионо- | |ционные|сорные | | УФ | УФ | | обменные | |обменные| 2. По условиям подачи воды | | высоконапорные | |низконапорные | | | | | | | |давление водопро-|дополнительное| | давление гидростатического | |водной сети |давление | | столба воды | |(скважины) | | | | 3. По принципу применения | | |индивидуальные | |бытовые | |групповые | | | | |производительность -| |производительность | |производительность | |100 мл/мин., | |0,5-5 л/мин., | |> 5 л/мин., | |ресурс - 10-50 л | |ресурс - до 30 куб. м| |ресурс > 30 куб. м |

Приложение 15 К ТСН МУ-97 МО Приводятся принципиальные технологические схемы стендовых испытаний портативных водоочистных установок. Приложение 16 К ТСН МУ-97 МО ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И МЕТОДИКИ ИХ КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ ВОДООЧИСТНЫХ УСТРОЙСТВ

| |Группы |Показатели |Единицы |Нормативы |Нормативные документы | |показателей | |измерения |(предельно |допустимые |Устанавли- |Определяющие методы контроля | | | | |концентрации|вающие | | | | |(ПДК), не |показатели | | | | | |более | | |---|---|---|

| | | |

				др. кишечными вирусными							инфекциями	
										2. Паразитологические показатели	
										2.1. Патогенные кишечные	число цист	отсутствие	СанПин	Инструкция по применению			простейшие: цисты лямблий,	в 50 л воды		2.1.4.559-96	методики санитарно -			ооцисты криптоспоридий			паразитологического							исследования воды. МЗ СССР,							1990	
										2.2. Яйца гельминтов	число яиц и	отсутствие	-"-	-"-				личинок в 50 л							воды			
									|II. Очистка |3. Токсикологические показатели (предельно - допустимые концентрации компонентов)
	(доочистка)								
									|от |а) неорганические компоненты				|токсичных										|веществ |3.1. Алюминий (Al) <***> |мг/л |0,5 (0,2)	-"- |ГОСТ 18165-81	|для		|<**>			|обеспечения										|безвредности |3.2. Барий (Ba)	-"- |0,1	-"- |Унифицированные методы <***>	|воды,				|исследования качества вод,	|предназна-				|СЭВ, ч. 1, т. 2, М., 1983	|ченной для										|питьевых |3.3. Бор (B)	-"- |0,5 (0,3)	-"- |РД 52.24.41-87, ИСО 9390-90	|нужд		|<**>									

| | | |

| | | |

			4.6. Общая минерализация (сухой остаток) <***>	мг/л	1000 (1500)	ГОСТ 18164-72
			4.7. Жесткость общая <***>	ммоль/л	7	ГОСТ 4151-72
			4.8. Железо (Fe) <***>	мг/л	0,3 (1) <*>	ГОСТ 4011-72
			4.9. Марганец (Mn) <***>	-	0,1 (0,5)	ГОСТ 4974-72
			4.10. Медь (Cu) <***>	-	1	СанПиН 2.1.4.559-96
			4.11. Полифосфаты (PO) <***>	-	3,5	ГОСТ 18309-72
			4.12. Сульфаты (So) <***>	-	500	ГОСТ 4389-72
			4.13. Хлориды (Cl) <***>	-	350	ГОСТ 4245-72
			4.14. Цинк (Zn) <***>	-	5 (3) <**>	ГОСТ 18293-72
			4.15. Поверхностно - активные вещества (ПАВ) (анионоактивные) <***>	-	0,5	РД 52.24.27-86, ИСО 7875/1,2-84
			4.16. Фенольный индекс <***>	-	0,25	РД 118.02.12-88, ИСО 6439-90
			4.17. Нефтепродукты, суммарно <***>	-	0,1	РД 52.24.131-93
			4.18. Хлор свободный <***>	-	0,3-0,5	ГОСТ 18190-72

| | | |

Допускаются временно до разработки соответствующего ГОСТ Р. <*> - нормативы ГОСТа 2874-82 "Вода питьевая" (в скобках указаны величины, допускаемые по согласованию с органами Госсанэпиднадзора с учетом местной санитарной ситуации). <**> - нормативы Рекомендаций ВОЗ по контролю качества питьевой воды (1993 г.) (в скобках указаны величины, допускаемые по согласованию с органами Госсанэпиднадзора с учетом местной санитарной ситуации). <***> - перечень показателей качества питьевых вод, подлежащих подтверждению при сертификации на соответствие по ГОСТ Р "Правила сертификации водоочистных устройств" N РОСС RU.0001.11, 1995. <2> Наряду с биотестовыми показателями проводится физико - химический анализ содержания химических веществ (органических, неорганических) с учетом состава конструкционных материалов и наполнителей, входящих в состав водоочистного устройства.

Приложение 17 К ТСН МУ-97 МО ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСХОДНЫХ ВОД ПО БИОЛОГИЧЕСКОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДООЧИСТНОГО УСТРОЙСТВА

N	Моделируемые показатели	Чувствительность методики						
		Водопроводная вода		Источники водоснабжения				
п/п		Уровень загрязнения	Объем пробы	Уровень загрязнения	Объем пробы			
	I. Бактериологические							
1.	E. coli - термотолерантные	1 кл/л	10 кл/л	300 мл	10 кл/л	100 мл		
2.	E. coli - общие	-"-	10 кл/л	300 мл	10 кл/л	100 мл		
3.	Энтерококки фекальные	-"-	10 кл/л	300 мл	10 кл/л	100 мл		
4	Клостридии	-"-	до 10 кл/л	100 мл	10 кл/л	100 мл		
5.	Синегнойная палочка	-"-	10 кл/л	1 л	10 кл/л	500 мл		
6.	Сальмонеллы	-"-	до 10 кл/л	1 л	10 кл/л	500 мл		
7.	ОМЧ	-"-	до 10 кл/л	1 мл				

|10 кл/л | 1 мл |

|---|---|---

			- БПК	0,5	без консервации
Радиологический	3	без консервации
Биотестирование:		
|- суммарная мутагенная |50 - сточные воды; |концентрирование		активность |100 - поверхностные;|на		|водоисточники; |фильтрах с		|200 - водопроводная |сепароном		|вода и подземные			|водоисточники					|- гидробионты	0,5 |стерильные условия
Бактериологический	3	стерильные условия
Вирусологический	10	стерильные условия
Паразитологический:	50 - сточные воды;	концентрирование			25 - поверхностные	на			водоисточники;	мембранном фильтре			50 - водопроводная	N 3			вода и подземные				водоисточники	

Суммарный объем: 100-275 л. Приложение 20 К ТСН МУ-97 МО МЕТОДИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ С ЦЕЛЬЮ СЕРТИФИКАЦИИ ВОДООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК Этап Основная цель Возможные результаты

|1. Анализ исходной | |Определение объема необходимых | |- объем исследований по | |документации и экспертиза | |исследований | |установке - дополнительные | |использованных в установке| | | |исследования по эффективности | |реагентов и материалов | | | |новых реагентов и материалов |

|2. Эколого - химические | |Эколого - химическая (эколого -| |- положительная оценка с | |(эколого - гигиенические) | |гигиеническая) оценка новых | |включением в разрешительные | |исследования новых | |реагентов и материалов | |документы (с ограничениями или | |реагентов и материалов, | | | |без них); | |используемых в | | | |- отрицательная оценка | |водоочистной установке | | | |(с прекращением испытания | | | | |установки); | | | | | |- оперативная замена (при | | | | | |отрицательном решении) на | | | | | |разрешенный аналог |

|3. Санитарно - химическое | |Эколого - химическая (эколого -| |- полная безвредность в течение | |(эколого - гигиеническое) | |гигиеническая) оценка | |всего ресурса; | |изучение безвредности | |безвредности

водоочистной | |- обязательность отмывочного, | |водоочистной установки с | |установки с учетом | |промывочного или | |учетом комплексного | |комплексности воздействующих | |регенерационного цикла; | |воздействия различных | |факторов, миграционных и | |- ограничение ресурса по | |реагентов, материалов и | |трансформационных процессов | |показателю безвредности; | |процессов | | | |- уточнение программы | | | | | |исследований на 5 этапе | └──────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────────┘ ДЛЯ ВОДООЧИСТНЫХ УСТРОЙСТВ ┌──────────────────────────────┐ ┌──────────────────────────────────────┐ ┌──────────────────────────────────────┐ |4. Изучение барьерной | |Эколого - гигиеническая оценка | |- для обеззараживания и очистки | |функции водоочистного | |и количественная формализация | |воды водоисточников; | |устройства в отношении | |эффективности обеззараживания | |- для дообеззараживания и | |биологических и химических | |и очистки воды с учетом | |доочистки водопроводной воды; | |загрязнений в условиях | |кинетики процесса. Определение | |- для регионального | |ресурсных испытаний. | |категории водоочистителя | |(узконаправленного) | |4а. Испытания по полной | | | |использования; | |программе для универсальных| | | |- для опреснения и очистки воды;| |фильтров: | | | |- корректировка параметров | |- доочистка. Испытания по | | | |очистки и ресурсных | |программе загрязнений | | | |(фильтроцикловых) характеристик;| |водопроводной воды; | | | |- отрицательная оценка | |- очистка. Испытания по | | | | | |программе загрязнения воды | | | | | |водоисточников. | | | | | |4б. Испытания по | | | | | |минимальной программе для | | | | | |региональных фильтров | | | | | |направленного действия | | | | └──────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────────┘ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ УСТАНОВОК СТОЧНЫХ ВОД ┌──────────────────────────────┐ ┌──────────────────────────────────────┐ ┌──────────────────────────────────────┐ |4. Изучение эффективности | |Санитарно - химическая оценка | |- для обеззараживания и очистки | |водоочистной установки в | |эффективности очистки сточной | |хозбытовых сточных вод; | |отношении приоритетных (для| |воды и количественная оценка | |- для очистки производственных | |заявляемой категории | |"отходов", образующихся в | |сточных вод (узконаправленного | |сточных вод) показателей | |результате процессов, | |или широкого профиля); | |загрязнений с учетом | |протекающих в водоочистной | |- для повторного использования | |предъявляемых требований. | |установке. Определение | |очищенных сточных вод; | |4а. Изучение эффективности | |соответствия установки | |- корректировка параметров | |всех процессов, реализуемых| |предъявляемым (заявляемым) | |очистки и ресурсных | |в очистной установке на | |требованиям | |характеристик; | |испытательном стенде. | | | |- отрицательная оценка | |Инженерно - технологическая| | | | | |оценка документации на | | | | | |заявляемую водоочистную | | | | | |установку. | | | | | |4б. Изучение эффективности | | | | | |очистной установки на | | | | | |опытно - промышленном | | | | | |образце продукции в ИЛ с | | | | | |моделируемыми или реальными| | | | | |сточными водами. | | | | | |4в. Изучение эффективности | | | |

|промышленного образца в | | | | | |натурных условиях | | | | |
└──────────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────┘
└──────────────────────────────────┘ ┌──────────────────────────────────┐
┌──────────────────────────────────┐ ┌──────────────────────────────────┐ |5.
Изучение санитарно - | |Эколого - гигиеническая оценка | |- для целей очистки воды; |
|химической и гигиенической | |эффективности обеззараживания | |- для комплексной очистки
и | |эффективности водоочистной | |и очистки воды с учетом | |обеззараживания воды; |
|установки в экстремальных | |временных экстремальных | |- для специальных целей; |
|ситуациях | |ситуаций | |- отрицательная оценка | └──────────────────────────────────┘
└──────────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────┘
┌──────────────────────────────────┐ ┌──────────────────────────────────┐
┌──────────────────────────────────┐ |6. Оформление документов | |Сертификация на
соответствие | |- получение сертификата на | |для сертификации в системе | |по системе
Госстандарта РФ | |опытную партию; | |Госстандарта РФ | | | |- получение сертификата на | |
			серийно выпускаемую партию;						- получение сертификата на право				
размещения изделий в торговой					|сети;					|- получение сертификата на				
производство водоочистных						установок;						- дополнительная экспертиза по	
			специальным вопросам	└──────────────────────────────────┘
└──────────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────┘
┌──────────────────────────────────┐ ┌──────────────────────────────────┐ |6а. По
программе		6б. По программе сертификации		сертификации водоочистного		водоочистных
устройств (для		устройства		отечественных производителей)
└──────────────────────────────────┘ └──────────────────────────────────┘ Приложение
21 К ТСН МУ-97 МО СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГО - ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ В
НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ 1. Технолого - гигиенические и технические испытания КОС или ВУ
проводятся на действующей установке или опытно - промышленном образце в реальных
условиях ее эксплуатации. 2. Отбор проб осуществляется в местах и по правилам, изложенным в
приложении 26. 3. Аналитический контроль показателей качества исходной и очищенной воды
осуществляется по сертифицированным методикам, перечень которых приведен в приложении
28. 4. Выбор оцениваемых технологических параметров процессов очистки в сертифицируемых
КОС или ВУ определяется в зависимости от конструкции сооружения и реализуемого в нем
метода очистки. 5. Возможна технолого - гигиеническая оценка КОС или ВУ на основе
имеющихся (представленных) заявителем протоколов испытаний, результатов анализов и пр.,
оформленных и заверенных по форме (приложение...), срок действия которых не просрочен (1
год). Приложение 22 к ТСН МУ-97 МО СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ
СТЕНДЕ 1. Технолого - гигиенические испытания и оценка сертифицируемых сооружений могут
проводиться в аккредитованных для этих целей испытательных центрах (лабораториях) на
специально оборудованном испытательном стенде. 2. Схема проведения исследований на
испытательном стенде определяется характером сертифицируемой КОС или ВУ. Схема, описание

и принцип работы испытательного стенда для биологической очистки сточных вод Испытательный стенд предназначен для проведения испытаний установок, реализующих процессы биохимической очистки промышленных и бытовых сточных вод. Биологическая обработка сточных вод осуществляется биомассой, образующейся в очищаемой воде в результате жизнедеятельности микроорганизмов и находящейся в объеме реактора во взвешенном состоянии в виде хлопьев активного ила или в прикрепленном на поверхности носителя в виде биопленки. Биомасса представляет собой симбиоз бактерий и простейших и осуществляет деструкцию загрязняющих компонентов сточных вод в условиях отсутствия растворенного кислорода (блок анаэробной очистки) или в условиях насыщения кислородом воздуха (блок аэробной очистки и доочистки). Испытательный стенд формируется по блочно - модульному принципу и включает блоки дозирования сточной воды, механической очистки, анаэробной, аэробной очистки, доочистки, илоотделения и обеззараживания, каждый из которых оснащен трубопроводами и запорной арматурой. Каждый блок состоит из одного или нескольких модулей, выполненных из органического стекла в виде колонн, снабженных патрубками для опорожнения аппарата, подачи и отвода воды, отбора проб иловой смеси. Модули, работающие в условиях псевдоожижения, снабжены дополнительно патрубками системы рециркуляции. 1. Блок дозирования сточной воды включает: - емкость с мешалкой и крышкой; - насос - дозатор; - временной механизм, регулирующий периодичность включения насоса. 2. Блок механической очистки включает: - первичный отстойник, выполненный в виде открытой колонны с коническим днищем; - насос - дозатор для подачи отстоенной воды на следующую ступень очистки. 3. Блок анаэробной очистки. Предназначен для деструкции органических соединений в отсутствие растворенного кислорода. Комплектуется из четырех типов модулей в необходимых для испытаний сочетаниях: - модуль со взвешенной биомассой, представляющий колонну, в которой перемешивание биомассы осуществляется при помощи механической мешалки; - модуль с прикрепленной биомассой на подвижном инертном носителе выполнен в виде колонны, в которой инертный носитель (песок, керамзит, гранулированные пластмассы и т.п.) поддерживается в псевдоожиженном состоянии током воды, подаваемой в нижнюю часть модуля. Скорость протока воды, требуемая для поддержания носителя в псевдоожиженном состоянии, обеспечивается подающим и/или рециркулирующим насосами; - модуль с прикрепленной биомассой на фиксированном инертном носителе выполнен в виде колонны, в которой инертный носитель (гравий, полимерная плоскостная загрузка различной конфигурации с высокоразвитой поверхностью, ерши из стеклоткани, загрузка типа "ВИЯ" и пр.); - модуль с прикрепленной биомассой на активированном угле выполнен в виде колонны с коническим днищем, в которой псевдоожижение активированного угля обеспечивается подающим и/или рециркулирующим насосами. 4. Блок аэробной очистки. Предназначен для окисления органических веществ и удаления биогенных элементов в присутствии растворенного кислорода. Кислород способствует также химическому окислению некоторых компонентов сточных вод. Подача воздуха обеспечивается микрокомпрессором. Блок комплектуется из четырех типов модулей в необходимых для испытаний сочетаниях: - модуль со взвешенной биомассой выполнен в виде

колонны, в которой перемешивание биомассы осуществляется воздухом при помощи микрокомпрессора; - модуль с прикрепленной биомассой на подвижном инертном носителе; - модуль с прикрепленной биомассой на фиксированном инертном носителе; - модуль с прикрепленной биомассой на активированном угле. 5. Блок доочистки биологически очищенных сточных вод. Комплектуется из двух типов модулей: - модуль с прикрепленной биомассой на фиксированном инертном носителе; - модуль с прикрепленной биомассой на активированном угле. 6. Блок илоотделения. Предназначен для разделения иловых смесей и включает вторичный отстойник, выполненный в виде открытой колонны с коническим днищем, и насос - дозатор для рециркуляции возвратного ила в модуль. 7. Блок обеззараживания. Предназначен для обеззараживания биологически очищенной и доочищенной сточной воды. Комплектуется лампой УФ-облучения и соответствующей арматурой. Приложение 23 к ТСН МУ-97 МО ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГО - ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

N п/п	Наименование установок	Вода			Жидкие и твердые отходы			Газообразные		
		Показатели качества			Показатели качества			Отходы		
		Поступаю-щая	Очищенная	Объемная	Кол-во	Влаж-ность	Зольность	Кол-во	Компонент-ный	Фракционный состав
1	Для задержания крупных примесей	+	+	+	+	+	+	-	+	-
2	Для удаления тяжелых минеральных примесей	-	-	+	+	+	+	+	-	-
3	Для задержания всплывающих	+	+	+	+	-	-	-	-	-
4	Для извлечения нерастворимых органических примесей	+	+	+	+	-	-	+	-	-
5	Для извлечения органических примесей:									

| | | |

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Общие для всех видов сточных вод |

|1

|Взвешенные |мг/л к|<= 0,25 |<= 0,75 | |расчет/500 | | |вещества |фону | | | | |

|2

|ХПК |мг/л |<= 15 |<= 30 | <= 15 |ХПК/БПК | | | | | | | 5 | | | | | | | |<= 2,5/800 |

|3

|БПКполн. | -"- |<= 3 |<= 6 | <= 3 |ХПК/БПКп. | | | | | | | |<= 1,5/500 |

|4

|pH | |6,5-8,5 |6,5-8,5 | 6,5-8,5 |6,5- | | | | | | | |9/6,5-8,5 |

|5

|Запах |балл |<= 1 |<= 1 | <= 1 | |

|6

|Окраска |см | 20 | 10 | | |

|7

|N-NH |мг/л | 2,0 | 2,0 | 0,05 (NH) | | | | 3 | | | | 3 | |

|8

|N-(NH) SO | -"- | 1,0 | 1,0 | - | | | | 4 2 4 | | | | | | | | + | | | | | | | |NH солевой | | - | - | 0,5 | | | | 4 | | | | | |

| - | | | | | | |9 |NO | -"- | 3,3 | 3,3 | 0,08 | | | | 2 | | | | | |

| - | | | | | | |10 |NO | -"- | 45 | 45 | 40 | | | | 3 | | | | | |

|11 |Фосфаты | -"- | - | - | 0,05-0,2 | | | |по (P) | | | | | |

Дополнительные для бытовых сточных вод |

|12 |Общее |шт./л | | | | | | |микробное | | | | | | | |число | | | | | |

|13 | ЛКП |шт./л |<= 10000 |<= 5000 | | |

|14 |Коли - фаги |БОЭ/л |<= 100 |<= 100 | | |

|15 |Яйца |экз./л| отс. |отс. | отс. | | | |гельминтов | | | | | |

|16 |Цисты |экз./л| отс. |отс. | отс. | | | |лямблий | | | | | |

Дополнительные для производственных сточных вод |

17	Нефтепродукты	мг/л	0,3	0,3	0,05	/4
18	Фенол	-"-			0,001	/0,01
19	Карбоновые кислоты	-"-			0,001	
20	СПАВ	-"-	0,3	0,5	0,1-0,2	/2,5
21	Эфироизвлекаемые вещества	-"-				/20
22	Жиры	-"-				/20
23	Сульфаты	-"-	500	500	100	/500
24	Хлориды	-"-	350	350	300	/350
25	Кадмий	-"-	0,001	0,001	0,005	/0,01
26	Кобальт	-"-	0,1	0,1	0,01	/0,3
27	Марганец	-"-	0,1	0,1	0,01	/2
28	Медь	-"-	1,0	1,0	+ 0,001 к факт.	/0,5
29	Молибден	-"-	0,25	0,25	-	/0,5
30	Мышьяк	-"-	0,05	0,05	0,05	/0,1
31	Никель	-"-	0,1	0,1	0,01	/0,5
32	Ртуть	-"-	0,0005	0,0005	0,0001	/0,005
33	Свинец	-"-	0,03	0,03	0,01	/0,1
34	Селен	-"-	0,01	0,01	0,0016 к факт.	
35	Хром (трехвалентный)	-"-	0,5	0,5	0,07	/1,0
36	Хром (шестивалентный)	-"-	0,05	0,05		/0,1

37	Цинк	-"-			0,01	/2
38	Железо	-"-				

Примечания: 1. ПДК при сбросе в водоем даны для расчетного створа. 2. ПДК отдельных загрязнений при сбросе в городскую канализацию населенных пунктов рассчитываются на основе ПДС в каждом конкретном случае. 3. Набор дополнительных показателей для производственных сточных вод определяется в каждом конкретном случае, в таблице приведены наиболее часто встречающиеся виды загрязнений. Приложение 26 к ТСН МУ-97 МО ПРАВИЛА И МЕСТА ОТБОРА ПРОБ 1. Достоверность и объективность результатов технологического контроля процессов очистки воды в значительной степени определяется точностью назначения и соблюдения правил отбора проб. 2. Пробы отбираются в местах наиболее полного смешения, характеризующих состав воды (пробы), подлежащей анализу. 3. Пробы поступающей воды отбираются после песколовок, если они предусмотрены схемой очистки, или в колодце, из которого подается вода на очистные сооружения. 4. Пробы очищенной воды отбираются на выходе из очистных сооружений до или после блока обеззараживания в зависимости от цели выполняемого анализа. 5. При необходимости контроля отдельных стадий очистки сточных вод назначаются дополнительные места отбора проб. 6. Места отбора проб должны иметь удобные подходы и быть освещены. 7. В процессе технологического контроля отбираются среднесуточные и разовые пробы. 8. Среднесуточные пробы, отражающие истинный (усредненный) состав воды, отбираются с целью оценки эффективности работы сооружений. 9. Для отбора среднесуточных проб следует устанавливать автоматические пробоотборники, обеспечивающие возможность отбора проб за любой период с заданной частотой отбора. 10. При ручном отборе - пробы отбирают каждый час в склянки с широким горлом емкостью 500 мл. Для составления среднесуточной пробы отобранная каждый час вода взбалтывается, определенный и равный для всех проб объем воды отмеривается и сливается в общую посуду так, чтобы суммарный объем пробы составлял не менее 3 л. 11. Отбор разовых проб производится для определения таких технологических показателей, как доза активного ила, растворенный кислород, а также с целью оперативного повседневного контроля работы сооружений и в случае контрольных отборов органами санитарной охраны. 12. Отбор разовых проб для определения концентрации активного ила производится в местах наиболее полного смешения анализируемой жидкости, которые в зависимости от конструкции и назначения сооружения определяются технологом подразделения, эксплуатирующего систему. 13. Для определения растворенного кислорода непосредственно в зоне аэрации отбирают пробу иловой смеси в склянку с 2-3 мл сулемы или 5 мл 10% раствора медного купороса. В противном случае, если этого не сделать, результат определения может оказаться существенно заниженным. 14. Время хранения отобранных проб сточной воды, как правило, не должно превышать одних суток. При этом хранить пробы надлежит при температуре 3-5 град. С в холодильнике, чтобы предотвратить возможные окислительные процессы. 15.

Допускается консервирование проб: - серной кислотой (2 мл 25% серной кислоты на 1 л сточной воды) - для определения ХПК, общего и аммонийного азота; - хлороформом (2 мл на 1 л сточной воды) - для определения взвешенных веществ, азота нитритов и нитратов; - не подлежат консервации пробы, в которых определяют БПК. 16. При отборе проб на бактериальную загрязненность воды необходимо соблюдение следующих дополнительных правил: - для санитарно - бактериологического анализа отбирают разовые пробы в местах отбора проб для полного химического анализа; - следует придерживаться постоянного времени отбора проб, приуроченного к моменту среднего содержания бактериальных загрязнений в воде, преимущественно это утренние часы; - пробу отбирают в стерильные склянки, закрытые пробками и подписанные в лаборатории; - стерильные склянки открывают на месте взятия пробы, не касаясь пробки и горлышка склянки руками, и заполняют водой так, чтобы она не коснулась пробки. Затем склянку быстро закрывают, надевают бумажный колпачок и перевязывают шпагатом. Приложение 27 К ТСН МУ-97 МО НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИМЕСИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ N п/п Отрасль промышленности Нефте- про- дукты Фенол СПАВ Жиры Краси- тели Фор- маль- дегид Об- щий азот Фос- фаты Суль- фаты Хло- риды Аммо- нийный азот Суль- фиды Рода- ниды Циа- ниды Желе- зо 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 1 Кожевенная + + + + + + + + 2 Меховая + + + + + + + 3 Трикотажная + + 4 Текстильная 5 Фармацевтическая 6 Мясоперерабаты- вающая + + + + + 7 Молочная + + 8 Хлебопекарная 9 Транспорт + + + 10 Черная металлургия + + + + + + + + 11 Цветная металлургия + + + + 12 Строительные материалы + + + + + 13 Машиностроение и металлообработка + + + + + + + + 14 Гидролизная + + + 15 Производство антибиотиков + + + + 16 Производство синтетических лекарственных средств + 17 Красильно - отделочные производства + + + + + 18 Легкая + + + + + + 19 Химическая + + + + + + + + + 20 Нефтехимическая + + + + 21 Биохимические производства + + + + + 22 Топливная + + + + 23 Электронная + + + + 24 Электроэнергетика + + + + 25 Производство ароматических соединений + + 26 Свинооткормочные комплексы + + + Продолжение приложения 27 N п/п Отрасль промышленности Никель Медь Хром Цинк Олово Сви- нец - Кад- мий Ко- бальт Титан Алю- ми- ний Мышьяк Ртуть Лету- чие кис- лоты Эфиро- раство- римые 1 2 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 Кожевенная + 2 Меховая + 3 Трикотажная 4 Текстильная 5 Фармацевтическая 6 Мясоперерабаты- вающая 7 Молочная 8 Хлебопекарная 9 Транспорт + + + 10 Черная металлургия + 11 Цветная металлургия + + + + + + + + 12 Строительные материалы + + + + 13 Машиностроение и металлообработка + + + + + + + 14 Гидролизная + 15 Производство антибиотиков 16 Производство синтетических лекарственных средств + + 17 Красильно - отделочные производства 18 Легкая + + + + 19 Химическая + + + + + + + 20 Нефтехимическая 21 Биохимические производства 22 Топливная 23 Электронная + + + + + + + 24 Электроэнергетика 25 Производство ароматических соединений + 26 Свинооткормочные комплексы Приложение 28 к ТСН МУ-97 МО ПЕРЕЧЕНЬ МЕТОДИК АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

N п/п	Показатели	Единица измерения	Метод определения

					1	2	3	4
				1	Взвешенные	мг/л	РД 118.02.7-88	
				вещества				
				2	ХПК	-"-	РД 118.02.2-85	
				3	БПК	-"-	РД 118.02.3-90	
				5				
					+			
4	NH	-"-	РД 118.02.1-90		4			
					-			
5	NO	-"-	РД 118.02.2-90		2			
					-			
6	NO	-"-	РД 118.02.9-88		3			
				7	СПАВ	-"-	ГОСТ 28954-89	
						РД 204.2.09-91 (ан)		
					3-			
8	РО	-"-	РД 52.24.33-86		4			
				9	Хлориды	-"-	РД 204.204-91	
				10	Сульфаты	-"-	РД 118.02.10-88	
				11	Железо	-"-	ПНД Ф 14.1:2.2-95	
						РД 118.037-89		
				12	Хром	-"-	РД 204.2.03-91	
				(шестивалентный)				
				13	Кадмий	-"-	РД 52.24.90-89	
				14	Медь	-"-	РД 118.02.5-90	
				15	Плотный	остаток	-"-	РД 118.028-88
				16				
Нефтепродукты	-"-	ПНД Ф 14.1:2.5-95						
				17	Фенол	-"-	ПНД Ф 14.1:2.4.18-95	
				18	Марганец	-"-	ПНД Ф 14.1:2:4.17-95	
				19	Ртуть	-"-	ПНД Ф 14.1:2.20-95	

Приложение 29 к ТСН МУ-97 МО ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДОКУМЕНТЕ 1. ТСН ВиВ-97 МО - Территориальные строительные нормы систем водоснабжения и водоотведения районов

жилой малоэтажной застройки Московской области, утверждены 30.04.97 за N 91-ПГ. 2. ГОСТ Р - Государственный стандарт России. 3. СанПиН - Санитарные нормы и правила. 4. ИСО - Международная организация по стандартизации. 5. НД - нормативный документ. 6. ТУ- технические условия. 7. ТО - техническое описание. 8. РД - рабочая документация. 9. ПДК - предельно - допустимая концентрация. 10. ВПК - биохимическое потребление кислорода, мг О/л. 11. ХПК - бихроматная окисляемость, мг О/л. 12. ООУ - общий органический углерод, мг/л. 13. ОДУ - ориентировочный допустимый уровень. 14. ПКтокс. - пороговая концентрация по токсикологическому признаку вредности. 15. pH - концентрация водородных ионов. 16. ДУ - допустимый уровень. 17. ОМЧ - общее микробное число. 18. КОС - канализационные очистные сооружения. 19. ВУ - водоочистная установка. 20. ЕЭС - Европейское экономическое сообщество.

5. Отбор проб воды и их консервация*

Отбор проб – операция, от правильного выполнения которой во многом зависит точность получаемых результатов. Отбор проб при полевых анализах необходимо планировать, намечая точки и глубины отбора, перечень определяемых показателей, количество воды, отбираемой для анализа, совместимость способов консервации проб для их последующего анализа. Чаще всего на водоеме отбираются так называемые *разовые пробы*. Однако при обследовании водоема может возникнуть необходимость отбора и серий периодических и регулярных проб – из поверхностного, глубинного, придонного слоев вод и т.д. Пробы могут быть отобраны также из подземных источников, водопровода и т.п. Усредненные данные о составе вод дают *смешанные пробы*.

В нормативных документах (ГОСТ 24481, ГОСТ 17.1.5.05, ИСО 5667-2 и др.) определены основные правила и рекомендации, которые следует использовать для получения репрезентативных** проб. Различные виды водоемов (водоисточников) обуславливают некоторые особенности отбора проб в каждом случае. Рассмотрим основные из них.

Пробы из рек и водных потоков отбирают для определения качества воды в бассейне реки, пригодности воды для пищевого использования, орошения, для водопоя скота, рыборазведения, купания и водного спорта, установления источников загрязнения.

Для определения влияния места сброса сточных вод и вод притоков, пробы отбирают выше по течению и в точке, где произошло полное смешение вод. Следует иметь в виду, что загрязнения могут быть неравномерно распространены по потоку реки, поэтому обычно пробы отбирают в местах максимально бурного течения, где потоки хорошо перемешиваются. Пробоотборники помещают вниз по течению потока, располагая на нужной глубине.

Пробы из природных и искусственных озер (прудов) отбирают с теми же целями, что и пробы воды из рек. Однако, учитывая длительность существования озер, на первый план выступает мониторинг качества воды в течение длительного периода времени – нескольких лет (в том числе в местах, предполагаемых к использованию человеком), а также установление последствий антропогенных загрязнений воды (мониторинг ее состава и свойств). Отбор проб из озер должен быть тщательно спланирован для получения информации, к которой можно было бы применять статистическую оценку. Слабопроточные водоемы имеют значительную неоднородность воды в горизонтальном направлении. Качество воды в озерах часто сильно различается по глубине из-за термальной стратификации, причиной которой могут быть фотосинтез в поверхностной зоне, подогрев воды, воздействие донных отложений и др. В больших глубоких водоемах может появляться также внутренняя циркуляция.

Следует отметить, что качество воды в водоемах (как озерах, так и реках) носит циклический характер, причем наблюдается суточная и сезонная цикличность. По этой причине ежедневные пробы следует отбирать в одно и то же время суток (например, в 12 часов), а продолжительность сезонных

исследований должна быть не менее 1 года, включая исследования серий проб, отобранных в течение каждого времени года. Это особенно важно для определения качества воды в реках, имеющих резко отличающиеся режимы – межень и паводок.

Пробы влажных осадков (дождя и снега) чрезвычайно чувствительны к загрязнениям, которые могут возникнуть в пробе при использовании недостаточно чистой посуды, попадании инородных (не атмосферного происхождения) частиц и др. Считается, что пробы влажных осадков не следует отбирать вблизи источников значительных загрязнений атмосферы – например, котельных или ТЭЦ, открытых складов материалов и удобрений, транспортных узлов и др. В подобных случаях проба осадков будет испытывать значительное влияние указанных локальных источников антропогенных загрязнений.

Образцы осадков собирают в специальные емкости, приготовленные из нейтральных материалов. Дождевая вода собирается при помощи воронки (диаметром не менее 20 см) в мерный цилиндр (или непосредственно в ведро) и хранится в них до анализа (рис. 5).

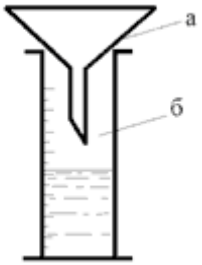


Рис. 5. Прибор для сбора жидких осадков (дождемер):
а – воронка; б – мерный цилиндр.

Расчет количества осадков (h) в миллиметрах проводится по формуле***:

$$h = \frac{4V}{\pi D^2} = \frac{d^2}{D^2} \times H$$

где: V – объем собранной пробы осадков, мл;
D – диаметр воронки, см;
d – диаметр мерного цилиндра, см;
H – высота столба собранной жидкости.

Отбор проб снега обычно проводят, вырезая керны на всю глубину (до земли), причем делать это целесообразно в конце периода обильных снегопадов (в начале марта). Объем снега в переводе на воду можно также вычислить по вышеприведенной формуле, где D – диаметр керна.

Пробы грунтовых вод отбирают для определения пригодности грунтовых вод в качестве источника питьевой воды, а также для технических или сельскохозяйственных целей; для определения влияния на качество грунтовых вод потенциально опасных хозяйственных объектов; при проведении мониторинга загрязнителей грунтовых вод.

Грунтовые воды изучают, отбирая пробы из артезианских скважин, колодцев, родников. Следует иметь в виду, что качество воды в различных водоносных горизонтах может значительно различаться, поэтому при отборе пробы грунтовых вод следует оценить доступными способами глубину горизонта, из которого отобрана проба, возможные градиенты подземных потоков, информацию о составе подземных пород, через которые пролегает горизонт. Поскольку в точке отбора пробы могут создаться концентрации различных примесей, отличные от их концентраций в водоносном слое, необходимо откачивать из скважины (или из родника, делая в нем углубление) воду в количестве, достаточном для обновления воды в скважине, водопроводе, углублении и т.п.

Пробы воды из водопроводных сетей отбирают в целях определения общего уровня качества водопроводной воды, поиска причин загрязнения распределительной системы, контроля степени возможного загрязнения питьевой воды продуктами коррозии и др.

Для получения репрезентативных проб при отборе воды из водопроводных сетей соблюдают следующие правила:

– отбор проб проводят после спуска воды в течение 10–15 мин – времени, обычно достаточного для обновления воды с накопившимися загрязнителями;
– для отбора не используют концевые участки водопроводных сетей, а также участки с трубами малого диаметра (менее 1,2 см);
– для отбора используют, по возможности, участки с турбулентным потоком – краны вблизи клапанов, изгибов;
– при отборе проб вода должна медленно течь в пробоотборную емкость до ее переполнения.

Отбор проб с целью определения состава воды (но не качества!) проводится также при изучении сточных вод, вод и пара котельных установок и др. Подобные работы имеют, как правило, технологические цели, требуют от персонала специальной подготовки и соблюдения дополнительных правил безопасности. Полевые методы вполне (и часто весьма эффективно) могут быть использованы специалистами и в этих случаях, однако, по указанным причинам, мы не будем рекомендовать их к работе образовательным учреждениям, населению и общественности.

При отборе проб следует обращать внимание (и фиксировать в протоколе) на сопровождавшие отбор проб гидрологические и климатические условия, такие, как осадки и их обилие, паводки, межень и застойность водоема и др.

Пробы воды для анализа могут отбираться как непосредственно перед анализом, так и заблаговременно. Для отбора проб специалисты используют стандартные батометры либо бутыли вместимостью не менее 1 л, открывающиеся и наполняющиеся на требуемой глубине. В связи с тем, что для анализа полевыми методами по какому-либо одному показателю (за исключением растворенного кислорода и БПК) обычно достаточно 30–50 мл воды, отбор проб непосредственно перед анализом может быть выполнен в колбу вместимостью 250–500 мл (например, из состава комплекта-лаборатории, измерительного комплекта и т.п.).

Понятно, что посуда для отбора проб должна быть чистой. Чистота посуды обеспечивается предварительным мытьем ее горячей мыльной водой (**стиральные порошки и хромовую смесь не использовать!**), многократным споласкиванием чистой теплой водой. В дальнейшем для отбора проб желательно использовать одну и ту же посуду. Сосуды, предназначенные для отбора проб, предварительно тщательно моют, ополаскивают не менее трех раз отбираемой водой и закупоривают стеклянными или пластмассовыми пробками, прокипяченными в дистиллированной воде. Между пробкой и отобранной пробой в сосуде оставляют воздух объемом 5–10 мл. В общую посуду отбирают пробу на анализ только тех компонентов, которые имеют одинаковые условия консервации и хранения.

Отбор проб, не предназначенных для анализа сразу же (т.е. отбираемых заблаговременно), производится в герметично закрывающуюся стеклянную или пластмассовую (желательно фторопластовую) посуду вместимостью не менее 1 л.

Для получения достоверных результатов анализ воды следует выполнять, по возможности, скорее. В воде протекают процессы окисления-восстановления, сорбции, седиментации, биохимические процессы, вызванные жизнедеятельностью микроорганизмов и др. В результате некоторые компоненты могут окисляться или восстанавливаться: нитраты – до нитритов или ионов аммония, сульфаты – до сульфитов; кислород может расходоваться на окисление органических веществ и т.п. Соответственно могут изменяться и органолептические свойства воды – запах, привкус, цвет, мутность. Биохимические процессы можно замедлить, охладив воду до температуры 4–5°С (в холодильнике).

Однако, даже владея полевыми методами анализа, не всегда можно выполнить анализ сразу же после отбора пробы. В зависимости от предполагаемой продолжительности хранения отобранных проб может возникнуть необходимость в их консервации. Универсального консервирующего средства не существует, поэтому пробы для анализа отбирают в несколько бутылей. В каждой из них воду консервируют, добавляя соответствующие химикаты в зависимости от определяемых компонентов.

В табл. 2 приведены способы консервации, а также особенности отбора и хранения проб. При анализе воды на некоторые показатели (например, растворенный кислород, фенолы, нефтепродукты) к отбору проб предъявляются особые требования. Так, при определении растворенного кислорода и сероводорода важно исключить контакт пробы с атмосферным воздухом, поэтому бутыли необходимо заполнять при помощи сифона – резиновой трубки, опущенной до дна склянки, обеспечивая переливание воды через край при переполнении склянки. Подробно особые условия при отборе проб (если они существуют) приводятся при описании соответствующих анализов.

Таблица 2

**Способы консервации,
особенности отбора и хранения проб**

Анализируемый показатель	**Способ консервации и количество консерванта на 1 л воды**	**Максимальное время хранения пробы**	**Особенности отбора и хранения проб**
1. Активный хлор	Не консервируют	Несколько минут	–
2. Алюминий	Не консервируют	4 часа	
	3 мл концентрированной соляной кислоты (до pH 2)	2 сут.	–
3. Аммиак и ионы аммония	Не консервируют	2 часа	–
	То же	1 сут.	Хранить при 4°С
	2–4 мл хлороформа или 1 мл концентрированной серной кислоты	1–2 сут.	–
4. Биохимическое потребление кислорода (БПК)	Не консервируют	3 часа	Отбирать только в стеклянные бутыли
	То же	1 сут.	Хранить при 4°С
5. Взвешенные вещества	Не консервируют	4 часа	Перед анализом взболтать
6. Вкус и привкус	Не консервируют	2 часа	Отбирать только в стеклянные бутыли
7. Водородный показатель (pH)	Не консервируют	При отборе пробы	–
	То же	6 часов	В бутыли не оставлять пузырьков воздуха, предохранять от нагревания
8. Гидрокарбонаты	Не консервируют	2 сут.	–
9. Железо общее	Не консервируют	4 часа	–
	3 мл концентрированной соляной кислоты (до pH 2)	2 сут.	–
10. Жесткость общая	Не консервируют	2 сут.	–
11. Запах (без нагревания)	Не консервируют	2 часа	Отбирать только в стеклянные бутыли
12. Кальций	Не консервируют	2 сут.	–
13. Карбонаты	Не консервируют	2 сут.	–
14. Металлы тяжелые (медь, свинец, цинк)	Не консервируют	В день отбора	–
	3 мл азотной кислоты (до pH 2)	3 сут.	–
	То же	1 мес.	Хранить при 4°С
15. Мутность	Не консервируют	2 часа	Перед анализом взболтать
16. Нефтепродукты	Не консервируют	В день отбора	Отбирать в стеклянные бутыли, для анализа используют весь объем пробы
	2–4 мл хлороформа	5 сут.	–

Анализируемый показатель	Способ консервации и количество консерванта на 1 л воды	Максимальное время хранения пробы	Особенности отбора и хранения проб
	Экстракция на месте отбора	1 мес.	–
17. Никель	Не консервируют	В день отбора	–
	3 мл концентрированной азотной (соляной) кислоты (до pH 2)	1 мес.	Хранить при 4°С
18. Нитраты	Не консервируют	2 часа	–
	2–4 мл хлороформа	3 сут.	Хранить при 4°С
19. Нитриты	Не консервируют	2 часа	–
	2–4 мл хлороформа	3 сут.	Хранить при 4°С
20. Окисляемость бихроматная (ХПК)	Не консервируют	4 часа	–
	10 мл серной кислоты	1 сут.	Хранить при 4°С
21. Окисляемость перманганатная	Не консервируют	4 часа	–
	50 мл раствора серной кислоты (1:3)	1 сут.	Хранить при 4°С, при определении учитывать количество прибавленной кислоты
22. Пенистость	Не консервируют	В день отбора	–
23. Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	Не консервируют	В день отбора	Хранят при 4°С
	2–4 мл хлороформа	1–2 сут.	–
24. Прозрачность	Не консервируют	4 часа	–
25. Растворенный кислород	Не консервируют	1 сут.	Отбирать в кислородные склянки и фиксировать на месте отбора
26. Сероводород (сульфиды)	Не консервируют	1 сут.	Отбирать в отдельные склянки и фиксировать на месте отбора
27. Сульфаты	Не консервируют	7 сут.	–
28. Сухой остаток	Не консервируют	В день отбора	–
	2 мл хлороформа	1–2 сут.	–
29. Фенолы	Не консервируют	В день отбора	Отбирать в стеклянные бутыли
	4 г гидроксида натрия	1–2 сут.	Хранить при 4°С
30. Фосфаты (полифосфаты, общий фосфор)	Не консервируют	В день отбора	–
	2–4 мл хлороформа	1 сут.	–
31. Фториды	Не консервируют	7 сут.	Отбирать в полиэтиленовую посуду
32. Хлориды	Не консервируют	7 сут.	–
33. Хроматы (суммарно)	Не консервируют	В день отбора	Возможна адсорбция хроматов стенками бутыли
	3 мл азотной или соляной кислоты (до pH 2)	1–2 сут.	То же

Анализируемый показатель	Способ консервации и количество консерванта на 1 л воды	Максимальное время хранения пробы	Особенности отбора и хранения проб
34. Цветность	Не консервируют	В день отбора пробы	–
	2–4 мл хлороформа	1–2 сут.	–

Следует иметь в виду, что ни консервация, ни фиксация не обеспечивают постоянства состава воды неограниченно долго. Они лишь сохраняют на определенное время соответствующий компонент в воде, что позволяет доставить пробы к месту анализа – например, в полевой лагерь, а при необходимости – и в специализированную лабораторию. В протоколах отбора и анализа проб обязательно указываются даты отбора и анализа проб.

** Общие правила отбора, хранения и транспортирования проб приведены в ГОСТ 17.1.5.05, ГОСТ 4979, ГОСТ 24481, ГОСТ 24902, ИСО 5667.*

*** Репрезентативной (от англ. representative – представительный, показательный) считается такая проба, которая в максимальной степени характеризует качество воды по данному показателю, является типичной и не искаженной вследствие концентрационных и др. факторов.*

**** Расчет количества осадков выполняют при метеорологических наблюдениях, иногда проводимых совместно с изучением химического состава осадков.*

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ПО ВОПРОСАМ КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1.1 Общая интенсивность сброса сточных вод в нормальном режиме

1.2 Доля очищенных сточных вод в общем объеме сбросов

1.3 Разбавление/Смешивание

1.4 Вторичные источники

1.5 Способ сброса

1.6 Частота сброса сточных вод

1.7 Частота мониторинга объемов стока

1.8 Частота отбора и анализа проб

1.9 Метод отбора проб

2.1 Вещества, потребляющие или разрушающие кислород

2.2 Азот

2.3 Аммиак

2.4 Фосфор

2.5 Общее содержание взвешенных веществ

2.6 Фенолы

2.7 Стойкие органические соединения

2.8 Масла и жиры

2.9 Тяжелые металлы

2.10 Радиоизотопы

1. ОЧИСТКА И СБРОС СТОЧНЫХ ВОД

1.1 Общая интенсивность сброса сточных вод в нормальном режиме

1.2 Доля очищенных сточных вод в общем объеме сбросов

1.3 Разбавление/Смешивание

1.4 Вторичные источники

1.5 Способ сброса

1.6 Частота сброса сточных вод

1.7 Частота мониторинга объемов стока

1.8 Частота отбора и анализа проб

1.9 Метод отбора проб

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОЧНЫХ ВОД

2.1 Вещества, потребляющие или разрушающие кислород

2.2 Азот

2.3 Аммиак

2.4 Фосфор

2.5 Общее содержание взвешенных веществ

2.6 Фенолы

2.7 Стойкие органические соединения

2.8 Масла и жиры

2.9 Тяжелые металлы

2.10 Радиоизотопы

3. НАГРУЗКИ ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ

ВВЕДЕНИЕ

С целью присвоения статуса Горячей Точки промышленным предприятиям и предприятиям по очистке сточных вод, осуществляющим сбросы сточных вод непосредственно в водные объекты бассейна реки Днепр, их следует оценивать исходя из следующего: (1) характеристики сбросов, т.е. их интенсивность и состав; и (2) очистка, мониторинг и вид сбросов.

Что касается характеристик сбросов, то цель данной работы заключается в определении перечня предприятий, сбрасывающих большие объемы сточных вод с большим содержанием определенных веществ, включенных в перечень основных контролируемых показателей, которые оказывают непосредственное влияние на качество воды в реке. К этим основным или стандартным показателям качества воды обычно относятся и те показатели, для регулирования которых разработаны и могут быть применены Наилучшие Доступные Технологии Очистки (НДТО), вместе с соответствующими процедурами эксплуатационного контроля и мониторинга технологических параметров.

В процессе присвоении промышленным предприятиям статуса Горячих Точек также необходимо учитывать используемые методы очистки и степень очистки, которая обеспечивается в настоящее время. Учет данного фактора позволит выделить те предприятия, которые сбрасывают большие объемы полностью очищенных сточных вод. Таким образом, статус Горячей Точки не обязательно будет присваиваться крупным промышленным предприятиям и объектам очистки сточных вод только по причине их значительного размера. Напротив, при таком подходе будут выделяться те предприятия, которые могут быть меньшими по размеру, но при этом осуществляют сброс производимых ими сточных вод без какой-либо очистки.

Особое внимание также будет уделяться следующим источникам сброса сточных вод: а) объекты, на которых уже сейчас ведется эффективный мониторинг сбросов сточных вод (включая регулярные замеры расходов, отбор и анализ проб); б) объекты, на которых сбросы сточных вод носят периодический характер и/или осуществляются через должным образом спроектированные и построенные подводные водовыпуски и системы рассредоточенного сброса. Данные, предоставленные предприятиями первой группы (а) следует рассматривать как более надежные и точные. Можно предполагать, что сбросы предприятий группы (б) создают гораздо меньшие по площади зоны локализации практически неразбавленных стоков с высокими уровнями содержания загрязняющих (токсичных) веществ и, следовательно, для таких предприятий может существовать возможность увеличения разрешенного уровня содержания отдельных нестойких загрязняющих веществ в составе сбрасываемых ими сточных вод.

Краткое описание и обоснование выбора критериев, включенных в Таблицы для оценки Горячих Точек, представлено далее.

В тех случаях, когда это уместно, в методике предусмотрены альтернативные варианты вопросов для оценки Горячих Точек по одному и тому же критерию. Например, сбросы предприятий очистки сточных вод канализации, как правило, характеризуются более высокими значениями расходов, чем сбросы промышленных комплексов. Поэтому в рамках критерия 1.1 было предложено два набора оценочных данных, один из которых предназначен для оценки коммунальных предприятий по очистке сточных вод, другой – для оценки промышленных комплексов. Что касается Горячих Точек, которые не относятся ни к одну из вышеуказанных категорий, то выбор данных для оценки должен осуществляться исходя из характеристик и состава сточных вод (например, наиболее подходящей основой для оценки сбросов из систем ливневой канализации и поверхностного стока с территории сельскохозяйственных угодий является набор данных, принятый для предприятий очистки сточных вод канализации).

Что касается данных о составе сточных вод, то вряд ли можно ожидать, что все предприятия, получившие статус Горячей Точки, будут иметь данные лабораторных анализов состава сточных вод по всем предложенным параметрам. Поэтому для каждого вопроса, касающегося определенного загрязняющего вещества, предусмотрен альтернативный вариант, позволяющий получить ответ на данный вопрос на основе экспертных оценок и профессионального опыта национальных экспертов. Аналогичный подход использовался и для вопросов, касающихся нагрузок по загрязнению, когда для каждого из вопросов, предполагающих наличие аналитических данных, предусмотрен альтернативный вариант, предусматривающий возможность использования экспертных оценок и профессионального опыта. С целью корректировки возможной погрешности, возникающей в связи с использованием экспертных оценок, методикой предусмотрено следующее: максимальная оценка, присваиваемая на основе экспертных оценок,

составляет 3 балла, тогда как максимальная оценка, присваиваемая на основе фактических данных, составляет 5 баллов.

1. ОЧИСТКА И СБРОС СТОЧНЫХ ВОД

1.1. Общая интенсивность сброса сточных вод в нормальном режиме

Промышленные предприятия:

Данный критерий позволяет дифференцировать промышленные объекты одной отрасли в зависимости от их величины. Как правило, объем образования сточных вод пропорционален объему производства продукции. Крупными считаются предприятия, на которых объем сброса сточных вод составляет более 2500 м^3/сутки, к средним относятся предприятия с объемом сброса сточных вод на уровне 1000м^3/сутки, а предприятия с объемом сброса сточных вод на уровне не более 50м^3/сутки относятся к категории мелких. Поскольку объемы сброса сточных вод на предприятиях очистки сточных вод канализации, как правило, являются более высокими, чем на промышленных предприятиях, было принято решение о соответствующем увеличении пороговых значений, используемых для классификации предприятий по объему сбросов. Уровень увеличения, определенный на основе экспертных оценок, составляет 1000м^3/сутки. Данные по объемам сбросов, использованные национальными экспертами, представляют собой официальные данные государственной статистической отчетности по форме “2тп – водхоз”.

1.2. Доля очищенных сточных вод в общем объеме сбросов

Оценивание по данному критерию выполняется как для постоянных, так и для периодических источников сброса сточных вод, поскольку вполне возможна такая ситуация, когда все сточные воды, образуемые в ходе непрерывных технологических процессов, направляются на очистку, в то время как аварийные сбросы и промывные воды могут поступать в водные объекты без какой-либо очистки и оказывать значительное влияние на их состояние. Такая ситуация возможна, например, на предприятиях по добыче и обогащению руд металлов, когда технологические стоки подвергаются очистке, в то время как очистка стоков из хвостохранилищ не осуществляется.

1.3. Разбавление/Смешивание

Для того, чтобы учесть ассимилирующую способность реки, в схему оценки включен такой показатель как мощность сброса сточных вод (м

^{3}/сутки). Данный показатель учитывается путем ранжирования значений коэффициента разбавления (соотношение речного стока к расходу сточных вод). В качестве стандартного численного критерия речного стока был предложен такой показатель как минимальный среднесуточный (за 7 дней) речной сток с десятилетним интервалом повторяемости ($7Q_{10}$). Данный критерий используется в штате Нью-Йорк в качестве нормативной величины для мониторинга сбросов сточных вод от промышленных предприятий. $_{20}$ – минимальный среднесуточный меженный сток за 7 дней с двадцатилетним интервалом повторяемости). Иными словами, в любой рассматриваемый год вероятность того, что объем речного стока будет недостаточным для того, чтобы обеспечить минимальную приемлемую кратность разбавления, составляет 5%.$_{10}$, поэтому

для оценки разбавляющей способности было предложено использовать значение межсезонного речного стока для маловодного года (95% обеспеченности).

1.4. Вторичные источники

Как в случае коммунальных предприятий очистки сточных вод, так и в случае промышленных предприятий, вторичные источники поступления сточных вод могут оказывать существенное влияние на общее качество сточных вод. Что касается промышленных предприятий, то сточные воды, поступающие от вторичных источников, контролируются в меньшей степени, чем собственные технологические процессы, в связи с чем значительно усложняется возможность получения четкой и достоверной картины качественного состава сбрасываемых сточных вод, что, в свою очередь, может служить основанием для растущей озабоченности по поводу возможных негативных воздействий, которые могут возникнуть в результате сброса этих сточных вод. Говоря о коммунальных предприятиях очистки сточных вод, необходимо отметить следующее: чем значительней доля стоков промышленного происхождения в общем объеме сточных вод, поступающих на очистку, тем больше вероятность того, что в составе этих сточных вод будут присутствовать такие специфические загрязняющие вещества как тяжелые металлы и нефтепродукты.

1.5. Способ сброса

Способ сброса очищенных или неочищенных сточных вод оказывает определяющее влияние на расположение и размер зоны смешивания, в пределах которой вода может обладать токсичными свойствами.

Особую категорию представляют случаи, когда сброс сточных вод не осуществляется вообще в силу наличия и эффективного использования систем полной локализации, оборотного и повторного использования сточных вод, и т.д.

Неорганизованные сбросы представляют собой сбросы, характеризующиеся отсутствием четко определенного места сброса (водовыпуска), в котором был бы возможен непосредственный отбор проб. К этой категории следует отнести случаи, когда сточные воды, в отсутствие видимых канализационных коллекторов или трубопроводов, поступают в приемный объект самотеком.

Сброс сточных вод в подземные пустоты, как организованный, так и неорганизованный, представляется менее желательным, поскольку в этом случае существует значительная вероятность загрязнения подземных водоносных горизонтов, которые являются источником питьевого водоснабжения большого числа населенных пунктов.

1.6. Частота сброса сточных вод

Считается, что периодические сбросы оказывают меньшее воздействие на окружающую среду, чем непрерывные сбросы, так как в промежутках между сбросами не происходит ухудшения качества воды в месте сброса. Тем не менее, периодические сбросы могут быть более опасными для рыб и других водных организмов, которые могут оказаться в зоне сброса в момент его осуществления и, следовательно, подвергнуться негативному воздействию в результате стремительного ухудшения качества воды. Подвижные живые организмы обычно не приближаются к зонам смешивания, существующим в районе расположения постоянно действующих сбросов сточных вод.

1.7. Частота мониторинга объемов стока

Как правило, высокая частота измерений объемов стока свидетельствует о более высоком уровне контроля и управления природоохранной деятельностью.

Постоянный мониторинг объемов стока является более предпочтительным, чем периодический мониторинг, поскольку он позволяет выявить неорганизованные источники сброса и, по возможности, взять их под контроль. С другой стороны, периодический мониторинг является приемлемым вариантом в тех случаях, когда объем стока сбрасываемых сточных вод остается постоянным.

1.8. Частота отбора и анализа проб

Высокая частота отбора и анализа проб свидетельствует о более высоком уровне контроля и управления природоохранной деятельностью.

Постоянный отбор и анализ проб сточных вод является более предпочтительным, чем периодический отбор/анализ проб, поскольку он позволяет выявить неорганизованные источники сброса и, по возможности, взять их под контроль. С другой стороны, периодический или выборочный отбор и анализ проб сточных вод может быть приемлемым вариантом в тех случаях, когда качественные характеристики сбрасываемых сточных вод остаются постоянными. Постоянный отбор проб требуется на начальном этапе, и должен периодически повторяться по истечении определенного периода времени для того, чтобы подтвердить неизменность качественных характеристик сбрасываемых сточных вод.

1.9. Метод отбора проб

Постоянный отбор смешанных проб является более предпочтительным, чем выборочный отбор проб, поскольку он позволяет отследить периодические перепады в качественных характеристиках сточных вод. С другой стороны, как и в случае мониторинга объемов стока, отбора и анализа проб, выборочный отбор проб сточных вод, характеризующихся стабильным качеством и составом (что было установлено на начальном этапе и подтверждалось позднее в рамках программ постоянного отбора и анализа проб), также является приемлемым вариантом.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОЧНЫХ ВОД

Ранжирование степени воздействия сточных вод на окружающую среду осуществляется в на основе следующих 6 категорий:

0 - отсутствие воздействия

1 - незначительное воздействие

2 - умеренное воздействие

3 - значительное воздействие

4 - тяжелое воздействие

5 - чрезвычайно тяжелое воздействие

2.1. Вещества, потребляющие или разрушающие кислород

Данный критерий является достаточно субъективным в том смысле, что в определенных условиях уровни и нагрузки по БПК или ХПК могут колебаться в результате влияния периодических производственных операций, характеризующихся высокими уровнями образования загрязняющих веществ.

Кроме того, высокие уровни БПК/ХПК являются характерными для предприятий определенных отраслей, например, предприятий по переработке сельскохозяйственной и пищевой продукции, особенно в тех случаях, когда на этих предприятиях отсутствуют локальные системы очистки сточных вод.

В случае отсутствия данных об уровнях БПК или ХПК могут быть использованы такие показатели как общий органический углерод (ООУ) или растворенный органический углерод (РОУ).

Азот, как в составе нитритов и нитратов, так и в форме органического азота, является одной из причин развития процесса эвтрофикации в водных объектах.

2.3. Аммиак

Аммиак включен в перечень рассматриваемых показателей по причине своего острого токсического воздействия на водные организмы, особенно в тех случаях, когда вода имеет повышенный уровень кислотности (pH).

2.4. Фосфор

Фосфор ортофосфатов и конденсированных фосфатов является одной из причин развития процесса эвтрофикации в водных объектах.

2.5. Общее содержание взвешенных веществ

Данный показатель качества воды влияет на ее прозрачность, а также на скорость накопления отложений в точке сброса и их возможное перемещение вниз по течению. Второстепенные характеристики твердых частиц не определяются (например, способность к биологическому разложению, удельный вес, размер частиц, опасные компоненты и т.д.).

Для оценки взвешенных веществ, содержащих токсичные органические компоненты, тяжелые металлы и другие опасные соединения, будут использоваться индивидуальные критерии.

2.6. Фенолы

Такой показатель как общее содержание фенолов имеет важное значение для первичной оценки состава сточных вод, особенно в тех случаях, когда речь идет о нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях. Содержание фенолов также является характерным признаком загрязнения водной среды в результате деятельности предприятий по производству и переработке продуктов органической химии, и обычно свидетельствует о присутствии других органических соединений. При низких уровнях содержания фенолы придают питьевой воде неприятный вкус и запах.

2.7. Стойкие органические соединения

Стойкие органические соединения (СОС) – это те органические соединения, которые не способны к быстрому (био)разложению при поступлении в окружающую природную среду, и имеют свойство накапливаться в донных отложениях и тканях/внутренних органах водных организмов. К их числу относятся специфические пестициды и гербициды, полихлорбифенилы, полиароматические углеводороды (ПАУ), галогенизированные органические соединения и другие.

Вид, массовое содержание или концентрация стойких органических соединений в сбрасываемых сточных водах зависят от профиля предприятия. В то время как многие из этих соединений могут быть обнаружены в малых (на уровне микропримесей) концентрациях в составе большинства (если не всех) сточных вод, цель данного исследования заключается в определении тех источников, сточные воды которых характеризуются достаточно высоким массовым содержанием или концентрацией этих соединений, что будет свидетельствовать об их использовании в качестве сырья для производства продукции и отсутствии каких-либо систем и способов их переработки или утилизации.

Данный критерий является общим для всей группы стойких органических соединений. В то же время было бы весьма полезно получить информацию, позволяющую определить конкретные соединения и их концентрацию/массовое содержание, которая будет служить дополнительным обоснованием для субъективной корректировки оценок, присваиваемых горячим точкам. Например, стойким органическим соединениям с более высокими уровнями токсичности может быть присвоено более высокое значение весового коэффициента.

2.8. Масла и жиры

Обычно для масел и жиров устанавливаются два отдельных лимита сброса – для животных и растительных масел/жиров, и для минеральных или синтетических масел и жиров. Лимит сброса для продуктов второго типа обычно на порядок жестче, чем лимит сброса для животных и растительных масел/жиров, поскольку они, как правило, характеризуются большей способностью к биоразложению. В любом случае, оба эти показатели представляют собой эстетические критерии качества воды. Значения концентраций животных/растительных жиров и масел, указанные в матрице количественной оценки, были снижены с целью более точного отражения фактических концентраций, регистрируемых в сточных водах определённых промышленных предприятий.

2.9. Тяжелые металлы

Перечень рассматриваемых тяжелых металлов включает восемь позиций: железо, медь, цинк, никель, хром, кадмий, свинец и ртуть. Концентрации этих металлов определяются как общие значения (растворенная форма + твердая форма). Воздействие тяжелых металлов на окружающую среду проявляется в ухудшении качества воды и донных отложений. Тяжелые металлы в растворенной форме оказывают токсическое воздействие на водные организмы, а также на качество и эстетические свойства питьевой воды (т.е. ее вкус). Оценку следует осуществлять по каждому из этих тяжелых металлов в отдельности, а не в совокупности.

2.10. Радиоизотопы

Основными рассматриваемыми радиоизотопами являются Ce

^{137} and Sr^{90}, которые могут поступать в водные объекты в составе сточных вод предприятий атомной энергетики.

3. НАГРУЗКИ ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ

В то время как концентрация загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных водах является фактором непосредственного воздействия на качество воды в принимающем водном объекте, нагрузки по загрязнению оказывают существенное влияние на общее экологическое состояние речной системы и ее пригодность к использованию для различных нужд. Поэтому аналогичная методика оценивания была разработана для значений нагрузок, основанная на индивидуальном подходе к анализу каждого отдельного загрязняющего вещества, описанном в предыдущем разделе.

Значения нагрузок выражены в процентах от общей нагрузки, переносимой с речным стоком вниз по течению до следующей государственной границы (например, общая нагрузка, формируемая на территории Украины, определяется как процент от нагрузки, поступающей в Черное море, минус значения общих нагрузок, формируемых на территории Беларуси и Российской Федерации). На основании экспертных оценок и практического опыта, вклад каждой Горячей Точки в формирование нагрузки по загрязнению может быть охарактеризован как высокий, средний, низкий и нулевой.

Национальные эксперты обратили внимание на то, что информация по нагрузкам может быть получена только по шести показателям из общего перечня. Эти шесть контролируемых показателей включают БПК, ХПК, аммонийный азот, железо, медь и нефтепродукты. В случае отсутствия данных по нагрузкам для остальных показателей, для осуществлении качественной оценки предполагаемого уровня нагрузки по загрязнению (высокий, умеренный, низкий, или полное отсутствие нагрузки) могут быть использованы экспертные оценки и профессиональный опыт национальных экспертов.

ПОЛОЖЕНИЕ

о порядке ведения государственного учета вод на территории Приднестровской Молдавской Республики

По состоянию на 02 марта 2005 года

Утверждено:
Приказом Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики от 13 мая 2004 года № 101 «Об утверждении и введении в действие Положения «О порядке ведения государственного учета вод на территории Приднестровской Молдавской Республики» (САЗ 04-33)

Приказом Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики от 19 января 2005 года № 11 «О внесении изменений и дополнений в Приложение к Приказу Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики от 13 мая 2004 года № 101 «Об утверждении и введении в действие Положения «О порядке ведения государственного учета вод на территории Приднестровской Молдавской Республики» (САЗ 05-10)

1. Общие положения

1. Настоящее Положение определяет порядок и основные принципы ведения государственного учета вод и их использования на территории Приднестровской Молдавской Республики, и является обязательным для всех предприятий, организаций и учреждений независимо от их форм собственности, которым водные объекты предоставлены в пользование.

2. Государственный учет вод осуществляется в целях обеспечения текущего и перспективного планирования рационального использования водных объектов, их восстановления и охраны.

3. Основной задачей государственного учета вод и их использования является установление количества и качества водных ресурсов, составляющих единый государственный водный фонд, и данных об использовании вод для нужд населения и народного хозяйства.

4. Государственный учет поверхностных и подземных вод и их использование осуществляется ГУ «Отраслевое управление водных и рыбных ресурсов» с участием ГУ «ГС «Республиканский Гидрометеорологический центр» (по поверхностным водным объектам) и ГУ «Отраслевое управление недропользования, геологии и геологической экспертизы» (по подземным водным объектам) Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики.

Государственный контроль за использованием и охраной водных объектов осуществляется ГУ «Управление государственного экологического контроля» с участием ГУ «Отраслевое управление водных и рыбных ресурсов» ГУ «Отраслевое управление водных и рыбных ресурсов» в соответствии с действующим законодательством.

5. Государственному учету подлежит использование вод промышленными, строительными, транспортными, сельскохозяйственными и иными предприятиями, организациями, учреждениями, а также физическими лицами (в дальнейшем -

водопользователи), независимо от их ведомственной принадлежности, источников водоснабжения и приемников сточных вод.

6. Данные государственного учета вод служат основой для принятия решений в сфере государственного управления использования и охраны водных объектов, являются официальными и используются для:

а) оценки и прогнозирования изменений гидрологических и гидрохимических характеристик водных ресурсов;

б) нормирования потребления и сброса вод, а также показателей качества вод;

в) проведения водоохранных мероприятий и восстановления водных ресурсов;

г) разработки схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, водохозяйственных балансов и для ведения государственного водного кадастра;

д) установления размеров платежей, связанных с использованием водных объектов;

е) подготовки и выдачи разрешений на пользование водными объектами;

ж) осуществления государственного контроля за использованием и охраной водных объектов;

з) обеспечения водопользователей необходимой информацией о водных объектах;

и) иных нужд в случаях, предусмотренных действующим законодательством Приднестровской Молдавской Республики.

к) учета водного фактора при размещении промышленных и других предприятий;

л) проектирование водохозяйственных и иных сооружений, связанных с использованием вод;

м) оперативного управления водохозяйственными системами и водоохранными комплексами;

н) регулирования водных отношений между водопользователями Республики, а также между Приднестровской Молдавской Республикой и соседними государствами;

о) ведения других кадастров природных ресурсов.

2. Порядок ведения первичного учета использования вод

7. Для каждого водопользователя составляется укрупненная схема водоснабжения и водоотведения с указанием и нумерацией мест измерения, забора (приема) и сброса воды, а также точек передачи ее другим потребителям. Эта схема должна быть составлена таким образом, чтобы обеспечить полное представление о количестве и качестве потребляемых и сбрасываемых вод.

8. Измерение расходов воды производится на каждом водозаборе и выпуске сточных вод, а также в системах оборотного водоснабжения, повторного использования сточных вод и в точках передачи (приема) воды другим водопользователям.

Выбор средств измерений и измерительных устройств определяется их назначением, производительностью водозаборных и водосбросных сооружений, требуемой точностью измерений (предел допускаемой погрешности измерений). При этом учитываются: наличие помещений для размещения средств измерений, минимальные и максимальные эксплуатационные расходы и графики их колебаний; избыточное давление или вакуум в трубопроводах, в которых устанавливают расходомеры; типы насосных агрегатов (для насосных станций); состав сточной жидкости, степень загрязненности и температура воды; стоимость электроэнергии (для оценки экономичности вариантов расходомерных устройств).

Водопользователи, не имеющие соответствующих средств измерений, временно, до их установки, осуществляют водопользование по согласованию с Министерством природных ресурсов и экологического контроля по следующим методам:

а) по расходу электроэнергии на перекачку воды;

б) по производительности и числу часов работы насосного оборудования;

в) по количеству выпускаемой продукции и удельным расходам воды на единицу продукции;

г) по площади орошения и нормам орошения в зависимости от климатических условий отчетного года.

9. При установке, взамен вышедшего из строя нового средства измерения учет воды производится по среднесуточному расходу с момента записи последнего показания по день установки нового средства измерения.

О каждой замене (снятии и установки до и после государственной поверки) водоизмерительных устройств и сооружений, водопользователь в обязательном порядке уведомляет письменно ГУ «Отраслевое управление водных и рыбных ресурсов» Министерства природных ресурсов и экологического контроля для последующей (повторной) установки Государственной пломбы с составлением Акта опломбирования установленной формы (Приложение N 2). Работа приборов учета без опломбирования запрещена. Забор воды при неопломбированных приборах учета считается сверхлимитным.

10. Показатели качества сбрасываемых сточных вод определяются на каждом выпуске их в водные объекты, а также в точках передачи в городскую канализацию.

11. Определение концентрации загрязняющих веществ в сбрасываемых сточных водах производится постоянно или периодически путем гидрохимических анализов.

12. К эксплуатации средств измерений для определения расходов воды и качества сточных вод допускаются специалисты, знающие устройство этих средств, принципы их действия, правила производства поверок и техники безопасности при обращении с ними, имеющие специальное образование или прошедшие соответствующую стажировку, что должно быть официально подтверждено.

13. Результаты первичного учета использования вод фиксируются в унифицированных формах первичной учетной документации согласно прилагаемому Приложению № 1.

14. Водопользователи должны иметь согласованные в установленном порядке проекты «Инвентаризации источников водопотребления и водоотведения» в соответствии с СНиП ПМР 10-01-02 «Охрана окружающей природной среды», введенным в действие Приказом Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики от 15.07.2002 года № 160 «Об утверждении правовых актов в области охраны окружающий среды и рационального природопользования» (САЗ 02-35) (Регистрационный № 1695 от 27.08.2002 года) с обязательной разработкой в данных документах удельных норм водопотребления на единицу выпущенной продукции или тыс. рублей услуг».

3. Распределение функций при ведении Государственного учета вод

15. ГУ «Отраслевое управление водных и рыбных ресурсов» Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики в области государственного учета вод и их использования осуществляет следующие функции:

а) ведение государственного учета поверхностных и подземных вод совместно с ГУ «ГС «Республиканский Гидрометеорологический центр» (по поверхностным водным объектам) и ГУ «Отраслевое управление недропользования, геологии и геологической экспертизы» (по подземным водным объектам);

б) устанавливает Государственные пломбы на первичные приборы учета водопотребления на скважинах (водозаборах подземных вод), находящихся на балансе предприятий, учреждений, организаций независимо от форм собственности с обязательным составлением Акта опломбирования;

в) обеспечивает на предприятиях, учреждениях, организациях – водопользователях контроль (экспертизу) за правильностью первичного учета количества забираемых из водных объектов и сбрасываемых в них вод и определения качества сбрасываемых вод, за наличием и состоянием оборудования и аппаратуры для учета потребления и сброса вод и за соблюдением установленных сроков государственной аттестации этого оборудования и аппаратуры;

г) осуществляет учет использования вод на основе отчетности водопользователей (Форма N 1 – водхоз);

д) осуществляет регистрацию водопользователей;

е) выдача разрешений на специальное водопользование по согласованию со всеми заинтересованными органами;

ж) установление единых систем учета вод и их использования;

16. ГУ «ГС «Республиканский Гидрометеорологический центр» осуществляет ведение Государственного учета вод по разделу «Поверхностные воды», в том числе:

а) осуществление совместно с заинтересованными органами соответствующих министерств и ведомств государственного учета водных ресурсов по количественным и качественным показателям и их использования по единой системе;

б) обеспечение заинтересованных предприятий, учреждений и организаций на основе материалов государственного учета поверхностных вод данными о водных объектах и гидрологическом режиме необходимом для проектирования и эксплуатации предприятий, сооружений и других социально-экономических объектов;

в) осуществляет наблюдение за уровнем загрязнения поверхностных вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям, обеспечивает заинтересованные предприятия, организации, учреждения систематической информацией об уровне загрязнения водных объектов и возможности его изменения под влиянием хозяйственной деятельности и гидрометеорологических условий, а также экстренной информацией и риске изменения уровня загрязнения поверхностных вод.

17. ГУ «Отраслевое управление недропользования, геологии и геологической экспертизы» в области ведение Государственного учета вод по разделу «Подземные воды»:

а) осуществляет государственный учет подземных вод, включая учет эксплутационных запасов этих вод, а также наблюдение за их режимом и качеством;

б) обеспечивает предоставление в Министерство природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики обобщенных данных по учету подземных вод;

в) обеспечивает заинтересованные предприятия, учреждения, организации на основе материалов государственного учета вод данными о подземных водах и их режиме, а также гидрогеологическими прогнозами, необходимыми для проектирования, строительства и эксплуатации предприятий, сооружений и других объектов, связанных с использованием подземных вод;

г) осуществляет наблюдение и контроль за уровнем загрязнения подземных вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям, обеспечивает заинтересованные предприятия, организации, учреждения систематической информацией об уровне загрязнения водных объектов и возможности его изменения под влиянием хозяйственной деятельности и гидрометеорологических условий, а также экстренной информацией и риске изменения уровня загрязнения подземных вод.

18. Порядок согласования и выдачи (продления) разрешений на специальное водопользование (сроком на один год) регламентированный Инструкцией «О порядке согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование», введенной в действие Приказом Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики от 15 июля 2002 года N 160 «Об утверждении правовых Актов в области охраны окружающей среды и рационального природопользования» (САЗ 02-35).

19. Перечень необходимых документов, представляемых водопользователями для получения (продления) разрешений на пользование водными объектами (спецводопользование):

а) письменное ходатайство водопользователя установленной формы;

б) согласование с органами государственного управления и государственного контроля (надзора) в ведении которых находятся вопросы:

1) гигиены и эпидемиологии;

2) геологии (при выдаче разрешений на пользование подземными водами, а также, на сброс сточных вод в подземные водоносные горизонты);

3) ветеринарно-санитарные, санитарии и фитосанитарии (при выдаче разрешений на забор воды для нужд животноводства, рыболовства и предприятий по переработке и хранению продуктов и сырья животного происхождения);

в) согласование с первичными водопользователями (при выдаче разрешений на использование водных объектов, представленных в обособленное пользование);

г) ситуационный план водного объекта (его части) с указанием местоположения сооружений или технических устройств, при помощи которых осуществляется специальное водопользование;

д) краткая характеристика объекта и производственной деятельности (объем выпускаемой продукции, численность работающих, мощность, площадь орошаемых, осушаемых земель и др.);

е) схема водоснабжения и водоотведения объекта;

ж) нормативно-обоснованные объемы водопотребления и водоотведения (расчет): на хозяйственно-питьевые нужды в соответствии со СНиП; на производственные нужды в соответствии с разработанными отраслевыми нормами; расход свежей воды; повторно используемой; оборотной воды; передача воды другим предприятиям; использование на земледельческие поля орошения (ЗПО) в тыс. $м^3$/сутки, тыс. $м^3$/год.

з) производительность водозаборных сооружений;

и) схема, тип и производительность очистных сооружений сточных вод (с указанием типа оголовка выпуска), основные расчетные параметры и ожидаемая техническая эффективность (в % и абсолютных концентрациях) очистки, обезвреживания сточных вод, а также их обеззараживания;

к) расчет предельно-допустимого сброса (ПДС);

л) мероприятия по организации зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения (их обустройство, посадка зеленых насаждений (облесение), установка аншлагов, водоохранных знаков и т.д.);

м) мероприятия по обеспечению учета забираемых и сбрасываемых вод и определению качественного состава сбрасываемых вод;

н) балансовая схема водопотребления и водоотведения объекта;

о) Акт водолазного обследования рыбозащитных сооружений (РЗС) насосных станций поверхностных водозаборов;

п) Акт проверки водохозяйственной и водоохранной деятельности предприятия местными Управлениями экологического контроля;

р) копия платежного поручения;

с) Свидетельство о регистрации юридического лица (оригинал и копия);

т) справка о наличии фискального кода (оригинал и копия);

у) справка о кодах ОКПО (оригинал и копия);

ф) государственный Акт на право пользования (владения) землей (оригинал и копия);

х) отчет водопотребления и водоотведения при продлении разрешения на спецводопользование за истекший период.

Документы и материалы считаются официально принятыми в производство ГУ «Отраслевое Управление водных и рыбных ресурсов» Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики, если при предварительном рассмотрении подтверждается достоверность их объема и состава.

4. Порядок лимитирования водопотребления и водоотведения

20. Лимиты водопользования (водопотребления и водоотведения) представляют собой предельно допустимые объемы изъятий водных ресурсов и сбора сточных вод нормативного качества.

Лимиты водопользования (водопотребления и водоотведения) водопользователями устанавливаются на определенный срок на основании водохозяйственных балансов и заявленных ими потребностей в водных ресурсах.

Лимиты водопользования устанавливаются ГУ «Отраслевое Управление водных и рыбных ресурсов» Министерства природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики. Водопотребление водопользователями с не установленным или не согласованным лимитом является сверхлимитным.

21. Перечень необходимых документов, представляемых водопользователями для установления лимитов водопотребления и водоотведения:

а) письменное ходатайство водопользователя;

б) нормативно-обоснованные нормы водопотребления и водоотведения (расчет на следующий год и отчет в виде расчета за истекший период) на хозяйственно-питьевые нужды в соответствии со СНиП; на производственные нужды в соответствии с удельными нормами согласно разработанных проектов «Инвентаризации источников водопотребления и водоотведения» на единицу выпущенной продукции;

в) объем выпущенной продукции за истекший период;

г) план выпуска продукции на следующий год;

д) расчет платежей за воду, используемую вопользователями (Приложение № 4 к Инструкции Министерства доходов «О порядке исчисления и уплаты платежей за загрязнение окружающей среды и пользование природными ресурсами») за истекший период;

е) отчет по труду по форме 1-Т за истекший период;

ж) передача воды субабонентам: копия договора с обязательным расчетом водопотребления;

з) копии договоров на мойку автотранспорта (в случае мойки за пределами территории предприятия)».

Приложение № 1
к Положению «О порядке
ведения государственного
учета вод на территории
Приднестровской
Молдавской Республики»

ЕДИНЫЕ ФОРМЫ ПЕРВИЧНОЙ УЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДЫ (ПОД-11, ПОД-12, ПОД-13)

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Настоящие Единые формы первичной учетной документации по использованию воды (далее Формы) обязательны для применения на предприятиях, в организациях и учреждениях, осуществляющих водопользование, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

В учетной практике формы должны применяться без внесения каких-либо изменений и дополнений. Это внесет определенное упорядочение в учете, обеспечит единство в методологии организации первичного учета использования вод, создаст условия для централизованного изготовления журналов учета и снабжения ими всех предприятий-водопользователей.

Организацию первичного учета и внедрение форм на подведомственных предприятиях в соответствии с установленным порядком осуществляют министерства и ведомства.

Предложения о внесении изменений в установленные формы первичной учетной документации рассматриваются Министерством природных ресурсов и экологического контроля Приднестровской Молдавской Республики по представлению министерств и ведомств и согласовываются с Государственной Службой статистики Министерства экономики Приднестровской Молдавской Республики.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМ ПЕРВИЧНОЙ УЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОД

Номер формы	Наименование формы	Формат	Вид изделия или работы	Объем (число листов)	Сорт бумаги
ПОД-11	Журнал учета водопотребления (водоотведения) водоизмерительными приборами и устройствами	2 А4	Книга переплет N 2	48-96	Писчая
ПОД-12	Журнал учета водопотребления (водоотведения) косвенными методами	2 А4	- // -	- // -	- // -
ПОД-13	Журнал учета качества сбрасываемых сточных вод	А4	- // -	- // -	- // -

Примечание: Журналы учета формы №№ ПОД-11, ПОД-12, ПОД-13 лжны быть прошнурованы и скреплены подписью ководителя и печатью.
Образцы (обложки и титула) журналов прилагаются.

3. КРАТКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ И ЗАПОЛЕНИЮ ФОРМ №№ ПОД-11, ПОД-12, ПОД-13

Данные журналов первичного учета являются основой для заполнения статистической отчетности (форма N 1-водхоз), составления проектов планов по охране и рациональному использованию водных ресурсов, а также для расчетов платы за забор воды промышленными предприятиями.

Каждое предприятие (организация, учреждение) должно иметь укрупненную балансовую схему прямоточного и оборотного водоснабжения и водоотведения с указанием и нумерации мест измерения забора (приема) и сброса воды, а также точек передачи ее другим потребителям.

Измерение расходов воды производится в пункте учета на каждом водозаборе и выпуске сточных вод, а также в системах оборотного водоснабжения, повторного использования сточных вод и в точках передачи (приема) воды другим водопользователям.

На каждый водозабор, сброс сточных вод, точку получения и передачи свежей и сточной воды, оборотную систему и т.п. заводится отдельный журнал или отводится в нем необходимое количество листов.

При заполнении форм следует руководствоваться требованиями и определениями, изложенными в Инструкции по составлению статистического годового отчета (форма № 1 – водхоз) об использовании воды.

К системам оборотного водоснабжения относятся системы технического водоснабжения, предназначенные для многократного использования воды в технологических циклах предприятия. Оборотная вода может подаваться без подготовки или проходить соответствующую обработку.

Годовой расход оборотной воды численно равен тому количеству свежей воды, которое было бы подано на производственные нужды при отсутствии оборотного водоснабжения.

К системам оборотного водоснабжения не относятся системы водоснабжения, в которых для охлаждения или задержания (аккумуляции) отработанной воды используются объекты единого государственного водного фонда (реки, озера, каналы, водохранилища). Исключение составляют наливные водохранилища, пруды-охладители и другие водные объекты, специально предназначенные для указанных целей.

Состав и свойства сточных вод определяются на каждом выпуске их в водные объекты, а также на каждой скважине, по которой сточные воды закачиваются в подземные горизонты, если последние имеют связь с подземными водами.

При наличии на данном предприятии нескольких водозаборов и выпусков сточных вод по каждому из них ведется журнал первичного учета использования вод по количественным и качественным показателям (формы №№ ПОД-11, ПОД-12, ПОД-13).

Выбор водоизмерительных приборов и устройств определяется их назначением, величиной измеряемых расходов воды (максимального и минимального), производительностью водозаборных и водосбросных сооружений, составом сточных вод.

На предприятиях, в организациях и учреждениях, не имеющих соответствующей водоизмерительной аппаратуры, расходы воды по согласованию с республиканскими и территориальными органами экологического контроля Минприроды ПМР, в порядке исключения, временно до установки контрольно-измерительных приборов, определяются в соответствии с установленным порядком п. 8 Положения «О порядке ведения государственного учета вод на территории Приднестровской Молдавской Республики», показатели которых заносятся в журнал по форме N ПОД-12.

При расчете водопотребления и водоотведения по нормам следует руководствоваться укрупненными нормами в соответствии со СНиП ПМР 40-01-01, СНиП ПМР 40-02-02, СНиП ПМР 40-03-02. При этом для нужд предприятий, организаций и учреждений расчет потребления и отведения вод производится по числу дней работы, а для нужд населения – по числу календарных дней в отчетном периоде.

Порядок ведомственного лабораторного контроля за сбросом сточных вод в водные объекты (периодичность, место отбора, перечень определяемых и количество сбрасываемых со сточными водами загрязняющих веществ (ингредиентов), методы их анализа и т.п.) согласовывается с природоохранными органами Минприроды ПМР.

Формы заполняются и подписываются лицом, ответственным за ведение первичного учета водопользования вод на предприятии, утверждаются Приказом директора (руководителя) предприятия, организации, учреждения.

Правильность заполнения форм и достоверность приводимых в них данных систематически проверяется руководителем соответствующей службы предприятия, что подтверждается его подписью в журнале.

4. ЖУРНАЛ
учета водопотребления (водоотведения) водоизмерительными приборами и устройствами (Форма № ПОД-11).

Форма применяется для определения количества воды, забираемой из водных объектов или других систем водоснабжения (артскважин (собственных), горводопровода и т.д.), передаваемой другим водопользователям или сбрасываемой в водные объекты, отводимой на поля фильтрации, в накопители, испарители и т.п., а также используемой в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения. Записи в журнале по форме N ПОД-11 ведут на основании проведения замеров расходов воды.

Графа 2 заполняется на основании показаний водоизмерительной аппаратуры. При учете воды водомерами с суммирующим устройством в эту графу заносятся предыдущие и последующие показания расходомера. Разность показаний заносится в графу 4 с подведением итогов за каждый месяц и в целом за год в тыс. $м^3$.

Если учет воды осуществляется расходомерами с регистрирующим вторичным прибором, то в журнале записывается порядковый номер диаграммы, снятой со вторичного прибора. После планиметрирования диаграммы в графе 4 указывается суточный расход воды в $м^3$/сут. Суммарные расходы воды за месяц и в целом за год проставляются в тыс. $м^3$.

При учете воды расходомером с показывающим устройством в графе 2 в числителе указываются разовые данные, снятые со вторичного прибора расходомерного устройства, а в знаменателе – соответствующие величины расходов в $м^3$/час. Расход воды за каждые сутки определяется умножением среднечасового расхода воды на количество часов работы расходомера в сутки и заносится в графу 4. Суммарные расходы воды за месяц и в целом за год проставляются в тыс. $м^3$.

Журнал проверяется и подписывается руководителем соответствующей службы в сроки, определяемые периодичностью проведения замеров расхода воды.

В случае выхода из строя водоизмерительного устройства учет использования вод ведется по форме N ПОД-12.

5. ЖУРНАЛ
учета водопотребления (водоотведения) косвенными методами (Форма N ПОД-12).

Применяется на предприятиях, организациях, цехах, участках, где отсутствует водоизмерительная аппаратура.

Если первичный учет вод осуществляется по расходу электроэнергии на перекачку 1 $м^3$ воды, а в графе 3 – общий расход электроэнергии за отчетный период (месяц, год) в тыс. кВт/час, то расход воды определяется путем деления показателей графы 3 на показатели графы 2 и заносится в графу 4. На насосных станциях расходы воды устанавливаются по числу часов работы насосов и их производительности.

Графа 4 определяется на основе эксплуатационных характеристик насосов, получаемых по результатам заводских испытаний в виде зависимостей напора мощности и КПД от расходов воды. В этом случае расход снимают непосредственно с кривой Q-H по величине полного напора. При этом необходимо в журнале указывать время включения и выключения каждого насоса.

При учете воды по количеству выпускаемой продукции в графе 3 проставляется суточный объем продукции в принятых единицах измерения, а в графе 2 – необходимое

количество воды в единицах продукции (удельный расход). Суточный расход воды определяется путем умножения показателей графы 2 и графы 3. Его значения проставляются в графе 4.

Объем потребляемой воды отдельной технической установкой определяется путем умножения продолжительности (в час) эксплуатации этой установки за отчетный период на часовой расход воды, проходящей через установку.

Журнал ежедекадно проверяется и подписывается руководителем соответствующей службы.

6. ЖУРНАЛ
учета качества сбрасываемых сточных вод (Форма N ПОД-13).

Применяется для всех предприятий (организаций), сбрасывающих сточные воды в природные водные объекты (поверхностные и подземные), на поля фильтрации (ПФ), а также передающих воды в городскую канализацию и т.д.

Форма применяется для учета количества ингредиентов, поступающих в водные объекты в составе сточных вод на каждом выпуске. Записи в журнале по форме N ПОД-13 ведут на основании и по мере проведения физико-химических и биологических анализов сточных вод, результаты которых заносятся в графу 2.

Показатель расхода сточных вод в каждой строке журнала должен соответствовать их расходу в день отбора пробы.

При ежедневном анализе сточных вод количество сбрасываемых с ними загрязняющих веществ определяется как произведение концентрации соответствующего ингредиента на суточный расход сточных вод и результаты заносятся в графу 5. При периодическом анализе количество сбрасываемых загрязняющих веществ определяется как произведение средней концентрации данного ингредиента и общего объема сброшенных за отчетный период сточных вод.

Суммарное количество сброшенных загрязняющих веществ за месяц и в целом за год проставляются в графе 5 в килограммах или тоннах (кг, тн) в соответствии с примечанием 1 к таблице 2 формы статистической отчетности N 1-водхоз.

Для заполнения таблицы 2 формы статистической отчетности N 1- водхоз должны использоваться данные только тех журналов, которые ведутся на сбросах сточных вод в природные водные объекты.

Журнал заполняется, проверяется и подписывается руководителем соответствующей службы в сроки, определяемые периодичностью проведения лабораторных анализов сбрасываемых сточных вод.

Форма № ПОД-11

_____
(предприятие, организация)

_____
(цех, участок)

_____
наименование пункта учета воды и его местонахождение

_____
тип водомерного устройства и дата его аттестации

_____
вид и наименование источника (приемника) воды

Ж У Р Н А Л

учета водопотребления (водоотведения) водоизмерительными приборами и устройствами

Начат «___»_____ 200___г.

Окончен «___»_____ 200___г.

Настоящий журнал состоит из _____ листов.

Форма № ПОД-11

Дата измерения расхода	Показания расходомера	Время работы расходомера, сутки	Расход воды $м^3$/сутки, тыс. $м^3$, сутки	Подпись лица, осуществляющего учет
1	2	3	4	5

Проверил _____ _____ _____ «___»_____ 200___г.
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Форма № ПОД-12

_____
(предприятие, организация)

_____
(цех, участок)

_____
наименование пункта учета воды и его местонахождение

_____
тип водомерного устройства и дата его аттестации

_____
вид и наименование источника (приемника) воды

Ж У Р Н А Л

учета водопотребления (водоотведения) косвенными методами

Начат «___»_____ 200___г.

Окончен «___»_____ 200___г.

Настоящий журнал состоит из _____ листов.

Форма № ПОД-12

Число и месяц	Удельные расходы воды на ед. продукции ($м^3$) или удельный расход электроэнергии (квт час/$м^3$) или производительность насосов ($м^3$)	Объем выпущенной продукции (туб.) или расход электроэнергии за отчетный период (тыс. квт час) или кол-во часов работы насосов в сутки (час) или показания манометра (атм.)	Расход воды за отчетный период, тыс. $м^3$	Подпись лица, осуществляющего учет
1	2	3	4	5

Проверил _____ _____ _____ «___»_____ 200___г.
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____
(предприятие, организация)

_____
(цех, участок)

_____
наименование пункта учета воды и его местонахождение

_____
тип водомерного устройства и дата его аттестации

_____
вид и наименование источника (приемника) воды

Ж У Р Н А Л

учета качества сбрасываемых сточных вод

Начат «___»_____ 200___г.

Окончен «___»_____ 200___г.

Настоящий журнал состоит из _____ листов.

Форма № ПОД-13

Дата, место взятия пробы	Наименование ингредиента	Концентрация ингредиента, мг/л	Расход сточных вод, тыс. $м^3$/сут.	Количество сбрасываемого ингредиента, кг	Подпись лица, осуществляющего учет
1	2	3	4	5	6

Проверил _____ _____ _____ «___»_____ 200___г.
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Приложение № 2
к Положению «О порядке
ведения государственного
учета вод на территории
Приднестровской
Молдавской Республики»

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ГУ «Отраслевое Управление водных и рыбных ресурсов»

АКТ ОПЛОМБИРОВАНИЯ

«___»_____ 200__ г. _____
Наименование и местонахождение объекта

Комиссия в составе: _____
должность, фамилия, имя, отчество членов комиссии

_____

_____

_____

_____

в соответствии с Положением «О порядке ведения государственного учета вод на территории Приднестровской Молдавской Республики», утвержденным Приказом Министра природных ресурсов и экологического контроля ПМР от «___» _____200___ г., №____ произвела опломбирование измерительного прибора типа _____ № _____, установленного _____
наименование объекта, цеха, узла и т.д.

для ведения государственного учета вод и их использования.
Государственная пломба № _____ сдана на ответственное хранение _____

_____
должность, фамилия, имя, отчество руководителя объекта

Пломба принята на ответственное хранение _____

_____
должность руководителя дата, подпись

Подписи членов комиссии: _____

_____

_____

Акт составлен в _____ экземплярах.

Акт вручен _____
должность, фамилия, имя, отчество руководителя объекта

Примечание 1. О каждой замене (снятии и установки до и после государственной поверки) водоизмерительных устройств и сооружений, водопользователь в обязательном порядке уведомляет письменно ГУ «Отраслевое Управление водных и рыбных ресурсов» Министерства природных ресурсов и экологического контроля для последующей (повторной) установки Государственной пломбы с составлением Акта опломбирования установленной формы (пункт 8 Положения «О порядке ведения государственного учета вод на территории Приднестровской Молдавской Республики»).
Примечание 2. Руководство объекта несет ответственность за сохранность установленных Государственных пломб. В случае самовольного срыва Государственной пломбы руководство и виновные лица несут административную или уголовную ответственность в соответствии с действующим законодательством Приднестровской Молдавской Республики (Статья 115 Водного Кодекса Приднестровской Молдавской Республики).

Справка
О порядке проведения количественного химического анализа сточных вод в г. Москве.

1. Разграничение сфер деятельности Госсанэпиднадзора и органов по охране окружающей среды.

В соответствии с Законом РФ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" и Законом РФ "Об охране окружающей природной среды" в 1993 г. было разработано "Положение о взаимодействии и разграничении функций Госсанэпиднадзора РФ и Минприроды РФ, их органов и учреждений на местах". Согласно этому Положению "органы санэпиднадзора имеют исключительное право на установление требований и норм, направленных на предупреждение вредного воздействия окружающей природной среды на здоровье населения. Санитарное законодательство имеет приоритет в области государственного управления и контроля окружающей природной среды в селитебных зонах, зонах рекреации, местах водопользования и других местах обитания людей".
В отношении сточных вод это означает, что Госсанэпиднадзор должен контролировать только те сбросы, которые попадают непосредственно в источники водопользования, питьевого или хозяйственно-бытового назначения (статья 6.11.5 СанПиН 2.1.5.980-00 от 01.01.2001 - прим. юридической службы ЗАО "Экологика"), а соответствующие предприятия являются спецводопользователями. Таких предприятий в Москве считанные единицы. Все остальные предприятия сбрасывают свои стоки либо в сеть Мосводостока, либо Мосводоканала. Соответственно контроль за этими сточными водами, согласно Распоряжению Мэра г. Москвы № 521-РМ от 25 мая 2001 г., ведется владельцами систем коммунального водоотведения (т.е. Мосводостоком и Мосводоканалом) путем проведения контрольных анализов и инспекционных проверок. При этом нормативы сбросов загрязняющих веществ для абонентов определяются предприятиями водопроводно-коммунального хозяйства на основании рассчитанных или/и утвержденных в установленном порядке предельно-допустимых сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду. Т.о., сточная вода, поступающая в системы коммунального водоотведения рассматривается как источник загрязнения окружающей природной среды, не воздействующий непосредственно на здоровье населения и никак не попадет в сферу деятельности Департамента санэпиднадзора Минздрава РФ.

2. Проведение контрольных анализов.

Отбор проб сточных вод и анализ их качественного и количественного состава осуществляется предприятиями-абонентами силами ведомственных или сторонних химических лабораторий. Сторонние лаборатории должны получить разрешение (лицензия) на выполнение анализов в Аналитической инспекции Москомприроды (Департамента природопользования и охраны окружающей среды). Непременным условием получения лицензии является аккредитация соответствующей лаборатории. Что же касается ведомственных лабораторий, то они тоже должны быть аккредитованы, иначе результаты их анализов будут считаться недостоверными.

3. Аккредитование лаборатории.

Все аналитические лаборатории делятся на 2 группы. Ко второй группе принадлежат лаборатории госслужб (СЭС, Центральная инспекция аналитического контроля МПР и т.п.). к первой группе принадлежат все остальные лаборатории. Существует несколько систем аккредитации: ГОСТ-Р, САЛ, СОВАСК, СЭС и т.д. Все они, в принципе, являются равноправными. Однако следует обращать внимание на область аккредитации соответствующей лаборатории. Например, в области аккредитации лаборатории системы Госсанэпиднадзора может отсутствовать в перечне объектов количественного химического анализа "сточная вода" и "очищенная сточная вода" (это не их специфика). В этом случае результаты количественного химического анализа, полученные в такой лаборатории, не считаются достоверными. Кроме того, в области аккредитации обязательно указываются для каждого компонента диапазон определяемых концентраций. Нужно, чтобы нижняя граница этого диапазона была не выше соответствующего норматива. Для сточной воды в г. Москве в качестве таких нормативов применяются ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды водных объектов,

имеющих рыбохозяйственное значение. В то же время Госсанэпиднадзор руководствуется:

1. гигиеническими нормативами содержания вредных веществ в питьевой воде
2. ПДК вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначенияЭти нормативы существенно более мягкие, чем ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Соответственно, и в области аккредитации лаборатории СЭС значение нижнего диапазона определяемых концентраций того или иного компонента может оказаться выше ПДК рыбохозяйственных водоемов. Это является достаточным основанием для того, что отвергнуть услуги такой лаборатории.
   Если какая-либо лаборатория претендует на выполнение количественных химических анализов (КХА) сточных вод, то она должна быть лицензирована и зарегистрирована в Государственном реестре (номер типа: РОСС RU. 0001.511709 - номер регистрации ООО НИФ "Витахим"). Кроме того, нужно обратить внимание на протокол анализа, предоставляемый этой лабораторией. Если результаты анализа приводятся без указаний погрешности, то это является прямым нарушением требований Государственной системы выполнения измерений, а также результаты не могут быть признаны достоверными. Именно этим очень часто грешат лаборатории СЭС.
   4. Методики выполнения КХА для сточной воды.
   Любая методика КХА сточной воды должна отвечать следующим требованиям:
   -в области применения должно быть указано, что методика предназначена для выполнения КХА проб сточных или очищенных сточных вод. По этой причине не могут применять ГОСТы на питьевую воду, а также большинство выпускаемых Минздравом МУ и МУК, т.к. в них речь идет, как правило, о питьевой воде;
   -методика должна быть метрологически аттестована. Это означает, что должно быть свидетельство о метрологической аккредитации, выданное учреждением, имеющим на это право. Такими организациями являются: Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии и сертификации (ВНИИМС), Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМС), Центр исследования и контроля качества воды (ЦИКВ - г. С-Петербург), Гидрохимический институт федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ЗАО "РОСА"(г.Москва).
   -в методике обязательно должны быть указаны характеристики погрешности и значения нормативов оперативного контроля. В самом крайнем случае должна быть указана хотя бы одна из составляющих погрешности, либо общая погрешность. Если нет и этого, то методика не может применяться и ссылки на нее не допускаются. По этим причинам нельзя применять методики из сборника Ю.Ю. Лурье "Аналитическая химия промышленных сточных вод", большинство методик из сборников "Унифицированные методы исследования качества воды (СЭВ)", ISO и EPA.

К использованию при анализе сточной и очищенной сточной воды могут быть рекомендованы методики со следующими шифрами (в порядке убывания предпочтения):

- Природоохранные нормативные документы федеральные (ПНД Ф 14…из Госреестра методик количественного химического анализа-КХА);
- Руководящие документы-РД 204… (НПО "Росводоканал");
- Руководящие документы-РД 52.24… (федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды);
- Руководящие документы-РД 33… (Роскомвод);
- Методики государственного унитарного предприятия Центр исследования и контроля воды-ЦВ … (ГУП "ЦИКВ" г. С-Петербург);
- Отдельные методики серии ISO и из сборника "Унифицированные методы исследования качества воды (СЭВ) при условии наличия хотя бы одной метрологической характеристики.

EXTRAS
din Registrul de Stat al mijloacelor de măsurare al Republicii Moldova
(извлечение из Государственного реестра средств измерений Республики Молдова)

Перевод

Ультразвуковые и электромагнитные приборы измерения расхода и количество природных и сточных вод в трубопроводах и открытых каналах, включенные в Государственный реестр приборов учета Республики Молдова

Тип прибора	Завод-фирма изготовитель	Фирма импортер приборов	Назначение прибора	Краткая техническая характеристика прибора	Номер регистрации в Госреестре
1	2	3	4	5	6
ДРК-3 датчики расхода воды кореляционные	ЗАО «Флоукор» Москва	Технический центр «Мультимер-энерго» А.О. Кишинэу ул.Академическая,3/2 тел./факс - 737415	Корреляционный датчик расхода воды ДРК-3 предназначен для измерений расхода питьевых, технических и сточных вод в полностью заполненных трубопроводах. Содержание взвешенных веществ - 50 % (500 гр.на литр)	Прибор устанавливается в трубопроводе. Диаметр: от 80 до 4000 мм с врезными датчиками, давление до 25 кг/см^2	0292:2002
ЭХО-Р-01	Фирма «Сигнур» Москва	Технический центр «Мультимер-энерго» А.О. Кишинэу ул.Академическая,3/2 тел./факс - 737415	Расходомеры с интегратором, акустические. Предназначены для измерения объемного расхода (количества) жидкости, в т.ч. сточных вод, в открытых каналах шириной до 4 м и глубиной до 3 м, оборудованных стандартными измерительными лотками, и в безнапорных трубопроводах диаметром от 0,1 м до 3,0 м с целью учета, в т.ч. коммерческого в системе канализации	Прибор состоит из первичного акустического преобразователя (АП-11, АП-13). Предел допустимой основной погрешности ± 3,0 %. Длина линии связи не > 100 м	Регистрация в стадии оформления (письмо «Молдовастандарт» № 16-15-2/25 от 27.07.98г.)
УРСВ-010М	«VZLIOT» Санкт-Петербург	LTD „Converter” Кишинэу	Расходомер-счетчик ультразвуковой для измерения объемного расхода и объема холодной и горячей воды в напорных металлических и пластмассовых трубопроводах в различных условиях эксплуатации. Датчики накладные или врезные	Диаметр 10-4200 мм – врезные; диаметр 50-4200 мм – накладные	007497

1	2	3	4	5	6
УРСВ-010	«VZLIOT» Санкт-Петербург	LTD „Converter” Кишинэу	Расходомер-счетчик ультразвуковой для измерения объемного расхода и объема холодной и горячей воды в напорных металлических и пластмассовых трубопроводах	Применяется без потерь давления в трубопроводе	001796
УЗРС	МПО Вычислительной техники Минск	FCP „Meta” SRL, Кишинэу ул.Академическая,3/2 тел./факс – 737444	Расходомеры-счетчики ультразвуковые для измерения и отображения значения среднего расхода и объема питьевой и технической воды, а также стоков и воды в системе отопления в напорных трубопроводах, при наличии в воде газовых включений, механических примесей и других включений нежидкообразного состояния не более 3 % от объема, для формирования телеметрического аналогового сигнала о значении среднего расхода воды	Диаметр: 50-1400 мм Скорость: – 0,1-10 м/с	003496
РСВУ-1400	НПООО «Белсимет» Минск	„Parvent-Mota” SRL Кишинэу ул.Академическая,3/2 тел./факс - 737444	Расходомеры-счетчики воды ультразвуковые для среднего расхода и объема питьевой и технической воды, а также стоков и воды в системе теплоснабжения в напорных трубопроводах, диаметром условного прохода (Ду) от 50 до 1400 мм, при наличии в воде газовых включений, механических примесей и других включений нежидкообразного состояния не более 3 % от объема, для формирования стандартного телеметрического аналогового сигнала 0-5 МА или h-20МА о значении среднего расхода воды		007697

1	2	3	4	5	6
ULTRA FLAWII	KAMSTRUPA/S Danemarca	Фирма „Technotest” Кишинэу ул.М.Еминеску,66 тел./факс - 226160	Ультразвуковой расходомер, счетчик воды		009397
PT-868	GE Panametrics Urlandia	Фирма „Technotest” Кишинэу ул.М.Еминеску,66 тел./факс - 226160	Портативные расходомеры-счетчики для измерения от сверхчистой воды до сложного многофазового потока. Портативные ультразвуковые системы, полностью укомплектованы дополнительными принадлежностями и аксессуарами, позволяющие решать большинство задач измерения расхода	Внешний диаметр: 12,7-5000 мм (накладные датчики)	В стадии оформления сертификата
DF-868			Ультразвуковой стационарный расходомер жидкости (воды и стоков). Прибор DF-868 реализует две современные технологии измерения расхода – времяимпульсный и зондирующий	Стационарное исполнение с накладными или стационарными датчиками ∅ 1-5000 мм (стационарные датчики). Скорость: 0-12,2 м/с	В стадии оформления сертификата
MAGFLO	A/S DANFOSS Danemarca	S.A.”Imtehcom” Кишинэу ул.Фередеулуй,4 тел./факс – 270049; 279073	Расходомер-счетчик электромагнитный для применения в химической, пищевой промышленности, в сфере водопользования, для суммирования потоков, измерения, текущих расходов, контроля пропорций при смешивании жидкостей, контроля за поддержанием заданных объемов	Диаметр - 15-2000 мм Скорость - 0-10 м/с	014699
SONOFLO SONO 4100, 3300			Расходомер-счетчик ультразвуковой для измерения величины объемного расхода, общего объема, величины массового расхода, общей массы, скорости распространения звука в измеренной среде. Работает в жидкостях с включением небольшого количества газа и твердых веществ		014499
SONOKIT					014599

Учет сточных вод в Санкт-Петербурге

Увеличение стоимости очистки воды, усиление мер по охране окружающей среды, появление новых современных средств измерений привело к потребности измерения объема сточных вод.

Правительство РФ в программах по реформированию жилищно-коммунального хозяйства уделяет большое внимание проблемам водоотведения. За последние 5 лет вышли Постановления: № 1054 от 19.12.96 г. "О порядке разработки и утверждения нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объектов" и № 167 от 12.02.99 г. "Об утверждении Правил пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в РФ", с 1997 года введен в действие СанПиН 2.1.4.559-96 "Питьевая вода". В 2000 году вышло Распоряжение Администрации Санкт-Петербурга "Об утверждении Правил пользования системами коммунальной канализации Санкт-Петербурга и его территориальных единиц". В соответствии с этими Правилами количество сброшенных стоков определяется абонентом в соответствии с фактическим сбросом по показаниям средств измерений.

Сточная вода от абонентов в систему коллекторов поступает в напорном или в безнапорном режимах. Задача учета сточной воды в напорных водоводах практически решена. Приборы, как правило, устанавливаются на внутренней КНС, обеспечивающей сбор и перекачку сточной воды.

Вопросы организации узла учета сточной воды в безнапорном режиме сброса требуют дополнительного изучения. Особенностями этого режима являются не полностью заполненные трубы и низкая скорость потока. Как утверждают П.В. Лобачев и О.Д. Лойцкер в статье "Измерение расхода жидкости в системах водоотведения" (ВСТ № 11, 2000 г.): "Расход и объем сточных вод в открытых незаглубленных каналах измеряются, как правило, методом переменного уровня, когда мерой расхода является определяемый уровень сточных вод, в выбранном измерительном сечении". К ним относятся водосливы с истечением жидкости через порог, имеющий разный профиль щели, а также лотки Вентури и Паршалла, в которых организуется местное сужение потока. размеры каналов, применяемых в методе переменного уровня, стандартизованы, полуэмпирическим методом получены формулы, связывающие через водослив с уровнем в верхнем бьефе. При современном уровне техники удалось разработать бесконтактные акустические уровнемеры с функцией вычисления расхода и объема сточных вод в открытых каналах. Расход вычисляется косвенным методом через измеренный уровень по функции "расход-уровень".

Методы измерения сточных вод регламентированы рядом нормативных документов, утвержденных Госстандартом РФ. К ним относятся:

- МИ 2220-96 "Рекомендация. ГСИ. расход сточной жидкости в безнапорных трубопроводах. Методика выполнения измерений";

- МИ 2406-97 "Рекомендация. ГСИ. расход жидкости в безнапорных каналах систем водоснабжения и канализации. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков".

В настоящее время в Госреестре СИ имеются средства измерений расхода и количества сточной воды, как для напорного так и безнапорного режимов. При напорном течении расход сточной воды может измеряться приборами учета, предназначенными для сред с содержанием воздуха, механических и химических компонентов. Наиболее приемлемыми являются электромагнитные и ультразвуковые средства измерений. Перечень применяемых средств измерений и их краткие технические характеристики приведены в "Каталоге-справочнике средств измерений расхода и количества воды в системах коммунального водоснабжения и водоотведения", выпущенном Центром измерения расхода воды ГУП "Водоканал СПб" в 2000 году.

Исходя из технико-стоимостных характеристик, наиболее целесообразно применять для целей учета сточной воды в напорном режиме:

Для трубопроводов диаметром до 150 мм включительно - электромагнитные расходомеры-счетчики:

- МР-400, ЗАО "Взлет", г. Санкт-Петербург,

- ИПРЭ-1М, АООТ "АПЗ", г. Арзамас,

- "Magflo" с самоочищающимися электродами, "Danfoss", Дания,

- "Promag-30", "Endress + Hauzer", Германия ,

- VA 2301 - VA2304, "Aswega", Эстония ,

- " Ecoflux ", " Krohne ", Германия.

Для трубопроводов диаметром 200 мм и более - ультразвуковые расходомеры-счетчики:

- УРСВ 010М, ЗАО "Взлет", г. Санкт-Петербург,

- ДРК-С, фирмы "Флоукор", г. Москва,

- "Sonoflo", фирмы "Danfoss", Дания,

- "UFM 500" и "UFM 400", фирмы "Krohne", Германия,

- XMT 868, фирмы "Panametrics".

Для проведения предпроектных работ, контрольных измерений и наладочных работ применяются переносные расходомеры-счетчики РТ 868 фирмы Панаметрикс и "ВЗЛЕТ ПР".

Расход жидкости при безнапорном течении сточной воды измеряется методом измерения уровня жидкости с индивидуальной калибровкой выбранного участка трубопровода, канала, лотка и т.д. для получения зависимости "уровень - расход".

На сегодняшний день для этих целей Госстандартом России разрешены е к применению:

- расходомеры-счетчики ЭХО-Р-01, фирмы "Сигнур", г. Москва, применяемые для не полностью заполненных трубопроводов по методике МИ 2220-96 и для стандартных водосливов и лотков по методике МИ 2406-97,

- уровнемеры-счетчики "Prosonic T", фирмы "Endress + Hauzer", Германия. Они предназначены для работы по методике МИ 2220-96 и МИ 2406-97.

- измерительное устройство для измерения уровня жидкостей "OCM III", фирмы "MILLTRONICS", Канада.

Для решения задачи измерения сточных вод, поступающих в систему коллекторов, ГУП "Водоканал СПб" разработал "Программу создания системы учета сточной воды в Санкт-Петербурге" и совместно с Невско-Ладожским Бассейновым водным управлением "Программу проектирования, установки и ввода в эксплуатацию узлов учета сточной воды, сбрасываемой в зоне деятельности НЛБВУ". В рамках этих программ ГУП "Водоканал СПб" проводит следующие организационные мероприятия: анализ состояния средств измерений и узлов учета объектов водоотведения, разработку нормативной, правовой, технической и регламентной документации по совершенствованию системы учета сточных вод в Санкт-Петербурге, разработку методик расчетного определения объемов сбрасываемых сточных вод с учетом специфики водохозяйственной деятельности, развивает специализированные предприятия по сервисному обслуживанию при эксплуатации средств измерений расхода и количества сточных вод (ремонт, поверка, испытания), организует выполнения работ по определению фактического водоотведения: промышленных предприятий города, организаций, учреждений и населения города и анализа информации об очистке и отведении сточных вод с целью оперативного ведения баланса по зонам и городу в целом для выбора оптимально экономического режима работы.

После проведения организационных работ, планируется проведение технических мероприятий: создание технической базы для обеспечения единства измерений в системе водоотведения, организация надзора за состоянием узлов учета сточных вод, выбор моделей средств измерений, эксплуатационные испытания, приобретение комплекса мобильных (переносных) средств измерений для калибровки и контроля работоспособности узлов учета сточных вод, демонтаж которых с мест эксплуатации крайне затруднен и внедрение в практику работы станций водоотведения и абонентов контроля за состоянием узлов учета с помощью мобильных средств калибровки и контроля.

2. ПОЛИТИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОВОС В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ

.

2.1. Законодательные рамки

2.1.1. Исходные данные

2.1.1. Исходные данные

В 1958 году вступил в силу Договор, заключенный в Риме о создании Европейского экономического сообщества (ЕЭС). Данный Договор, наряду с предшествующим Договором, (заключенным в Париже) по существу составляет конституцию Европейского сообщества.

Римский Договор не содержал положений об охране окружающей среды. Однако с начала 60-х годов, при отсутствии специального природоохранного законодательства, Европейским Сообществом приняты положения о защите окружающей среды в соответствии со Статьями 100 и 235. Принятие в 1987 году Закона о Единой Европе и в 1993 году Договора о создании Европейского Союза (также известного под названием Маастрихтский договор) способствовало эволюции процесса, поскольку данные документы содержали ряд положений, регулирующих вопросы защиты окружающей среды. В Законе о Единой Европе и Договоре о создании Европейского Союза сформулированы основные цели политики в области охраны окружающей среды, предусматривающие защиту, сохранение и оздоровление окружающей среды, защиту здоровья человека и обеспечение разумного и рационального использования природных ресурсов, благодаря устойчивому развитию. Закон о Единой Европе также устанавливает принципы, которые должны быть в основе природоохранных мероприятий. Эти принципы включают: предотвращение нанесения ущерба; контроль источников загрязнения, включая обязанность загрязнителя платить за загрязнение окружающей среды; интеграцию природоохранных мер с прочими политиками Европейского Союза.

В соответствии с Договором о создании Европейского Союза, Европейский Парламент и Совет Европейского Союза имеют четыре основных правовых инструмента, которые во многих случаях законодательно обязывают членов ЕС проводить общую политику, программы и протоколы в области защиты окружающей среды. Данные правовые инструменты таковы:

- *Правила* - правовой инструмент общего назначения, используется непосредственно государствами-членами и не требует какого-либо национального имплементирующего законодательства;

- *Директивы* – по существу обязательны для государств-членов с сохранением за ними права самостоятельно определять, каким образом транспонировать директивы в национальное законодательство;

- *Решения* – по своей сути обязательны для выполнения и могут адресоваться предприятию или частному лицу государства-члена;

- *Рекомендации, Мнения и Резолюции* – не является обязательными для выполнения государствами-членами.

2. ПОЛИТИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОВОС В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ

Целью данного материала является обзор природоохранных требований Европейского Союза (ЕС) в области Оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), установленных Комиссией Европейских сообществ (КЕС). Обзор политики в области Оценки воздействия на окружающую среду обобщает законодательные рамки и процедуры реализации, существующие в настоящее время в государствах-членах Европейского Союза для оценки государственных и частных проектов, а также определенных планов и программ в области экологии. Политика Европейского Союза в области Оценки воздействия на окружающую среду, а также обзор и краткое изложение существующих практик даны в сравнении с политикой и практикой в области Оценки воздействия на окружающую среду, которые существуют в Российской Федерации, Украине и Белоруссии. Эта сравнительная оценка представлена в Части 3 данного отчета. 2.1. Законодательные рамки 2.1.2. Законодательство в области оценки воздействия на окружающую среду Оценка воздействия на окружающую среду является ключевым инструментом природоохранной политики Европейского Союза. Это послужило основой для разработки специальных Директив в области Оценки воздействия на окружающую среду, в которых сформулированы концептуальные рамки экологической оценки, устанавливающие принципы / подходы системы экологической оценки, обязательные для государств-членов Европейского Союза. Директивы Европейского Союза в области Оценки воздействия на окружающую среду: - Директива 97/11/ЕС от 3 марта 1997 года, вносящая поправку в Директиву 85/337/ЕЭС об оценке влияния определенных государственных и частных проектов на окружающую среду; - Директива 2001/42/ЕС от 27 июня 2001 года об оценке влияния определенных планов и программ на окружающую среду. В соответствии с Директивами Совета Европейского Союза, Оценка воздействия на окружающую среду должна осуществляться применительно ко всем объектам хозяйственной и экономической деятельности, где имеется вероятность значительного воздействия на окружающую среду. Потенциальный диапазон всесторонней Оценки воздействия на окружающую среду значителен и включает в себя оценку политики, планов, программ и отдельных проектов. Государства-члены обязаны вводить в действие закон, правила и административные положения, необходимые для соблюдения вышеупомянутых Директив. В случае если в установленные сроки государство-член надлежащим образом не водит в действие закон Европейского Союза, по решению Комиссии вопрос может быть представлен на рассмотрение в Суд Европейских Сообществ. Директивы ОВОС должны рассматриваться в соответствии с Международными Конвенциями, Правилами Европейского Союза, прочими Директивами Европейского Союза и политиками Европейского Союза в области охраны окружающей среды (то есть в соответствии с Пятой программой экологических мер, направленной на устойчивое развитие). Ключевые Директивы Европейского Союза следующие: - Санкционирование и приведение в действие производственных мощностей - Директива о комплексном предотвращении загрязнений окружающей среды и контроле (06/61/ЕЭС); - Рамочная Директива об отходах (75/442/ЕЭС); - Директива об опасных отходах (91/689/ЕЭС); - Директива об очистке городских сточных вод (91/271/ЕЭС); - Директива Севезо (96/82/ЕС). - Защита естественной среды обитания и биологических видов - Директива о диких птицах (70/409/ Совета Европейских Сообществ); - Директива о местах обитания (92/43/ЕЭС). - Консультации и доступ к экологической информации - Директива о доступе к экологической информации (90/313/ЕЭС); - Директива об

отчетности (91/692/ЕЭС). В случаях возможного отрицательного воздействия на территории, имеющие ценность для дикой флоры и фауны, некоторые Директивы требуют проведения Оценки экологического воздействия, например, Директива о диких птицах и Директива о местах обитания.

2.1.2.1. Директива Европейского Совета 97/11/ЕС

2.1.2.1. Директива Европейского Совета 97/11/ЕС

Директива Европейского Совета 97/11/ЕС, вносящая поправку в Директиву 85/337/Совета Европейских Сообществ об оценке влияния определенных государственных и частных проектов на окружающую среду принята Комиссией 3 марта 1997 года. Целью данной Директивы является внесение положений, призванных разъяснить, дополнить и усовершенствовать правила процедур Оценки с тем, чтобы обеспечить более согласованное и эффективное исполнение Директивы. Кроме того, данная Директива расширяет рамки Директивы 85/337/ЕЭС, в частности, относительно типов проектов, требующих Оценки воздействия. Она также расширяет круг проектов, подлежащих проверке в индивидуальном порядке со стороны соответствующего государства-члена и устанавливает, какую именно информацию, должны предоставить разработчики в случае реализации трансграничных проектов.

С учётом поправок Директива ОВОС устанавливает, что оценка воздействия на окружающую среду должна проводиться применительно к определённым типам частных и государственных проектов, где имеется вероятность значительного воздействия на окружающую среду. Директива ОВОС требует принимать во внимание прямое воздействие, а также какое-либо непрямое, побочное или кумулятивное воздействие, возникающее в результате реализации проекта.

В соответствии с Директивой под “Проектом” следует понимать выполнение строительных работ или же какое-либо иное вмешательство в естественную среду, включая добычу минеральных ископаемых.

Директива устанавливает, что Оценка воздействия на окружающую среду должна включать определение, описание и оценку прямого и непрямого воздействия (возникающего в результате реализации проекта) на следующие факторы:

- Здоровье человека, фауна и флора;

- Почва, вода, воздух, климат и ландшафт;

- Материальные активы и культурное наследие;

- Взаимодействие вышеупомянутых факторов.

Проекты, подлежащие оценке воздействия на окружающую среду

Проекты, перечень которых представлен в Приложении I Директивы, подлежат ОВОС и должны выполняться с соблюдением требований (Статьи 5-10) данной Директивы. Проекты, подлежащие оценке, включают:

- Нефтеперерабатывающие заводы (за исключением производства смазочных материалов) и производственные мощности по переработке битуминозного сланца;

- Тепловые и атомные электростанции, включая закрытые и выведенные из эксплуатации;

- Установки для обработки, переработки, производства ядерного топлива, конечного удаления радиоактивных отходов, включая хранение, если оно планируется на период свыше 10 лет;

- Сталеплавильные и чугунолитейные заводы;

- Установки для добычи или обработки асбеста или асбестосодержащих материалов;

- Промышленные комплексные химические установки (например для производства органических / неорганических химикатов, удобрений, биоцидов, фармацевтических препаратов, взрывчатых веществ);

- Строительство железнодорожных путей или аэропортов;

- Строительство новых четырёхполосных шоссе, включая реконструкцию или расширение (10 км и свыше);

- Внутренние водные пути и порты для судов, включая торговые порты, грузовые причалы;

- Установки по удалению отходов для сжигания или же химической обработки;

- Отведение подземных вод или искусственное пополнение подземных вод (равное или превышающее 10 млн. м³/год);

- Работы по переброске воды из бассейна одной реки в другой, направленные на предотвращение нехватки воды (в объемах, превышающих 100 млн. м³/год) и все иные работы по переброске вод, где среднегодовой поток воды из бассейна превышает 200 млн. м³/год или 5% базисного стока;

- Станции водоочистки, обслуживающие население свыше 15 000 человек;

- Добыча нефти или природного газа в коммерческих целях;

- Газопроводы, нефтепроводы, трубопроводы по перекачке химических продуктов (диаметром свыше 800 мм и протяженностью 40 км);

- Птицеводческие и свиноводческие комплексы;

- Целлюлозно-бумажные комбинаты;

- Карьеры и открытые шахты (площадью свыше 25 га);

- Возведение воздушных линий электропередач;

- Резервуары для хранения нефти, нефтехимических материалов и химикатов (200,00 тонн и более).

В отношении проектов, перечень которых представлен в Приложении II Директивы и которые могут не оказывать существенного воздействия на окружающую среду, государства-члены устанавливают пороговые показатели, критерии или же изучают проекты в индивидуальном порядке с целью определения, какой проект подлежит Оценке в зависимости от значительности воздействия на окружающую среду. Проекты, показатели которых ниже пороговых / установленных критериев не требуют проведения Оценки. При определении пороговых показателей или критериев государства-члены принимают во внимание соответствующие критерии отбора, установленные Директивой (Приложение III). Таблица 1 содержит краткий перечень критериев отбора и факторов, которые следует принимать во внимание государствам-членам при оценке проектов, перечисленных в Приложении II.

Требования к содержанию документации, представляемой разработчиком

Разработчикам государственных или частных проектов, подлежащих Оценке, следует представить, как минимум, следующую информацию:

- Описание проекта (местонахождение, план, объемы);

- Описание предлагаемых мер по снижению воздействия на окружающую среду;

- Данные, необходимые для определения и оценки воздействия на окружающую среду;

- Основные принципы альтернативного решения и логическое обоснование данной предпочтительной альтернативы;

- Краткое нетехническое изложение информации касательно вышеупомянутых позиций.

Предлагаемый для реализации проект может быть оценен независимым экспертом государства-члена до подачи заявки на его утверждение с предоставлением рекомендаций относительно объема и содержания информации, необходимой для представления в заявочной документации.

Консультации и анализ

Государства-члены гарантируют возможность всем заинтересованным лицам ознакомиться и прокомментировать информацию, предоставленную Инициатором проекта до принятия решения об утверждении или отклонении проекта. В тех случаях, когда вероятен трансграничный характер воздействия проекта на окружающую среду, государство-член проводит консультации с государством, которому может быть нанесен ущерб.

Оценка решения

После принятия решения об утверждении или отклонении проекта, государство-член делает официальное сообщение о принятом решении и предоставляет следующую информацию:

- Решение и какие-либо соответствующие условия;

- Основные причины и основания принятия данного решения;

- Описание мер, направленных на ослабление воздействия на окружающую среду (с тем, чтобы избежать, снизить или компенсировать значительное отрицательное воздействие).

Официальное информирование Европейской Комиссии

Государства-члены официально информируют Комиссию относительно:

- Освобождений от соблюдения положений Директивы, предоставляемых в исключительных случаях;

- Опыта, полученного в результате применения Директивы;

- Каких-либо критериев и / или пороговых величин, принятых для категории проектов, приведенных в Приложении II;

- Мер, принятых для соблюдения Директивы;

- Поправок в тексте основных законов, правил и административных положений, принятых в области, подпадающей под действие данной Директивы.

Отчётный период

Через пять лет после введения в действие данной Директивы (1997) Комиссия Европейских сообществ предоставляет отчет в Европейский Парламент и Совет о применении и эффективности Директивы 97/11/ ЕС. Основу отчета составляет информация, предоставленная государствами-членами относительно опыта применения Директивы. Данный отчет должен содержать рекомендации для обеспечения дальнейшей координации действий государств-членов в применении Директивы, а также процедур

Оценки воздействия на окружающую среду, действующих на территории Европейского Союза.

Таблица 1 – Критерии отбора проектов, перечисленных в Приложении II (Директива 97/11/EC)

КРИТЕРИИ ОТБОРА	ФАКТОРЫ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ ПРИНИМАТЬ ВО ВНИМАНИЕ
Характеристика проекта	Масштаб проекта Кумулятивный эффект с другими проектами Использование природных ресурсов Продуцирование отходов Загрязнение и трудности Аварийность
Место расположения проекта	Экологическая чувствительность территории, которой может быть нанесен ущерб в результате реализации проекта: Существующее землепользование Относительное изобилие, качество и способность к восстановлению природных ресурсов Поглощающая способность естественной среды с особым акцентом на: o Заболоченных территориях; o Прибрежных территориях; o Лесных массивах и горной местности; o Природной охраняемой территории и парках; o Особо охраняемых территориях; o Густонаселенных территориях; o Территориях исторической, культурной или археологической значимости.
Характеристика потенциального воздействия	Критерии оценки для определения уровня значимости потенциального воздействия проекта: Степень воздействия; Трансграничный характер воздействия; Размеры и сложность воздействия; Вероятность или возможность воздействия; Длительность, частота и обратимость воздействия.

2.1.2.2. Директива Европейского Совета 2001/42/EC

2.1.2.2. Директива Европейского Совета 2001/42/EC

Директива 2001/42/EC об оценке воздействия определённых планов и программ на окружающую среду принята Европейским Парламентом и Советом 27 июня 2001 года. Целью Директивы (известной как стратегическая экологическая оценка) является достижение большей увязки экологических вопросов с отраслевыми политиками путем

установления минимального перечня процедур / требований, которые должны применяться к планам и программам хозяйственной и экономической деятельности (где вероятно воздействие на окружающую среду) до того, как они будут утверждены государствами-членами.

Директива направлена на “обеспечение высокого уровня экологической защиты” и призвана внести вклад в решение вопросов защиты окружающей среды при подготовке и принятии планов с целью содействия устойчивому развитию. Это требует проведения экологической оценки планов, где вероятно значительное воздействие на окружающую среду. Такие оценки рассматриваются как инструмент, обеспечивающий должное внимание к вопросам экологии при принятии решения, гарантирующий, что фактор значительного воздействия на окружающую среду будет учтен в полной мере.

Директива рассматривает планы и программы хозяйственной и экономической деятельности как таковые, подготовленные и / или утверждённые на центральном, региональном или местном уровне в соответствии с действующим законодательством.

Масштаб

Экологическая оценка должна проводиться в отношении всех планов и программ, подготовленных для реализации в области сельского хозяйства, лесного хозяйства, рыболовства, энергетики, промышленности, транспорта, организации сбора и удаления отходов, эксплуатации водохозяйственной системы, телекоммуникаций, туризма, планирования землепользования.

Планы и программы, реализуемые на малых территориях на местном уровне, либо небольшие изменения существующих планов и программ подлежат экологической оценке лишь в том случае, когда государство-член имеет основания предполагать вероятность значительного экологического воздействия. Государства-члены определяют вероятность значительного экологического воздействия планов и программ в индивидуальном порядке или путем детальной классификации планов и программ. В обоих случаях для определения вероятности значительного воздействия государство-член принимает во внимание следующие критерии (Приложение II):

Характеристика планов и программ:

- Рамки, устанавливаемые для проектов (локализация, характер, масштаб и условия функционирования);

- Особенности воздействия на другие планы / программы;

- Значимость плана / программы с точки зрения решения вопросов защиты окружающей среды с целью содействия устойчивому развитию;

- Экологические проблемы, связанные с планом / программой;

- Значимость плана / программы для реализации законодательства в иной области (организации сбора и удаления отходов, эксплуатации водохозяйственной системы и т. д.);

Характеристика воздействия и территория, подверженная негативному воздействию

- Вероятность, длительность, частота;

- Кумулятивный эффект;

- Трансграничный эффект;

- Угроза здоровью человека или окружающей природной среде;

- Величина и пространственное воздействие (население);

- Важность и уязвимость территорий, могущих подвергнуться отрицательному воздействию.

Освобождения от соблюдения положений Директивы

Проекты и программы, касающиеся вопросов национальной обороны, чрезвычайных ситуаций или финансовых / бюджетных вопросов не подпадают под действие данной Директивы.

Обязательства общего характера

Экологическая оценка должна проводиться в процессе подготовки плана / программы хозяйственной или экономической деятельности до момента ее принятия.

По результатам проведения любой экологической оценки должен быть подготовлен экологический отчет, содержащий определение, описание и оценку вероятности значительного воздействия на окружающую среду в результате реализации плана / программы и каких-либо обоснованных альтернатив. Информация, которую следует представить в экологическом отчете, раскрыта в Приложении I данной Директивы.

Консультации и информация о принятии решения

Публичные консультации и информация о принятии решения относительно оценки воздействия на окружающую среду планов и программ аналогична той, что установлена для государственных / частных проектов. Проведение консультаций предусматривает предоставление общественности и всем заинтересованным группам лиц / организациям надлежащего уведомления и возможности высказать свое мнение по поводу проектов планов или программ до момента их принятия. В тех случаях, когда вероятен трансграничный характер значительного воздействия в результате реализации плана или программы, государство-член проводит консультации с государством, которому может быть нанесен ущерб.

По утверждении плана/программы хозяйственной или экономической деятельности общественности предоставляется информация о решении, принятом по результатам оценки, а также его логическое обоснование.

2.2. Управление

В Европейском Союзе имеется шесть директивных органов, обеспечивающих основные управленческие функции, а именно: - Комиссия Европейских сообществ; - Совет Министров; - Европейский Совет; - Европейский Парламент; - Европейский суд; - Счетная палата.

2.2.1. Комиссия Европейских сообществ

2.2.1. Комиссия Европейских сообществ

Комиссия Европейских сообществ инициирует разработку законодательства. После того, как законы принимаются Советом Министров, Комиссия обеспечивает их должное выполнение государствами-членами Европейского Союза.

Комиссия Европейских сообществ представлена Председателем и 17 членами. Члены Комиссии назначаются на четырёхлетний срок по взаимному согласию правительств государств-членов и действуют только в интересах Европейского Союза. Они не получают инструкций от какого-либо национального правительства и подлежат контролю

только со стороны Европейского Парламента. Каждый член Комиссии отвечает за политику в одной определенной области или ряде областей.

На Комиссию Европейских сообществ также возложена ответственность за реализацию, мониторинг и контроль применения законодательства и проведения в жизнь политики Европейского Союза.

2.2.2. Совет Министров

2.2.2. Совет Министров

В Совет Министров входит по одному министру от каждого государства-члена. Этот орган отвечает за принятие основных политических решений Европейского Союза. Совет Министров уполномочен принимать законодательные акты, предложенные Европейской Комиссией. Комиссия вносит предложения и Совет Министров принимает решение либо единогласно, либо большинством голосов (54 из 76 голосов). Каждое государство-член по очереди председательствует в Совете Министров в течение шести месяцев. Совет Министров также содействует политическому сотрудничеству государств-членов в разрешении насущных международных проблем.

2.2.3 Европейский Совет

2.2.3 Европейский Совет

Европейский Совет представлен главами правительств государств-членов, Председателем Европейской Комиссии, помощь которым оказывают министры иностранных дел государств-членов и член Комиссии. Совет действует как проводник и движущая сила в рамках Европейского Союза. На Совет возложен ряд оперативных функций относительно вопросов безопасности, внешней политики, экономического и валютного союза.

2.2.4. Европейский Парламент

2.2.4. Европейский Парламент

Европейский Парламент представлен выборными депутатами из каждого государства-члена Европейского Союза. Члены Европейского Парламента избираются каждые пять лет и объединяются в политические группы, независимо от национальной принадлежности. Европейский Парламент принимает участие в разработке Директив, регулятивных документов и решений Европейского Союза, выражая своё мнение относительно предложений, внесенных Европейской Комиссией и путем внесения поправок. Законом о единой Европе (1987) установлены новые процедуры, предусматривающие два чтения при рассмотрении законопроектов – в Европейском Парламенте и Совете Министров. Это расширило возможности Парламента для политического маневра и усилило его влияние на законодательство Европейского Союза. Маастрихтский Договор еще более расширил полномочия Парламента путем введения в 1992 году процедуры совместного приятия решений, которая наряду с Европейским Советом позволяет Парламенту утверждать правила и директивы на равной основе в отдельных областях. В прочих областях,

например в вопросах, касающихся сельского хозяйства, Европейский Парламент играет только консультативную роль. Наряду с Европейским Советом Парламенту даны полномочия утверждать бюджет Европейского Союза и распускать Комиссию.

Европейским Парламентом создан Парламентский Комитет для изучения вопросов охраны окружающей среды. Этот комитет дает оценку всем экологическим инициативам, предложенным Европейской Комиссией.

2.2.5. Европейский Суд

2.2.5. Европейский Суд

Основной функцией Европейского суда является обеспечение толкования и выполнения Европейских договоров в соответствии с законодательством Европейского Союза. Европейский суд представлен 13 судьями, назначенными по согласованию с государствами-членами. Решения Европейского суда главенствуют над решениями национальных судов. Европейским судом может быть наложено взыскание на государство-члена, не соблюдающего его решения. Национальные суды государств-членов могут обращаться в Европейский суд относительно предварительного регулирования вопросов законодательства Европейского Союза. Национальные суды имеют полномочия приводить в исполнение решения Европейского суда.

2.3. Процедуры проведения ОВОС

2.3. Процедуры проведения ОВОС

2.3. Процедуры проведения ОВОС

Процедуры оценки на этапе планов и программ (Директива 2001/42/ЕС), а также на этапе проектов (Директива 97/11/ЕС), реализуемых государствами-членами имеют целью обеспечить более согласованную систему оценки воздействия на окружающую среду и, в конечном счете, более высокий уровень экологической защиты.

Представляется невозможным отразить все специфические требования и практики оценки воздействия на окружающую среду, существующие в государствах-членах, поскольку они различаются в зависимости от специфики национального законодательства, местного правового регулирования и частностей правовых требований. В этой связи в данном разделе представлен краткий обзор общих практик и процедур, применяемых в настоящее время в Европейском Союзе для оценки воздействия на окружающую среду специфических проектов. Информация о существующих практиках / процедурах взята из следующих трёх источников, являющихся руководством по оказанию практической помощи разработчикам и практическим специалистом в области ОВОС Европейского Союза:

- Руководство по проведению ОВОС – Предварительная экологическая проверка, (УПР 2001a);

- Руководство по проведению ОВОС – Определение объемов исследования (УПР 2001b);

- Руководство по проведению ОВОС – Экологическая экспертиза (УПР 2001c).

- Обзор процедур проведения оценки воздействия на окружающую среду, применяемых в государствах-членах Европейского Союза представлен на Рис. 1.

Рис. 1 Европейский Союз - процедура проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС)

КЛЮЧЕВЫЕ СТАДИИ	ПРИМЕЧАНИЯ
Подготовка проекта	Разработчик готовит проектное предложение
Извещение компетентного органа	В ряде государств-членов существует требование, в соответствии с которым разработчик обязан известить компетентный орган заранее, до подачи заявки на утверждение проекта. Такое уведомление делается в произвольной форме без соблюдения формальностей.
Предварительная экологическая проверка	Компетентным органом принимается решение относительно необходимости проведения оценки воздействия на окружающую среду. Данное решение принимается компетентным органом по получении извещения от разработчика о намерении подать заявку на утверждение проекта, или же после подачи им заявки на проведение предварительной экологической проверки. Заключение о результатах предварительной экологической проверке документируется и доводится до сведения общественности.
Определение объемов исследования	В соответствии с Директивой разработчик может обратиться в компетентный орган за получением заключения об объемах исследования. Данное заключение содержит перечень вопросов, которые должны быть раскрыты в экологической информации. Оно также может включать другие аспекты процедур ОВОС. При подготовке такого заключения компетентный орган должен консультироваться с органами охраны окружающей среды. В ряде государств-членов определение объемов исследования является обязательным.
Экологические исследования	Разработчик проводит исследования с целью сбора и подготовки экологической информации, требуемой в соответствии со Статьёй 5 Директивы.
Представление экологической информации компетентному органу	Экологическая информация подаётся разработчиком в компетентный орган одновременно с заявкой на утверждение проекта. При отсутствии экологической информации, если заявка касается утверждения проекта, подпадающего под категории Приложения I или Приложения II, компетентный орган проводит предварительную экологическую проверку проекта для определения необходимости проведения оценки воздействия на окружающую среду (см. выше). В большинстве государств-членов экологическая информация представляется в форме оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС).

Экспертиза адекватности экологической информации	В ряде государств-членов существует требование проведения независимой экспертизы адекватности экологической информации прежде, чем она будет рассмотрена компетентным органом. В других государствах-членах ответственность за определение адекватности экологической информации возлагается на компетентный орган. В том случае, если предоставленная информация оценивается как неадекватная, разработчику может быть предложено предоставить дополнительную информацию.
Консультации с установленными законом органами охраны окружающей среды, прочими заинтересованными сторонами и общественностью	Экологическая информация доводится до сведения соответствующих органов охраны окружающей среды, прочих заинтересованных организаций и широкой общественности. Им предоставляется возможность высказать свое мнение о проекте и его воздействии на окружающую среду до принятия решения об утверждении проекта. В случае вероятности значительного трансграничного воздействия, консультации проводятся с государством-членом, которому может быть нанесен ущерб (Статьи 6 и 7 Директивы).
Рассмотрение экологической информации компетентным органом до принятия решения об утверждении проекта	Экологическая информация и результаты консультаций принимаются во внимание компетентным органом при вынесении решения об утверждении проекта (Статья 8).
Объявление решения	Принятое решение, его логическое обоснование и описание мер, направленных на снижение негативного воздействия проекта на окружающую среду официально доводятся до ведома общественности (Статья 9).
Мониторинг проекта после принятия положительного решения о его реализации	Может существовать требование проводить мониторинг воздействия проекта после его реализации.

Выделенные процедуры обязательны для соблюдения всеми государствами-членами в соответствии с Директивами 85/337/ЕС и 97/11/ЕС. В соответствии с Директивой определение объемов исследования не является обязательной процедурой, однако государствам-членам следует произвольно установить процедуру, гарантируя возможность разработчику по собственной инициативе обратиться в компетентный орган с просьбой определить объемы исследования. Невыделенные процедуры являются частью рекомендованного метода оценки воздействия на окружающую среду и формально утверждены в ряде государств-членов, но не во всех. В ряде государств-членов консультации с органами охраны окружающей среды и прочими заинтересованными организациями могут потребоваться в ходе проведения этих дополнительных процедур.

Источник: Руководство по проведению ОВОС – обзор оценки воздействия на окружающую среду. Управление ресурсами окружающей среды, июнь 2001. Официальные публикации Европейского Союза, Люксембург (УПР 2001c).

2.3.1. Предварительная экологическая проверка

Предварительная экологическая проверка служит для определения, есть ли необходимость в проведении оценки воздействия на окружающую среду какого-либо конкретного проекта.

2.3.1.1. Подход к осуществлению предварительной экологической проверки

2.3.1.1. Подход к осуществлению предварительной экологической проверки

В государствах-членах приняты следующие общие подходы:

- Во всех государствах-членах оценка воздействия на окружающую среду проводится в отношении категории проектов, перечень которых дан в Приложении I Директивы 97/11/ ЕС. Эти проекты входят в “обязательный список” и во всех случаях требуют проведения ОВОС.

- В некоторых государствах-членах проекты, входящие в Приложение II также включены в “обязательный список”. Для таких проектов устанавливаются пороговые уровни и критерии, в соответствии с которыми принимается решение о необходимости проведения ОВОС.

- В ряде государств-членов применяется так называемый “перечень исключения”, который устанавливает пороговые уровни и критерии. В тех случаях, когда показатели проекта ниже установленных пороговых уровней и критериев, оценка воздействия на окружающую среду не проводится, или же проводится по упрощенной схеме.

- В случаях, когда проекты не подпадают под категорию “обязательный список” или “перечень исключения” вопрос о необходимости проведения ОВОС решается в индивидуальном порядке компетентным органом (КО), назначенными государством-членом с учетом вероятности значительного воздействия на окружающую среду. В некоторых государствах-членах проведение предварительной экологической проверки в индивидуальном порядке явление редкое, тогда как в ряде других стран это стандартный подход к большинству проектов. Приложение III Директивы содержит критерии проведения предварительной экологической проверки в индивидуальном порядке, которыми следует пользоваться государствам-членам.

2.3.1.2. Инициация процедуры предварительной экологической проверки и официальные решения

2.3.1.2. Инициация процедуры предварительной экологической проверки и официальные решения

Процедуры инициации оценки воздействия на окружающую среду различаются в государствах-членах. В некоторых случаях разработчикам следует уведомить

компетентный орган до подачи заявки на утверждение проекта, подпадающего под категории Приложения I или Приложения II. По результатам предварительной экологической проверки принимается решение о том, есть ли необходимость в проведении оценки воздействия на окружающую среду, которое доводится до сведения разработчика и общественности. Однако в ряде государств-членов Европейского Союза отсутствует требование о предварительном уведомлении компетентного органа о подаче заявки на утверждение проекта.

В большинстве государств-членов существует положение, позволяющее разработчикам обращаться в компетентный орган по поводу проведения предварительной экологической проверки, определения объемов исследования или же необходимости проведения оценки воздействия на окружающую среду до подачи заявки на утверждение проекта.

Как правило, официальное решение по поводу предварительной экологической проверки принимается государством-членом (или же уполномоченным компетентным органом) в случае:

Получения от разработчика уведомления о намерении подать заявку на утверждение проекта;

Получения заявки на утверждение проекта, подпадающего под категории Приложения I или Приложения II;

Подачи разработчиком заявки на проведение предварительной экологической проверки.

Во всех вышеперечисленных случая информация о результатах проверки доводится до ведома общественности.

Существует ряд подходов к отбору проектов, применяемых в государствах-членах. Однако все они базируются на перечнях Приложения I, Приложения II и критериях Приложения II Директивы об оценке воздействия на окружающую среду. Руководства по проведению ОВОС содержат рекомендации для разработчиков и практических специалистов о необходимости обращения к законодательству конкретного государства-члена для определения специфических требований к проведению оценки воздействия на окружающую среду.

2.3.2 Определение объёмов исследования

Определение объемов исследования подразумевает процесс определения содержания и факторов, представленных в экологической информации проекта, подлежащего ОВОС. В соответствии с Директивой 97/11/ЕС определение объемов исследования не является обязательной процедурой. Однако государствам-членам, в которых процедура ОВОС не включает определения объемов исследования, следует ввести этот этап, как минимум, в произвольной форме. Этап определения объемов исследования предназначен гарантировать, что экологические исследования обеспечивают получение исчерпывающей информации о воздействии проекта, альтернативных решениях и каких-либо специфических вопросах / проблемах, обусловленной проектом. Положение директивы об определении объемов исследования обязывает государств-членов по запросу разработчика оказывать консультации относительно информации, необходимой для проведения оценки воздействия на окружающую среду. Такие рекомендации излагаются в “Заключении об объемах исследования”. При подготовке “Заключения об объемах исследования” компетентным органам следует рассматривать и принимать во внимание информацию, предоставляемую разработчиком. Приложение IV Директивы содержит перечень минимальных требований к содержанию такой информации, краткое изложение которой

дано выше в разделе 2.1.2.1 под подзаголовком “Требования к содержанию заявочной документации”.

2.3.2.1. Процедуры определения объёмов исследования

2.3.2.1. Процедуры определения объёмов исследования

Специфические процедуры определения объемов исследования для последующего проведения оценки воздействия на окружающую среду различны в государствах-членах Европейского Союза.

Определение объемов исследования является обязательной процедурой лишь в некоторых странах. Однако в этом случае существует два подхода, а именно:

- Определение объемов исследования осуществляется компетентным органом или иной независимой организацией;

- Определение объемов исследования проводится самим разработчиком.

В том случае, когда определение объемов исследования осуществляется компетентным органом, разработчик получает “Заключение об объемах исследования”, которое является техническим заданием для оценки воздействия на окружающую среду. В процессе подготовки “Заключения” компетентный орган консультируется с соответствующими органами охраны окружающей среды / организациями, а также может проводить консультации с заинтересованными лицами и широкой общественностью.

Если же определение объемов исследования проводится самим разработчиком, подготовленный им проект отчета предоставляется для ознакомления заинтересованным сторонам и после придания ему окончательной формы становится техническим заданием проведения оценки воздействия на окружающую среду. Заинтересованными сторонами могут выступать экологические организации, заинтересованные группы и широкая общественность.

В большинстве государств-членов, в которых практикуется определение объемов исследования, данная процедура не является обязательной. В этих условиях компетентным органом готовится “Заключение об объемах исследования” только при наличии соответствующего запроса со стороны разработчика. В ряде государств-членов с целью ускорения процесса оценки воздействия на окружающую среду разработчиком может быть подан запрос о выдаче “Заключения” одновременно с запросом на проведение предварительной экологической проверки.

2.3.2.2. Отчёты и заключения об объёмах исследования

2.3.2.2. Отчёты и заключения об объёмах исследования

Формат и детализация отчетов об объемах исследования, готовящихся разработчиком и “Заключений”, выдаваемых компетентными органами отличаются в различных государствах-членах. Однако общая практика показывает, что оба этих документа определяют содержание и объем информации, обязательной для проведения оценки

воздействия на окружающую среду. Если говорить более точно, отчеты об объемах исследования и “Заключения об объемах исследования” призваны определить типы экологического воздействия, которое должно получить соответствующую экспертную оценку. Эти документы могут также включать:

- Альтернативные решения, подлежащие рассмотрению;

- Необходимые базовые исследования;

- Методы и критерии, которые следует применять для оценки воздействия;

- Рекомендуемые меры по снижению уровня загрязнения и меры защиты;

- Перечень организаций, с которыми следует проводить консультации в процессе проведения экологических исследований;

- Рекомендации о структуре, содержании и объеме информации.

2.3.2.3. Консультации касательно определения объёмов исследования

2.3.2.3. Консультации касательно определения объёмов исследования

Во всех государствах-членах процедуры определения объемов исследования ОВОС предусматривают проведение консультаций. В условиях более развитой системы консультации могут проводиться со всеми заинтересованными сторонами, включая общественность. Такой процесс может также включать комментарии, и даже публичные слушания. В иных случаях консультации проводятся не столь широко и могут ограничиваться лишь запросом в органы охраны окружающей среды / организации на получение соответствующего заключения согласно требованиям Директивы.

2.3.3. Содержание документа об оценке воздействия на окружающую среду

2.3.3. Содержание документа об оценке воздействия на окружающую среду

Во многих государствах-членах экологическая информация, предоставляемая Инициатором как часть процедуры ОВОС для получения разрешения на реализацию проекта, подаётся в форме документа “Оценка воздействия на окружающую среду”. В данном документе должны быть отражены требования директив Европейского Союза и современная передовая практика проведения оценки воздействия на окружающую среду.

Подробная информация о содержании Оценки воздействия на окружающую среду и данных, необходимых для проведения ОВОС программ / планов детально изложена в Статье 5 и Приложении I Директивы 2001/42/ЕС. Статья 5 и Приложении IV Директивы 97/11/ЕС определяют содержание документа ОВОС при рассмотрении воздействия на окружающую среду государственных и частных проектов. Предполагается, что содержание документа ОВОС несёт исчерпывающую информацию, необходимую для принятия компетентным органом решения и эффективного обсуждения проблемы с заинтересованными сторонами.

Содержание документа ОВОС как части процедуры оценки воздействия на окружающую среду государственных / частных проектов, реализуемых в Европейском Союзе должно включать следующую экологическую информацию:

1) Описание проекта, включая:

- Потребность в реализации такого проекта и его цели;

- Предложенную схему осуществления проекта с обозначением периода реализации, отличительных особенностей, сроков завершения строительства, введения в действие и прекращения эксплуатации;

- Физическое описание и обозначение / размещение основных компонентов проекта, требования к виду землепользования в период строительства и эксплуатации;

- Описание основных характеристик производственного процесса (с указанием характера и количества используемого сырья);

- Оценку типа и количества предполагаемых отходов и выбросов (вода, воздух, почва, шум, огонь, тепло, радиация и т.д.) в результате строительства, введения в действие и прекращения эксплуатации объекта;

- Типы и количество сырья и энергии, необходимого для строительства и функционирования, включая экологические последствия использования сырья;

- Обозначение опасных материалов, предполагаемых для использования, хранения, обработки или производства в результате реализации проекта;

- Оценку степени аварийности и опасности (опасные вещества, почва, огонь, взрыв, процесс возникновения отказов).

2) Принципы основных альтернатив, обоснование принятого решения, которое учитывает аспект экологического воздействия:

- Описание процесса разработки проекта и рассмотренных альтернатив;

- Описание базовой ситуации в случае отказа от реализации проекта;

- Основные факторы воздействия на окружающую среду в альтернативных решениях и их сравнительный анализ.

3) Описание факторов окружающей среды, могущих подвергнуться значительному воздействию в результате реализации проекта с указанием базовой информации и характеристики потенциального воздействия, включая:

- Землепользование и население;

- Географические и геометрические особенности местности, геологическую структуру и почвы;

- Виды и ареалы флоры и фауны;

- Гидрологию, качество воды (подземные, поверхностные воды) и какие-либо виды водопользования;

- Климат, метеорологические условия, воздушную среду;

- Огонь, тепло, электромагнитную радиацию;

- Археологические, исторические, архитектурные факторы;

- Ландшафт;

- Демографические, социальные и социально-экономические условия.

3а) Сбор данных и методы оценки:

- Зона исследования и обоснование;

- Источники данных;

- Перечень организаций, с которыми установлен контакт при сборе информации;

- Методология, недостающая информация.

4) Описание потенциального значительного воздействия на окружающую среду в результате реализации проекта:

- Определение объемов воздействия:

- свидетельство применения систематического подхода;

- рамки экологических исследований;

- свидетельство того, что в процессе определения объемов воздействия консультации были проведены в полном объеме.

- Прогнозирование непосредственного воздействия на факторы окружающей среды, перечень которых дан выше (пункт 3);

- Прогнозирование вторичного, временного, постоянного, случайного, косвенного и суммарного воздействия на факторы окружающей среды, перечень которых дан выше (пункт 3);

- Прогнозирование воздействия на здоровье человека и вопросы устойчивого развития;

- Оценка значимости воздействия:

- значимость и важность каждого прогнозируемого воздействия с точки зрения соблюдения правовых требований, чувствительности ресурсов и прочих факторов;

- описание положительного и отрицательного воздействия, разъяснение значимости.

- Методы оценки воздействия:

- методы, применяемые для прогнозирования воздействия и обоснование их выбора;

- описание основополагающего принципа оценки значимости воздействия.

- описание положительного и отрицательного воздействия, разъяснение значимости.

5) Описание мер, направленных на предотвращение, снижение или исключение значительного неблагоприятного воздействия:

- Меры, направленные на сокращение масштаба и значимости воздействия;

- Описание возможных мер по ослаблению воздействия на окружающую среду и обоснование выбора, сделанного в пользу некоторых из них;

- Ответственность за реализацию мер по ослаблению воздействия на окружающую среду;

- Организация мониторинга и управление остаточным воздействием.

6) Краткое нетехническое изложение информации, приведенной выше.

2.3.4. Проведение экспертизы компетентным органом

2.3.4. Проведение экспертизы компетентным органом

После проведения предварительной экологической проверки и определения объемов оценки воздействия на окружающую среду государственного / частного проекта экологическая информация подается вместе с заявкой на утверждение проекта в компетентный орган государства-члена.

В ряде государств-членов существует официальное требование о проведении независимой экспертизы адекватности оценки воздействия на окружающую среду до рассмотрения вопроса компетентным органом. В случае если оценка воздействия на окружающую среду считается неадекватной, Инициатору может быть предложено предоставить дополнительную информацию, и вопрос о выдаче согласия на реализацию проекта может не рассматриваться до тех пор, пока соответствующая информация не будет предоставлена. В большинстве государств-членов предусмотрена процедура апелляции, дающая возможность Инициатору проекта обжаловать решение о предоставлении дополнительной информации.

В других государствах-членах процедура оценки воздействия на окружающую среду не включает стадию официального рассмотрения вопроса. Однако обычно компетентный орган проводит экспертизу в какой-либо форме до начала процесса выдачи разрешения на реализацию проекта с тем, чтобы иметь уверенность в том, что все требования Директивы ОВОС соблюдены.

В ходе проведения экспертизы ОВОС соответствующая информация предоставляется для ознакомления и комментариев в органы охраны окружающей среды, заинтересованным организациям и широкой общественности. Этот круг также может включать другие государства-члены в случае вероятности трансграничного характера воздействия проекта, плана / программы на окружающую среду.

В Европе существует ряд инструментов, применяемых для проведения экспертизы ОВОС. Примером может служить подход с использованием контрольной таблицы, представленной в Руководстве по проведению экспертизы ОВОС (Европейская Комиссия, 2001). Вышеупомянутая контрольная таблица разработана для помощи в проведении экспертизы адекватности оценки воздействия на окружающую среду проекта с точки зрения соответствия требованиям Директивы и передовой практике ОВОС.

Продолжительность экспертизы ОВОС неодинакова в различных государствах-членах. Срок проведения экспертизы ОВОС и выдачи окончательного решения компетентным органом во всех государствах-членах может варьироваться в зависимости от сложности проекта и масштаба экологических проблем.

2.3.5. Участие общественности и проведение консультаций

2.3.5. Участие общественности и проведение консультаций

В Европейском Союзе участие общественности и проведение консультаций является обязательным требованием при проведении оценки воздействия проекта на окружающую среду и стратегической экологической оценки (плана, программы).

В государствах-членах установлены процедуры, позволяющие заинтересованным организациям и органам охраны окружающей среды выражать свое мнение по поводу предлагаемого проекта. Круг заинтересованных организаций, включая общественность, определяется в государствах-членах на общих основаниях или же в индивидуальном порядке.

В большинстве государств-членов консультации по поводу проекта в первый раз проводятся на стадии определения объемов исследования. До выдачи Заключения об объемах исследования и вопросах, подлежащих раскрытию в документе об оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) компетентным органом могут проводиться консультации с государственными организациями, заинтересованными группами и широкой общественностью с целью получить комментарии относительно объема информации, необходимой для экспертизы ОВОС.

В большинстве государств-членов вторая и основная стадия консультаций с общественностью происходит на этапе, когда экологическая информация в форме оценки воздействия на окружающую среду предоставлена в компетентный орган. В соответствии с Директивами ОВОС компетентный орган предоставляет экологическую информацию о проектах или планах / программах для ознакомления и дачи комментариев в соответствующие государственные органы, заинтересованным организациям и широкой общественности.

Круг частных лиц, заинтересованных групп и государственных органов, участвующих в консультациях, а также сроки проведения экспертизы определяются индивидуально каждым государством-членом. Планы проведения консультаций включают:

- Конкретный адрес, где состоится обсуждение предоставленной информации (как, например, местная библиотека, офис компетентного органа);

- Способ предоставления информации о проекте общественности и прочим заинтересованным группам (публикация в газете, рассылка по почте);

- Способ проведения консультаций с общественностью и заинтересованными группами и метод подачи комментариев (например, подача комментариев в письменном виде, открытое рассмотрение);

- Установленный срок проведения консультаций.

Для тех случаев, когда имеется вероятность воздействия на окружающую среду соседнего государства, в ряде государств-членов установлены протоколы и процедуры обмена информацией, а также привлечения соседнего государства к участию в процессе консультаций.

Результаты консультаций должны приниматься во внимание при вынесении решения об утверждении проекта (или отказе), принятии плана или программы.

2.3.6. Мониторинг

2.3.6. Мониторинг

В соответствии с Директивой ОВОС 97/11/ЕС мониторинг и оценка выполнения определённых государственных и частных проектов не являются обязательными процедурами для разработчиков проекта. Поскольку мониторинг и оценка выполнения проектов не являются обязательной стадией процесса ОВОС, в регулятивных документах большинства государств-членов можно редко встретить соответствующие положения. Однако проведение экологического мониторинга считается хорошим методом. В немногих государствах-членах проводится мониторинг прогнозируемого воздействия на окружающую среду, а также эффективности мер по снижению отрицательного воздействия, предложенных в оценке воздействия на окружающую среду. В государствах-членах (Испания, Франция, Нидерланды), где мониторинг выполненного проекта рассматривается как обязательная процедура, он является частью установленных требований или соглашения, касающегося утверждения проекта. Директива 97/11/ЕС содержит положение, в соответствии с которым эффективность Директивы подлежит проверке Европейской Комиссии спустя пять лет после введения её в действие.

Что касается стратегической экологической оценки, то Статья 10 Директивы 2001/42/ЕС содержит положение о проведении мониторинга значительного экологического воздействия, имеющего место в результате реализации планов и программ. Своей формулировкой, устанавливающей, что целью мониторинга должно быть “обеспечение возможности предпринять соответствующие меры по снижению воздействия на окружающую среду” Директива ОВОС способствует более динамичному управлению состоянием окружающей среды.

Недавнее Орхуское соглашение, ратифицированное Европейским Союзом, фактически учреждает процедуры мониторинга и оценки выполненных проектов и имеет целью гарантировать право доступа к экологической информации. В настоящее время Европейским Союзом разрабатывается директива, которая должна заменить Директиву о свободе доступа к экологической информации (90/313/ЕЭС) и ввести положения Орхуского соглашения. Таким образом, в недалеком будущем можно ожидать повышения требований Европейского Союза к проведению экологического мониторинга выполненных проектов.

2.3.7. Ратификация международных конвенций

2.3.7. Ратификация международных конвенций

Ключевые международные конвенции в области охраны окружающей среды, ратифицированные Европейским Сообществом и применимые при экологической оценке:

- Рамсарская конвенция о заболоченных территориях международной значимости, в особенности о местах распространения водоплавающих птиц (1971);

- Вашингтонская конвенция о международной торговле вымирающими видами дикой флоры и фауны (1973);

- Парижская конвенция о защите мирового культурного и природного наследия (1972);

- Боннская конвенция об охране мигрирующих видов дикой фауны (1979);

- Бернская конвенция о защите живой природы Европы и естественной среды обитания (1979);

- Женевская конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979);

- Эспуская конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (1991);

- Хельсинская конвенция о защите и использовании трансграничных рек и международных озёр (1992);

- Хельсинская конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992);

- Конвенция о биоразнообразии (Рио, 1992);

- Орхуская конвенция о доступе общественности к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, которые касаются охраны окружающей природной среды (1998).