

ОТ РЕДАКЦИИ

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!



главный редактор
Самбурский
Георгий Александрович

Августовский номер издания предлагает Вашему вниманию ряд интересных материалов теоретического и прикладного характера. Позволю обратить внимание на проблемы поиска, исследований и внедрения новых естественных и искусственных фильтрующих материалов, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам, затронутые проф. В.В. Дзюбо с соавторами. Также обращаю Ваше внимание на статью коллег из «Экодара», посвященную целесообразности использования различных методов удаления аммония из воды. Мы продолжаем публикацию материалов профессора В.Ф. Очкова о программируемых расчетах процессов водоподготовки. Наконец, предлагаем обсудить проблемы использования бутилированной воды, затронутые в статье проф. А.Г. Первова.

Другие наши материалы, полагаю, также достойны внимания наших уважаемых читателей.

Искренне Ваш, Самбурский Г.А.

Главный редактор журнала
«Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение»
канд. техн. наук, доцент МИТХТ им. М.В.Ломоносова

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

№ 8 (20), 2009 (август)

Информационная поддержка:
Министерство регионального
развития РФ

Комитет по природным ресурсам,
природопользованию и экологии
Государственной Думы РФ

СО Российской ассоциации водо-
снабжения и водоотведения

Редакционная коллегия:

Пупырев Е.И., докт. техн. наук,
профессор, директор Института
«МосводоканалНИИпроект»,
заследующий кафедрой «Управление
природно-техногенной средой»
Московского государственного
строительного университета, со-
ветник Российской академии ар-
хитектуры и строительных наук,
председатель экспертного совета
при Комиссии по науке и техноло-
гиям Мосгордумы.

Фролова А.К., докт. техн. наук,
профессор, ректор МИТХТ им.
М.В. Ломоносова.

Пуховский А.В., докт. с.х. наук,
канд. хим. наук, проф. кафедры
Общей и инженерной экологии
МГУ природообустройства. г.н.с.
ВНИИ им. Д.Н. Прянишникова.

Дзюбо В.В., докт. техн. наук, про-
фессор кафедры водоснабжения
и водоотведения, Томский госу-
дарственный архитектурно-стро-
ительный университет.

Очков В.Ф., доктор техн. наук,
профессор кафедры технологии
воды и топлива Московского
энергетического института (ТУ),
заслуженный работник ЕЭС Рос-
сии.

Шарапов В.И., докт. техн. наук,
профессор, Заслуженный изобретатель
РФ, зав. кафедрой ТГВ,
руководитель НИЛ «Теплоэнерге-
тические системы и установки»
Ульяновского государственного
технического университета.

Боровкова И.И., канд. техн. наук,
ОАО «Инженерный центр ЕЭС-
филиал «Институт Теплоэлект-
ропроект».

Главный редактор
Самбурский Г.А.,
канд. техн. наук, доцент
(962)934-12-31
major@id-orion.ru

Зам. главного редактора
Проскржакова Т.Ю.
(914)945-52-32
ptu@id-orion.ru
www-orion@mail.ru

Зав. отделом подписки и рекламы
Новиков А.В.
(926)389-96-94
commercial@id-orion.ru

Корректор
Вятчина А.Г.

Компьютерная верстка
Черепанов И.В.
dd1955@gmail.com

Адрес редакции:
101000, г. Москва, ул. Мясницкая,
д. 30/1/2, стр. 2, комн. 4.
В редакцию журнала «ВВВ»

Редакция:
Тел./факс (499)503-92-99
факс (495)433-14-45
e-mail: vvv@id-orion.ru

*Использование материалов раз-
решается только с письменного
разрешения редакции.*

Журнал зарегистрирован в Мин-
истерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовой коммуникации.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-30302
ISSN 2072-2710

Тираж 7000 экз.
Дополнительно распространяет-
ся на специализированных вы-
ставках по тематике журнала.

ООО «Издательский дом «Орион»

Отпечатано в типографии

ООО «Градиент»,
109316 г. Москва,
ул. Талалихина, д. 41, стр. 26
(495)933-22-09

Подписку на журнал можно оформить с любого месяца, отправив заявку на адрес электронной почты: vvv@id-orion.ru, www-orion@mail.ru или по факсу (495) 433-14-45



АКТУАЛЬНО

ОТ РЕДАКЦИИ 1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОННООБМЕННЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 4

ШТЕФАН НОЙМАНН, МАРИЯ ДИКУСАР

НАУКА И ПРАКТИКА

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ОПТИМАЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ
ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД 18

ЯУШЕВА Л.В., ПОСТЕРНАК Е.Г., ТРУХАНОВА Н. В.

ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ, ПРИГОДНЫЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
ВОДОПОДГОТОВКИ В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ 25

В.В. ДЗЮБО, Л.И. АЛФЕРОВА

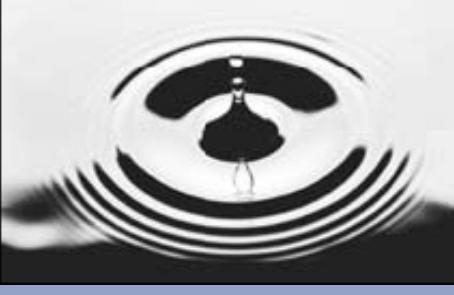
ТЕХНОЛОГИИ

ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ АММИАКА 36

ПРИГУН И.В., КРАСНОВ М.С.

ЭФФЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ
ОЗОНИРОВАНИЕМ 43

ВОДОПОДГОТОВКА
И
ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ПРОГРАММИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ УГЛЕКИСЛОТНОГО
РАВНОВЕСИЯ В ВОДЕ 52

ОЧКОВ В.Ф., МЕЛЬНИКОВ И.А.

ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ

СИСТЕМА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ, СОГЛАСНО ВЫДАННОМУ ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ, НАЗВАНИЕ МОДЕЛИ «УСТАНОВКА ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД»,
№ РЕГИСТРАЦИИ 2008144473.....58

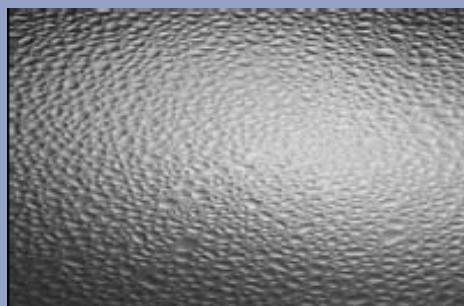
ПАВОЛ ПИЯК



ПРОБЛЕМЫ И МНЕНИЯ

ДЕЙТЕРИЙ, ТЯЖЕЛАЯ ВОДА, ЭВОЛЮЦИЯ И ЖИЗНЬ64
МОСИН О.В.

ЕСТЬ ЛИ АЛЬТЕРНАТИВА БУТЫЛИРОВАННОЙ ВОДЕ?72
ПЕРВОВ А.Г., СУРАНОВА Е.А., БАКАЛЕЙКО В.В.





ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОНООБМЕННЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



Др. Штефан Нойманн
Главный технический специалист направления очистки
воды и химиков отдела ионообменных смол
LANXESS Deutschland GmbH



Мария Дикусар
Руководитель отдела ионообменных смол по СНГ
ООО LANXESS

Предлагаем вниманию читателей журнала обзор, подготовленный специалистами концерна **LANXESS**. **LANXESS** является ведущим концерном специальной химии, а его бизнес-подразделение ионообменных смол – основной мировой производитель ионообменных смол.

Существует пять различных концепций использования ионообменных фильтров для очистки сточных вод.

Первая концепция – “прямая фильтрация” сточных вод. Без предварительной очистки, за исключением pH-корректировки, осуществляется прямая ионитная фильтрация. После фильтрации, вода поступает непосредственно в окружающую среду.

Вторая концепция – ионообменный фильтр используется в качестве фильтра дополнительной очистки или “корректирующего” фильтра. Фильтр устанавливается ниже по потоку от другого устройства очистки сточных вод, обеспечивающего очистку от основного объема загрязняющих веществ. Ионообменный фильтр обеспечивает очистку от загрязняющих веществ, которые не были удалены основным устройством, либо полностью осуществляет очистку в случае эксплуатационного отказа. В любом случае, ионообменный фильтр обеспечивает очистку до той степени, при которых уровни концентрации загрязняющих веществ намного ниже предельно допустимых уровней.

Использование фильтра дополнительной очистки является обязательным в случаях, когда очистка сточных вод осуществляется непрерывно и/или использование основного устройства не позволяет

обеспечить допустимые уровни концентрации.

Как прямая фильтрация, так и корректирующая фильтрация, рассматриваются как “завершающие” очистку сточных вод или как “дополнительная защита окружающей среды”.

Третья концепция – просто рециркуляция воды или обратное водоснабжение. В основном применяется для разбавления потоков отработанной воды, которая может быть охлаждена и преобразована в деминерализованную воду. Основной задачей в данном случае является снижение объемов сбросов сточных вод и сохранение запасов пресной воды.

Четвертая концепция – предусматривает обратную интеграцию в процесс производства. Стимулирует рециркуляцию потоков используемых в процессе производства. Непосредственный сброс данных потоков после того, как они были отработаны, обуславливает серьезную нагрузку на установку по очистке сточных вод. В качестве примеров можно привести использование неорганических кислот для травления металлов (очистки от окиси) и применение электролитов для нанесения гальванического покрытия. При использовании, данные потоки насыщаются загрязняющими примесями из-за коррозии металлических поверхностей или генерации побочных продуктов. Если концентрация загрязняющих

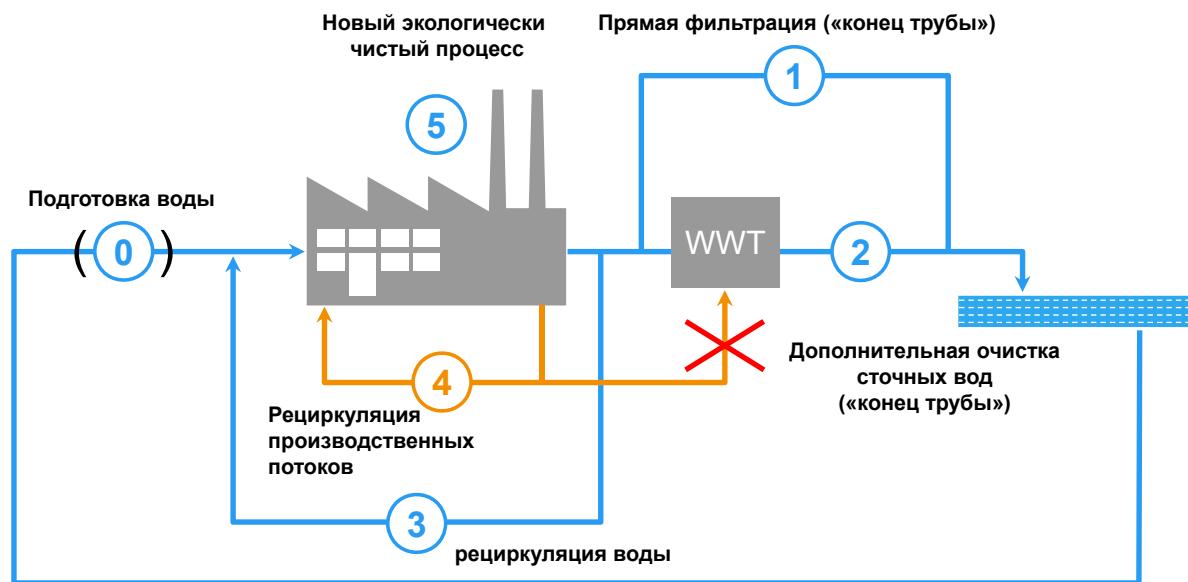


Рисунок 1

Различные концепции использования ионообменных фильтров для очистки сточных вод

примесей превышает определенный критический уровень, данные технологические растворы становятся отработанными и должны быть восстановлены или сброшены.

Генерируемые сточные воды будут не только накапливать загрязняющие примеси, в них будут содержаться значительные объемы активных компонентов, используемых в процессе производства

Во многих случаях ионообменные фильтры могут использоваться для селективной фильтрации загрязняющих веществ из технологической емкости, при этом активные ингредиенты остаются в растворе. Таким образом, сокращается объем сточных вод со значительной концентрацией загрязняющих веществ и более экономно используются полезные ингредиенты. Следует также учитывать преимущества по качеству продукции. Постоянная очистка технологической емкости снижает негативное воздействие загрязняющих веществ и позволяет более эффективно контролировать качество.

Пятая концепция – полная интеграция в производственный процесс. Применительно к используемому процессу это означает необходимость существенных изменений – модернизацию конструкции – по всему процессу производства. Часто реализация данной концепции предполагает замещение опасных химических реагентов менее опасными и/или значительное сокращение потребления воды и экономию энергоресурсов.

В отличие от стратегий, предусматривающих «завершающую» очистку, пятая концепция предус-

матривает использование ионообменных фильтров не только для совершенствования методов защиты окружающей среды. Концепция предполагает разработку новых комплексных решений, полностью интегрированных в процесс производства. Теперь рассмотрим подробнее эти способы очистки.

КОНЦЕПЦИЯ “ПРЯМОЙ ФИЛЬТРАЦИИ”

Принцип прямой фильтрации рассмотрен на рисунке 2. Данный принцип применяется в случае незначительного загрязнения воды в результате процесса производства. В воде может содержаться одно или более загрязняющих веществ. Рентабельность обеспечивается в случае, если суммарная концентрация загрязняющих веществ не превышает 300 ppm.

Опасные компоненты удаляются с помощью селективного ионообменного фильтра. При наличии более одного загрязняющего вещества, следует рассмотреть два возможных варианта. Первый, идеальный случай, когда один ионообменный фильтр позволяет адсорбировать все загрязняющие вещества. К примеру, если все загрязняющие вещества являются катионами тяжелых металлов, они могут быть адсорбированы IDA-смолой (Lewatit® TP207).

Второй, более сложный случай – наличие веществ с различным химическим составом, в частности, наличие одновременно катионных и анионных загрязняющих веществ. В этом случае, при применении ионообменных фильтров следует использовать отдельные адсорбенты для различных классов загряз-

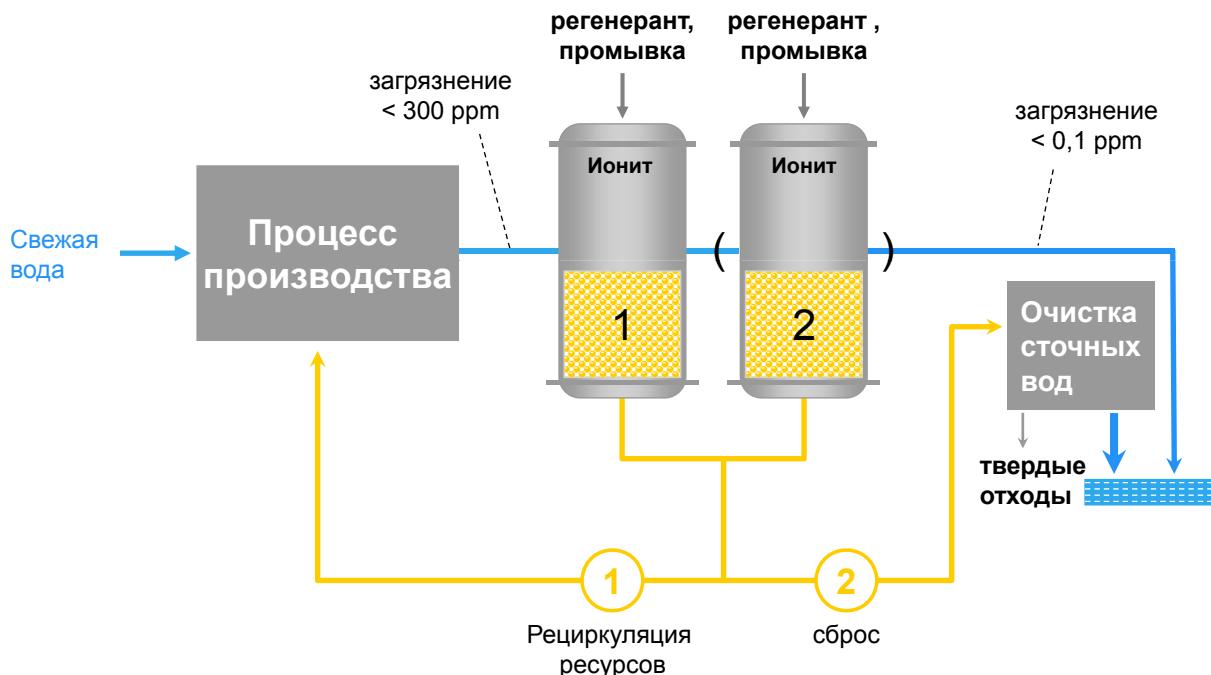


Рисунок 2
Принцип прямой фильтрации

няющих веществ. Следует последовательно использовать ионообменник селективный к катионам и ионообменник селективный к анионам. Загрязнения, содержащие анионы тяжелых металлов, обусловлены присутствием маталло-цианидных-комплексов или оксоанионов хрома, молибдена, вольфрама, ванадия, соли мышьяковой кислоты и соли сурьмяной кислоты.

При оптимальных рабочих условиях ионообменные фильтры способны снизить концентрацию загрязняющих веществ до менее чем 0.1 ppm. В ряде случаев, возможно достижение показателей по остаточным концентрациям менее 0.01 ppm.

После отработки ионообменных фильтров необходима их регенерация. Возникает следующий, очень важный вопрос – что делать с израсходованным регенерационным раствором

Оптимальным вариантом является повторное использование израсходованного регенерационного раствора в процессе производства (рисунок 2, поток (1)). Для того, чтобы можно было воспользоваться данным вариантом, метод регенерации должен быть адаптирован к производственному процессу за счет правильного выбора химического состава и концентрации регенерационного раствора.

Если повторное использование невозможно, необходимо очистка израсходованного регенераци-

онного раствора. (рисунок 2, поток (2)). Во многих случаях используется реакция осаждения, в ходе которой загрязняющее вещество химически преобразуется в нерастворимое в воде твердое вещество, которое можно сжечь, отправить на свалку или использовать в качестве сырья в процессе **экстракции металлов**.

Концепция прямой фильтрации с очисткой израсходованного регенерационного раствора имеет смысл в случае, если процесс обеспечивает значительное уменьшение потока сточных вод. Как правило, то означает, что объем потока израсходованного регенерационного раствора в 10 раз меньше исходного потока сточных вод.

В целом, концепция “прямой фильтрации” позволяет решить две задачи. Во-первых, обеспечить соблюдение требований и норм, действующих в отношении сточных вод; во-вторых, более эффективно использовать ценные материалы.

КОНЦЕПЦИЯ ФИЛЬТРА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИЛИ ЗАВЕРШАЮЩЕЙ ОЧИСТКИ

Концепция использования фильтра дополнительной или завершающей очистки (рисунок 3) – используется предшествующий пример по тяжелым металлам.

Сначала сильно загрязненные сточные воды (как

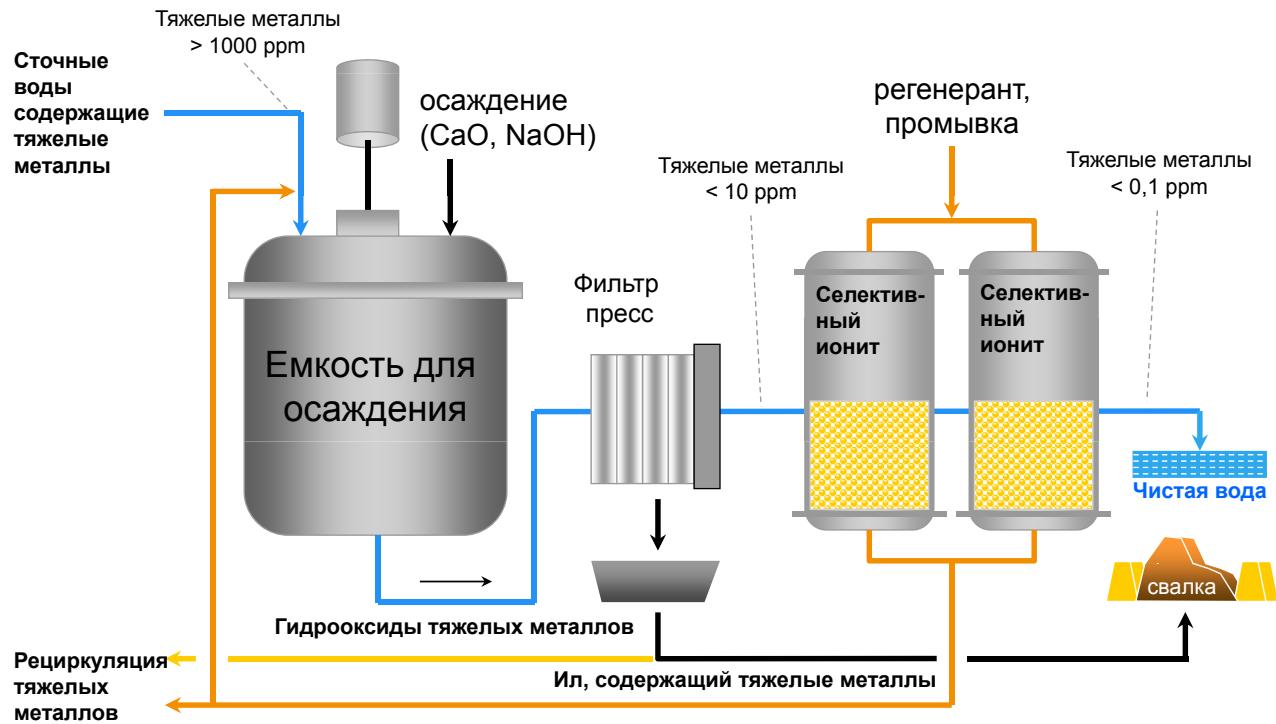


Рисунок 3
Принцип “фильтра завершающей очистки”

правило, концентрация загрязняющих веществ составляет > 1 гр./литр) проходят стадию очистки на основной установке. В данном случае, осуществляется осаждение ионов металла через дозировки известкового молока и/или щелочи. Ионы металла преобразуются в умеренно растворимые гидроокиси и могут быть удалены посредством фильтрования.

Как правило, процесс осаждения позволяет очистить сточные воды от 99% загрязняющих веществ. В случае исходной концентрации 1000 ppm, при удалении 99% остаточная концентрация составляет 10 миллиграмм/литр, что обычно слишком много для непосредственного сброса в среду.

С тем, чтобы обеспечить соблюдение действующих норм, производится окончательная очистка сточных вод с использованием ионообменного фильтра.

На данном этапе, ионообменный фильтр обеспечивает снижение концентрации загрязняющих веществ, с эффективностью 99%. В итоге, очистка на основной установке и с помощью фильтра завершающей очистки обеспечивает удаление 99,99% загрязняющих веществ, как правило, остаточная концентрация составляет менее 0.1 ppm.

Израсходованный регенерационный раствор обычно снова используется на этапе очистки на основной установке. В случае, указанном на рисунке 3,

это означает, что раствор поступает в отстойник. В результате, происходит только один повторный сброс сточных вод. На рисунке 3 это фильтр-пресс. Какие-либо иные методы очистки или сброса израсходованного регенерационного раствора не требуются. Содержащая тяжелые металлы пульпа поступает на свалку. В случае, если она содержит остатки только одного тяжелого металла (моно-пульпа), возможно ее использование в плавильных печах в качестве сырья.

Концепция сочетания основной очистительной установки и фильтра завершающей очистки не ограничивается применением для удаления тяжелых металлов. Она может также применяться для удаления токсичных анионов, таких как солей хромовой кислоты, борной, мышьяковой кислоты и т.д. Она может также применяться для удаления органических загрязнений. В частности, для удаления фенола может вначале использоваться десорбция паром с последующим завершающим удалением адсорбирующими смолами. Адсорбирующая смола регенерируется паром, после чего конденсат подается обратно в десорбер.

В случае применений ионообменного фильтра завершающей очистки, как правило, используются реакции селективного ионного обмена. В основном, это обусловлено тем, что данные типы сточных вод

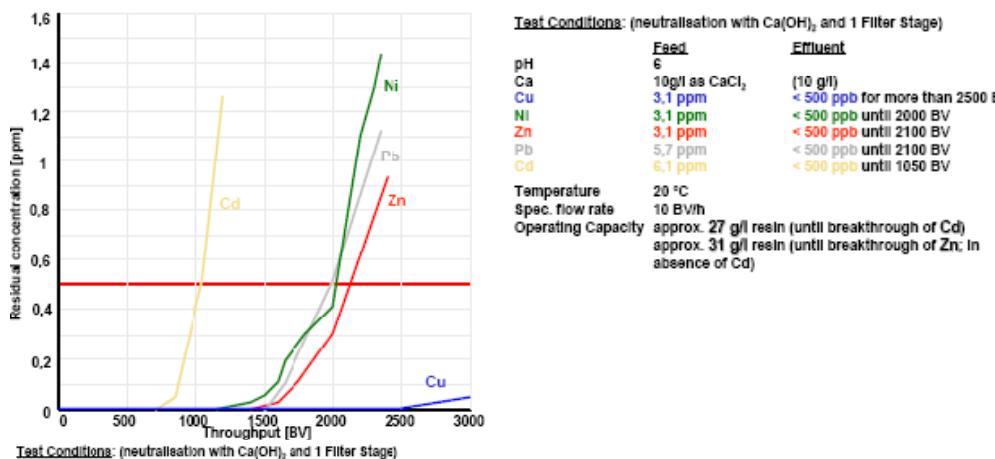


Рисунок 4

Кривые проскока по ионам различным тяжелых металлов. Используется вода с этапа известкового осаждения. Используется Lewatit® TP 207.

содержат значительные количества нейтральных солей, которые добавляются на этапе очистки по основной нагрузке. К примеру, в установках осаждения, для корректировки pH добавляются значительные количества извести и щелочи. В результате генерируются высокие концентрации кальция и натрия. Поскольку оба из указанных катионов конкурируют с тяжелыми металлами в процессе ионообменных реакций, наиболее эффективны селективные ионообменные фильтры.

Кривые по эффективности фильтрации (кривые проскока) различных тяжелых металлов присутствующих в сточных водах одного типа, приведены на рисунке 4. Приводится сравнение исходных концентрации ионов металлов с концентрациями после фильтрации. Из-за предварительной очистки осаждением, вода содержит очень значительные количества кальция (10 грамм/литр в виде CaCl_2).

Несмотря на высокую концентрацию кальция, ионы тяжелого металла эффективно удаляются Lewatit® TP207, смолой IDA. На первой стадии фильтрации, остаточные концентрации составляют менее 0.1 ppm. Данный показатель, как правило, обеспечивает соблюдение законодательства об охране окружающей среды.

На определенной стадии, остаточные концентрации металлов внезапно возрастают. Следует отметить, что все ионы не проскакивают одновременно. В приведенном примере первым проскакивает кадмий, последней медь. Порядок проскока металлов более или мене соответствует показателям по селективности.

Кадмий обладает наименьшей селективностью

из всех ионов металлов, что обуславливает ранний проскок кадмия.

Возвращаясь к концепции завершающего фильтрования, важно отметить, что после этапа очистки по основной нагрузке может возникнуть необходимость корректировки pH. В частности, после очистки осаждением, показатель pH может быть слишком высок для эффективного использования ионообменных смол. Это обуславливается тем, что при высоких уровнях pH тяжелые металлы могут быть в той форме, которая не допускает взаимодействия с функциональными группами. Это могут быть негативно заряженные гидроксил-комплексы (в частности, цинка, свинца, кадмия и алюминия), либо это может быть обусловлено тем, что при высоких уровнях pH металлы присутствуют как гидроксид-частицы в коллоидальной форме. Поскольку обе формы не могут быть адсорбированы катионообменными смолами, необходимо снизить уровень pH до уровня между pH = 5 и pH = 7. Это обеспечит обратное растворение коллоидов и/или обратную трансформацию металлов в катионную форму.

Также важным аспектом, который следует принять во внимание, является наличие в потоке сточных вод комплексообразующих агентов, таких как EDTA (этилендиаминтриуксусной кислоты), NTA (цианоуксусной кислоты) и цианида. Соответствующие комплексообразующие агенты должны быть разрушены (оксидированием) до подачи на ионообменный фильтр.

Кроме того, следует избегать применения осаждения сернистыми соединениями (сульфиды, тиолы, тиазолы, тиокарбанимы) в сочетании с фильтрами

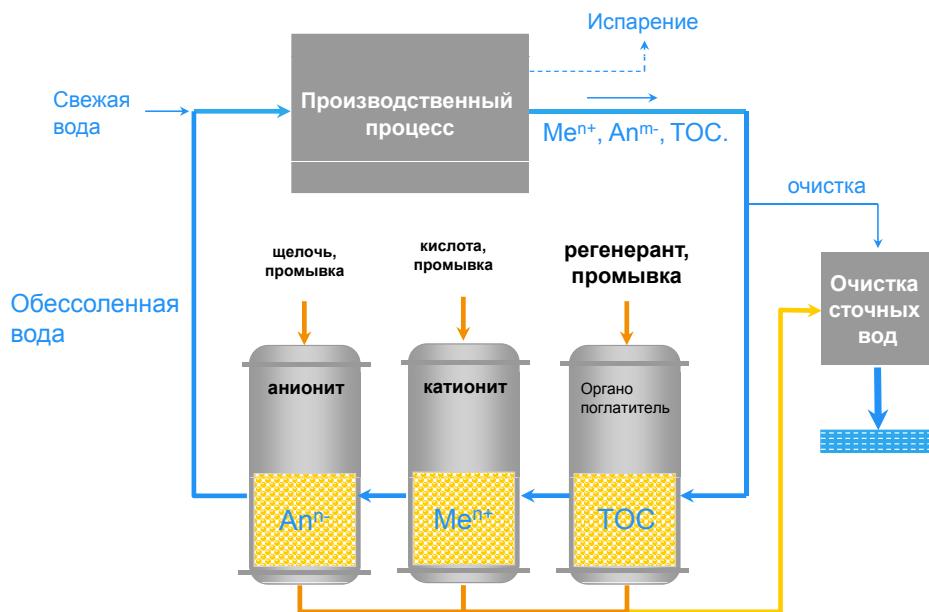


Рисунок 5
Схема работы установки рециркуляции воды

завершающей очистки. Не только потому, что данные химические соединения слишком токсичны, но и потому, что они обуславливают очень неприятный запах при регенерации ионообменного фильтра кислотой.

Кроме того, в случае сочетания осаждения гидратами окиси и очистки ионообменными смолами как правило удается обеспечить соблюдение норм по концентрациям (загрязняющих веществ) в очищенных сточных водах. Соответственно, можно сделать вывод о том, что применительно к данной концепции осаждение сульфидными реагентами – неэффективная трата денег, даже без учета их токсичности и отвратительного запаха. Использование сульфидных реагентов можно рассматривать только в том случае, если осаждение используется как автономный этап очистки. В данном случае, только гидроксидного осаждения недостаточно для того, чтобы достичь концентраций тяжелых металлов в диапазоне ppb.

Наконец, следует обратить внимание на необходимость регулярной обратной промывки, особенно в случае использования ионообменников для завершающей очистки стоков из фильтр-прессов. Данная необходимость обусловлена тем, что потоки из фильтр-прессов всегда содержат взвешенные твердые частицы, особенно в начале нового цикла фильтрации. Твердые частицы скапливаются внутри фильтрующего слоя. Кроме того, твердые частицы образуются в слое ионита на стадии пост-осажде-

ния и в результате кристаллизации.

В случае, если не обеспечивается тщательное удаление данных частиц, их присутствие может повлиять на эффективность процесса очистки, а также снизить срок службы ионообменной смолы.

КОНЦЕПЦИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВОДЫ

При некоторых процессах, в основном при промывании готовых изделий, генерируются сточные воды с незначительным уровнем загрязнения и с низкой концентрацией солей. Концентрация солей может быть даже ниже, чем в сырой воде. В некоторых случаях целесообразна рециркуляция воды с использованием процесса ионного обмена. Получаемая в результате деминерализованная вода может быть повторно использована в производственном процессе.

Схема процесса приведена на рисунке 5. Установка включает в себя катионообменный и анионообменный фильтры. Катионы замещаются протонами (H^+), анионы замещаются гидроксильными ионами (OH^-). Протоны и гидроксильные ионы вступают в реакцию и образуют воду. Вниз по потоку от ионитного фильтра, концентрации солей очень низкие, проводимость вполне может быть менее 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Если необходима более низкая проводимость, можно добавить смешанный фильтрующий пласт ($>18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$). Вода ультрачистого качества может быть получена при использовании готовых к использованию ионообменных смесей

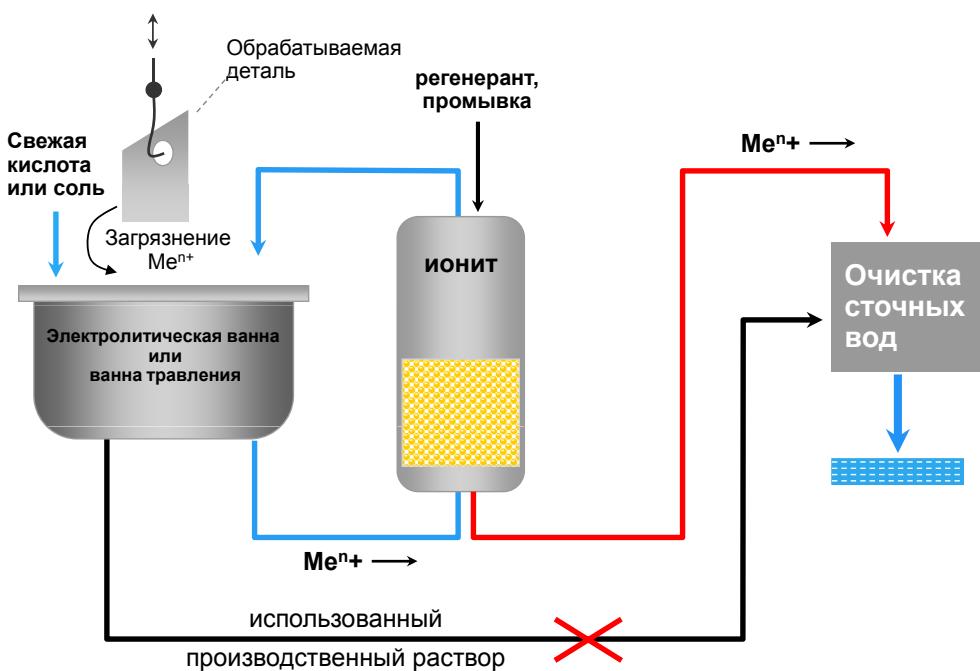


Рисунок 6
Схема процесса рециркуляции технологических растворов

Если промывочная вода также содержит ионные детергенты (увлажнители), необходимо использование поглощающего фильтра. В этих случаях используются активный уголь или адсорбирующая смола.

Без поглощающего фильтра, катионные моющие средства необратимо загрязняют катионообменные смолы. Схожим образом, анионные моющие средства блокируют сильноосновные ионообменники. Соответственно, данные вещества должны быть удалены до попадания в ионообменные фильтры.

Стандартными продуктами, используемыми в установках по рециркуляции воды, являются макропористые сильнощелочные смолы (в частности, Lewatit® SP112) в сочетании со слабоосновным полимером (в частности, Lewatit® MP64). В случае, если промывочная вода содержит высокие концентрации слабощелочных анионов, в частности CN^- , H_2BO_3^- , HSiO_3^- or HCO_3^- , следует рассмотреть возможность использования третьего ионообменного фильтра. В данном фильтре будет использоваться сильноосновной полимер, такой как Lewatit® K 6362. Слабоосновной полимер сам по себе не сможет обеспечить захват данных ионов.

В случае использования сильноосновного полимера, никогда не следует допускать перегрузки и переполнения слабоосновного фильтра. В противном случае возникает опасность необратимого сцепления определенных ионов, в частности, ме-

тал-цианид-комплексов, солей хромовой кислоты и иных компонентов. Они не могут быть удалены с сильноосновных установок. Комплексообразующие агенты на основе карбоновых кислот, аминокислот и фосфоновой кислоты могут необратимо адсорбироваться ионообменными смолами.

Если вода содержит взвешенные твердые частицы, вкрапления масла или эмульгированные масла, данные вещества должны быть удалены до контакта с ионообменной смолой. Необходимо выполнить соответствующую предварительную очистку путем расслоения эмульсии, фазового разнесения или фильтрования

Сильные оксиданты, в частности, свободный хлорин или пероксиды, не должны контактировать с ионообменными фильтрами. Данные реагенты вредны для ионообменников, так как они окисляют функциональные группы, а также полимерную основу гранул.

Другой характерной проблемой для установок рециркуляции воды является рост бактерий и водорослей. Разрастание водорослей в емкостях может быть уменьшено за счет использования для стен емкостей материалов, не пропускающих свет. Также возможна дезинфекция при установке внутри емкостей ламп ультрафиолетового излучения. Рост водорослей может быть уменьшен за счет использования неокисляющих дезинфицирующих средств.

В случае загрязнения бактериями хорошие результаты дает очистка каустиком с тщательной промывкой обратным потоком жидкости. В случае сильного бактериального загрязнения возможно кратковременное применение более агрессивными дезинфицирующими средствами.

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Технологическим потоком является водный раствор, содержащий достаточно значительные концентрации активного химического реагента. Активный химический реагент выполняет определенную функцию в соответствующем технологическом процессе. Он осаждается, либо может вступать в реакции на поверхности, либо может использоваться в качестве продукта извлечения в химическом синтезе. Примеры соответствующих процессов:

- травление поверхностей с помощью кислот или соляных растворов (в частности, пассивация алюминия в ванных серной кислоты, протравливание стали или удаление ржавчины в хлористоводородной кислоте);
- пассивация (поверхностная протравка) металлических поверхностей растворами соли (в частности, фосфатирование);
- нанесение электрохимического покрытия на поверхности (цинк, никель, медь, хром);
- химическое и механическое полирование пластин диоксида кремния;
- синтез органических продуктов с использованием гидрата гидразина

Для всех перечисленных процессов, в конечном счете, необходима очистка технологической емкости по следующим причинам:

- потребления активного химического реагента
- генерирования побочных продуктов и накопления вследствие процессов коррозии на рабочих поверхностях

Расходуемые активные химические реагенты могут быть заменены. В частности, расходуемую кислоту в ванне травления можно заменить свежей кислотой. Цинк, медь, никель, хром и т.д., используемые для нанесения гальванического покрытия на металлические поверхности, могут быть заменены путем установки свежего анодирующего материала или добавления химических реагентов.

Побочные продукты и продукты коррозии со временем **накапливаются**. При достижении критической концентрации они оказывают негативное воздействи-

ние на процесс поверхностной обработки, страдает качество. Данное воздействие может проявляться как наличие пятен на поверхности или как ослабление коррозионной стойкости поверхностного слоя.

Если загрязняющие вещества не могут быть удалены из технологической емкости, по прошествии определенного времени следует заменить саму емкость. В случае замены следует учитывать следующие факторы (экономические и связанные с охраной среды):

- активные химические реагенты, содержащиеся в технологической емкости (кислоты, соли, иные реагенты) будут потеряны и потребуется их замены;
- достаточно большие объемы израсходованного раствора из технологической емкости необходимо будет очистить в достаточно мощных установках по очистке сточных вод;
- одновременное формирование и необходимость сброса достаточно большого объема вторичных отходов (в частности, шлама с высокой концентрацией металлов).

Ионообменники могут использоваться для селективного удаления побочных продуктов и иных загрязняющих веществ из определенных технологических емкостей. В результате, утрачено будет незначительное количество активных химических реагентов. Возможно применение ряда уникальных процессов данного типа.

а) Рециркуляция ванн хромирования

Ванны хромирования содержат хромовую кислоту и используются для хромирования стальных поверхностей. В ванных хром VI, хром присутствует в анионной форме. Под действие коррозии, ванна хромирования засоряется катионами железа и и других металлов, в частности, никеля и бронзы. Кроме того, в результате побочной реакции, образуется хром III. В случае, если концентрации железа и иных загрязняющих примесей достигают критических уровней, ухудшается качество покрытия. В отношении железа и хрома III, критическими концентрациями являются концентрации порядка 5 грамм/литр.

Чтобы удалить загрязняющие примеси с помощью ионообменника, следует вначале охладить ванну до комнатной температуры и снизить концентрацию CrO_3 до 100 грамм/литр. В противном случае смола может быть повреждена в результате окисления.

Для удаления катионов металлов используется сильнокислотная смола Lewatit® SP112. При опре-

деленных условиях нагрузка по катионам металлов может составлять до 20 грамм/литр. Фильтр не оказывает воздействия на ионы хрома VI, поскольку катионообменный фильтр не может адсорбировать анионы.

Перед закачкой очищенного электролита хрома (VI) обратно в ванну, производится выпаривание для получения исходной концентрации раствора в ванне.

b) Рециркуляция хлористоводородной кислоты

При травлении стальных поверхностей хлористоводородной кислотой, ионы железа (II) растворяются в кислоте. Путем дозирования H_2O_2 , железо (II) может быть оксидировано для формирования железа (III), формирующего хлорокомплекс $[FeCl_4]^-$ – темного цвета. Данный комплекс образует сильные связи с сильноосновными анионообменными смолами, такими как Lewatit® K 6362. Путем прохождения кислоты через фильтрующий слой ионообменника можно получить остаточные концентрации железа менее 1 ppm. Регенерация осуществляется путем промывания фильтрующего слоя водой. Из-за низкой концентрации хлорида в регенерационном растворе, отрицательно заряженный хлорокомплекс дестабилизируется. В результате положительно заряженные катионы железа высвобождаются и вымываются из фильтрующего слоя. Данный процесс очень эффективен как для первичной грубой очистки, так и для окончательной очистки.

c) Рециркуляция серной кислоты

Серная кислота используется в больших количествах при анодировании алюминиевых поверхностей в случае использования так называемого "Eloxal" процесса. За счет коррозии алюминий накапливается в технологической емкости, при достижении определенных концентраций необходима очистка.

Очистка кислоты в емкости осуществляется за счет процесса "замедления реакции кислоты". Основным принципом является адсорбция кислоты сильноосновным анионообменным фильтром. Катионные примеси Al^{3+} отталкиваются смолой (так называемый "доннановский эффект") и отделяются от кислоты.

Обычно кислота нагнетается в тонкий фильтрующий слой, заполненный специальной смолой. На выходе колонны существуют различные фракции, одна над другой. Первая фракция – чистая вода, оставшаяся после предшествующего цикла. Она может храниться в буферной емкости и использоваться на других стадиях процесса. Следующая за водой

фракция содержит загрязняющие примеси, в данном случае ионы Al^{3+} вместе с противоионом сульфата. Данная фракция сбрасывается в установку очистки сточных вод. Наконец, в колонне присутствует фракция, содержащая ингибиованную (замедленную) кислоту. Как только данная фракция поступает на выход колонны, поток прерывается, чтобы не допустить потери кислоты. На данной стадии, осуществляется регенерация колонны и адсорбированная кислота вымывается чистой водой. Подача воды осуществляется против потока воды. В результате, кислота, присутствующая в значительных концентрациях, гидравлически выталкивается из колонны и нагнетается обратно в ванну.

Для поддержания постоянного объема кислотной ванны, объем кислоты, откачиваемой из ванны и объем воды, используемой для регенерации колонны, должны быть абсолютно равными.

Процесс называется процессом замедления кислоты, поскольку кислота выходит позже соли. Поток кислоты замедляется за счет адсорбции в фильтрующем слое.

В процессе работы и в процессе регенерации скорость потока относительно низкая. Проскок кислоты имеет место после подачи кислоты в объеме примерно равном объему одного фильтрующего слоя. Длительность одного цикла обслуживания/регенерации составляет примерно один час.

Эффективность процесса наиболее высока при концентрации кислоты в диапазоне 10 - 20 процентов. Концентрация катионов металла в технологической емкости может поддерживаться на постоянном уровне от 5 грамм/литр - 10 грамм/литр. Данный метод не следует использовать для глубокой очистки кислоты.

LANXESS разработала специальную смолу для замедления кислоты – торговое наименование Lewatit® K 6387. Поскольку гранулы очень мелкие (0.35 мм диаметром), полимер обеспечивает значительно более высокую эффективность по разделению по сравнению с хроматографическими материалами. Соответственно, загрязняющие примеси и кислота могут быть быстро отделены друг от друга, что предотвращает потери кислоты.

d) Рециркуляция гидразин-гидрата

При синтезе активных органических материалов, в частности, пестицидов или лекарственных форм, часто используется гидразин-гидрат в 30% водном растворе. В ходе реакции производится хлористоводородная кислота, которая присутствует в растворе.

После реакции, водный раствор гидразин-гидрата может быть отделен от органической фазы и повторно использован после удаления хлористоводородной кислоты.

Хлористоводородная кислота может быть удалена с помощью сильноосновной ионообменной смолы (в частности, Lewatit® K 6362) в OH-форме. При данном процессе, OH⁻ реагирует с H⁺ хлористоводородной кислоты, оставшийся ион хлорида сцепляется с функциональной группой. Смола может быть легко регенерирована щелочью.

Израсходованный регенерационный раствор из ионообменника оказывает незначительное воздействие на окружающую среду, по сравнению со сбросом всего содержимого технологической емкости. Кроме того, объемы сброса израсходованного регенерационного раствора практически постоянны, что позволяет использовать небольшую установку для очистки сточных вод. Преимущества для пользователя - возможность применения более простых процессов очистки и экономия, обусловленная тем, что нет необходимости приобретать новые химические реагенты. Очень существенным преимуществом является постоянное качество технологического раствора, что обуславливает более высокое качество продукции и согласованность методов, используемых предприятием в целом.

Кроме уже перечисленных, можно привести ряд других примеров очистки и повторного использования технологических растворов, что обуславливает значительное увеличение срока использования.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

Для производства определенных продуктов и химических реагентов можно применять различные способы производства. Возможен выбор различных материалов, добавок, растворителей, источников энергии и т.д. В зависимости от выбора, промышленная деятельность может существенно влиять на качество окружающей среды.

При систематической модернизации производственных процессов, можно добиться того, что производство будет более экологически безопасным. Токсичные химические вещества можно заменить менее токсичными. Энергопотребляющие процессы можно заменить энергосберегающими. Использование и загрязнение воды может быть снижено за счет использования альтернативной среды.

Модернизация процессов является наиболее эффективным подходом к защите окружающей

среды. Данный подход может быть также наиболее затратным в плане усилий и денежных средств. Это обусловлено тем, что изменение одной стадии производственного процесса может иметь серьезные последствия для остальных стадий производства. Соответственно, во многих случаях, необходима полная модернизация всего процесса. Это объясняет тот факт, что планы по модернизации производственного процесса, как правило, реализуют новые, создаваемые с нуля, предприятия. В большинстве случаев слишком велики затраты на смену всего оборудования действующих предприятий, срок амортизации которых как актива еще не истек.

Ниже приведены три примера модернизации процессов.

а) Новый процесс производства хлора и каустика.

Возможно, в качестве наиболее удачного примера успешной модернизации, следует рассматривать разработку мембранных электролизера для производства хлорина.

Ранее широко использовался, а в некоторых случаях до сих пор используется, электролизер с ртутным катодом. Значительные объемы ртути нагнетались в промышленные установки. Использовались тонны опасной ртути, что обуславливало значительные риски для людей и окружающей среды; кроме того, удельное потребление энергии было достаточно высоким.

В 1960-х существенно возросла обеспокоенность в связи с рисками при работе с ртутью и ее соединениями, особенно в Японии, что было обусловлено инцидентом в заливе Минамата, имевшим самые серьезные последствия для сотен рыбаков и их семей.

После данного инцидента, были приложены значительные усилия по модернизации процессов производства хлорина и щелочи с использованием ртути. В результате был разработан процесс с использованием мембранных электролизера, позволяющий полностью отказаться от применения ртути. Кроме того, данный процесс обеспечивает более эффективное использование электроэнергии.

Основным решением является разделение катодной и анодной камер ионообменной мембраной. Данная мембрана является продуктом высоких технологий, стоимость – несколько тысяч долларов за квадратный метр. Помимо высокой цены, мембрана очень чувствительна к засорению примесями, содержащимися в растворе электролизера.



Рисунок 7
Схема процесса рециркуляции технологических растворов

Критическими загрязняющими примесями являются слои кальция и магния, содержащиеся в исходном материале, используемом для производства хлорина; каменная или солончаковая соль. Поскольку мембрана очень чувствительна к примесям, установлены жесткие нормы по предельным концентрациям – не более нескольких ppb. Если концентрация кальция и магния регулярно превышает 20 ppb, мембрана может быть необратимо повреждена и потребуется ее замена..

Целесообразность промышленного использования процесса на основе мембранныго электролизера в основном определяется возможностью применения технических методов для удаления остаточной жесткости по раствору, содержащему 30% солей щелочного металла. На этапе исследований и разработок было установлено, что селективные иониты типа IDA- и AMPA позволяют справиться с этой задачей.

На сегодняшний день процесса на основе мембранныго электролизера применяется сотнями предприятий в различных странах. На большинстве данных предприятий соляной раствор сначала очищается осаждением, после чего осуществляется глубокая очистка селективными ионитами. Не будет преувеличением сказать, что реализация данной экологичной и экономичной технологии была бы невозможна без наличия необходимых ионитов.

b) Новые методы электрохимического извлечения металлов

Еще один интересный пример успешной модернизации – модернизация процессов электрохимического извлечения металлов. Здесь иониты могут заменить жидкостно/жидкостные экстрактанты;

химические реагенты, имеющие ряд недостатков (экологических и экономических). Недостатки следующие:

- жидкостные экстрактанты токсичны
- жидкостные экстрактанты разбавляются керосином, соответственно, являются пожароопасными и взрывоопасными
- жидкостные экстрактанты частично растворимы в воде, соответственно, производится из сброс со сточными водами
- различные жидкостные экстрактанты, используемые для последовательной обработки, загрязняются и становятся менее эффективными
- взвешенные твердые частицы негативно влияют на жидкостные экстрактанты
- жидкостные экстрактанты очень дороги

Напротив, преимуществами ионообменников являются следующие:

- ионообменники не токсичны
- ионообменники не взрывоопасны
- ионообменники нерастворимы в воде и не загрязняют воду
- ионообменники могут быть легко разделены с помощью экранов и не обуславливают перекрестного загрязнения
- ионообменники могут быть легко очищены при обратной промывке
- ионообменники могут быть приобретены по разумным ценам

В процессах электрохимического извлечения металлов ионообменные фильтры могут применяться в обычных фильтрационных колоннах. Здесь они

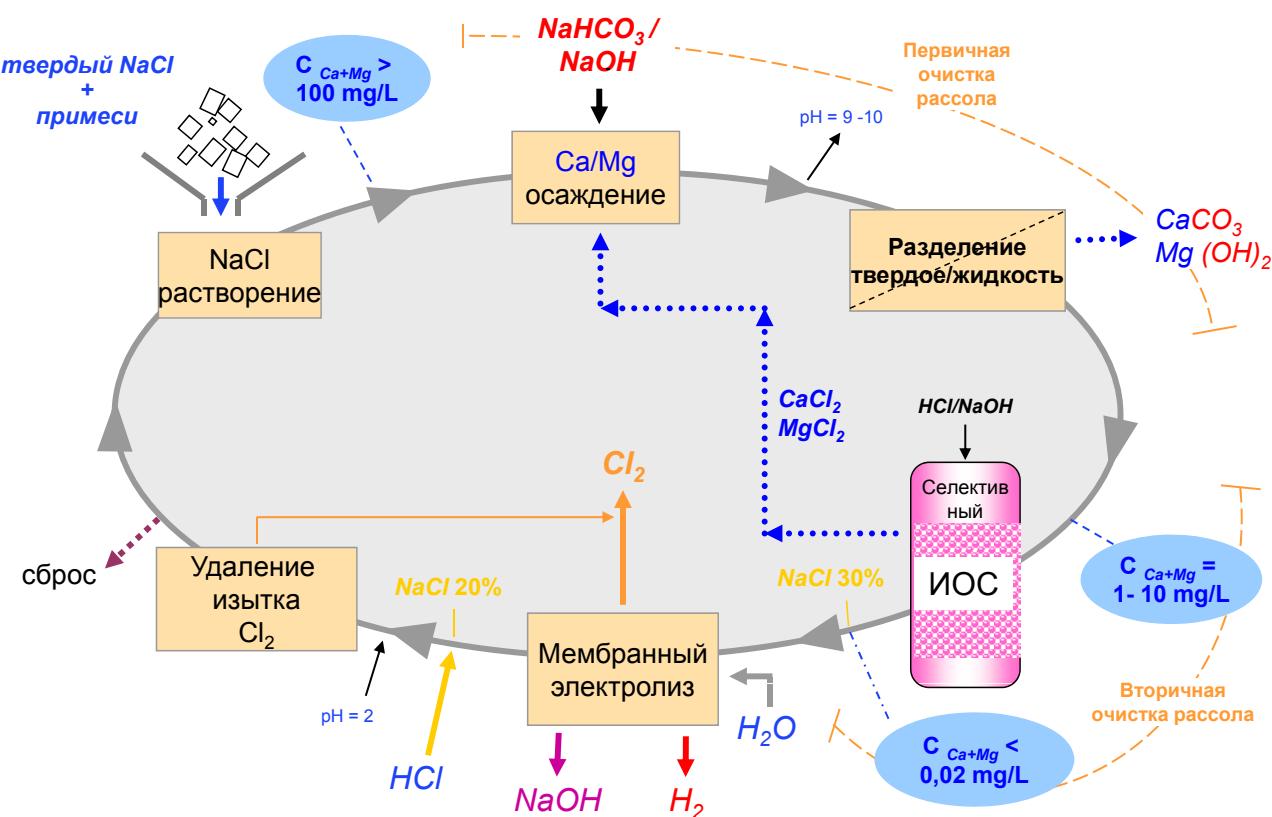


Рисунок 8

Пример удачной модернизации процесса:

Теперь при производстве хлора можно вообще не использовать токсичную ртуть. Это стало возможным в связи с появлением селективных ионообменных фильтров, обеспечивающих необходимую очистку соляного раствора, что, в свою очередь, позволяет использовать чувствительные мембранные для электролитических ячеек

обеспечивают экстракцию металлов из обработанной руды (насыщенных растворов). Также применяется дополнительная технология. Данный процесс имеет название “Полимер в Насыщенном Растворе” или RIP. Гранулы ионообменной смолы смешиваются с уже отстоявшимся и нефильтрованным насыщенным раствором. Полимер обеспечивает экстракцию ценных металлов из раствора и из пор частиц руды.

После экстракции насыщенные гранулы отделяются о пульпы экранами. С учетом малых объемов пульпы, более эффективным является использование гранул полимера с большим чем обычно размером частиц. С этой целью, LANXESS разработала специальный тип монодисперсной смолы с диаметром частиц 0.8 мм. Примером продукта данного типа является так называемая “Извлекающая Смола”, “Lewatit® TP207 XL”.

С учетом высоких скоростей соответствующих технологических потоков и наличия мелких частиц, любой процесс отделения твердого вещества/жидкости очень сложен, и требует значительных денеж-

ных и временных затрат. RIP-процесс имеет очень существенное преимущество – он не требует разделения твердого вещества/жидкости до экстракции. Еще одним преимуществом является более высокая эффективность по экстракции, поскольку извлекаются также ионы металла, содержащиеся в порах частиц. Помимо прочего, это означает меньшие объемы сбросов тяжелых металлов в окружающую среду, поскольку утилизация рудных остатков, как правило, осуществляется в отвалах.

На сегодняшний день имеются опытные установки, использующие данную технологию. Учитывая перечисленные преимущества, предполагается, что в ближайшее время ионообменные фильтры все чаще будут заменять жидкостно/жидкостные экстрактанты.

с) Глубокая очистка биодизельного топлива.

Для очистки биодизельного топлива, необходимо отделить глицерин, при этом остаточные концентрации должны быть малы, не более нескольких ppm. В противном случае, глицерин будет приводить к раз-

ложению сплавов моторного блока.

Поскольку глицерин очень хорошо растворяется в воде, предшествующие процессы были основаны на размывании биодизельного топлива водой.

После размывания возникает не только достаточно нетривиальная проблема фазового разнесения биодизельного топлива и промывочной воды. Возникает еще одна проблема – что делать с промывочной водой, которая содержит значительные концентрации органических веществ (с учетом ТОС (содержание общего органического углерода) и BOD (биологического дефицита кислорода)). Вода может быть очищена в установке биохимической очистки или путем дистилляции. Оба метода очистки затруднительны. В первом случае требуются большие площади, во втором слишком существенен расход энергии. Как альтернатива, глицерин может быть удален при использовании сильноакислотных катионообменных смол (Lewatit® GF 202). В данном процессе, катионообменная смола скорее выступает в качестве адсорбера для гидрофильных веществ, чем в качестве ионита. За счет полярности функциональной группы обеспечивается адсорбция гидрофильных веществ через водородные мостики.

В результате, адсорбер адсорбирует не только глицерин, но и другие загрязняющие примеси, в частности, остатки солей, мыла и т.д.

Регенерация осуществляется безводным метанолом, который удаляет загрязняющие примеси и не допускает попадания воды в смолы.

Основным преимуществом данного процесса является то, что использованный для регенерации метanol может быть использован на другом технологическом этапе производства биодизельного топлива. Это означает отсутствие потока сточных вод из ионообменника. Метanol используется дважды и полностью потребляется.

Приведенные три примера являются примерами полной модернизации процесса. Все остальные процессы рециркуляции технологического потока следует рассматривать как примеры частичной модернизации процесса

ООО LANXESS

Руководитель отдела ионообменных смол по СНГ Мария Дикусар

ММДЦ «Москва-Сити», Башня «Федерация»

123100 РФ г. Москва Пресненская наб., 12

Тел.: +7 495 234 2080, факс: +7 495 956 6279

e-mail: maria.dicusar@lanxess.com

www.lanxess.ru, www.lewatit.com

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Примеры, приведенные в данной статье, свидетельствуют о том, что возможно различное использование ионообменных фильтров для очистки или предотвращения попадания опасных соединений в сточные воды. Ионообменные фильтры являются мощными средствами в инструментарии специалистов по очистке сточных вод. Данные средства могут использоваться отдельно или в сочетании с иными методами очистки.

Концепции очистки воды с использованием ионообменных фильтров могут быть различными, в частности, наиболее простой подход предусматривает установку дополнительного оборудования “на выходе трубопровода”. Возможно использование средств, интегрируемых непосредственно в процесс.

Как видно из приведенных примеров, ионообменные фильтры обеспечивают практические и рентабельные решения проблем за счет использования принципа селективности. Селективность рентабельна, поскольку химические реагенты и энергия расходуются для очистки от определенного целевого компонента, без воздействия на остальные, не опасные компоненты.

Помимо преимущества селективности, очень важным фактором является наличие различных типов ионообменников и адсорбирующих смол, что позволяет специалисту сделать оптимальный выбор для конкретного применения.

Важно отметить, что работы по разработке и совершенствованию специальных адсорбированных продолжаются. LANXESS всегда стремится к дальнейшему совершенствованию своей продукции и созданию новых продуктов для новых областей применения. Задачей LANXESS является наличие на данный момент и в последующем специализированных продуктов для очистки сточных вод; LANXESS заботится об охране окружающей среды.

©2009 – все права защищены

LANXESS
Energizing Chemistry

Технологии в цветах радуги

technologies
in rainbow colours

mega
www.mega.cz

Чешское Акционерное общество «MEGA» (АО «MEGA») поставляет высококачественные технологии и комплексные инженерные услуги для подготовки и переработки воды и других растворов. Основой данных технологий и услуг являются мембранные технологии, такие как:

- электродиализ (ED/R);
- обратный осмос (RO);
- нанофильтрация (NF);
- ультрафильтрация (UF);
- микрофильтрация (MF);
- электродеионизация (EDI).

Благодаря опыту, накопленному за многие годы, и профессиональной инновационной деятельности научного Отделения Исследований и Разработок, АО «MEGA», как один из лидеров в области электромембранных процессов в мире, способна:

- предложить подходящие технические решения;
- разработку технологической конструкции;
- осуществить поставку «под ключ» с полным спектром гарантийных и пост-гарантийных услуг.

АО «MEGA» фокусируется главным образом на разработках и применении технологии электродиализа. Электродиализная (ED) технология MEGA основана на ионообменных мембранах «RALEX membranes[®]», которые являются гордостью АО «MEGA», так как их разработка и производство ведется более 20 лет. Бренд «RALEX» выступает как инструмент безопасности для заказчика, что проверено в специфических условиях промышленности, таких как переработка урановой воды, алюминесодержащей воды, кислой сыворотки, обработка сточных вод и т.д.



■ Гетерогенные ионообменные «RALEX membranes[®]»



■ Электродиализная установка

Качество производства компании АО «MEGA», система управления и контроль процессов с учетом воздействия на окружающую среду сертифицированы в соответствии с международными качественными стандартами ИСО 9001:2001 и ИСО 14001:2005.

К основным промышленным применениям в области очистки/обессоливания вод и обработки растворов с использованием ED технологий можно отнести следующее:

- обессоливание воды с содержанием растворенные вещества (PB) до 8 г/л для одной стадии непрерывного процесса;
- обессоливание воды с содержанием PB до 50 г/л для порционной операции (batch operation);
- обессоливание воды с низким содержанием PB до 4 г/л для орошения полей;
- удаление нитратов из воды с целью производства питьевой воды;
- производство обессоленной воды в нефте-газовой промышленности для повторного использования.

Более подробную информацию и ссылки к проектам можно посмотреть на нашем сайте www.mega.cz/ru и в последующих журналах за 2009 г.



АО «MEGA»
Отдел Мембранных процессов

Pod Vinicí 87
471 27 Stráž pod Ralskem
Чешская Республика

e-mail: info@mega.cz
www.mega.cz

ООО «МЕГА ПрофиЛайн»



355008, г. Ставрополь, ул. Маршала Жукова, 9
тел./факс +7 8652 233 513
Россия

e-mail: rus@mega.cz
www.mega.cz/ru

mega
www.mega.cz



СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ОПТИМАЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД

Яушева Л.В.
Постернак Е.Г.
Труханова Н. В.

МУП «Уфаводоканал»

Анализ сточных вод – это особая область аналитической химии. Производственные сточные воды различных отраслей промышленности существенно отличаются как по составу загрязняющих веществ, так и по их концентрации. На качество промышленных сточных вод влияют следующие факторы: характер промышленного производства и исходного сырья, режимы технологических процессов, объем производственных стоков. В структуре промышленного производства города Уфы имеются предприятия химической и нефтехимической промышленности, машиностроения, топливно-энергетического комплекса, фармацевтической, пищевой и некоторые другие, типичные для мегаполисов. Как правило, на предприятиях металлообрабатывающей промышленности производственные сточные воды загрязнены растворимыми формами минеральных веществ и металлов. Пищевая промышленность вносит органические загрязнения. Большинство же предприятий сбрасывают стоки, где присутствуют как минеральные, так и органические загрязнения в различных соотношениях. Сложный состав сточных вод и трудоемкость определения на практике каждого загрязняющего вещества, приводят к необходимости выбора таких показателей, которые характеризовали бы определенные свойства воды без идентификации отдельных веществ.

Суммарное количество всех органических соединений можно оценить через косвенный показатель загрязненности – окисляемость. Показатели химическое потребление кислорода (ХПК), перманганатная окисляемость (ПО), биохимическое потребление кислорода (БПК), характеризуя качество сточных вод, дают экологическую информацию о затратах кислорода на утилизацию загрязняющих веществ, позволяют оценить возможности экосис-

темы восполнять потери кислорода.

Остановимся подробнее на показателе - биохимическое потребление кислорода. Метод определения БПК имитирует природные процессы самоочищения в водоеме. БПК определяет количество израсходованного кислорода на дыхательную деятельность микроорганизмов, использующих органическое вещество для роста и метаболизма в условиях инкубирования. БПК является мерой содержания только тех органических веществ, которые могут служить потребляемым субстратом для микроорганизмов.

Присутствие в пробе веществ, не подвергающихся биохимическому распаду, не отражается на определяемой величине БПК (за исключением действия специфических токсикантов). Этим БПК отличается от ХПК, которое является количественной характеристикой присутствия всех органических и части неорганических соединений. При лабораторном определении БПК бактерии, окисляющие субстрат как источник питания, часть органики расходуют на построение своего тела, часть – на энергетические нужды. Продуктами окисления являются вода, углекислый газ, метаболиты бактерий.

За «БПК полное» условно принимают биохимическую потребность в кислороде воды, доведенную до начала нитрификации, сколько бы дней на это не потребовалось, т.е. до появления в воде небольших количеств (в концентрации 0,1 мг/дм³) нитритов.

Для бытовых сточных вод экспериментально было установлено, что к 20-му дню инкубации практически полностью завершается окисление углерододержащей органики.

При исследовании промышленных сточных вод сложного состава инкубация может продолжаться до 30-ти и более суток. Проведение инкубации в лабораторных условиях требует оценивать динамику

Концентрация растворенного кислорода в разные дни инкубации в пробах сточных вод промпредприятий г. Уфы

Таблица 1

№	Название предприятия	ХПК, мг/дм ³	Кратность разбавления	Метод определения О ₂	День инкубации								Примечание
					1	5	7	10	15	20	25	30	
1	Машино-строительное предприятие	139	40/1000 (25 раз)	йодометрический	8,13	5,96	5,55	5,14	4,75	4,36	-	-	БПК _{полн} =БПК ₂₀ (концентрация нитрит-ионов 0,155 мг/дм ³)
				амперометрический	8,21	5,99	5,58	5,09	4,71	4,33	-	-	
2	Автотранспортное предприятие	249	20/1000 (50 раз)	йодометрический	8,37	6,88	6,45	6,03	5,76	5,14	4,70	4,41	БПК _{полн} =БПК ₃₀ (концентрация нитрит-ионов 0,325 мг/дм ³)
				амперометрический	8,12	6,85	6,34	6,00	5,72	5,09	4,72	4,45	
3	Предприятие химчистки	380	13/1000 (77 раз)	йодометрический	8,05	6,43	5,97	5,47	5,04	4,68	4,53	-	БПК _{полн} =БПК ₂₅ (концентрация нитрит-ионов 0,105 мг/дм ³)
				амперометрический	8,00	6,37	5,89	5,46	4,99	4,63	4,47	-	
4	Хлебозавод	411	14/1000 (71 раз)	йодометрический	8,43	5,11	4,77	4,57	-	-	-	-	БПК _{полн} =БПК ₁₀ (концентрация нитрит-ионов 0,123 мг/дм ³)
				амперометрический	8,52	5,08	4,82	4,67	-	-	-	-	
5	Молзавод	2405	2/1000 (500 раз)	йодометрический	8,76	6,27	5,62	5,04	-	-	-	-	БПК _{полн} =БПК ₁₀ (концентрация нитрит-ионов 0,114 мг/дм ³)
				амперометрический	8,87	6,41	5,81	5,10	-	-	-	-	
6	Тепловозоремонтный завод	130	40/1000 (25 раз)	йодометрический	8,14	6,70	6,63	6,44	5,68	5,67	4,18	3,82	БПК _{полн} =БПК ₃₀ (концентрация нитрит-ионов 0,109 мг/дм ³)
				амперометрический	8,43	7,16	6,98	6,77	6,39	5,95	4,53	3,53	

изменения растворенного кислорода и нитритов в пробе. Для этого согласно ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 «Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах» проводится измерение растворенного кислорода на 1, 2, 5, 7, 10, 15, 20, 25 дни, таким образом на одну пробу с учетом параллельных определений приходится 16 замеров. Инспектирование сточных вод сотен промпредприятий, потребует достаточно большого количества определений, времени, штатных единиц.

На сегодняшний день в аналитике применяется два метода определения концентрации растворенного кислорода: йодометрический и амперометрический. Йодометрический метод является трудоемким и длительным, требует большого расхода реактивов, и поэтому при необходимости анализа большого количества образцов его применение вызывает ряд сложностей. Альтернативным способом определения является амперометрический метод.

Для измерения концентрации растворенного кис-

лорода нами используется измерительная система inoLab 740 фирмы WTW.

В режиме измерения БПК анализатор inoLab 740 имеет следующие возможности:

- одновременный контроль до 30 образцов.
- использование до 18 разбавлений на один образец.
- использование до 5 холостых растворов (для определения БПК с разбавлением проб).
- возможность установки времени инкубации (от 5 до 30 суток).
- присвоение названий холостым растворам, образцам, разбавлениям и планам экспериментов (максимум 12 символов для каждого названия и максимум 7 планов).
- упрощение ввода за счет использования внешней компьютерной клавиатуры.
- автоматизация анализа БПК за счет использования планов эксперимента. Это позволяет производить измерение БПК в автоматическом режиме простым нажатием клавиши для каждого измерения).
- редактирование и распечатка результатов анализов.

Значения БПК (мг/дм³) в разные дни инкубации в пробах сточных вод промпредприятий г. Уфы

Таблица 2

№	Название предприятия	ХПК, мг/дм ³	Кратность разбавления	Метод определения О ₂	БПК ₅	БПК ₇	БПК ₁₀	БПК ₁₅	БПК ₂₀	БПК ₂₅	БПК ₃₀	Примечание
1	Машино-строительное предприятие	139	40/1000 (25 раз)	йодометрический	66,7	69,7	82,9	99,1	108	-	-	БПК _{полн} =БПК ₂₀ (концентрация нитрит-ионов 0,155 мг/дм ³)
				амперометрический	70,9	76,9	77,8	94,1	113	-	-	
3	Автотранспортное предприятие»	249	20/1000 (50 раз)	йодометрический	83,4	109	109	128	130	156	208	БПК _{полн} =БПК ₃₀ (концентрация нитрит-ионов 0,325 мг/дм ³)
				амперометрический	82,8	97,2	98,0	113	132	148	199	
4	Предприятие химчистки	380	13/1000 (77 раз)	йодометрический	150	195	210	278	272	297	-	БПК _{полн} =БПК ₂₅ (концентрация нитрит-ионов 0,105 мг/дм ³)
				амперометрический	147	182	204	252	256	293	-	
5	Хлебозавод	411	14/1000 (71 раз)	йодометрический	250	252	284	-	-	-	-	БПК _{полн} =БПК ₁₀ (концентрация нитрит-ионов 0,123 мг/дм ³)
				амперометрический	271	274	286	-	-	-	-	
6	Молзавод	2405	2/1000 (500 раз)	йодометрический	1461	1675	1969	-	-	-	-	БПК _{полн} =БПК ₁₀ (концентрация нитрит-ионов 0,114 мг/дм ³)
				амперометрический	1499	1699	1969	-	-	-	-	
8	Тепловозоремонтный завод	130	40/1000 (25 раз)	йодометрический	18,8	27,0	31,0	38,3	46,8	74,8	85,0	БПК _{полн} =БПК ₃₀ (концентрация нитрит-ионов 0,109 мг/дм ³)
				амперометрический	22,5	26,5	30,0	37,0	49,0	78,0	78,3	

Расчет экономического эффекта от внедрения амперометрического метода измерения показывает необходимость использования измерительной системы inoLab 740 в лабораториях с высокой производственной нагрузкой.

При внедрении в работу inoLab 740 были проведены сравнительные испытания двух методов по некоторым алгоритмам с разной кратностью разбавления образцов.

Нами были выбраны пробы сточных вод предприятий различных отраслей промышленности, в том числе хлебозавода, молзавода, тепловозоремонтного завода, автотранспортного предприятия и химчистки. В разные сроки инкубации в этих пробах двумя методами проводились определения концентраций растворенного кислорода, результаты приведены в таблице 1. Полученные значения говорят о хорошей сходимости результатов анализов йодометрического и амперометрического методов.

Далее в таблице 2 приводятся значения БПК в разные сроки инкубации для этих же проб. Из таб-

лицы видно, что для предприятий пищевой промышленности процесс биохимического окисления завершается на 10 день инкубации. Это обусловлено тем, что основную массу загрязнений составляет легкоокисляемая органика. А для металлообрабатывающих и автотранспортных предприятий – на 20-30 день, что объясняется содержанием сложноокисляемых органических веществ и токсикантов, которые ингибируют и удлиняют процесс биохимического разложения. Поэтому для экоаналитического контроля загрязнения сточных вод более надежно использовать БПК_{полн}, а не БПК₅ или БПК₂₀.

Современные метрологические требования, предъявляемые к аналитическим работам предусматривают такие мероприятия как:

- контроль качества результатов аналитических работ;
- проверка приемлемости результатов анализа;
- контроль стабильности результатов анализа и др.

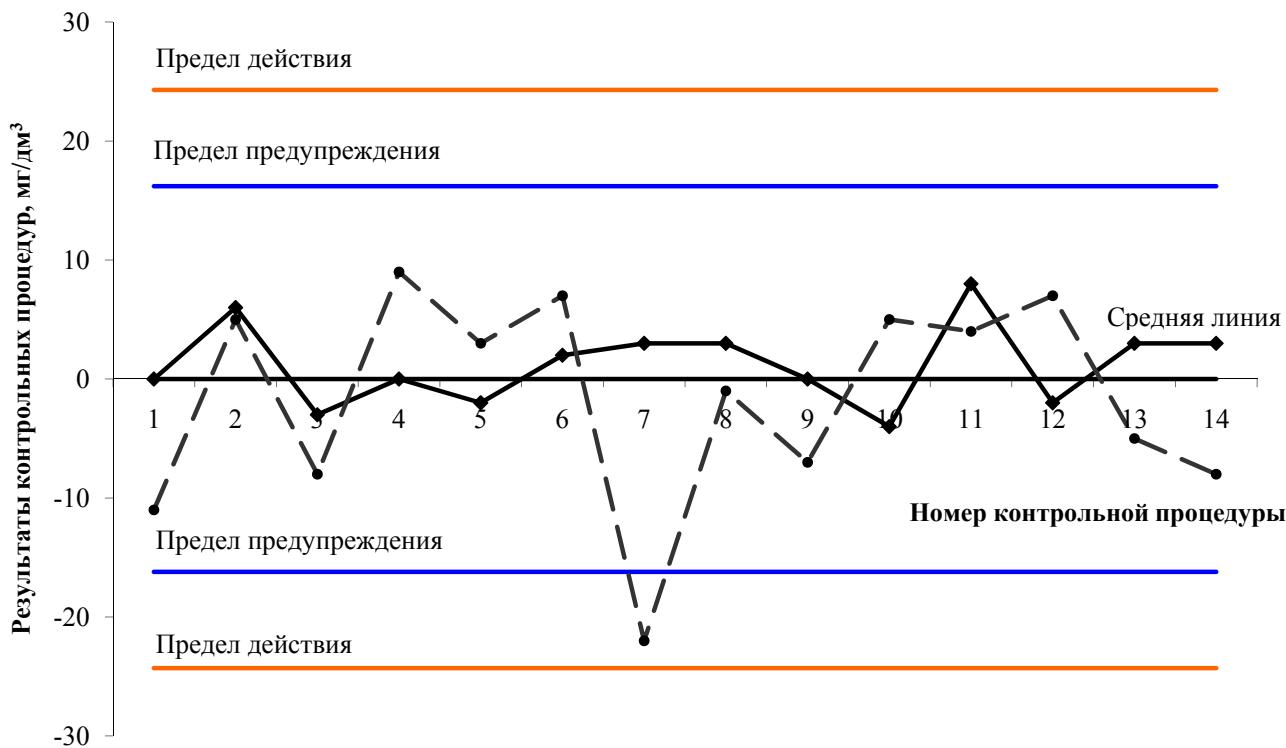


Рисунок 1

Контрольная карта Шухарта для контроля погрешности $\text{БПК}_{\text{полн}}$
 ----- определение растворенного кислорода амперометрическим методом
 — определение растворенного кислорода йодометрическим методом.

Рассмотрим некоторые из перечисленных контрольных процедур.

Контроль стабильности результатов анализов с использованием контрольных карт - это графический способ отображения качества аналитических работ.

Сигналом к возможному нарушению стабильности процесса анализа может служить появление на контрольной карте таких ситуаций как:

1. Одна точка вышла за пределы действия;
2. Две из трех точек подряд вышли за пределы предупреждения;
3. Шесть возрастающих или убывающих точек и т.д.

На рисунке 1 показаны контрольные карты погрешности для амперометрического метода - сплошная линия, для йодометрического – пунктирная линия. Мы видим, что пунктирная линия достигает предела действия в седьмой точке. Аналогично были построены контрольные карты внутрилабораторной прецизионности. В данном случае сравнительные характеристики двух методов практически равнозначны.

При определении $\text{БПК}_{\text{полн}}$ важным моментом яв-

ляется кратность разбавления пробы. Если необходимые разбавления пробы исследуемых вод на БПК неправильно рассчитаны, то в процедуре измерений не удается «попасть» на правильный результат. Очень важно рассчитать первое наибольшее разбавление. В методике ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 предлагается расчет необходимого разбавления выполнять по полученному результату ХПК. При этом условно принимается, что БПК составляет 50% от ХПК. Однако такое соотношение между ХПК и БПК выполняется не для всех сточных и природных вод. Более правильно расчет максимального (первого) разбавления выполнять с учетом уже имеющихся результатов ХПК и $\text{БПК}_{\text{полн}}$, полученных в предыдущих исследованиях данных вод, что известно из литературных данных.

$$\text{Разбавление} = \frac{\text{ХПК}}{\text{K} \cdot 4(5)}; \quad \text{K} = \frac{\text{ХПК}}{\text{БПК}}$$

ХПК - значение ХПК, экспериментально замеренное в исследуемой воде, $\text{мг}/\text{дм}^3$;

БПК - значение БПК, экспериментально замеренное в исследуемой воде, $\text{мг}/\text{дм}^3$;

K - наименьший коэффициент соотношения $\frac{\text{ХПК}}{\text{БПК}}$ полученный по результатам выполненных



измерений в лаборатории в предыдущих исследованиях данных вод;

4 (5) – оптимальное остаточное количество кислорода в склянке после инкубации, мг/дм³.

Обычно определение химического потребления кислорода проводится титриметрическим методом. Он основан на окислении органических веществ избытком бихромата калия в растворе серной кислоты при нагревании в присутствии катализатора – сульфата серебра. Остаток бихромата калия определяют титрованием раствором соли Мора. Данный метод является трудоемким и длительным, требует большого расхода реагентов. Альтернативным способом определения является фотометрический метод, который изложен в проекте ГОСТа «Вода. Определение химического потребления кислорода фотометрическим методом».

В основу метода положено бихроматное окисление при температуре 150°C с последующим фотометрическим определением концентрации ионов хрома. Окисление проводится в круглых кюветах, с плотно завинчивающимися пробками. Для этого нами используется термореактор фирмы НАСН, а для измерения ионов хрома – сканирующий лабораторный спектрофотометр DR/4000 VIS той же фирмы. Аналогичное оборудование можно встретить и у других производителей.

В настоящее время возросли требования к качеству аналитических работ. Достижение этих требований возможно при использовании высокоточного аналитического оборудования, в частности спектрофотометра DR/4000. Отличительной чертой этой модели является возможность сохранять в оперативной памяти прибора до 200 пользовательских калибровочных кривых, а также использовать адAPTERы для различных кювет, включая 1-дюймовую, 1-сантиметровую, 5-см и другие. Это дает возможность использовать прибор для аналитических работ по отечественным аттестованным методикам. Прибор позволяет проводить измерения в процентах пропускания (T), поглощении (ABS) и в единицах концентрации (мг/дм³). Проведение измерений непосредственно в режиме массовой концентрации исключает вероятность арифметической ошибки при расчетах результата анализа, что очень удобно при большой производственной загруженности лаборатории. Фактор разбавления позволяет оператору учесть кратность разбавления пробы.

По сравнению с отечественными аналогами, при-

бор хорошо зарекомендовал себя уже на стадии построения градуировочных характеристик.

Величина R² – коэффициент детерминации, является мерой линейной зависимости. Если уравнение полностью описывает результаты эксперимента, то R²=1. Так при построении градуировочной характеристики для определения массовой концентрации нитрит-иона R² = 0,9992. Таким образом, графики, получаемые на DR 4000, более точно описывают линейную зависимость и, следовательно, дают меньшую погрешность при определении массовой концентрации в исследуемом образце.

Были получены результаты анализов при одинаковых условиях проведения эксперимента, т. е. с использованием одного набора реагентов, одним оператором, но замеры оптической плотности проводились на разных приборах: спектрофотометре DR/4000 и фотометре КФК-3. Результаты анализов, полученные с использованием DR/4000 отличаются своей стабильностью.

Кроме того, следует отметить дополнительные возможности спектрофотометра DR/4000 – режим сканирования. Этот режим позволяет устанавливать длину волны с наивысшим поглощением. Режим кинетического сканирования обеспечивает возможность наблюдений за развитием реакции путем проведения серии измерений на одной длине волны в течение определенного периода времени. Например, оператор может определить, как быстро развивается окраска в образце, насколько она устойчива и как скоро разрушается. Это необходимо при разработке новых фотометрических методик для определения концентраций различных опасных загрязнителей вод.

Принимая во внимание все вышеизложенное, можно сделать вывод, что на сегодняшний день для достижения хороших результатов фотометрических методов анализа при различных видах контроля необходимо использовать высокочувствительные приборы.

Хотелось бы остановиться еще на одной проблеме, с которой сталкиваются аналитики при контроле большого количества проб сточных вод, в которых содержание загрязняющих веществ варьируются от следовых до залповых концентраций. Наибольшую трудность представляют пробы с высокими концентрациями загрязняющих веществ. В фотометрии градуировочная характеристика линейной зависимости оптической плотности от массовой концентрации

(мг/л) ограничивается верхней точкой диапазона. В случаях превышения верхней границы диапазона необходимо проводить разбавление пробы и повторный анализ, что значительно увеличивает время выполнения анализа и расход реактивов. Применение тест-методов ведет к существенному упрощению и удешевлению анализа.

В нашей лаборатории применяются тест-системы для предварительной оценки содержания формальдегида, нитратов, нитритов, иона аммония, фосфатов, сульфатов, хлоридов в пробе.

Так, например полуколичественное определение формальдегида состоит из следующих стадий:

1. В мерный стаканчик наливают 5 мл анализируемого образца.

2. Добавляют 10 капель реагента и все аккуратно перемешивают.

3. Помещают тест-полоску в раствор на одну секунду так, чтобы зона реакции находилась под слоем жидкости.

4. Достают тест-полоску и удаляют с нее излишек жидкости.

5. Через 1 минуту оценивают результат по цветной шкале на тубе.

Полученная ориентировочная концентрация позволяет аналитику рассчитать необходимое разбавление образца и не проводить повторные определения.

И так, на сегодняшний день оптимальная организация производства анализов сточных вод предусматривает: максимальное оснащение высокочувствительным оборудованием, автоматизацию и упрощение аналитических работ при создании надежной базы метрологического обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Промышленно-экономический каталог «Республики Башкортостан XXI век» г. Екатеринбург.
2. С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: АСВ, 2004.-704 с.
3. Н.С. Жмур Технологические и биологические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками.- М.: Акварос, 2003.-512 с.
4. ПНД Ф 14.1:2.100-97. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом.
5. НДР 10.1:2:3.73-01. Методика выполнения измерения бихроматной окисляемости в пробах питьевой, природной и сточной воды фотометрическим методом.
6. ПНД Ф 14.1:23:4.123-97. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после п-дней инкубации (БПК полн.) в поверхностных, пресных, подземных (Грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах.
7. В.В. Налимов, Н.А. Чернова Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: 1965.-340 с.
8. Ю.Ю. Лурье Аналитическая химия промышленных сточных вод. - М.: Химия, 1984.-448 с.



TRAVERSC
научно-производственная фирма

«Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования»

Организаторы конференции: ООО «НПФ Траверс» (Москва), ЗАО «Экспоцентр»(Москва)

Конференция будет проводиться в рамках 15-й Международной выставки химической индустрии «ХИМИЯ-2009» в конференц-зале Экспоцентра на Красной Пресне

Целью проведения конференции является ознакомление российских специалистов в области водоподготовки с современными технологиями и реагентами, обмен опытом по их внедрению и использованию.

Приглашаем принять участие в конференции главных инженеров и энергетиков, инженеров-теплоэнергетиков, специалистов служб водоподготовки и начальников котельных предприятий различных отраслей промышленности: металлургической, химической, нефтеперерабатывающей; системы ЖКХ и т.д.

Программа конференции рассчитана также на специалистов служб водоподготовки предприятий пищевой промышленности: кондитерской, ликеро-водочной, пиво-безалкогольной, молочной, мясоперерабатывающей и т.п.

Подробную информацию о конференции (информационное сообщение, программу, бланк заявки на участие) Вы можете получить на сайте ООО «НПФ Траверс» (www.travers.msk.ru) в разделе «Выставки и конференции»

По вопросам участия в конференции обращаться: ООО «НПФ Траверс», рабочая группа конференции
т/ф +7(495) 223-61-89; 223-61-08 E-mail: market@travers.msk.ru <http://www.travers.msk.ru>





123100, г. Москва, ул. 2-я Звенигородская, д. 12

Тел/факс (495) 253-39-33, 253-37-33

galachem@galachem.ru www.galachem.ru

ВСЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ВОДЫ

- Индикаторная бумага
- Тест-полоски
- Готовые наборы реактивов для водного анализа
- Наборы для анализа в полевых условиях
- Специализированные фотометры



Химические реактивы, фильтры, виалы
Лабораторное оборудование, приборы
Все для хроматографии

Наиболее популярная продукция в наличии на складе

Помощь в подборе оптимального варианта

Бесплатная доставка по России

Низкие цены



MACHEREY-NAGEL



ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ, ПРИГОДНЫЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДОПОДГОТОВКИ В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ



В.В. Дзюбо
докт. техн. наук, профессор



Л.И. Алферова
ст. науч. сотр.

каф. «Водоснабжение и водоотведение»
Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ)

Все возрастающий дефицит природных фильтрующих загрузок, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам, ставит проблему поиска, исследований и внедрения новых естественных и искусственных фильтрующих материалов.

Наиболее распространенным фильтрующим материалом, используемым на протяжении длительного времени в технологиях водоподготовки, является кварцевый песок. Он удовлетворяет всем основным требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам, но в последние годы стал дефицитен и дорог. Основным недостатком фильтрующей загрузки из кварцевого песка является ее недостаточная грязеемкость, кроме того, при фильтровании природных вод все органические загрязнения не удаляются, часть их остается в воде. Он недостаточно эффективен.

Наблюдаемый в последние годы дефицит антрацитовой и кварцевой загрузок, необходимость увеличения производительности фильтров без увеличения их площадей послужили толчком к интен-

сивному поиску и исследованию новых эффективных фильтрующих материалов. К таким материалам относятся недробленый и дробленый керамзит, горелые породы, доменные и вулканические шлаки, шунгизит, аглопориты, синтетические гранулированные смолы. Из активных фильтрующих материалов широко применяют сульфоуголь, искусственные катиониты, аниониты, мраморную крошку и магмомассу, используемые для умягчения, обессоливания и стабилизационной обработки воды. Применяют также диатомиты, представляющие собой аморфный кремний.

Все известные материалы, используемые в качестве загрузок фильтров, можно разделить на две группы – тяжелые зернистые [1, 2] и плавающие, которые способны находиться неограниченное время в



воде в плавающем состоянии. К первой группе относятся кварцевые и антрацитовые загрузки, загрузки из дробленого и недробленого керамзита, горелых пород, вулканических шлаков, активированного угля, мраморной крошки, ионообменных природных и искусственных зернистых материалов. Ко второй – пенополистирольные гранулированные загрузки. В качестве плавающих или полуплавающих фильтрующих материалов могут также применяться замкнутоячеистые водонепроницаемые гранулы шунгизита, стеклопора, гранулированных шлаков, дробленые отходы от пенопластовых плит и им подобные [1].

Различают мелкозернистую ($d = 0,2\text{--}0,4$ мм), среднезернистую ($d = 0,4\text{--}0,8$ мм), крупно-зернистую ($d = 0,8\text{--}1,5$ мм) загрузки и поддерживающие слои ($d = 2,0\text{--}16,0$ мм). Антрацитовая крошка получается дроблением и рассевом кускового антрацита некоторых месторождений, она также применяется в процессе очистки воды, карбонизованный уголь изготавливается из полуоксса. По фильтрующим свойствам он близок к антрацитовой крошке, но дороже и менее прочен. Природные горелые породы по физико-механическим и фильтрующим свойствам, по стоимости близки к дробленой антрацитовой крошке, но не являются повсеместно распространенным материалом. Капрон, полистирол и другие синтетические зернистые материалы могут использоваться в зернистых фильтрующих аппаратах в комбинации с другими материалами и отдельно. Они дороги, поэтому в отечественной практике еще не получили широкого применения, кроме того, они могут подвергаться деструкции.

Улучшения эффекта очистки воды и увеличения грязеемкости загрузки можно добиться при применении зернистой загрузки из смеси гранита и других материалов. Используют шунгизит – искусственный гранулированный пористый материал, обладающий исключительной кислотостойкостью. Основным преимуществом шунгизита по сравнению с кварцевым песком является его повышенная грязеемкость, обусловленная развитой и шероховатой поверхностью зерен и большой пористостью слоя. Для приготовления шунгизитового гравия исходный минерал шунгизит дробят и перед обжигом рассеивают по фракциям. Результаты опытных исследований показали, что дробленый шунгизит имеет параметры, близкие к параметрам высокоеффективных искусственных фильтрующих материалов: дробленого керамзита и дробленых горелых пород. Темп роста

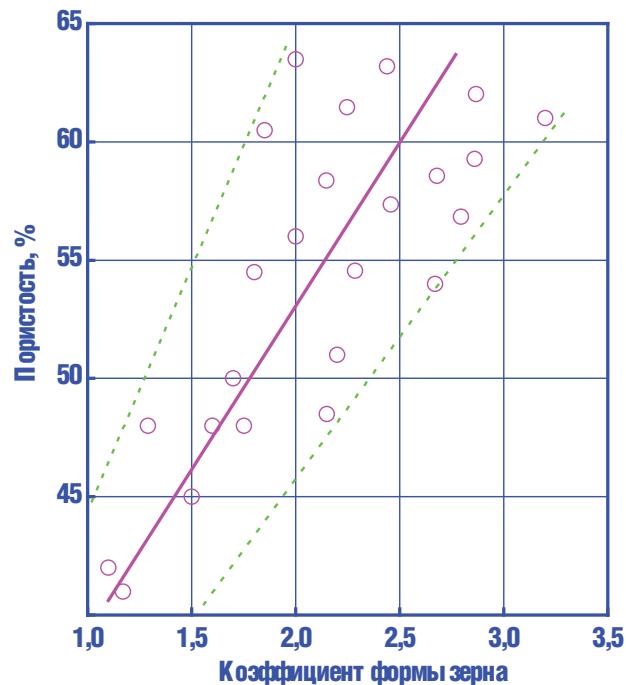


Рисунок 1
Межзерновая пористость фильтрующих материалов в зависимости от формы зерна

сопротивления в загрузке из дробленого шунгизита меньше в полтора – два раза, чем в загрузке из дробленого керамзита, и в три раза, чем в кварцевом песке [3].

Анализ характеристик различных, наиболее распространенных и достаточно редкоприменяемых фильтрующих материалов показал, что прослеживается определенная (достаточно четкая) зависимость между формой зерна фильтрующего материала, крупностью зерна и его пористостью, в наиболее распространенном диапазоне крупности фракций материалов 0,6–1,8 мм (рис. 1, 2). Форму зерен загрузки принято оценивать коэффициентом формы (α), представляющим собой отношение поверхности зерна к поверхности равновеликого по объему шара.

Объясняется это, по нашему мнению, тем, что форма зерна материала определяет «укладываемость» его в слое, что в конечном итоге влияет и определяет в определенной степени межзерновую пористость.

В большей степени межзерновая пористость фильтрующего материала зависит от крупности его фракций. Проведенные авторами исследования технологических характеристик зернистого материала – альбитофира показали, что для тщательно отсеянного материала ($K_{\text{неодн}} \leq 1,2$), когда материал

представляет практически однородную структуру, пористость увеличивается пропорционально крупности зерна материала (рис. 2).

Несмотря на то, что на практике не всегда удается приготовить достаточно однородную загрузку, следует учитывать, что тщательная подготовка однородной загрузки обеспечивает равномерное и одинаковое гидравлическое сопротивление материала по высоте слоя при фильтровании воды.

Увеличение межзерновой пористости и удельной поверхности зерен материала обеспечивает увеличение грязеемкости загрузки и, как следствие, возможность повышения скорости фильтрации и увеличения длительности фильтроцикла [2, 3].

Увеличение размера зерен материала приводит к уменьшению соотношения площади поверхности зерна к его объему, доказательством чему могут служить расчеты для зерен правильной формы, например, шара, что характерно для пенополистирола, или куба. С другой стороны, уменьшение размера зерен позволяет не только уменьшить пористость слоя, но и увеличить суммарную удельную поверхность α , $\text{м}^2/\text{м}^3$, фильтрующего материала.

Удельная площадь поверхности зернистого фильтрующего материала является существенным фактором эффективности и скорости очистки природных вод:

$$\alpha = 6\alpha(1 - n_0) / d,$$

Где α – коэффициент формы зерен; d – диаметр шара, равновеликого по объему зернам загрузки; n_0 – межзерновая пористость плотно лежащей загрузки (уменьшается при уменьшении размера зерна). Поскольку зерна фильтрующих материалов имеют, как правило, разные размеры и неправильную форму, справедливо в технологических расчетах величину d в приведенном уравнении заменить величиной эквивалентного диаметра зерен d_3 , которая определяется ситовым анализом.

Например, результаты исследований работы фильтров с зернистой загрузкой из дробленого альбитофира в процессе очистки подземных вод показали, что уменьшение крупности фракций материала (d_3) позволяет увеличивать скорость фильтрования при сохранении качества очищенной воды, соответствующей СанПиН [4]. Наряду с этим увеличивается производительность фильтров благодаря повышенной удельной поверхности зерен материала, несмотря на то, что при этом увеличивается сопротивление загрузки и потери напора на ней.

На основании обработки экспериментальных дан-

ных по обезжелезиванию подземных вод в различных районах Западно-Сибирского региона получено эмпирическое уравнение для расчета требуемой высоты слоя фильтрующей загрузки h_3^n , м, фильтра, работающего с постоянной скоростью фильтрования [5]:

$$h_3^n = \frac{\left(C_{\text{исх}}^{\text{Fe}^{2+}}\right)^{1,66} \cdot v_\phi^{1,12}}{a^{0,11} \cdot pH^{0,92} \cdot T^{1,02}} = \frac{C_0^{1,66} \cdot v_\phi^{1,12}}{a^{0,11} \cdot pH^{0,92} \cdot T^{1,02}} \quad (I)$$

где $C_{\text{исх}}^{\text{Fe}^{2+}} = C_0$ – содержание железа в исходной воде, мг/л; v_ϕ – скорость фильтрования, м/ч; $a = 6\alpha(1 - n_0) / d_3$ – параметр, учитывающий гранулометрические характеристики фильтрующего материала; α – коэффициент формы зерен материала; d_3 – эквивалентный диаметр зерна материала, мм; n_0 – пористость плотно лежащей загрузки; pH – величина pH исходной воды; T – температура обрабатываемой воды, $^\circ\text{C}$.

Сравнение режимов работы фильтров с материалами различной крупности позволило установить, что при одинаковом качестве очищаемой исходной воды и равной формальной скорости фильтрования требуемая высота слоя материала тем больше, чем больше крупность зерен материала (рис. 3).

В 1980 г. нашли применение загрузки из шлаков комбината Печенганикель. Шлаки использовались на водоочистной станции в Мурманске. Они не всплывают, фильтруют воду чуть ли не вдвое быстрее, чем кварцевый песок. Их не надо дробить, как керамзит [2].

Заслуженное внимание уделяется керамзиту – фильтрующему материалу для водоочистных фильтров. По сравнению с кварцевым песком дробленый керамзит различных марок имеет в среднем втрое большую удельную поверхность, в полтора раза большую межзерновую пористость. Как показали исследования и опыт промышленной эксплуатации, дробленый керамзит может быть использован во всех известных схемах зерновых фильтров. Опыт применения его вместо кварцевого песка в качестве загрузки производственных фильтров подтверждает возможность существенного повышения производительности фильтров [2].

Опыт эксплуатации водоочистных станций в различных регионах РФ, в т.ч. в Сибирском регионе, показывает, что в технологических процессах водоподготовки, в частности, для целей фильтрования могут с успехом использоваться различные природные зернистые материалы.

Кварцевый песок – фильтрующий материал для



зернистых фильтров, применяемый наиболее широко. Удовлетворительную для фильтрационной водоочистки химическую стойкость и механическую прочность проявляют пески с содержанием кремнезема не менее 96 %, что имеет место далеко не в каждом месторождении.

Для целей водоподготовки обычно рекомендуются речные пески как наиболее чистые, т. е. отмытые от глинистых частиц, однако в большинстве случаев они мелкозернисты. Хорошие кварцевые пески с высоким содержанием годных фракций находятся в районах, бывших когда-то под ледниковым покровом, т. е. в северной и средней полосах РФ. Южнее речные пески в большинстве случаев или не содержат достаточно кварца, или слишком мелки и требуют переработки больших объемов для получения загрузки необходимых фракций.

Для целей водоочистки используется лишь незначительная часть добываемого кварцевого песка. Основными его потребителями являются такие виды производств, как промышленность строительных материалов, дорожное строительство, литейное, стекольное и абразивное производства. Для удовлетворения нужд именно этих производств выявлены и в разной степени разведаны многие месторождения кварцевых песков [2].

Волгоградский карьер, поставлявший в течение нескольких десятилетий песок хорошего качества, в настоящее время истощен, значительно изменился гранулометрический состав его продукции – до 40–50 % песка имеет крупность менее требуемой для загрузки фильтров. Близок по гранулометрическому составу к Волгоградскому карьеру и песок Погранского карьера (Ленинградская область).

На Западно-Сибирской плате месторождения кварцевых песков распространены на площадях, тяготеющих к Уралу и центральному Казахстану, и по возрасту относятся к меловым, палеогеновым, неогеновым и четвертичным.

В 19 областях Казахстана имеются месторождения кварцевых песков, химический состав которых близок к составу песка Волгоградского карьера [6]. Данные гранулометрического состава свидетельствуют о том, что все они крайне неоднородны (коэффициент неоднородности равен 4–15), невелик выход годной продукции – от 11 до 25 %. Очевидно, что ориентироваться на такие месторождения для крупномасштабного централизованного производства фильтрующих загрузок нерентабельно, однако заготовка загрузки для отдельных объектов водоснаб-

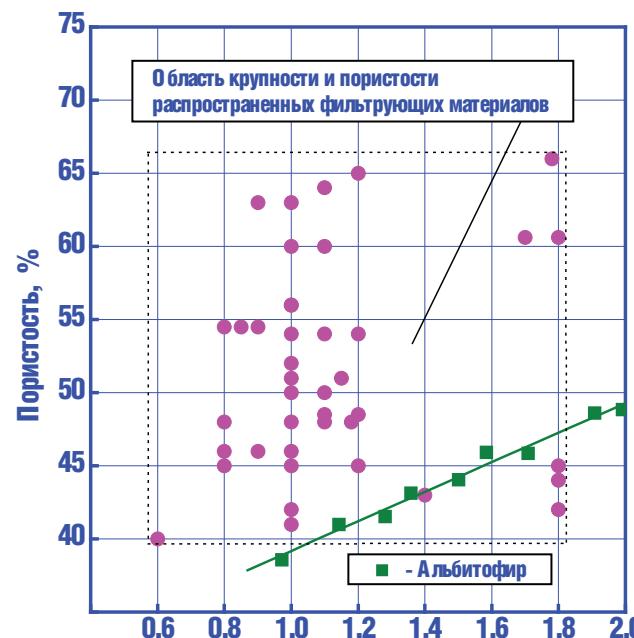


Рисунок 2

Крупность и пористость фильтрующих материалов

Примечание: разброс данных объясняется неоднородностью сравниваемых материалов

жения при наличии сепарирующих установок вполне приемлема. Себестоимость такой загрузки на ряде водопроводов Казахстана была почти в 2 раза ниже стоимости привозного Волгоградского песка.

На Сибирской платформе кварцевые пески распространены значительно меньше, преимущественно в ее южных районах, и обладают более низким качеством: палеозойские и мезозойские пески здесь чаще превращены в песчаники. Месторождения кварцевых песков известны по восточному склону Енисейского кряжа, в Прибайкалье, в ряде других районов. Так, по данным Сибирского управления треста «Росводоканалналадка», на территории Томской области есть 9 эксплуатируемых месторождений гравия и песчано-гравелистых материалов, 15 месторождений песков, продукция которых может быть использована для приготовления фильтрующих загрузок. Такие же месторождения есть в Тюменской, Кемеровской областях, Алтайском крае.

Содержание фракций песка, пригодных для использования в качестве фильтрующей загрузки, достигает по ряду месторождений 20–30 %, в основном же эта величина не превышает 15 %. Но даже в таких условиях, как показал опыт, подготовка фильтрующих материалов является целесообразной (если нет необходимости интенсифицировать работу фильтров). Например, станция обезжелезивания Кудряшевского свинокомплекса Новосибирской об-

ласти и фильтры НФС-2 в Новосибирске загружены кварцевым песком Криводановского месторождения. Фильтры двух водоочистных станций Новокузнецка также загружены песком местного карьера.

Большая часть Восточной Сибири, Дальний Восток, многие районы Средней Азии бедны месторождениями высококачественных кварцевых песков или вообще их не имеют. Анализ ряда месторождений песков Дальневосточного региона указывает на невозможность их использования в процессах водоочистки. Обзор, выполненный в Хабаровском институте инженеров железнодорожного транспорта (Сошников Е. В.), показал значительное содержание в них полевых шпатов (до 18–55%), что предопределяет их невысокую химическую стойкость.

Что касается структурных показателей кварцевых песков, то следует различать скатанные речные и морские пески и остроугольные карьерные. Пористость однородных песков колеблется от 34 до 42 % для скатанных и от 40 до 47% для карьерных, коэффициент формы зерна, соответственно от 1,2 до 1,5.

Для ориентации водопроводных хозяйств на использование кварцевых песков местных карьеров необходимо проводить детальный сравнительный анализ их физико-механических и химических показателей. Помимо этого, должны быть учтены содержание годных для загрузки фильтров фракций и удаленность этих месторождений от водоочистных станций.

Антрацит – сырье для металлургической и химической промышленности, применяемое в водоочистке как материал для фильтров с двухслойной антрацитопесчаной загрузкой и значительно реже – как самостоятельный фильтрующий материал. Объясняется это, несмотря на его эффективность, дефицитностью антрацита высокого качества, его дороговизной и нехваткой установок по приготовлению антрацитовой загрузки. Исходным материалом служит кусковой антрацит с плотностью 1,6–1,7 г/см³ и объемной насыпной массой 700–900 кг/м³. При дроблении должны получаться зерна кубической или близкой к шару формы. Антрацит, при дроблении которого получаются зерна слоистого строения, для загрузки фильтров не пригоден, поскольку укладка таких зерен получается с малой межзерновой пористостью, ухудшаются условия их регенерации в восходящем водном потоке. Межзерновая пористость антрацитовой загрузки и коэффициент формы зерна выше, чем у кварцевого песка, и составляет-

ют, по данным различных исследователей, от 52 до 58 % и от 1,5 до 2,5 % соответственно.

Приготовление антрацитовой крошки сводится к двухстадийному дроблению: предварительному разрушению крупных кусков и последующему измельчению до требуемых размеров, рассеву для выделения требуемых фракций. При проведении дробильно-сортировочных операций требуется соблюдение специальных правил во избежание взрыва угольно-пылевой воздушной смеси.

Искусственные пористые материалы (керамзит, аглопорит, шунгизит) полученные дроблением искусственных пористых материалов, отличаются высокой технологической эффективностью. Объясняется это их большой межзерновой пористостью и развитой удельной поверхностью (табл. 1).

Близкие условия производства искусственных пористых материалов, получаемых вслучиванием глин или сланцев при температуре 1100–1250°C, обеспечивают им примерно равные структурно-механические и, следовательно, технологические показатели. Их отличает высокая межзерновая пористость, развитая удельная поверхность, меньшая, чем у плотных материалов, плотность (так называемая «кажущаяся» плотность), высокая грязеемкость фильтрующей загрузки и некоторые особенности ее эксплуатации.

Ниже приведена краткая характеристика названных искусственных пористых материалов, на основе которых может быть приготовлена зернистая загрузка водоочистных фильтров.

Керамзит (в виде гравия, щебня и песка) и его разновидности (шунгизит, зольный гравий, глино-зольный керамзит, вслученный аргиллит и трепел), получаемые обжигом со вслучиванием во врачающейся печи и печи «кипящего» слоя подготовленных гранул (зерен) из глин, глинистых сланцев, в том числе шунгитсодержащих, кремнеземистых опаловых пород, золоуносса или золошлаковой смеси ТЭС и др.

Аглопорит – сыпучий пористый материал щебне-или гравиеподобной формы; этот продукт контактного спекания на решетках агломерационных машин подготовленных гранул (зерен) песчано-глинистых пород, трепелов и других алюмосиликатных материалов, а также глинистых углесодержащих пород (отходы от обогащения углей) или золы ТЭС при пылевидном сжигании углей.

Шлаковая лемза – пористый кусковой материал щебнеподобной или округлой формы, получаемый

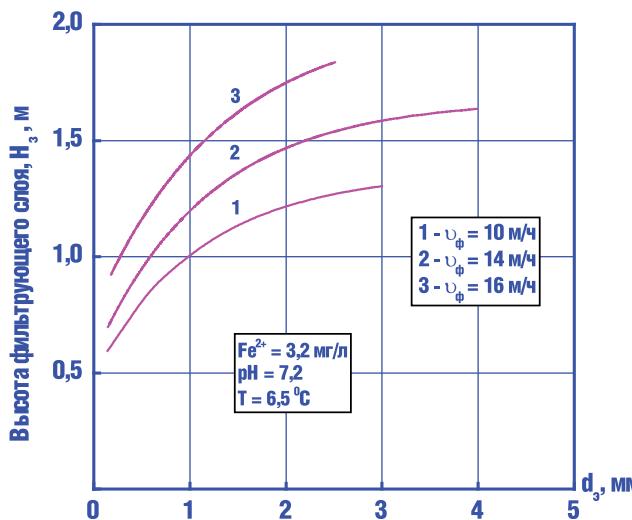


Рисунок 3

Необходимая высота зернистого слоя (H) при скорости фильтрования (v_ϕ) и крупности (d_3) зерен материала

поризацией расплава шлака металлургического и химического производства.

Гранулированный шлак – сыпучий пористый мелкозернистый материал, получаемый путем быстрого охлаждения расплава шлаков металлургического и химического производства.

Перлитовый щебень и песок – сыпучий пористый материал, получаемый путем обжига со вспучиванием подготовленных зерен из вулканических водосодержащих пород (перлита, обсидиана и других водосодержащих вулканических стекол) во вращающейся печи или печи «кипящего» слоя.

Вермикулит вспученный, получаемый обжигом зерен, подготовленных из природных гидратированных слюд.

Свойства искусственных пористых материалов (объемная насыпная масса, прочность, химическая стойкость, электрохимические параметры поверхности зерен) зависят от исходного сырья и способа его термической обработки.

Из рассмотренных материалов наиболее полно исследован в качестве зернистой загрузки фильтров керамзит различных марок, менее обстоятельно аглопорит и шунгизит. В ряде исследовательских работ при параллельных испытаниях фильтрующих материалов – керамзита и шунгизита (С. Е. Драхлин), керамзита и аглопорита (Н. В. Ярошевская) доказана близость их технологических показателей. С учетом этого представленные ниже характеристики керамзитовой загрузки можно рассматривать как общие для всего класса искусственных пористых материалов.

Керамзит является местным материалом практически для любого индустриально развитого района страны. Керамзитовые заводы или цеха имеются в большинстве экономических районов. Доля керамзита в общем объеме производства пористых материалов превышает 85%.

Керамзитовая загрузка фильтров получается путем дробления гранулированного керамзита и последующего рассеивания его по фракциям. Может быть использован также, но с худшими технологическими показателями, керамзитовый песок, полученный обжигом во вращающихся печах или в печах «кипящего» слоя. Сырьем для производства являются легко вспучивающиеся глины определенного химического и минералогического составов. Для производства керамзита пригодны глины, содержащие, %: окисей кремния 45–65, алюминия 15–25, железа 6–10, кальция 6–8, серы 3, органики 1,3–2,0.

Глинистые породы подобного состава хорошо вспучиваются и пригодны для производства керамзита без каких-либо добавок (более 60% заводов). При использовании глинистых пород иного состава возникает необходимость повышения их вспучиваемости введением добавок (пиритовые огарки, древесные опилки, различные жидкые выгорающие добавки, например соляровое масло). Обжиг специально подготовленной (формованной) глины производится во вращающихся печах при температуре 1050–1200°C.

Фильтрующие материалы на основе отходов угледобычи и углеобогащения. При добыче каменного угля образуются отходы, состоящие из песчаников, алевролитов, аргиллитов или их смесей, залегающих главным образом в кровле угольных пластов, смешанных с отходами угля, горючих сланцев и серы. Ежегодный выход шахтных пород превышает 100 млн. т., их складируют в отвалы и терриконы, где под воздействием кислорода воздуха уголь и сера окисляются и иногда самовозгораются, т. е. пороха подвергается естественному обжигу. В условиях длительного термического и тектонического воздействия происходит метаморфизация структуры горелых пород, что обеспечивает при их дроблении развитую поверхность зерен. Значительные, пока недостаточно широко используемые для целей водоподготовки запасы горелых пород имеются в Кузнецком (около 900 млн. м³), Подмосковном, Донецком угольных бассейнах, в Башкирии, Киргизии и Узбекистане.

По способу образования различают природные

и отвальные горелые породы, отличающиеся качеством обжига и количеством углистых примесей. Требованиям к фильтрующим материалам в большей степени отвечают природные горелые породы с аргиллитовой основой как наиболее прочные. Они представлены: SiO_2 – 68,2%; Al_2O_3 – 21,5%; Fe_2O_3 – 4,7%; MgO , MnO и пр. – 6,6%.

Коксохимические предприятия производят обогащение углей флотацией. При этом образуются отходы в виде угольного шлама с зернами менее 1 мм и хвостов флотации, содержащих зерна горной шахтной породы и угля и отличающихся высокой стабильностью гранулометрического состава (размером до 3 мм), а также крупные куски горной шахтной породы. Очевидно, что для получения фильтрующих материалов наиболее перспективно использование хвостовой флотации, для чего необходимо устройство сортировочных узлов. Общий объем отходов углеобогатительных фабрик составляет в настоящее время около 150 млн. т. в год; уже накопленные за-

пасы почти не используются, т. е. и здесь имеется практически неограниченный резерв для получения фильтрующих материалов.

Согласно исследованиям Д. М. Минца и С. А. Шуберта, удельное сопротивление фильтрующего материала определяется как прирост гидравлического сопротивления загрузки, отнесенный к количеству загрязнений, задержанных фильтром единичной площади. Очевидно, что уменьшение этого показателя – путь к повышению производительности фильтров. Один из методов реализации этого приема – снижение гидравлического сопротивления загрузки за счет увеличения ее крупности. Однако укрупнение загрузки без увеличения удельной поверхности зерен ведет к значительному увеличению ее толщины и, следовательно, к удорожанию конструкции фильтров. Развитая удельная поверхность дробленых материалов дает возможность увеличить крупность зерен (пропорционально, примерно, корню квадратному из коэффициента их формы). При этом без

Характеристика некоторых фильтрующих материалов, пригодных для целей водоснабжения

Таблица 1

Фильтрующий материал	Крупность зерен, мм	Насыпная объемная масса, кг/м ³	Плотность, г/см ³	Пористость, %	Механическая прочность, %		Коэффициент формы зерна
					Истираемость	измельчаемость	
Кварцевый песок Керамзит дробленый To же To же Керамзит недробленый	0,6–1,8		2,6–2,65	40–42			1,17
	0,9	400	1,73	74	3,31	0,63	–
	1,78	380	1,68	66	2,12	0,12	4,39
	1,7–1,8	530	2,14	60,6	2,02	0,11	3,20
	1,18	780	1,91	48	0,17	0,36	1,29
Антрацит дробленый Горелые породы Шунгизит дробленый Вулканические шлаки месторождений: Мастара, Ангехакот Кармрашен, Шануйр	0,8–1,8 1,0 1–1,2	1250 650	1,6–1,7 2,4–2,5 1,8 2,18	45 52 -60 56-65	0,46 0,9	3,12 4,9	1,5–2,0 1,7–2,0
	0,9–1,1 1–1,2	–	2,45 2,0	63-64 54	0,07 0,08	1,05 0,72	2,0 2,67
	0,8–0,9 0,85	1030 –	2,29 –	54,5 54,5	0,2 –	1,5 –	–
	1–1,1 1–1,15	1320 750	2,65 2,2	50,0 51,0	0,32 0,4	2,8 3,4	1,7 2,2
	0,8–1,0 1,0–1,8	1660	2,72 2,6	46,0 42–44	0,11	1,4	–
Гранитный песок Доменные шлаки Шлаки медно-никелевого производства Пиролюзит Габбро-диабаз	1,1–1,2 0,8–1,0 1,0–1,1	1650 2200 1580	3,2 4,24 3,1	48,5 48,0 48,0	2,4 0,35 0,15	2,6 0,95 1,54	2,15 1,6 1,75



увеличения высоты фильтрующего слоя сохраняется одинаковая с кварцевым песком грязеемкость, значительно улучшается степень ее использования. Менее ощутимы потери производительности скрых фильтров, если их загрузка из дробленых пористых материалов, недостаточно однородных по крупности. Гидравлическая сортировка частиц неправильной формы и переменной плотности происходит менее четко, чем скатанных зерен кварцевого песка, что обеспечивает более однородный гранулометрический состав фильтрующей загрузки по всей высоте слоя, улучшает условия проникновения загрязнений в ее толщу. Эффективным способом снижения удельного сопротивления является применение фильтров с движением фильтрационного потока в направлении убывающей крупности зерен загрузки. Этот прием реализуется в скрых фильтрах с двухслойной загрузкой. В большинстве работ, посвященных исследованию таких фильтров, указывается на увеличение их грязеемкости по сравнению с однослойными. Более строгим следует считать заключение об увеличении степени ее использования, поскольку укрупнение зерен верхнего слоя, проводимое с целью увеличения размера пор и за счет этого более глубокого распределения загрязнений, ведет к уменьшению ее суммарной поверхности и, следовательно, грязеемкости. Переход от плотных материалов верхнего слоя (антрацит, антрацитовый штыб, полистирол) к дробленым пористым дает возможность за счет их развитой удельной поверхности существенно снизить этот отрицательный эффект.

Так же как для однослойных фильтров, для каждого слоя двухслойных фильтров не всегда удается приготовить однородную загрузку. Отмеченные при рассмотрении однослойных скрых фильтров недостатки неоднородной загрузки сохраняются и здесь. Более равномерное снижение крупности зерен загрузки при нисходящем фильтровании может быть получено за счет применения многослойных загрузок. Очевидна целесообразность конструирования каждого слоя таких фильтров, так же как и двухслойных, на основе фильтрующих материалов с возможно более эффективными характеристиками.

Основными показателями, характеризующими фильтрующий материал являются гранулометрический состав, коэффициент неоднородности, эквивалентный диаметр зерен, пористость, плотность, механическая прочность, химическая стойкость [2,8].

Для большинства материалов годной для загруз-

ки фильтров считается фракция материала 2,5–0,5 мм. Характеристика некоторых видов природных песков (Славгородское, Жировское и Туганское месторождения), альбитофира, доменного шлака и керамзита, полученного из местных глин и пригодных для использования в системах водоподготовки Сибирского региона приведена в табл. 2[9].

Механическая прочность характеризует материал по измельчаемости и истираемости. Основной причиной механического разрушения (измельчение и истирание) химически стойкого фильтрующего материала в процессе эксплуатации является соударение и трение отдельных частиц загрузки при ее промывке. Изменения геометрии зерен происходят постепенно за счет скальвания острых выступов и окатывания частиц. К шестому году эксплуатации [9] большинство зерен имеют плавные окатанные очертания. Однако зерна остаются ноздреватыми, что и обеспечивает сохранение высокой удельной поверхности гранул фильтрующего слоя материала. Изменение формы зерен обусловливает их более плотную укладку в слое, что подтверждается некоторым увеличением объемной массы и снижением их межзерновой пористости с увеличением срока эксплуатации. Кажущаяся удельная масса в течение длительного времени заметно не изменяется, что косвенно свидетельствует об отсутствии накопления загрязнений в открытых порах загрузки из дробленого керамзита.

Технологические параметры дробленого керамзита при длительной его эксплуатации уменьшаются незначительно (не более 4% в год) в первые 4–6 лет, после чего стабилизируются, оставаясь при этом более эффективными, чем у кварцевого песка. Полученные данные свидетельствуют о том, что в первые 5 лет эксплуатации механическая прочность возрастает и к шестому году достигает постоянного значения (истираемость – 0,5%, измельчаемость – 4%), которое удерживается в течение 3 лет. К десятому году эксплуатации измельчаемость становится равной 3,55%, истираемость – 0,069%, что связано с изменением формы зерна.

В соответствии с [8] для определения химической стойкости фильтрующих материалов определяются следующие характеристики: pH, перманганатная окисляемость, жесткость и химический состав макрокомпонентов дистиллированной, водопроводной воды, растворов NaOH, HCl и NaCl в дистиллированной воде.

Химическая стойкость фильтрующих мате-

риалов оценивается по приросту сухого остатка, окисляемости, жесткости, содержания оксидов железа в водных вытяжках (в нейтральной, кислой и щелочной средах). Результаты исследований [9] показали, что все фильтрующие материалы химически стойки в указанных средах, за исключением шлака, который не стоек в кислой и щелочной средах. Следует указать на высокую адсорбционную способность дробленого керамзита.

Санитарно-гигиенические показатели фильтрующих материалов характеризуются микрокомпонентным составом самого материала и его водной вытяжки. Во всех фильтрующих материалах и их водных вытяжках токсичные элементы либо отсутствовали, либо не превышали фоновых значений [9]. Сравнение физико-химических свойств исследованных материалов показало, что наибольшей механической прочностью и химической стойкостью обладает альбитофир, который может заменить кварцевый песок в качестве материала фильтрующей загрузки. Кроме того, наибольший интерес представляет дробленый керамзит, т. к. он имеет высокую пористость и обладает большой адсорбционной способностью.

Альбитофир. Горная порода, промышленнодобываемая в Западно-Сибирском регионе (п. Горный, Новосибирская обл.) для нужд строительного комплекса.

Всесторонние промышленные испытания дробленого материала показали удовлетворительные результаты и пригодность его для использования

в качестве фильтрующего материала в технологиях очистки природных вод для различных целей (промышленное, хозяйствственно-питьевое водоснабжение). В настоящее время он стал достаточно широко использоваться в технологиях водоподготовки на территории региона ввиду его доступности и достаточно невысокой стоимости добычи и переработки.

Дробленый фракционированный материал представляет собой колотые гранулы неправильной формы, при этом крупность фракций дробленого, промышленно отсортированного материала составляет 0,5 мм и более. В зависимости от требований заказчика загрузочный фильтрующий материал для целей водоподготовки готовится фракциями 0,8–1,2 мм; 1,5–2 мм; 2–2,5 мм; 2,5 мм и более (рис. 2).

Длительный опыт использования альбитофира в качестве фильтрующего материала однослойных фильтров на станции обезжелезивания подземных вод г. Томска показал, что обычная водяная промывка обратным током его с параметрами, рекомендуемыми [10], является недостаточно эффективной: рабочий слой материала недостаточно взрыхляется (расширяется), что со временем приводит к его слеживанию, как правило, плохой регенерации, что в конечном итоге ухудшает работу фильтров. Объясняется это тем, что по сравнению с рекомендуемыми [10] материалами альбитофир тяжелее и требует корректировки параметров работы фильтровальных сооружений.

Опыт эксплуатации фильтровальных сооружений,

Физико-механические свойства фильтрующих материалов [9]

Таблица 2

Фильтрующий материал	Механическая прочность, %			Плотность, г/см ³	Пористость, % (max/min)
	Истираемость	Измельчаемость	Суммарный износ		
Кварцевый песок месторождения: - Жировское - Славгородское - Туганское	1,3 0,19 0,24	15,43 6,32 13,4	16,73 6,51 13,64	2,62 2,63 2,3	32,0/26,0 34,45/30,36 29,0/21,0
Альбитофир	0,45	3,8	4,25	2,68	26,6/15,38
Шлак	4,0	8,6	12,6	2,6	45,3/30,0
Керамзит	2,11	4,03	6,14	1,32	48,0/45,0



загруженных альбитофирам различной фракции, на различных станциях обезжелезивания подземных вод на территории Западно-Сибирского региона, показал, что переоборудование фильтровальных сооружений (станция ПВЗ г. Томска, г. Стрежевого, Томская обл.) на использование водовоздушной промывки с одновременным повышением интенсивности подачи воды на стадии водяной промывки, либо увеличение интенсивности промывки или применение технологии гидродинамической импульсной водяной промывки [11] позволило добиться стабильной и эффективной работы фильтровальных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах.–Львов: Изд-во Львовского университета, 1980. – 199 с.
2. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. – Л.: Стройиздат, 1985.–118 с.
3. Аюкаев Р.И. Интенсификация работ водоочистных фильтров и совершенствование метода их расчета. – Петрозаводск: ПГУ, 1985.–136с.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр госсанэпидемнадзора Минздрава России. – 2002. – 103 с.
5. Дзюбо В.В. Сравнительная оценка фильтрования подземных вод в режиме постоянных и переменных скоростей // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2008. – № 3. – С. 58–70.
6. Чекаев А.С., Нысанбаев К.С. Очистка воды в целинных районах. – Алма-Ата: Кайнар. – 1982. – 112с.
7. Фоминых А.М. Использование горелых пород для загрузки фильтровальных сооружений. – В кн.: Научные труды АКХ. Водоснабжение, вып. 98. – М.: ОНТИ АКХ им. К.Д. Памфилова. – 1973 – С. 126 – 128.
8. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 272 с.
9. Данда И.И., Лоскутникова Е.Ю., Козлова Е.А. Местные фильтрующие материалы и перспективы их использования для работы очистных сооружений // Рациональное использование природных ресурсов и охрана геологической среды. – Томск: ТГУ. – 1990. – С. 18 – 25.
10. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 128 с.
11. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Теоретические и технологические исследования кратковременно-импульсной промывки фильтров обезжелезивания подземных вод // Энергосбережение и водоподготовка. – 2005. – № 3. – С. 17–27.

ВЫВОДЫ:

На территории Сибирского и близлежащих к нему регионов имеются достаточные запасы природных сырьевых материалов, на основе которых могут изготавливаться фильтрующие материалы, по своим свойствам пригодные и соответствующие для использования в технологических процессах водоподготовки систем питьевого водоснабжения населенных пунктов региона.

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

В БЕЛОКУРИХЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ ПОСТРОИЛИ НОВЫЙ ВОДОПРОВОД.

В городе-курорте Белокуриха практически завершены работы по закладке водопровода на ул. Центральной (бывший поселок Ульяновка). Вода уже поступает в дома жителей этой улицы. Работы по благоустройству прилегающей территории будут завершены в течение двух недель

Вновь выстроенный водопровод имеет протяженность 1250 метров. Вместо существующей устаревшей водонапорной башни установлена новая насосная, которая позволит качать воду в трубу. На строительство объекта из местного бюджета было выделено 1,5 млн. рублей. Теперь жители будут ежемесячно платить за воду, так как обеспечены качественным водоснабжением, чего не было ранее.

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

СЕМИНАР «ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ТОВАРОВ И УСЛУГ»

С 29 по 30 июля 2009 года руководители и специалисты абонентских, юридических, производственно-технических служб и отделов предприятий водопроводно-канализационного хозяйства приняли участие в практическом семинаре, организованном СО РАВВ.

Тема семинара: «Правовые основы взаимоотношений организаций водопроводно-канализационного хозяйства с потребителями товаров и услуг».

С приветственным словом к участникам мероприятия обратился исполнительный директор Ассоциации Головачев Алексей Владимирович, который рассказал о направлениях деятельности СО РАВВ и перспективах развития водопроводно-канализационного хозяйства в России в целом.

На семинаре обсуждались следующие вопросы:

- нормативные правовые акты, регулирующие взаимоотношения организаций водопроводно-канализационного хозяйства с потребителями их товаров и услуг. Определение статуса потребителей организаций водопроводно-канализационного хозяйства, их права и обязанности;

- основание и порядок предоставления организациями водопроводно-канализационного хозяйства услуг (товаров). Качество услуг (товаров), учет, порядок оплаты, ответственность;

- виды договоров, заключаемых организациями водопроводно-канализационного хозяйства с потребителями. Ошибки при заключении и исполнении договоров.

Участники семинара обмениались опытом и практикой построения договорных отношений между водоканалами и абонентами.

Мероприятия, которые организует Саморегулируемая организация - Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения, всегда являются отличной площадкой для общения широкого круга специалистов Водоканалов России

9 специализированная межрегиональная выставка

ВОДА РОССИИ



2-4 сентября 2009 г.
Казань **ГУ “Дворец Спорта”**

Информационная поддержка:

Время и Енигма

Выставочное предприятие “ЭРГ”

Татарстан, 420032, Казань, а/я 648,
 тел./факс: (843) 523-61-17, 541-34-27,
 518-05-04, 518-05-03, 518-07-41,
 e-mail: mail@erg-expo.ru, http://www.erg-expo.ru

ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ АММИАКА

Пригун И.В.

Краснов М.С.

канд. техн. наук

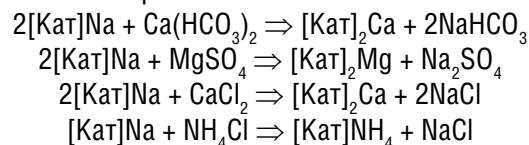
Наличие в воде большого количества аммония может свидетельствовать о попадании в поверхностные источники и неглубокие скважины фекальных стоков, органических удобрений или остаточных количеств пестицидов. Достаточно часто такое может наблюдаться в местах интенсивной сельскохозяйственной деятельности и вблизи свалок. В глубокой скважине наличие аммиака в первую очередь говорит о нарушении целостности обсадной трубы или недостаточно тщательно проводившихся санитарно-гигиенических мероприятиях при вводе в действие и эксплуатации.

Проблема удаления аммиака возникает достаточно часто при очистке воды до питьевых норм (СанПиН 2.1.4.1074-01. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения). Это связано с достаточно низким нормативом по содержанию этого компонента в питьевой воде (ПДК = 2 мг/л). Еще более жесткий норматив на содержание аммиака при производстве бутилированных вод (0,1 мг/л для первой и 0,05 мг/л для высшей категории качества). Отмечено, что постоянное употребление воды с повышенным содержанием аммония может вызывать хронический ацидоз и изменения в тканях. Кроме этого, существует опасность протекания процессов неконтролируемой нитрификации, в результате которой, в качестве промежуточного продукта образуются нитриты, отрицательное воздействие которых на организм человека более значительно.

Для удаления ионов аммония из воды могут быть использованы сорбционные и ионообменные процессы, окисление, биофильтрация и обратный осмос. Сорбционный процесс извлечения аммиака из воды в промышленном масштабе не используется. При использовании обратного осмоса, кроме удаления аммония, происходит также удаление и других примесей из воды на 90 – 98%, то есть происходит неспецифическое удаление аммония из воды. При помощи остальных вышеуказанных процессов возможно удаление компонента с большей или мень-

шей селективностью.

Если в процессе водоподготовки используется стадия умягчения на органическом сильнокислотном катионите, наряду с удалением солей жесткости происходит частичное снижение содержания ионов аммония. Схематически этот процесс можно представить таким образом:



Это связано с определенным расположением аммония в ряду селективности для сильнокислотных катионаобменных смол:

Литий < Натрий < Калий ≈ Аммоний < Магний < Цинк < Кальций < Стронций < Барий

По опыту эксплуатации смонтированных фирмой «Экодар» систем с частичным умягчением воды, снижение содержания ионов аммония до уровня менее ПДК возможно при содержании его в исходной воде не более 3,0 – 3,5 мг/л. Осложняют процесс сорбции аммония на катионите высокая общая жесткость воды и наличие в ней ионов калия.

Более специфичная сорбция аммония наблюдается на неорганических сорбентах, в большей или меньшей степени проявляющих ионообменные свойства и обладающих различной селективностью по отношению к аммонию. В индустриальной водоподготовке, если параллельно удалению этого компонента требуется снижение общей жесткости воды, целесообразно использование неорганических ионитов, полученных искусственным путем из алюмосиликата натрия. Одним из наиболее распространенных материалов такого класса является Crystal-right CR-100. Благодаря его уникальной кристаллической структуре и ионообменным свойствам при обработке воды снижается жесткость, удаляется железо и марганец при одновременном увеличении pH обрабатываемой воды.

В отличие от органических ионитов CR-100 не разрушается под воздействием активного хлора,

однако он не выдерживает кислотных промывок. Этот материал не рекомендуется использовать при общем солесодержании менее 80 мг/л в обрабатываемой воде, поскольку при этом происходит вымывание из него кремния. Предпочтительно подавать на CR-100 воду с железом (II) в неокисленной форме, отсутствует необходимость предварительной аэрации. Регенерация материала, так же как и органических ионитов производится раствором поваренной соли. Crystal-right CR-100 обладает высокой сорбционной емкостью по ионам аммония и при оптимальном солесодержании она составляет 980 мг на 1 дм³. Особенности его использования для сорбции аммиака состоят в том, что поток, проходящий через фильтр не должен превышать 10 м/ч, в отличие от случаев, когда он используется для снижения жесткости и удаления железа и марганца. Максимальное содержание NH₄⁺ в воде при обработке не должно превышать 20 мг/л. При содержании ионов аммония в воде менее 5 мг/л скорость ее пропускания можно увеличивать до 15 м/ч. Многофункциональная установка непрерывного действия, предназначенная для снижения жесткости воды и удаления аммиака представлена на рис.1.

В последнее время в России начал распространяться смешанные ионообменно-сорбционные материалы, включающие в состав органические катиониты, аниониты, нейтральные сорбенты, способные, в отличие от синтетических неорганических ионообменников, наряду с умягчением воды, удалением железа, марганца и аммония снижать цветность и окисляемость воды. Удаление аммония на этих материалах происходит вследствие ионного обмена на катионите. К сожалению, производители не указывают сорбционную емкость материала по аммонию, а нашего опыта эксплуатации установок с таким наполнителем, на которых происходит удаление аммиака, недостаточно, чтобы давать конкретные рекомендации. Высокая стоимость таких материалов, некоторая нестабильность свойств в процессе эксплуатации останавливает применение в установках большой производительности.

В промышленном масштабе выпускается алюмо-силикатный сорбент другого типа – Turbidex, предназначенный, в первую очередь, для удаления взвешенных и коллоидных частиц. Этот алюмосиликат, в отличие от Crystal-right CR-100 не имеют значительной емкости по солям жесткости, но способен удалять аммоний и тяжелые металлы. При оптимальном солесодержании емкость материала по солям



**Рисунок 1
Многофункциональная установка непрерывного действия.**

аммония составляет 800 мг на 1 дм³. В отличие от CR-100, при сорбции ионов аммония скорость пропускания обрабатываемой воды может находиться в пределах от 12 до 20 м/ч. Достоинство сорбента Turbidex также в значительно меньшей стоимости, чем у CR-100. Наиболее целесообразно использование такого материала в тех случаях, где наряду с повышенным содержанием аммония в воде наблюдается незначительное, в пределах 3-5 ПДК превышение по содержанию железа.

Для удаления аммония могут быть использованы природные цеолиты - клиноптилолиты из определенных месторождений. Эти сорбенты выпускаются отечественными предприятиями. Также как и Turbidex, они способны удалять взвешенные и коллоидные частицы, тяжелые металлы. При регенерации поваренной солью они практически полностью восстанавливают сорбционную способность по аммонию. Стоимость природных цеолитов ниже, чем искусственных. К сожалению, в первый момент после регенерации (ориентировочно на 1/30 ресурса) они значительно снижают жесткость фильтрата. Данные обменной емкости по аммонию клиноптилолитов, представленные в литературе достаточно противо-

**Рисунок 2****Установка сорбции аммиака на цеолите с последующим частичным обессоливанием воды на установке обратного осмоса.**

речивы и лежат в пределах от 0,1 до 30 г аммония на 1 кг материала. По опыту, лучше всего ориентироваться на величину 0,3 г-экв/кг. В настоящее время фирма "Экодар" запустила в эксплуатацию несколько таких установок, в том числе и на предприятиях по розливу питьевых вод. На рисунке 2 представлена установка сорбции аммиака на цеолите с последующим частичным обессоливанием воды на установке обратного осмоса.

При помощи ионообменных материалов возможна коррекция состава по аммонию "легких вод". Если же в воде наблюдается превышение допустимого содержания еще и по ряду других компонентов, например, литию, бору, фтору, использование таких сорбентов не может привести к положительному результату. Практически единственным способом удаления целого комплекса трудноудаляемых примесей является использование технологии обратного осмоса. Стандартная установка обратного осмоса представлена на рис. 3.

Как уже было отмечено, удаление ионов аммония на обратноосмотических установках происходит при общем обессоливании воды. В случае превышения норм по аммонию в исходной воде при организации обратноосмотического процесса существуют два пути получения питьевой воды, соответствующей предъявляемым требованиям. Первый – организация подмеса необработанной воды в количестве, при котором содержание аммония после смешения потоков не превосходит ПДК. Второй – создание питьевой воды с искусственной минерализацией путем пропускания всего потока обессоленной воды через специальные загрузки, насыщающие воду ионами кальция и магния, например "Calcite", "Corosex" или введение необходимых солевых добавок при помощи дозирующих комплексов.

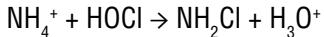
Отдельно необходимо отметить об использовании нанофильтрации для удаления аммония. При этом процессе происходит удаление двухвалентных ионов, в частности солей жесткости и сульфатов на



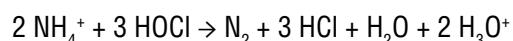
Рисунок 3
Стандартная установка обратного осмоса.

90 – 95%. Содержание ионов аммония снижается при этом на 40 – 50%. Таким образом, в случае незначительного превышения ПДК по этому иону (не более, чем в 2 раза), возможно получение питьевой воды после мембранный установки без дополнительной обработки.

Наряду с получившими в последнее время способами удаления аммония, описанными выше, не теряет своей актуальности хлорирование воды для его удаления. В нейтральной среде при недостатке активного хлора или эквимолярном соотношении образуютсяmonoхлорамин по реакции:



При увеличении дозы активного хлора образуются ди- и трихлорамины. Для их удаления используется, как правило, сорбция на активированном угле. При дальнейшем увеличении дозы хлора проходит более полное окисление до азота. Схематически этот процесс может быть представлен следующим образом:



Многостадийная и достаточно сложная реакция ионов аммония с активным хлором в реальных условиях осложняется наличием в воде различных восстановителей. При незначительном содержании в воде органических соединений кривая поглощения имеет перегибы, причем максимальное поглощение достигается при дозе хлора 6 мг/л на 1 мг аммонийного азота. При значительном содержании органики требуемая доза хлора может быть 10 мг/л и более, однако при этом появляется вероятность образования опасных для жизни хлорорганических соединений. Отрицательным эффектом хлорирования является также возможное образование броматов при наличии большого количества бромидов в исходной воде.

В качестве основного достоинства применения активного хлора при удалении аммония из природных вод можно считать то, что при этом происходит окисление железа, марганца с последующим удале-

нием взвесей на осветительных фильтрах; окисление сульфидов и сероводорода до серы или сульфатов, окисление имеющих низкую ПДК нитритов до нитратов. Образующиеся хлорамины обладают бактериостатическим эффектом, что позволяет использовать эти вещества как для обеззараживания воды, так и для создания пролонгированного дезинфицирующего эффекта.

Практически не используется для окисления аммиака другой сильный окислитель – озон, который реагирует следующим образом:



На окисление 1 мг NH_4^+ (по азоту) требуется 13 – 14 мг O_3 . При обработке природных вод при воздействии озона проходят процессы осаждения железа, марганца, окисление сульфидов, нитритов, цианидов, галогенидов, органических соединений. Эти реакции происходят более активно, чем окисление аммиака, поэтому достаточно сложно использовать озонирование конкретно для рассматриваемого процесса. Поскольку для удаления аммония требуется значительное количество озона, велика вероятность при наличии других примесей, таких как гуминовые соединения или бромиды, появления гораздо более опасных соединений в обработанной воде – фенолов или броматов, соответственно. Кроме того, оборудование для озонирования имеет гораздо большую стоимость, чем для хлорирования воды с использованием гипохлорита.

В практике питьевого водоснабжения на крупных водоочистных станциях для удаления аммония хлорирование в критической точке используется достаточно редко в связи с высокой стоимостью процесса и, как уже отмечалось, высокой вероятностью появления хлорогранических соединений. Гораздо чаще производится удаление аммония производится биологическим путем. Этот способ удаления аммония широко распространен в практике обработки сточных вод, поэтому технология такого процесса достаточно хорошо отработана.

Нитрификация происходит в две стадии. На первой – происходит образование нитритов при помощи бактерий *Nitrosomonas*, на второй – превращение нитритов в нитраты под действием бактерий *Nitrobacter*. В общем виде эту реакцию можно представить следующим образом:

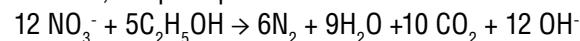


Особенностью процесса биологической нитрификации является то, что требуется поддержание pH более 7,2, то есть в ряде случаев требуется введение

щелочи. В связи с тем, что на окисление 1 г аммиака требуется 3,6 г кислорода, исходную воду требуется им насыщать, преимущественно посредством аэрации. Кроме этого, для поддержания бактерий в работоспособном состоянии необходимо иметь в обрабатываемой воде минимальные концентрации фосфатов.

Аммиак при содержании до 1 мг/л может быть достаточно легко удален из хорошо аэрируемых вод на песчаных фильтрах, однако при больших концентрациях целесообразно использовать биологически активный материал типа Biolite, располагающийся в таком же месте биореактора, что и песок, или же использовать фильтры с плавающим нитрифицирующим слоем.

Если не останавливаться, а проводить процесс далее с использованием гетеротрофных бактерий и углеродсодержащих питательных веществ, образующиеся нитраты восстанавливаются до газообразного азота, например:



Основными недостатками такого способа является большая чувствительность к содержанию кислорода в обрабатываемой воде и длительность процесса запуска (около месяца).

Способ удаления аммония путем подщелачивания воды и последующей отдувки аммиака, используемый при обработке сточных вод, в практике подготовки питьевых вод до настоящего времени не использовался в основном из-за необходимости введения в воду щелочи и обязательной последующей нейтрализации кислотой.

Сравнивая методы удаления ионов аммония из воды, необходимо отметить, что целесообразность применения какого-либо способа сильно зависит от требуемой производительности, капитальных, эксплуатационных затрат и исходного содержания этой примеси. На выбор системы оказывает определяющее влияние то, что требуется ли очистка воды по другим компонентам или же необходимо удалять исключительно эту примесь. Упрощено порядок выбора можно представить в виде таблицы.

Из показанных в таблице данных видно, что в настоящее время существует достаточно широкий выбор технологий удаления аммония. Окончательный выбор схемы удаления этой примеси осуществляется заказчиком при непосредственном участии фирмы, которая занимается проектированием, поставкой, монтажом и запуском оборудования в эксплуатацию.

Критерии выбора схемы очистки воды от ионов аммония**Таблица 1**

Материал, способ	Производительность	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты	Концентрация аммиака в исх. воде, мг/л, не более	Примечание
Синтетический органический ионит	0,5 – 10,0	Низкие	Высокие	3,0 – 3,5	Удаление солей жесткости, потребление поваренной соли
Синтетический неорганический ионит	0,5 – 10,0	Средние	Высокие	20	Удаление солей жесткости, потребление поваренной соли
Синтетический неорганический цеолит	0,5 – 10,0	Средние	Средние	20	Удаление тяжелых металлов, потребление поваренной соли
Обратный осмос	0,1 - 100	Высокие	Низкие	20	Обессоливание Потребление ингибитора
Нанофильтрация	0,1 - 100	Высокие	Низкие	4	Обессоливание, умягчение Потребление ингибитора
Хлорирование	5 - 1000	Средние	Средние	-	Удаление органики Появление органохлоридов
Биофильтрация	5 – 10000	Средние	Низкие	1	Появление нитратов
	5 - 10000	Высокие	Низкие	10	

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М.: ДeЛи прнт, 2004.- 301 с.
2. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие. Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с.
3. Вода. Санитарные правила, нормы и методы безопасного водопользования населения. Сборник документов. 2-е издание, переработанное и дополненное. /Составители: Ю.А.Рахманин, З.И.Жолдакова, Г.Н.Красовский. – М.: "ИнтерСЭН", 2004. – 768 с.
4. Технический справочник по обработке воды. Изд. 2-е: в 2 т.: пер. с фр. - СПб.: Новый журнал, 2007.

XIV БЕЛОРУССКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

ЗАО "ТЕХНИКА И КОММУНИКАЦИИ"
тел.: (+375 17) 306 06 06, 226 90 17 www.tc.by E-mail: energy@tc.by



13-16
ОКТЯБРЯ
2009

г. МИНСК

пр. Победителей, 20/2
(футбольный манеж)



14-ая международная специализированная выставка

ENERGY EXPO

"Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро"

expolight

5 - ая специализированная выставка
светотехнического оборудования
"ЭкспоСВЕТ"

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Министерство энергетики
Министерство промышленности
Министерство природных
ресурсов и охраны
окружающей среды
Министерство жилищно-
коммунального хозяйства
Государственный комитет
по науке и технологиям
Государственный комитет
по стандартизации
Минский горисполком
Национальная академия
наук Беларуси
ГПО "БЕЛЭНЕРГО"
ОАО "БЕЛТРАНСГАЗ"
ГПО "БЕЛТОПГАЗ"



Water & Air
technologies

4 - ая специализированная выставка
"Водные и воздушные технологии"

ЭФФЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОЗОНИРОВАНИЕМ

ООО «ОЗОН-МОНТАЖ»
г. Москва

Озонирование – это метод водоподготовки, при котором происходит глубокая и комплексная очистка воды без каких либо побочных эффектов. Озонирование имеет несомненные преимущества перед другими технологиями, представленными на рынке. Озон, природный окислитель, благодаря своей активности, при смешивании с очищаемой водой, достаточно быстро окисляет загрязнения, переводя их из растворенного состояния во взвесь, которая легко задерживается на угольном фильтре. Остаток озона превращается опять в кислород, из которого он и был произведен, вода же, пройдя через угольный фильтр – осветитель подается Потребителю. Процесс очистки происходит достаточно быстро, при этом не требуется никаких расходных реагентов, материалов, регламентных работ, в воде не образуется вредных примесей, сохраняется минеральный состав и уровень pH, другими словами, очистка является абсолютно экологически безопасной. Большинство самых распространенных загрязнений, это металлы, за исключением золота и платины, практически все органического происхождения, подвержены озоновому окислению. Обладая высокой стерилизующей способностью, озон оказывает обеззараживающее воздействие на возбудителей вирусных заболеваний, в том числе и на споры, стойкие к хлорной обработке. Благодаря озоновой технологии, Потребитель всегда получает очищенную, насыщенную кислородом и стерилизованную питьевую воду, высочайшего качества.

Озонирование широко используется, например, при очистке воды из подземных и поверхностных источников, оборотной воды бассейнов, очистке и стерилизации сточных вод, применяется для обеззараживания воды, предназначенный для бутилирования, удаляя из воды все неприятные привкусы и запахи, используется для дезодорации воздуха, очистки вентиляционных выбросов и т.д.

Озон в природе. Озон – трехатомный кислород – газ интенсивного синего цвета; при низких темпе-

ратурах (-112°C) превращается в темно-синюю жидкость, а при еще более глубоком охлаждении образует темно-фиолетовые кристаллы. Своим голубым цветом атмосфера Земли обязана именно озону.

Озон образуется из кислорода воздуха. ПДК озона в воздухе $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$ (СанПиН). Запаховый порог в десятки раз ниже. То есть еще задолго до ПДК присутствие озона будет заметно. Существует несколько способов получения озона, среди которых наиболее распространенными являются: электролитический, фотохимический и электросинтез в плазме газового разряда.

Электросинтез озона (чистый метод), основанный на различных видах газового разряда, а именно: барьерного, поверхностного и импульсного получил наибольшее распространение. Этот метод позволяет получать озон высоких концентраций при большой производительности и невысоких энергозатратах оборудования.

На основе метода барьерного разряда, фирмой «ОЗОН-МОНТАЖ» на протяжении многих лет производится широкий модельный ряд генераторов озона, применяемых во всевозможных технологических схемах, работающих как на подготовленном, так и на неосуженном воздухе. Наше оборудование характеризуется как инновационное и импортозамещающее.

В установках «ОЗОН-МОНТАЖ», основанных на использовании озона, происходит следующее (рис.1):

Озон, активная форма кислорода, являясь очень мощным окислителем и стерилизующим агентом, обеспечивает окисление металлов и дезактивацию бактерицидных, даже вирусных и споровых загрязнений, что недоступно для других методов стерилизации (таких как хлорирование, обработка ультрафиолетовым излучением и т.п.). Озон производится генератором из окружающего воздуха $\text{O}_2 - \text{O}_3$ с необходимым запасом, безнапорным образом (эжектированием) подается в очищаемую воду, стерилизуя

Генератор озона

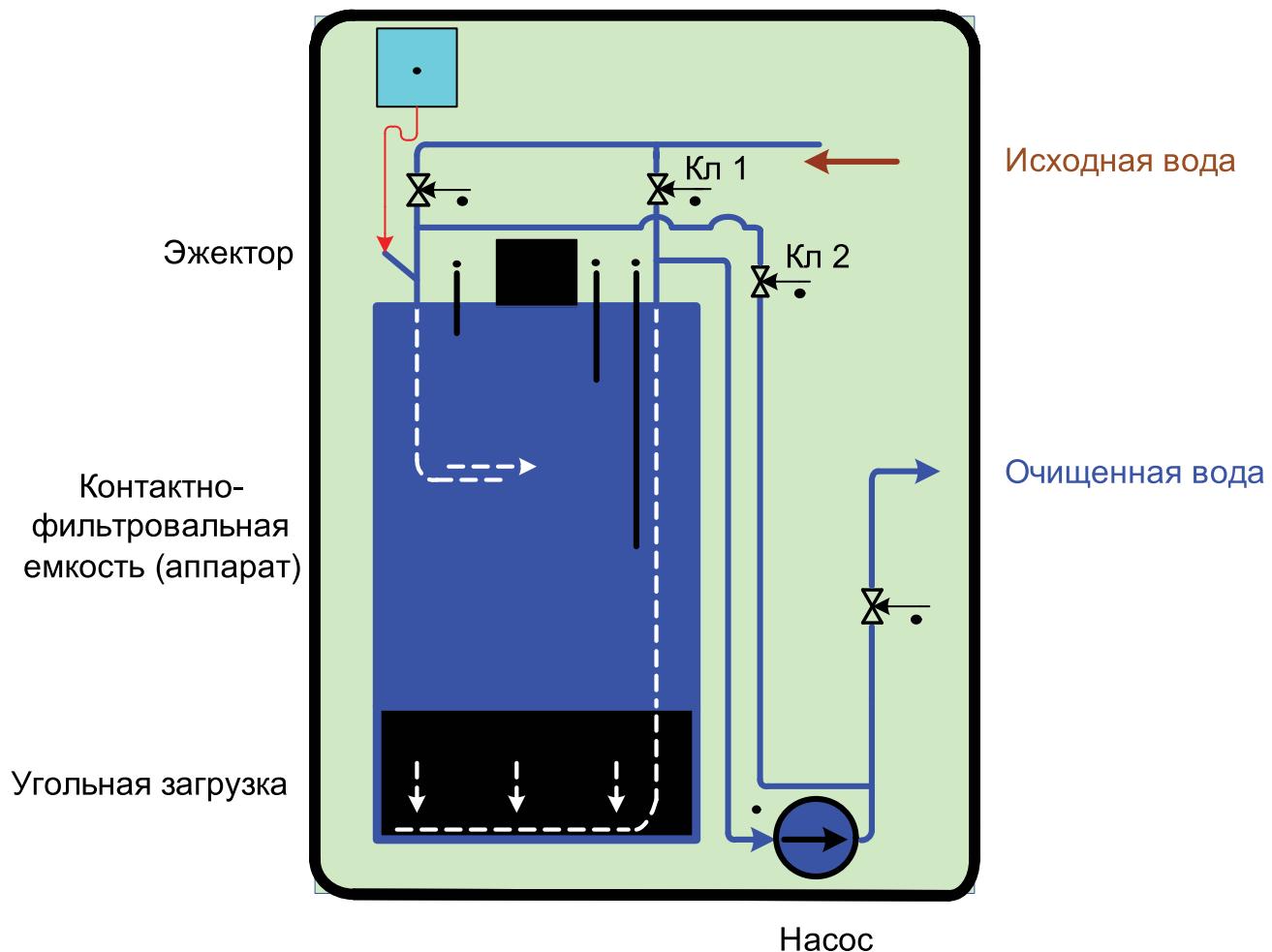


Рисунок 1
Схема работы системы очистки воды на основе озоновых технологий.

ее, окисляя органические и неорганические примеси (например железо, сероводород, марганец), переводя их из растворенных форм в формы, поддающиеся фильтрации. Излишек озона превращается в обычный кислород $O_3 - O_2$. Вода же, пройдя через фильтрующую загрузку из активированного угля, избавляется от остаточного растворенного озона $O_3 - O_2$ и подается потребителю, который получает чистую, насыщенную кислородом родниковую воду, которая сохранила в себе все необходимые человеку минеральные соли.

На поверхности и в толще угля:

1. Происходит каталитическое доокисление продуктов озонолиза.
2. Озон превращается в кислород.
3. Задерживаются продукты окисления, переведенные в осадочные включения и взвеси.

Активированный уголь в Установке работает не как адсорбент, имеющий ограниченный срок действия, а как катализатор и промывной механический фильтр, не имеющий никаких ограничений по сроку службы. Промывки производятся в ручном или автоматическом режиме.

Таким образом, весь процесс очистки воды начинается и заканчивается в контактно фильтровальной емкости, куда безнапорно подается озон, и там же разрушается, превращаясь в кислород, проходя через фильтрующую загрузку из активированного угля.

Данная технология, ее эффективность, простота и надежность, как и уникальное качество озона, определяет ее высокую качественную позицию на рынке оборудования очистки воды.



Рисунок 2
Водозаборные узлы и промышленные объекты:
Стадия проектирования

Озоновые технологии «ОЗОН-МОНТАЖ»:

- Как ранее, так и сегодня являются уникальными и лидируют по эффективности и качеству очистки и стерилизации воды.
- Как ранее, так и сегодня это единственный способ глубоко и качественно чистить и стерилизовать воду, без каких либо последствий или побочных эффектов (наличие в очищенной воде остаточных реагентов или побочных соединений).
- Это высокого качества, насыщенная кислородом вкусная питьевая вода на выходе, независимо от концентраций окисляемых включений в исходной воде.
- Абсолютно надежное, уже сравнительно недорогое, не требующее регламентных работ оборудование, готовое постоянно обеспечивать Потребителей чистой родниковой водой.

Озонирование, как средство для обеззараживания, впервые было успешно опробовано в 1886 г. во

Франции. С 1905 г. в России начала действовать экспериментальная установка для озонирования воды при Петропавловской больнице. В 1911 г. в Петербурге была введена в эксплуатацию самая крупная в мире производственная установка озонирования, обрабатывающая 44 500 куб.м. воды в сутки. В советское время в 1968 г. озонирование было использовано на Восточной водопроводной станции в Москве. В настоящее время в Москве технология озонирования внедрена на Рублевской и Юго-Западной водопроводных станциях. В мире сегодня работает множество систем водоподготовки, использующих технологию озонирования. В Европе 95 % воды проходит очистку именно озонированием. В США идет процесс перевода с хлорирования на озонирование.

ВЗУ и промышленные объекты большой кубатуры очищаемой воды предлагается неоднократно опробованная схема масштабирования независимых линий озонирования, имеющая несомненные



Рисунок 3
Водозаборные узлы и промышленные объекты:
Монтаж



Рисунок 4
Уварово, Тамбовская обл. ВЗУ 6200 м³/сутки. Железо в исходной воде до 2.5 мг/л.
Железо в очищенной воде - ниже порога определяемости, полная стерилизация.
Семь независимых линий. Полное отсутствие затрат на регламент. Автомат.

**Рисунок 5****Автомотель. Трасса Крым. 35 м³/час.**

преимущества. Это бесперебойность работы установки при промывке одной линии, повышение оценки надежности системы. В состав линии входит Контактно-Фильтровальный Аппарат (КФА), Генератор Озона, необходимой производительности, Контроллер, обеспечивающий работу и промывку системы, Насос, подающий чистую воду в РВЧ или непосредственно в сеть. Технология беззапорной подачи озоновоздушной смеси в очищаемую воду снимает многие вопросы безопасности, упрощает и материально оптимизирует систему.

Железо, сероводород, марганец, цветность, мутность, легко и трудноокисляемая органика окисляясь и перейдя из растворенного состояния во взвесь задерживается в КФА на промывной фильтрующей угольной загрузке. Задача дополнительного хлорирования для передачи по трубопроводам до конечного потребителя решается обычным образом - дозированием реагента, расход которого на порядок меньше, так как органика и другие включения уже окислены и отфильтрованы.

Что получает Заказчик, установив оборудование «ОЗОН-МОНТАЖ»?

1. Питьевую Воду высочайшего качества, очищенную от всех ненужных включений, стерилизованную, с пониженным до европейской нормы (3 мг/экв.) содержанием солей. К тому же в воде ощутимо возрастает количество растворенного кислорода, что делает воду особенно приятной на вкус и полезной для всего организма.

2. Сверкающие белизной раковины и другую сантехнику.

3. Ощутимое улучшение вкусовых качеств приготовляемых дома блюд, кофе, чай и т.д.

4. Абсолютно безрегламентную, элитную установку очистки воды, в течение неограниченного срока службы не требующую никаких расходных материалов, реагентов и работ.

Будет ли это стандартная установка, либо установка с набором индивидуальных функций, эти и любые другие задачи быстро и качественно решат наши специалисты – инженеры и монтажники с бо-



Рисунок 6
Детский оздоровительный лагерь. 25 м³/час.



Рисунок 7
Школа Химки 2 м³/час.



Рисунок 8
Загородный дом. Ярославское шоссе.



Рисунок 9
Дмитров. Многоэтажный дом. 5 м³/час.



Рисунок 10
Установка «Компакт» 1 м³/час.



Рисунок 11
Оборудование для очистки воды бассейна, объемом 2500 м³.

гатейшим опытом работы.

Системы очистки воды бассейна на основе элитных и экологичных озоновых технологий - это единственный способ эффективно очищать и стерилизовать воду, не насыщая ее химическими реагентами.

Воду бассейна в любом случае необходимо очищать как при наполнении, так и в течение всего времени пользования бассейном.

При наполнении бассейна, которое происходит не так часто и при подливке, который необходим для поддержания заданного уровня в чаше бассейна при испарении, также в зависимости от состава исходной воды, очищать необходимо от железа, мутности, запахов и т.д. (если вода поступает из арт. скважины) и от хлорорганики, и редко от того же железа

(если вода поступает из централизованного водопровода).

При эксплуатации бассейна, чтобы вода не мутнила и в ней бы не разрасталась всевозможные микроорганизмы, в том числе болезнетворные, эффективная очистка особенно необходима.

Установки озоно-фильтровальной очистки оборотной воды бассейна от «ОЗОН-МОНТАЖ» осуществляют все названные стадии, производят стерилизацию воды с последующей фильтрацией на активированном угле, возвращая в бассейн фактически питьевую воду (рис.12).

Система «подлива» воды, входящая в состав установок как опция, работает в автоматическом режиме.

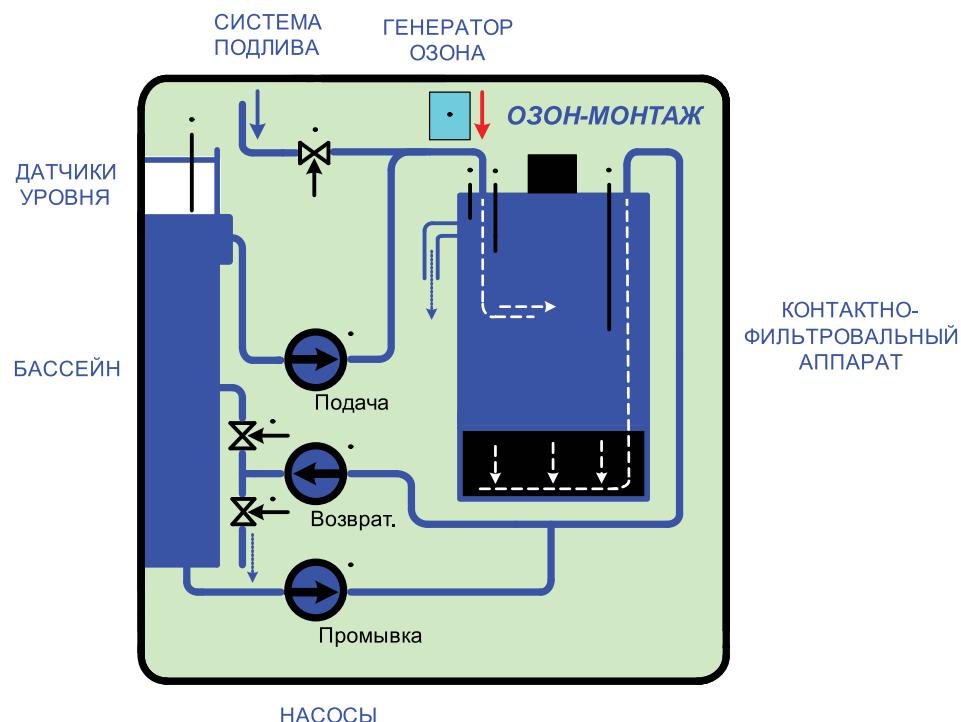


Рисунок 12
Схема установки озono-фильтровальной очистки оборотной воды бассейна

В результате применения озоновых технологий, а это самое главное, не происходит накопления хлорорганических соединений в воде, человек не плавает среди все возрастающего количества трупов бактерий и растворе химии, что гарантировано при дозировании хим. реагентов.

В результате применения озоновых технологий, бассейн всегда наполнен голубой, насыщенной кислородом, полезной коже и всему организму природной водой.

Применение современных озоновых технологий обеспечивает такие высокие результаты очистки воды, о которых только мечтают многие российские и зарубежные Потребители и профессионалы, занимающиеся водоподготовкой.



ООО «ОЗОН МОНТАЖ»

Системы очистки и стерилизации воды и воздуха.

Озоновые технологии. Изготовление, монтаж.

www.ozon-voda.ru

ozon-montage@mail.ru

Московская обл. г.Химки
ул. Рабочая, д.2 к.38, НИИРП

+7(495) 228-08-56
+7(495) 517-20-94
+7(495) 573-95-24
+7(903) 685-23-08



Модульные станции пожаротушения на "Первую очередь трубопроводной системы "ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ - ТИХИЙ ОКЕАН" СпецМорНефтьПорт "Козьмино", площадка береговых сооружений

ООО "ЭКОЛАЙН" Производство оборудования для очистки и перекачки сточных вод

группа компаний

www.ecso.ru
ООО "ЭКОЛАЙН"

ООО "ЭКОЛАЙН" более 10 лет занимается разработкой, производством и поставкой оборудования для очистки и перекачки сточных вод: нефтеуловители ЭКО-Н, пескоилоуловители ОТБ, жироуловители ЭКО-Ж, емкости-накопители, системы биологической очистки сточных вод ЭКО-М, ЭКО-Б, ЭКО-Р, канализационные насосные станции. Все емкости и корпуса изготавливаются из армированного стеклопластика. География поставок оборудования охватывает всю территорию России и страны ближнего зарубежья. Развита обширная дилерская сеть. Гарантия качества

• ООО "ЭКОЛАЙН-БИО" •

- ✓ Проектирование и поставка систем биологической очистки сточных вод



Система автономной канализации



Комплекс очистных сооружений ЭКО-Р-100

• ООО "ЭКОЛАЙН-Гидротехника" •



Монтаж КНС обводного коллектора г. Уральск, $Q = 3100 \text{ м}^3/\text{ч}$

- ✓ Проектирование и поставка канализационных насосных станций

- ✓ Поставка насосного оборудования



Насос Flygt, $Q = 13500 \text{ м}^3/\text{ч}$

www.ecso.ru

На правах рекламы

ООО "ЭКОЛАЙН"
445032, г. Тольятти
ул. Дзержинского, 98-344
Тел.: (8482) 515-889
(многоканальный)
Факс: (8482) 515-876
E-mail: office@ecso.ru



УСТАНОВКИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

КНС



ЖИРОУЛОВИТЕЛИ



НЕФТЕУЛОВИТЕЛИ



ПЕСКОИЛОУЛОВИТЕЛИ



СОРБЦИОННЫЕ ФИЛЬТРЫ



ПРОГРАММИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ УГЛЕКИСЛОТНОГО РАВНОВЕСИЯ В ВОДЕ

Очков В.Ф.

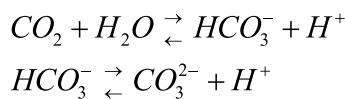
докт. техн. наук, профессор,
заслуженный работник ЕЭС России

кафедра технологии воды и топлива
Московского энергетического института (ТУ)

Мельников И.А.

**ДАННОЙ СТАТЬЕЙ РЕДАКЦИЯ ПРОДОЛЖАЕТ ЦИКЛ СТАТЕЙ ПО ПРОГРАММИРОВАННОМУ РАСЧЕТУ
ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ**

В предыдущей статье журнала («Водоочистка Водоподготовка Водоснабжение» №7(19) 2009г. был рассмотрен программируемый расчет процесса известкования воды – добавление в воду гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что, в частности, приводит к смещению углекислотного равновесия воды:



в «правую» сторону за счет реакции $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ и последующего выпадению из раствора карбоната кальция CaCO_3 и гидрата окиси магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$, что снижает щелочность и (побочно) жесткость¹ воды. В предыдущей статье была также затронута тема глобального изменения климата, которую некоторые ученые связывают с повышением концентрации в земной атмосфере парниковых газов, в частности, углекислоты². Споры о причинах и следствиях изменения концентрации CO_2 в земной атмосфере нельзя вести без рассмотрения механизма растворимости CO_2 в воде, в частности, в воде Мирового океана.

Если говорить об основных газах, составляющих земную атмосферу (N_2 , O_2 , CO_2), то нужно подчерк-

нуть, что углекислый газ не просто растворяется в воде, как азот или кислород³, а вступает с водой в химическое взаимодействие – см. уравнения выше.

Смоделируем и рассчитаем этот процесс!

Задача. В воде растворяют 0,1 моля гидрокарбоната натрия NaHCO_3 и доводят объем раствора до 1 литра. Спрашивается, чему будет равно значение pH такого раствора.

На рис. 1 показано решение этой задачи в среде инженерного калькулятора Mathcad [2] – pH нашего раствора равно 8,3. Задача сводится к поиску корня системы пяти нелинейных алгебраических уравнений с пятью неизвестными⁴ – молярные концентрации в воде CO_2 , и OH^- . Уравнение эти такие:

1) ионное произведение воды:

$$\text{H}^+ \cdot \text{OH}^- = K_w$$

2) «первое» углекислотное равновесие:

$$\frac{\text{H}^+ \cdot \text{HCO}_3^-}{\text{CO}_2} = K_1$$

¹«Клин клином вышибают!» – в воду добавляют кальций для того, чтобы... снизить его концентрацию в воде.

²Научно-политические баталии вокруг проблемы глобального изменения климата для многих затуманивают само понятие «парниковый» эффект. Парник, теплица, оранжерея... Эти слова могут показаться синонимами, но это не совсем так. В парнике температура воздуха повышается за счет искусственного повышения концентрации CO_2 . Из-за этого изменяется баланс лучевого излучения, падающего на землю и отраженного от земли. С углекислотой в парник напускали (топка «по черному») и CO_2 : в парниках часто угорали («кошки угоревые» из него высакивали). Оранжерею же просто отапливают.

³Растворимость этих и других подобных газов в жидкой фазе (в воде, частности) определяется законом Генри, гласящим, что равновесная концентрация газа в воде пропорциональна парциальному давлению газа над водой.

⁴Имена наших неизвестных на рис. 1 заключены в квадратные скобки («химическое» написание переменных и констант). Без этих скобок можно запутаться в плюсах и минусах – которые из них арифметические операторы, а какие – обозначения зарядов ионов!?

Константы и исходные данные

$$K_w = 10^{-14} \quad K_1 = 10^{-6.3} \quad K_2 = 10^{-10.3}$$

$$\text{NaHCO}_3 = 0.1$$

$$C_T := \text{NaHCO}_3$$

$$[\text{Na}^+] := \text{NaHCO}_3$$

Решение системы пяти уравнений CTOL = 10^{-7}

Given

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \quad K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$[\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \quad C_T = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{CO}_2]$$

$$\begin{pmatrix} [\text{H}^+] \\ [\text{HCO}_3^-] \\ [\text{CO}_3^{2-}] \\ [\text{CO}_2] \\ [\text{OH}^-] \end{pmatrix} := \text{Find}([\text{H}^+], [\text{HCO}_3^-], [\text{CO}_3^{2-}], [\text{CO}_2], [\text{OH}^-]) = \begin{pmatrix} 5.017 \times 10^{-9} \\ 0.098 \\ 9.794 \times 10^{-4} \\ 9.814 \times 10^{-4} \\ 1.993 \times 10^{-6} \end{pmatrix}$$

$$\text{pH} := -\log[\text{H}^+] = \text{Ответ} \quad 8.29956$$

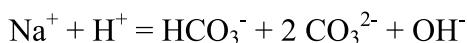
Рисунок 1

Решение задачи о значении pH водного раствора через блок Given–Find

3) второе углекислотное равновесие:

$$\frac{\text{H}^+ \cdot \text{CO}_3^{2-}}{\text{HCO}_3^-} = K_2$$

4) уравнение электронейтральности раствора:



5) уравнение баланса в растворе углеродосодержащих молекул и ионов; предполагается, что сумма молярных концентраций углекислого газа, гидро- и карбонат-ионов остается постоянной: CO_2 из воды не уходит в атмосферу и не сорбируется водой из атмосферы, карбонаты не выпадают из раствора и не растворяются в воде (позже мы обсудим обоснованность данного допущения)⁵.

Первое приближение

$$\begin{pmatrix} [\text{H}^+] \\ [\text{HCO}_3^-] \\ [\text{CO}_3^{2-}] \\ [\text{CO}_2] \\ [\text{OH}^-] \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 10^{-8} \\ 10^{-3} \\ 10^{-4} \\ 10^{-7} \\ 10^{-6} \end{pmatrix}$$

CTOL = 10^{-7}

Given

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \quad K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$[\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \quad C_T = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{CO}_2]$$

$$\begin{pmatrix} [\text{H}^+] \\ [\text{HCO}_3^-] \\ [\text{CO}_3^{2-}] \\ [\text{CO}_2] \\ [\text{OH}^-] \end{pmatrix} := \text{Find}([\text{H}^+], [\text{HCO}_3^-], [\text{CO}_3^{2-}], [\text{CO}_2], [\text{OH}^-]) = \begin{pmatrix} 5.017 \times 10^{-9} \\ 0.098 \\ 9.794 \times 10^{-4} \\ 9.814 \times 10^{-4} \\ 1.993 \times 10^{-6} \end{pmatrix}$$

На рис. 1 задача о нахождении значения pH раствора гидрокарбоната натрия решается с помощью блока Given (Дано) – Find (Найти). Встроенная в Mathcad функция Find возвращает значение своих аргументов, превращающих алгебраические уравнения, зажатые в блоке Given–Find, в тождества.

Система уравнений, показанная на рис. 1, нелинейная. Поэтому она может иметь несколько решений. Кроме того, задача решается численно, а не аналитически (символьно – см. ниже рис. 3), что требует первого приближения – см. правый верхний угол на рис. 1. Из-за этого приходится довольствоваться не точными, а приближенным решением: блок Given–Find не превращает уравнения строго в тождества, а делает отклонение (по модулю) левых и правых частей уравнения меньшим наперед задан-

⁵Вода по отношению к твердой фазе CaCO_3 может быть стабильной, агрессивной или пересыщенной. Эти состояния воды в гидрохимии фиксируются через индекс Ланжелье. Агрессивная вода растворяет (разрушает) бетонные сооружения, а пересыщенная откладывает накипь в теплообменных аппаратах.

⁶Если на слове Find (см. рис. 1) в среде Mathcad нажать правую кнопку мыши, то выпадет список методов решения, из которого можно выбрать нужный. Знать бы еще при этом, какой метод тут более подходит!?

Константы и исходные данные

$$\begin{aligned}
 K_w &= 10^{-14} & K_1 &= 10^{-6.3} & K_2 &= 10^{-10.3} & \text{NaHCO}_3 &:= 0.1 & C_T &:= \text{NaHCO}_3 & [\text{Na}^+] &:= \text{NaHCO}_3 \\
 &&&&&&&&&&& 5.017 \times 10^{-9} \\
 \left[\begin{array}{l} [\text{H}^+] \\ [\text{HCO}_3^-] \\ [\text{CO}_3^{2-}] \\ [\text{CO}_2] \\ [\text{OH}^-] \end{array} \right] &:= \left\{ \begin{array}{l} \text{pH}_1 \leftarrow 1, \text{pH}_2 \leftarrow 14 \\ \text{while } \text{pH}_2 - \text{pH}_1 > 0.00001 \\ \quad \text{pH} \leftarrow \frac{\text{pH}_2 + \text{pH}_1}{2}, [\text{H}^+] \leftarrow 10^{-\text{pH}}, [\text{OH}^-] \leftarrow \frac{K_w}{[\text{H}^+]} \\ \quad [\text{CO}_3^{2-}] \leftarrow \frac{C_T \cdot K_1 \cdot K_2}{[\text{H}^+]^2 + K_1 \cdot [\text{H}^+] + K_1 \cdot K_2} \\ \quad [\text{HCO}_3^-] \leftarrow \frac{[\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{H}^+]}{K_2}, [\text{CO}_2] \leftarrow \frac{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}^+]}{K_1} \\ \quad \Sigma K_t \leftarrow [\text{H}^+] + [\text{Na}^+], \Sigma A_n \leftarrow [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \\ \quad \text{if} (\Sigma K_t > \Sigma A_n, \text{pH}_1 \leftarrow \text{pH}, \text{pH}_2 \leftarrow \text{pH}) \\ \quad ([\text{H}^+] [\text{HCO}_3^-] [\text{CO}_3^{2-}] [\text{CO}_2] [\text{OH}^-])^T \xleftarrow{\text{Транспонирование матрицы}} \end{array} \right. \\
 &&&&&&&&&&& 0.098 \\
 &&&&&&&&&&& 9.794 \times 10^{-4} \\
 &&&&&&&&&&& 9.814 \times 10^{-4} \\
 &&&&&&&&&&& 1.993 \times 10^{-6} \\
 &&&&&&&&&&& \text{Ответ} \\
 &&&&&&&&&&& \text{pH} := -\log [\text{H}^+] = 8.29956
 \end{aligned}$$

Рисунок 2
Решение задачи о pH водного раствора методом половинного деления

ной величины 10^{-7} , хранимой в системной переменной CTOL. Из-за этого (первое приближение, которое нужно выбрать «с умом», подбор метода решения⁶, установление значение переменной CTOL и др.) данный способ решения задачи ведет себя очень капризно. Стоит, например, слегка изменить исходные данные (задать иную дозу NaHCO_3), как функция Find вернет... отрицательное значение, которое «удовлетворяет» систему уравнений (превращает уравнения в тождества), но не удовлетворяет человека, сидящего за компьютером. Встроенные в Mathcad и другие подобные пакеты средства решения аналитических уравнений и их систем (в частности, блок Given–Find), честно говоря, довольно слабые, и эта слабость вызвана, главным образом, их универсальностью. Разработчики пакетов замахнулись на решение широкого круга задач в их общей постановке без учета специфики некоторых частных случаев. А из них – из частных случаев, как правило, и состоит

реальная расчетная практика. Наша задача – прекрасная иллюстрация этого тезиса. Можно сказать и по-другому, более категорично. Встроенные средства Mathcad да и других математических программ⁷ годятся для решения несложных учебных задач, задач демонстрационного или вспомогательного плана, возникающих по ходу решения основной. Но при решении серьезных задач практического плана эти средства часто дают сбой или, что намного хуже, неправильный ответ.

Решение нашей задачи сводится, повторяем, к поиску корня системы пяти нелинейных алгебраических уравнений. Пять уравнений остаются при предельном упрощении задачи. Если же в задачу не вводить упрощения и допущения⁸, то она может выльиться в несколько десятков уравнений и неравенств (ограничений). Блок Given–Find может не справиться с задачей о значении pH буферного раствора даже в ее простейшем варианте. Не помогут тут ни смена

⁷Этот тезис относится не только к встроенным средствам решения аналитических уравнений и их систем, но и к средствам решения других задач – оптимизация, решение дифференциальных уравнений и прочее. Мы об этом поговорим в следующих сериях нашего сериала, пардон, в следующих статьях нашей серии статей.

⁸Одно из них такое: активность ионов равна концентрации ионов. В предыдущей статье о расчете известкования мы учитывали этот фактор.

Уравнение сохранения углеродсодержащих ионов и молекул

$$C_T = [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] + [CO_2]$$

$$\begin{aligned} \text{substitute, } [CO_2] &= \frac{[H^+][HCO_3^-]}{K_1} \\ \text{substitute, } [HCO_3^-] &= \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{K_2} \rightarrow \frac{C_T \cdot K_1 \cdot K_2}{[H^+]^2 + K_1[H^+] + K_1 \cdot K_2} \\ \text{solve, } [CO_3^{2-}] \end{aligned}$$

Найденное решение

Рисунок 3
Символьная математика Mathcad решает уравнение

значений первых приближений, ни системных переменных, ни других установок (см. выше). Решение этой проблемы (ахиллесова пята всех математических пакетов) состоит в отказе от универсального встроенного решателя и переход к созданию индивидуальных расчетных методик, предназначенных для решения конкретных задач. На рис. 2 показано, как задача о значении pH буферного раствора решается методом половинного деления [3]: задаются граничные значения pH ([1, 14]), а далее этот интервал делится пополам ($pH = (pH_1 + pH_2) / 2$) и ведутся приближения к решению до тех пор, пока (while) не будет достигнута нужная точность расчета.

Кстати о точности. Беда блока Given–Find в том, что точность расчета, хранимая в переменной CTOL, одинаково прилагается ко всем уравнениям системы, зажатым между ключевым словом Given и функцией Find. В реальной же задачах у разных уравнений должна быть разная степень приближения их к тождествам, в которые в принципе должны превращаться уравнения при постановке в них найденных функцией Find значений неизвестных. Уравнения можно постараться «уравнять» по отношению к переменной CTOL, введя в них нормирующие множители. Но и после этого, повторяем, все равно очень часто приходится отказываться от встроенных средств и прибегать к разработке индивидуальных расчетных методик.

В программе, показанной на рис. 2, не ясна только формула, по которой рассчитывается концентрация карбонат-ионов CO_3^{2-} . Эту формулу несложно вывести вручную. Но мы заставим это сделать пакет Mathcad, задействовав его символьную математику⁹. На рис. 3 показано, как в исходном уравнении баланса углеродсодержащих соединений ($C_T = HCO_3^- + CO_3^{2-} + CO_2$) ведется подстановка (оператор substitute), а затем уравнение решается (solve) относительно переменной CO_3^{2-} . Полученная

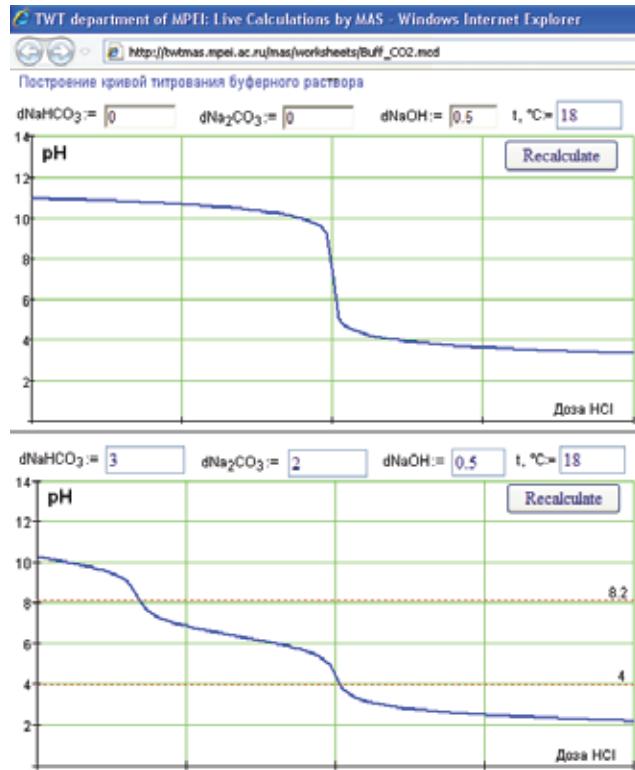


Рисунок 4
Сайт для построения кривых титрования

через эти преобразования формула была вставлена в программу, показанную на рис. 2.

Программа расчета значения pH водного раствора, показанная на рис. 2, была доработана и открыта в Интернете для интерактивного использования – см. рис. 4.

Открыв сайт, показанный на рис. 4, посетитель может построить кривую титрования воды, в которую добавлено разное количество гидрокарбоната и карбоната натрия, а также едкого натра. Эти реагенты повышают значение pH воды, которое затем снижают дозированием соляной кислоты.

Первый график на рис. 4 – это типичная кривая

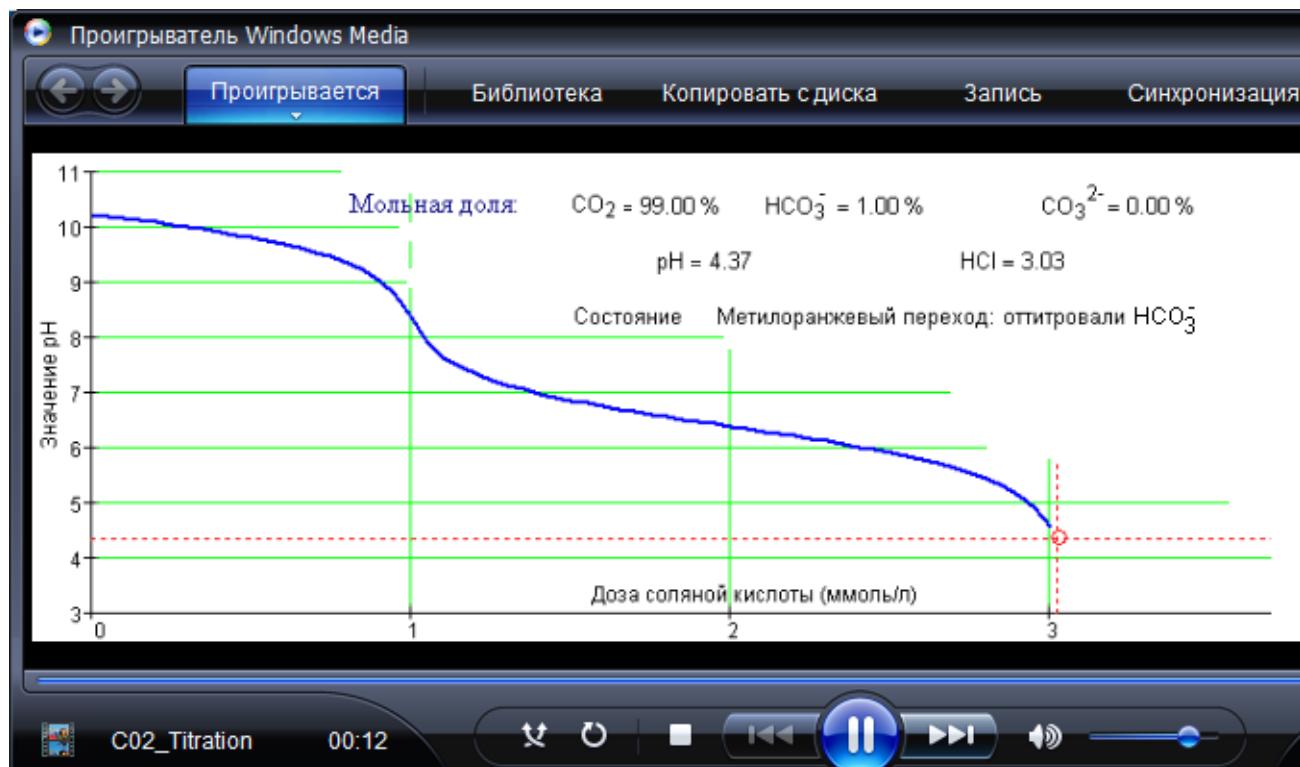


Рисунок 5
Анимационный клип процесса титрования буферного раствора

титрования небуферного раствора, значение которого резко меняется при добавлении единственной капли соляной кислоты¹⁰. На втором графике значение pH при добавлении серной кислоты меняется не так резко (и в этом «фокус» буферности водных растворов): на графике в районе $\text{pH} \approx 8$ и $\text{pH} \approx 4$ видны два относительно плавных перехода (англ. buffer, от buff смягчать удар). Суть этих переходов можно уяснить с помощью анимационного клипа, показанного на рис. 5.

Этот клип можно скачать с сайта, показанного на рис. 4. С помощью этого клипа можно «оживить» вторую кривую, показанную на рис. 4, и видеть, как меняется содержание CO_2 , HCO_3^- и CO_3^{2-} в воде в зависимости от дозы соляной кислоты (от значения pH). На рис. 5 зафиксирован момент, когда значение pH более-менее резко падает («метилоранжевый переход») из-за того, что были оттитрованы гидрокарбонаты и в воде остался один углекислый газ. Ранее ($\text{pH} \approx 8$) были оттитрованы карбонаты («фенолфталеиновый переход»¹¹).

Буферность воды природных водоемов проявляется в частности в том, что сброс в них кислых стоков не приводит к резкому снижению значения pH. Буферностью, увы, не обладают чистые капли дождя, что приводит к резкому понижению pH в них при сорбции загрязнений атмосферы (проблема кислотных дождей). Буферности почти нет в чистейшей воде Байкала, что определяет ранимость этого уникального озера при сбросе в него стоков. С буферностью сталкиваешься когда, например, набираешь текст или макетируешь книгу на компьютере. В абзац вставляются дополнительные слова, а его длина не меняется. И только когда «буферность» абзаца исчерпана, его конец резко перескакивает на новое место – когда буферность воды исчерпана, значение pH также «резко перескакивает на новое место».

Часто можно слышать, что «человек на 70% состоит из воды». Это не совсем так! Правильнее будет утверждать, что человек на 70% состоит из буферных физиологических водных растворов. Кровь человека, лимфа, слюна, моча и др. жидкости в той или

⁹Численная математика оперирует численными значениями, хранящимися в переменных, а символьная – самими переменными (символами).

¹⁰ На этом явлении основаны многочисленные методы титриметрического анализа воды, ручного или автоматического с использованием разного рода титраторов [4]

¹¹На сайте, поддерживающем книгу [5], есть расчетная страница, с помощью которой можно выбрать индикаторы для тех или иных переходов в водных растворах.

иной степени обладают буферностью, что помогает человеку сглаживать и отражать «удары судьбы» – вспомним бампер нашего автомобиля, служащий буфером при ударах.

На сайте книги [5] можно найти страницы с интерактивным построением кривых титрования других буферных водных систем: водного раствора фосфорной кислоты и ее солей (ее дозируют в барабанные котлы в целях перевода накипеобразования

карбоната кальция в шламообразование¹²⁾, водного раствора борной кислоты и ее солей (она используется в водо-водяных энергетических реакторах (ВВЭР) для «мягкого» регулирования активности реактора; когда ядерное топливо выгорает, то это компенсируют снижением концентрации борной кислоты в воде первого контура ВВЭР; саму же кислоту «компенсируют» NaOH или KOH¹³⁾).

¹²⁾Фосфаты, кстати, «активно дозируют» в стиральные порошки, чтобы уберечь стиральные машины от накипи (этой рекламой «достали» по телевизору).

¹³⁾Аббревиатуру ВВЭР поэтому правильнее расшифровывать так: Воднорасторвно-Водяной Энергетический Реактор

ЛИТЕРАТУРА:

1. Очков В.Ф. Программированный расчет известкования и коагуляции воды // Водоочистка, Водоподготовка, Водоснабжение №7 (18) 2009
2. Мартынова О.И., Никитин А.В., Очков В.Ф. Водоподготовка: Расчеты на персональном компьютере. М.: Энергоатомиздат, 1990
3. Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия. БХВ-Петербург, 2009
4. Кулешов В.Н., Меньшикова В.Л., Морыганова Ю.А., Очков В.Ф., Федосеев Б.С. Химический анализ в теплоэнергетике. Титриметрический и гравиметрический методы анализа, М.: Изд-во МЭИ, 2004
5. Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программируемые расчеты. М.: Издательский дом МЭИ, 2009

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

О ПРОЕКТАХ ВОДНОЙ СТРАТЕГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД ДО 2020 ГОДА И ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Министр природных ресурсов и экологии Российской Федерации Юрий Трутнев выступил на заседании Президиума Правительства РФ с докладом «О проектах Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года и плана мероприятий по ее реализации».

В качестве основных мер, представленных в проекте Водной стратегии, предусмотрены следующие меры:

- Экономическое стимулирование сокращения сброса загрязнений в составе сточных вод, предполагающее усиление ответственности за сверхнормативные сбросы загрязняющих веществ, и поддержку внедрения современных отечественных промышленных технологий очистки;

- Постепенный переход к применению прогрессивной шкалы платы за забор воды, когда предприятие-потребитель будет платить за воду по одной ставке в пределах установленных норм (в случае превышения норм забора будут применяться повы-

шающие коэффициенты);

- Внедрение мер экономической поддержки строительства систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения.

Реализация мероприятий, установленных в Водной стратегии на период до 2020 года, позволит обеспечить:

- сокращение уровня неблагоприятного антропогенного воздействия на водные объекты в 2-2,5 раза;
- снижение заболеваемости и увеличение продолжительности жизни населения на 2-3 года,
- сокращение непроизводительных потерь воды в 2 раза и снижение водоемкости ВВП с 2,4 до 1,4 куб. м./тыс. рублей;
- экономию электроэнергии на сумму около 20 миллиардов рублей в год;
- повышение защищенности населения и территории от наводнений и другого негативного воздействия вод не менее чем в 3 раза;
- приведение всех аварийных гидротехнических сооружений к технически безопасному уровню.

По итогам заседания проект Водной стратегии был одобрен Правительством РФ.

СИСТЕМА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ, СОГЛАСНО ВЫДАННОМУ ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ, НАЗВАНИЕ МОДЕЛИ «УСТАНОВКА ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД», № РЕГИСТРАЦИИ 2008144473.

Павол Пияк

ООО « АЛВЕСТ МОНТ» (Словакия)
info@alvestmont.sk

Самым распространенным способом очистки сточных вод, является аэробная система с биологическим илом, поддерживаемым в объеме аэротенка, так называемая активационная система.

Коэффициент полезного действия аэробного очистного сооружения сточных вод зависит от:

- КПД активационной системы;

- КПД вторичного отстойника, который предназначен для сепарирования очищенной воды от биологического ила.

Существуют разные системы активации как, например, аэротенк-сместитель, активация с поступательным потоком, постепенная нагрузка активации, активация с аэробной стабилизацией ила, активация с нитрификацией и денитрификацией, активация с регенерацией ила, активация с анаэробной зоной и биологическим удалением фосфора и т.д.

В современных биологических очистных сооружениях, требуется не только удаление углеродных загрязнений, но также азота и фосфора. Поэтому самая распространенная система активации - это активация с нитрификацией и денитрификацией.

В варианты этой системы входит:

а) Нитрификация с предвключенной денитрификацией.

б) Одновременная нитрификация и денитрификация в одном отстойнике.

в) Активация с нитрификацией, с предвключенной денитрификацией и регенерацией ила.

Каждая из указанных систем имеет свои преимущества и недостатки:

а) Несложность оборудования, небольшие объ-

емы отстойников.

б) Высокое КПД и несложная система управления.

в) Отведение иловой воды с высоким содержанием азота из системы обезвоживания ила в зону регенерации, в результате чего растет доля нитрифицирующих бактерий в целой системе.

Эффективность и выбор подходящей системы определяется по типу сточных вод и требованиям к качеству очищенной воды.

Вторичные отстойники делятся:

- по направлению потока – на горизонтальные или вертикальные;

- по форме – на радиальные или прямоугольные.

В биологических очистных сооружениях чаще всего применяются радиальные вторичные отстойники с горизонтальным потоком воды либо, проектируются отстойники с глубиной больше чем 5м и комбинированным горизонтально-вертикальным направлением потока с центра до периметра. Этим достигается значительное повышение КПД радиальных вторичных отстойников в сочетании с подходящей системой флокуляции. Обычно содержание взвешенных веществ снижается до 20мг/л (в случае старого типа отстойника) и до 10мг/л в случае использования комбинированного вторичного отстойника. У этого отстойника важное значение имеет именно вертикальная составляющая направления потока выпадающей в осадок частицы.

Каждый из указанных отстойников имеет свои преимущества и недостатки:

а) Радиальные вторичные отстойники имеют

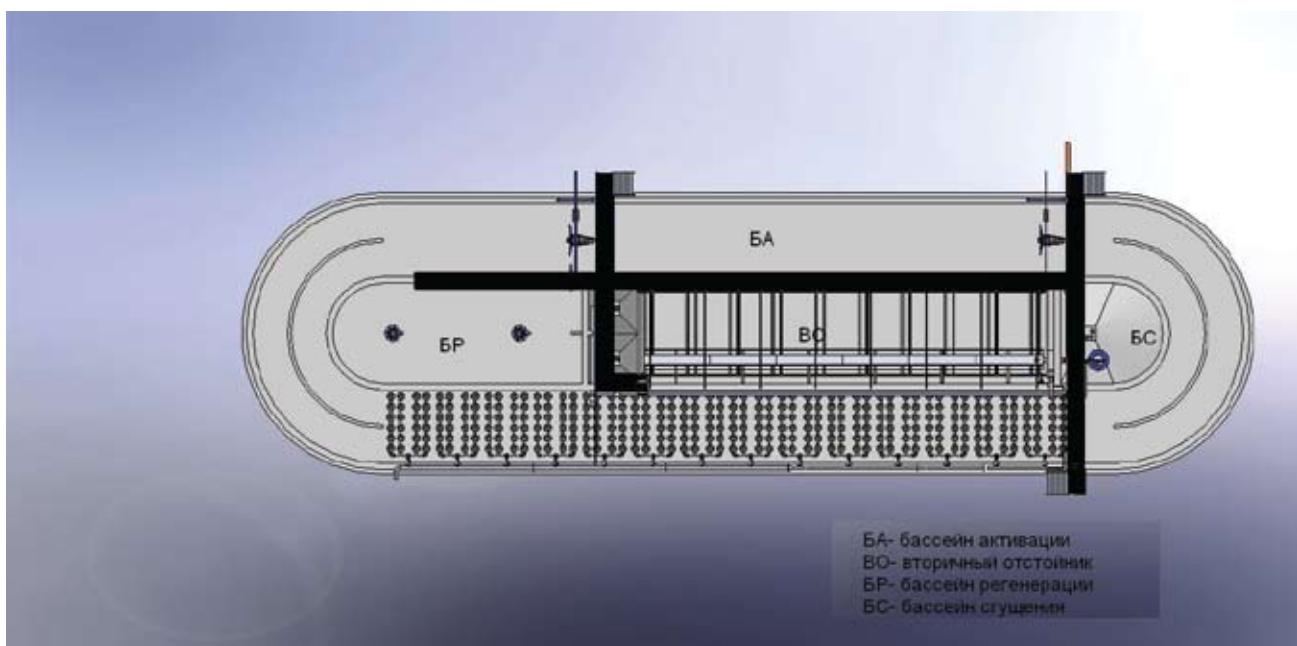


Рисунок 1
Горизонтальная проекция.

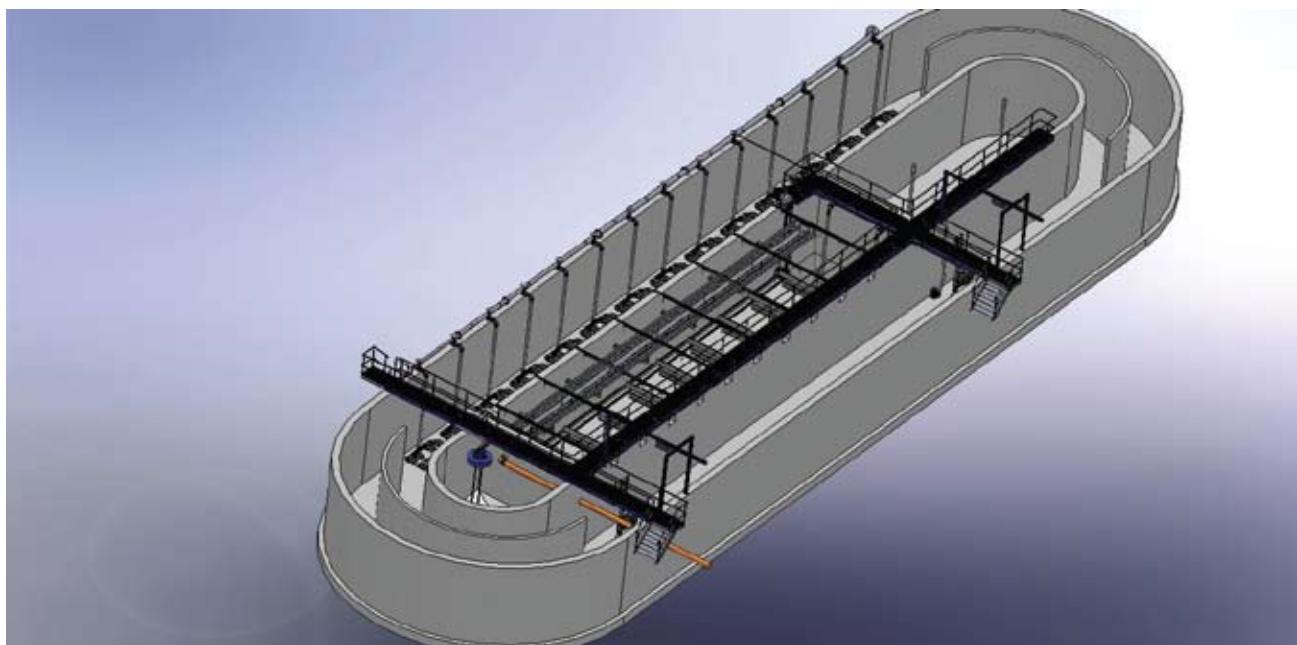


Рисунок 2
Общий вид очистного сооружения

больше КПД, чем прямоугольные, именно потому, что в направлении потока от центра до периметра падает скорость. Аппаратурное оформление радиальных отстойников является более дорогостоящим и хуже используется застроенная площадь участка.

б) Прямоугольные отстойники имеют, в большинстве случаев, продольный горизонтальный поток, и поэтому имеют низкое КПД, но аппаратурное оформление более простое, и лучше используется площадь участка.

Предлагаемая система комбинирует эффективные активационные системы с прямоугольными вторичным отстойником, с комбинированным вертикально-горизонтальным направлением потока.

В одном совмещенном сооружении находится:

1. Циркуляционная активационная система.
2. Прямоугольный вторичный отстойник.
3. Регенерационная зона (или предвключенная денитрификация).
4. Бак сгущения.

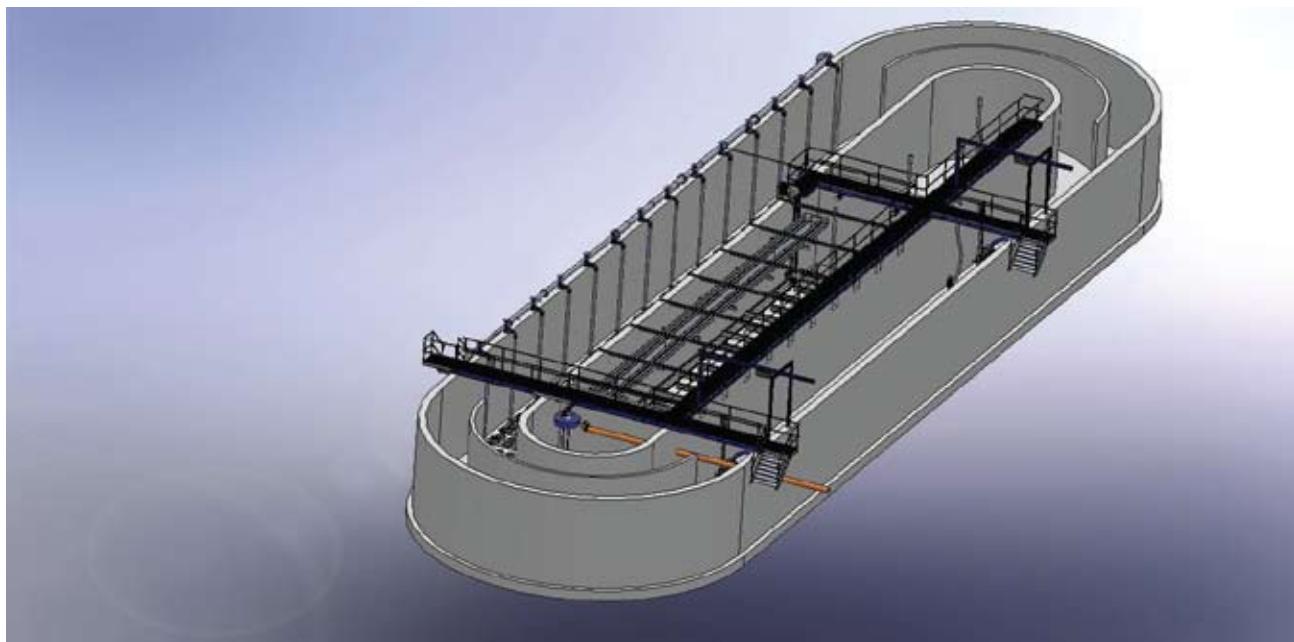


Рисунок 3
Общий вид очистного сооружения

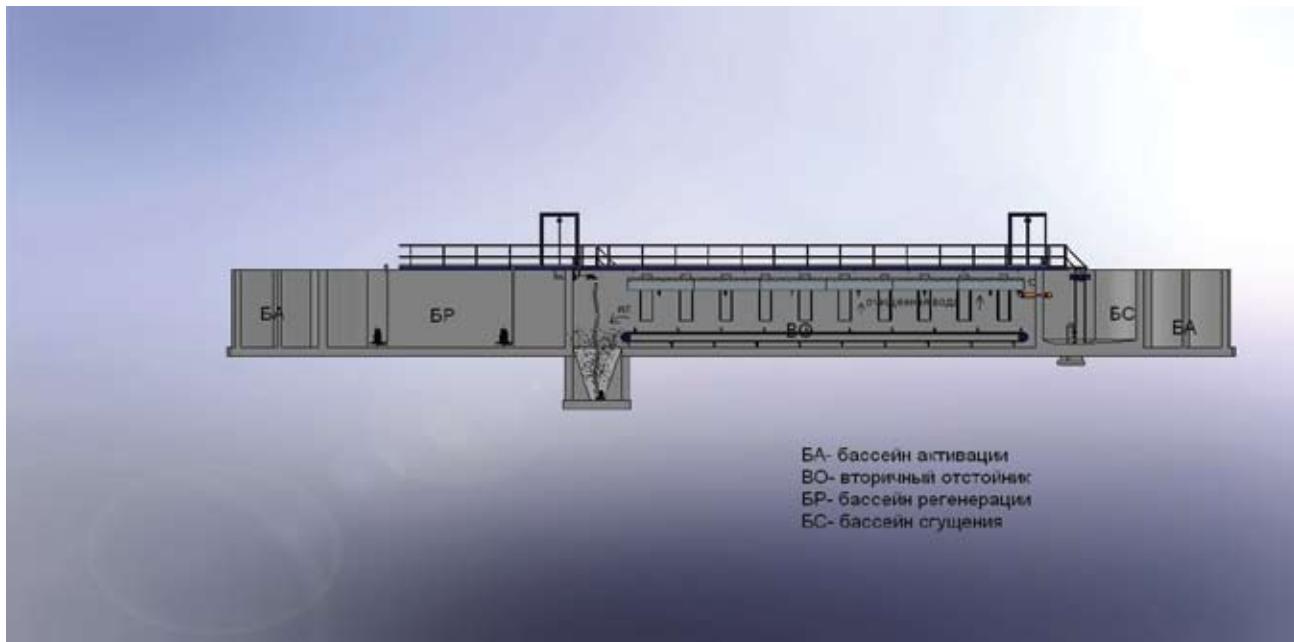


Рисунок 4
Вид очистного сооружения в разрезе

В циркуляционной активационной системе перемешивание осуществляется пропеллерными мешалками с низкими оборотами – значит с высоким гидравлическим КПД. Вода циркулирует по периметру в коридоре аэротенка. Этим достигается максимальное применение кислорода, так как происходит длительное задержание пузырьков воздуха посредством уноса текущей водой. КПД заметно повышается также тем, что возможно устанавливать аэрационные элементы с высокой плотностью на единицу площа-

ди аэротенка. Таким образом, не происходит вертикальное течение воды и поэтому пузырьки воздуха поднимаются на поверхность медленно. В центре аэротенка расположен прямоугольный отстойник с поперечным движением воды.

Подача смеси ила и очищаемой воды находится у дна отстойника. Направление потока очищенной воды комбинированное: и горизонтальное и вертикальное. Вертикальная составляющая потока увеличивается при сдвиге сборного лотка от проти-

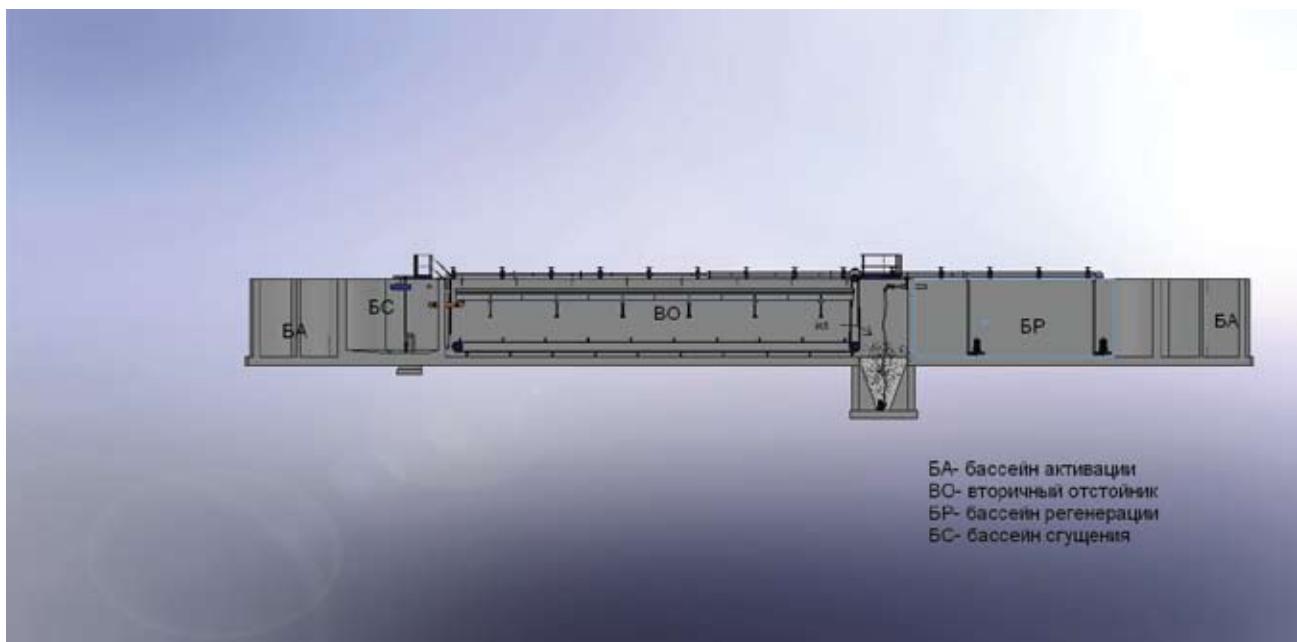


Рисунок 5
Вид очистного сооружения в разрезе

воположенной стенки вторичного отстойника приблизительно на расстояние $\frac{1}{4}$ ширины сооружения, что повышает КПД отстаивания.

Сгущенный ил направляется в зону регенерации или в бак сгущения. Зона регенерации, в случае необходимости, может быть использована как пред-

включенная денитрификация.

Предложенная схема обеспечивает минимизацию капитальных затрат.

Использование сооружений подобного типа рекомендовано для очистки сточных вод населенных пунктов с населением 5-200 тыс. человек.

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

БЛАГОДАРЯ МОДЕРНИЗАЦИИ, НА РОСТОВСКОМ ВОДОКАНАЛЕ ЭКОНОМЯТ ЭНЕРГИЮ

Опыт Ростовского водоканала отметил Заместитель Министра регионального развития РФ Сергей Круглик в интервью, опубликованном в августовском журнале «Вестник-Строительство. Архитектура. Инфраструктура» (г. Ростов-на-Дону).

Основной темой интервью стала энергоэффективность в ЖКХ. По словам С. Круглика, в 60-70% городов России частично проведены мероприятия, направленные на модернизацию оборудования, что приводит к определенной экономии на уровне 10-15% от потребляемых энергоресурсов. «Так, на ростовском водоканале электропотребление снизилось на 9,4%, а экономия энергии в натуральном выражении — 15,2 млн кВт·час, что позволило снизить расходы предприятия на десятки миллионов рублей», отмечает Заместитель Министра регионального развития РФ.

Такие достижения ростовского водоканала свя-

заны с реализацией «Комплексной программы строительства и реконструкции объектов водоснабжения и водоотведения города Ростова-на-Дону и юго-запада Ростовской области», разработанной по инициативе администраций Ростовской области и города Ростова-на-Дону. В конце 2008 года Распоряжением Правительства РФ программа была включена в перечень проектов, реализуемых при поддержке Инвестфонда РФ. В бюджет области уже поступила часть средств Инвестфонда, а это более 500 млн. рублей из утвержденного общего объема 6,7 млрд. рублей.

По мнению Сергея Круглика, средства Инвестфонда помогут продолжить преобразования в рамках комплексной программы, охватывающей не только Ростов, но и близлежащие населенные пункты.

Инвестпрограмма реализуется на механизмах государственно-частного партнерства. Ее общая стоимость порядка 33,5 млрд. руб., более 70% средств составит вклад стратегического инвестора ростовского водоканала - ОАО «Евразийский».

ЧИСТАЯ ВОДА – ЗАЛОГ ЗДОРОВЬЯ

Фильтрующие мембранны из высококачественного пластика Ultrason успешно используются в устройствах для очистки воды

Создавая новую переносную систему для очистки воды, получившую название Lifestraw ® Family, специалисты компании Vestergaard Frandsen использовали Ultrason ® E 6020 P (материал из группы полиэфирсульфонов) производства BASF . Эта швейцарская компания является производителем продукции, предназначенной для защиты населения развивающихся стран от инфекционных заболеваний.

Эффективная фильтрация делает воду чистой.

Отличающееся удобным дизайном устройство LifeStraw ® Family («Соломинка жизни») упрощает промышленную очистку больших объемов загрязненной воды – с тем, чтобы жители деревень и отдельные семьи имели возможность употреблять воду, пригодную для питья. Основным элементом данного устройства является 30-сантиметровый пластиковый корпус, внутри которого находятся фильтрующие мембранны, изготовленные из материала марки Ultrason E . Они предназначены для ультрафильтрации и удаления микроорганизмов (вирусов, бактерий) из загрязненных поверхностных вод различного генезиса (речные и озерные воды, дождевая вода, вода из луж). Уникальное преимущество высококачественного материала Ultrason E заключается в том, что изготовленные из него мембранны имеют точно контролируемый размер пор, и благодаря этому обладают предопределенными фильтрующими характеристиками. Использование переносных устройств для очистки воды позволяет резко уменьшить риск возникновения желудочно-кишечных заболеваний по причине плохого качества воды, используемой для питья. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), желудочно-кишечные заболевания ежегодно становятся причиной смерти 1,8 млн. жителей нашей планеты. Кроме того, свыше одного миллиарда людей в настоящее время не имеют доступа к чистой питьевой воде.

Безопасность, легкость и готовность к использованию

LifeStraw ® Family – это легкое, удобное и, вместе с тем, недорогое устройство. Оно способно надежно очистить не менее 18000 литров воды – без под-

ключения к электросети, без батареек и заменяемых частей, без применения химикатов и сложных технологий. Очищенная с помощью данного устройства вода была проверена и признана пригодной для питья специалистами EPA – Управления по охране окружающей среды (США), которое является федеральной структурой, ответственной за соблюдение экологических нормативов. Переносные устройства для очистки воды могут быть оперативно разданы населению в районах, подвергшихся воздействию природных стихийных бедствий. Так, компания Vestergaard Frandsen , действуя совместно с неправительственными организациями, поставляла данные устройства в Мьянму, пострадавшую от тропического циклона «Наргиз» (май 2008 г.), а также в Китай (после разрушительного землетрясения в августе 2008 года).





Ufi
Approved
Event



www.chemistry-expo.ru

ЦВК «Экспоцентр», Москва, Россия

**15-я международная выставка
химической промышленности и науки**

ХИМИЯ

28 сентября – 2 октября 2009

Организатор: ЗАО «Экспоцентр»

При содействии: ЗАО «Росхимнефть»

Официальная поддержка:

- Министерство промышленности
и торговли РФ

При поддержке:

- Российского Союза химиков
- Европейского Совета химической
промышленности CEFIC

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ САЛОНЫ:

«ХИММАШ-НАСОСЫ» NEW!

«ХИМ-ЛАБ-АНАЛИТ»

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ВЫСТАВКИ:
www.chemistry-expo.ru/ru/events



Генеральный
информационный
спонсор:

THE CHEMICAL JOURNAL
химический журнал



ДЕЙТЕРИЙ, ТЯЖЕЛАЯ ВОДА, ЭВОЛЮЦИЯ И ЖИЗНЬ

Мосин О.В.

канд. хим. наук

Московский Государственный Университет
пищевых производств (МГУПП)
г. Москва

Вселенная, сформировавшаяся в результате “Большого взрыва”, была значительно горячее и плотнее, чем сейчас и состояла, в основном, из двух элементов – водорода и гелия. Дейтерий сформировался в последующие мгновения эволюции Вселенной в результате столкновения свободного нейтрона и протона при температурах миллион градусов Цельсия. А еще позже два атома дейтерия сформировали дейтерон и вошли в состав в ядро гелия, который состоит из двух протонов и двух нейтронов.

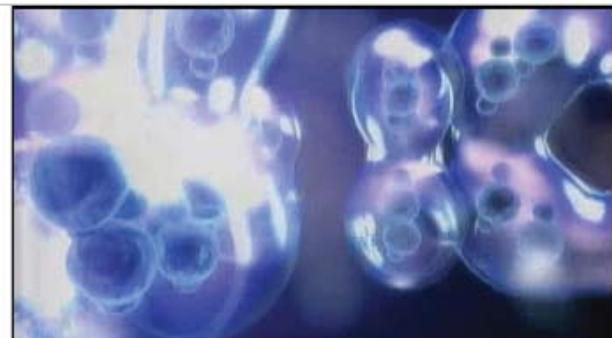
Таким образом, дейтерий может служить своеобразным индикатором эволюции Вселенной, поскольку количество дейтерия в мире постоянно. Вплоть до настоящего времени считалось, что в процессе формирования гелия израсходовались почти все дейтероны (природная распространенность дейтерия составляла по расчетам не более 0.015% от общего числа всех атомов водорода).

Совсем недавно проводя наблюдения Млечного Пути, американские ученые обнаружили что дейтерия — тяжелого водорода — содержится в нем значительно больше, чем об этом говорили данные предыдущих исследований. По мнению астронома Джейффи Лински (Jeffrey L. Linsky) из университета Колорадо (University of Colorado), руководившего исследованием, эта новая информация может радикальным образом изменить теоретические положения о формировании звезд и галактик.

Тяжелый водород «прятался» от телескопов за скоплениями межзвездной пыли и часто был недоступен для наблюдений в силу своей непрозрачности. Астрономы использовали данные ультрафиолетового телескопа FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer). Дейтерий создает характерное свечение в ультрафиолетовом диапазоне, благодаря которому разглядеть тяжелый водород удалось именно с помощью FUSE.

До настоящего времени считалось, что природная распространенность дейтерия составляет не бо-

лее 0.015% (от общего числа всех атомов водорода).



Это количество зависит как от природы вещества, так и от общего количества материи, сформированной в ходе эволюции Вселенной. Теперь очевидно, что дейтерия в природе намного больше, чем предполагалось ранее. Но с чем это может быть связано? Источником дейтерия во Вселенной являются вспышки сверхновых и термоядерные процессы, идущие внутри звезд. Возможно этим объясняется тот факт, что мировое количество дейтерия повышается в период глобальных потеплений и изменений климата. Однако дейтерий довольно быстро разрушается в этих звездах.

Дело в том, что наряду с водородом в первые мгновения после Большого взрыва образовалось и огромное количество его изотопа дейтерия. Исходя из предыдущих наблюдений, ученые постановили, что больше трети первоначально образованного дейтерия потратилось на создание звезд. Однако, оказывается, что дейтерия в Млечном Пути намного больше, чем предполагали ранее. В частности, на звездообразование потрачена не треть, а всего 15% изотопа и он распределен неравномерно.

В частности, эти данные могут говорить о том, что для формирования звезд требовалось значительно меньше водорода, превратившегося затем в гелий. Так же это может оказаться существенным основанием для пересмотра теории эволюции галактик и

звезд.

Если это так, то необходимо также пересмотреть теорию молекулярной эволюции и эволюции жизни на нашей планете, поскольку жизнь напрямую связана с водой и зарождалась в ней. Но была ли это обычна вода? Еще 10 лет тому назад автор этой статьи, будучи аспирантом Московской государственной академии тонкой химической технологии им. М. В. Ломоносова в группе академика РАМН В. И. Швеца выдвинул предположение, что первичный "первобытный бульон", в котором зарождалась жизнь в виде первых коорцерватов, был насыщен тяжелой водой вследствие того, что в атмосфере Земли не было защитного озонового слоя и вулканические геотермальные и электрические процессы в горячей атмосфере, насыщенной водой могли привести к обогащению гидросферы тяжелой водой. Но тогда мало кто из ученых увлекся этой идеей, хоть и напрямую никто не отверг ее. И только сейчас стало очевидным, что ученые пренебрегали дейтерием в своих расчетах.

Если это так, то необходимо заново пересмотреть эволюцию всего живого на нашей планете, чтобы смоделировать и предсказать дейтерированные формы жизни. Тем более, что их можно легко создать в современных условиях – макромолекулы ДНК, белков, липидов и сахаров – вот те главные компоненты для конструирования дейтерированных мембран и изучения гидрофобных взаимодействий между дейтерированными молекулами.

Отдельный вопрос – генетика дейтерированных клеток и изучение распределения наследственного аппарата, а также физиология, цитология и морфология клетки при росте на тяжелой воде.

Модели дейтерированных систем довольно легко прогнозировать и конструировать в лабораторных условиях. Нами были получены адаптированные к тяжелой воде штаммы бактерий, относящиеся к различным таксономическим группам. Характерной особенностью объектов являлось то, что весь биологический материал клетки вместо природного водорода содержал дейтерий.

Дейтерированные клетки адаптированные к максимальной концентрации тяжелой воды в среде – весьма удобные объекты для исследования. В процессе роста клеток на тяжелой воде в них синтезируются макромолекулы, в которых атомы водорода в углеродном скелете полностью замещены на дейтерий. Такие дейтерированные макромолекулы

претерпевают структурно-адаптационные модификации, необходимые для нормального функционирования клетки в тяжелой воде. Но эти изменения не единственны; физиология, морфология, цитология клетки, а также генетический аппарат клетки также подвергается воздействию и модификации в тяжелой воде.

Одним из интереснейших биологических феноменов является способность некоторых микроорганизмов расти в искусственных условиях на средах, в которых все атомы протия заменены на дейтерий (О.В. Мосин, Д.А. Складнев, В. И. Швец, 1996), хотя в природе этот изотоп составляет лишь 0,015%.

Тяжелая вода (оксид дейтерия) — имеет ту же химическую формулу, что и обычная вода, но вместе атомов водорода содержит два тяжелых изотопа водорода — атомы дейтерия. Формула тяжеловодородной воды обычно записывается как D₂O. Внешне тяжелая вода выглядит как обычная — бесцветная жидкость без вкуса и запаха. По своим свойствам тяжелая вода заметно отличается от обычной воды. Реакции с тяжелой водой протекают медленнее, чем с обычной, константы диссоциации молекулы тяжелой воды меньше таковых для обычной воды. Молекулы тяжеловодородной воды были впервые обнаружены в природной воде Гарольдом Юри в 1932 году. А уже в 1933 году Гильберт Льюис получил чистую тяжеловодородную воду путем электролиза обычной воды.

В природных водах соотношение между тяжелой и обычной водой составляет 1:5500 (в предположении, что весь дейтерий находится в виде тяжелой воды D₂O, хотя на самом деле он частично находится в составе полутяжелой воды HDO). Тяжелая вода токсична лишь в слабой степени, химические реакции в ее среде проходят несколько медленнее, по сравнению с обычной водой, водородные связи с участием дейтерия несколько сильнее обычных. Эксперименты над млекопитающими показали, что замещение 25% водорода в тканях дейтерием приводит к стерильности, более высокие концентрации приводят к быстрой гибели животного. Однако некоторые микроорганизмы способны жить в 70%-ной тяжелой воде (простейшие) и даже в чистой тяжелой воде (бактерии). Человек может без видимого вреда для здоровья выпить стакан тяжелой воды, весь дейтерий будет выведен из организма через несколько дней. В этом отношении тяжелая вода менее токсична, чем, например, поваренная соль.



Физические свойства обычной и тяжелой воды

Таблица 1

Физические свойства	D_2O	H_2O
Молекулярная масса	20	18
Плотность при 20°C (г/см³)	1,1050	0,9982
t° кристаллизации (°C)	3,8	0
t° кипения (°C)	101,4	100

Тяжелая вода накапливается в остатке электролита при многократном электролизе воды. На открытом воздухе тяжелая вода быстро поглощает пары обычной воды, поэтому можно сказать, что она гигроскопична. Производство тяжелой воды очень энергоемко, поэтому ее стоимость довольно высока (ориентировочно 200-250 долларов за кг).

Важнейшим свойством тяжелой воды является то, что она практически не поглощает нейтроны, поэтому используется в ядерных реакторах для торможения нейтронов и в качестве теплоносителя. Она используется также в качестве изотопного индикатора в химии и биологии. В физике элементарных частиц тяжелая вода используется для детектирования нейтрино; так, крупнейший детектор солнечных нейтрино в Канаде содержит 1 килотонну тяжелой воды.

Российскими учеными разработаны на опытных установках оригинальные технологии получения и очистки тяжелой воды. В 1995 была введена в эксплуатацию первая в России и одна из первых в мире опытно-промышленная установка на основе метода изотопного обмена в системе вода-водород и электролиза воды (ЭВИО).

Высокая эффективность установки ЭВИО дает возможность получать тяжелую воду с содержаниемдейтерия > 99,995%. Отработанная технология обеспечивает высокое качество тяжелой воды, включая глубокую очистку тяжелой воды от трития до остаточной активности, позволяющей без ограничений использовать тяжелую воду в медицинских и научных целях. Возможности установки позволяют полностью обеспечить потребности российских предприятий и организаций в тяжелой воде и дейтерии, а также экспортовать часть продукции. За время работы для нужд Росатома и других предприятий России были произведены более 20 тонн тяжелой воды и десятки килограммов газообразного дейтерия.

Существует также и полутяжелая (или дейтериевая) вода, у которой только один атом водорода за-

менен дейтерием. Формулу такой воды записывают так: DHO.

Термин тяжелая вода применяют также по отношению к воде, у которой любой из атомов заменен тяжелым изотопом:

к тяжелокислородной воде (в ней легкий изотоп кислорода ^{16}O замещен тяжелыми изотопами ^{17}O или ^{18}O),

к тритиевой и сверхтяжелой воде (содержащей вместо атомов 1H его радиоактивный изотоп тритий 3H).

Открытие тяжелой воды послужило толчком к выяснению фракционного состава воды. Вскоре была обнаружена сверхтяжелая вода T_2O . В ее составе место водорода занимает его природный изотоп, еще более тяжелый, чем дейтерий. Это тритий (T), он радиоактивен, атомная масса его равна 3. Тритий зарождается в высоких слоях атмосферы, где идут природные ядерные реакции. Он является одним из продуктов бомбардировки атомов азота нейронами космического излучения. Ежеминутно на каждый квадратный сантиметр земной поверхности падают 8...9 атомов трития.

В небольших количествах сверхтяжелая (тритиевая) вода попадает на Землю в составе осадков. Во всей гидросфере одновременно насчитывается лишь около 20 кг T_2O . Тритиевая вода распределена неравномерно: в материковых водоемах ее больше, чем в океанах; в полярных океанских водах ее больше, чем в экваториальных. По своим свойствам сверхтяжелая вода еще заметнее отличается от обычной: кипит при 104°C, замерзает при 4...9°C, имеет плотность 1,33 г/см³.

Сверхтяжелую воду применяют в термоядерных реакциях. Она удобнее дейтериевой, так как чувствительнее в определении.

Перечень изотопов водорода не кончается тритием. Искусственно получены и более тяжелые изотопы 4H и 5H , тоже радиоактивные. Если подсчитать все возможные различные соединения с общей формулой H_2O , то общее количество возможных «тяжелых

вод» достигнет 48. Из них 39 вариантов — радиоактивные, а стабильных вариантов всего девять:

$H_2^{16}O$, $H_2^{17}O$, $H_2^{18}O$, $HD^{16}O$, $HD^{17}O$, $HD^{18}O$, $D_2^{16}O$, $D_2^{17}O$, $D_2^{18}O$.

Таким образом, возможно существование молекул воды, в которых содержатся любые из пяти водородных изотопов в любом сочетании.

Этим не исчерпывается сложность изотопного состава воды. Существуют также изотопы кислорода. В периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева значится всем известный кислород ^{16}O . Существуют еще два природных изотопа кислорода — ^{17}O и ^{18}O . В природных водах в среднем на каждые 10 тысяч атомов изотопа ^{16}O приходится 4 атома изотопа ^{17}O и 20 атомов изотопа ^{18}O . Помимо природных, существуют и шесть искусственно созданных изотопов кислорода. Как и искусственные изотопы водорода, они недолговечны и радиоактивны. Из них: ^{13}O , ^{14}O и ^{15}O — легкие, ^{19}O и ^{20}O — тяжелые, а сверхтяжелый изотоп — ^{24}O получен в 1970 году.

По физическим свойствам тяжелокислородная вода меньше отличается от обычной, чем тяжеловодородная. Получают ее в основном перегонкой природной воды и используют как источник препаратов с меченным кислородом.

Существование пяти водородных и девяти кислородных изотопов говорит о том, что изотопных разновидностей воды может быть 135.

Основную массу природной воды — свыше 99% — составляет протиевая вода — $^1H_2^{16}O$. Тяжелокислородных вод намного меньше: $^1H_2^{18}O$ — десятые доли

процента. $^1H_2^{17}O$ — сотые доли от общего количества природных вод. Только миллионные доли процента составляет тяжелая вода D_2O , зато в форме 1HDO тяжелой воды в природных водах содержится уже заметное количество. Еще реже, чем D_2O , встречаются и девять радиоактивных естественных видов воды, содержащих тритий.

Классической водой следует считать протиевую воду $^1H_2^{16}O$ в чистом виде, то есть без малейших примесей остальных 134 изотопных разновидностей. И хотя содержание протиевой воды в природе значительно превосходит содержание всех остальных вместе взятых видов, чистой $^1H_2^{16}O$ в естественных условиях не существует. Во всем мире такую воду можно отыскать лишь в немногих специальных лабораториях. Ее получают очень сложным путем и хранят с величайшими предосторожностями. Для получения чистой $^1H_2^{16}O$ ведут очень тонкую, многостадийную очистку природных вод или синтезируют воду из исходных элементов 1H_2 и ^{16}O , которые предварительно тщательно очищают от изотопных примесей. Такую воду применяют в экспериментах и процессах, требующих исключительной чистоты химических реагентов.

С первых экспериментов американца Креспи и Даболла в 1940-х годах прошлого века, вплоть до конца 90-х годов установилось устойчивое представление, что тяжелая вода несовместима с жизнью и что высокие концентрации тяжелой воды могут приводить к ингибированию многих жизненно-важных мутаций, включая блокировку митоза в стадии про-

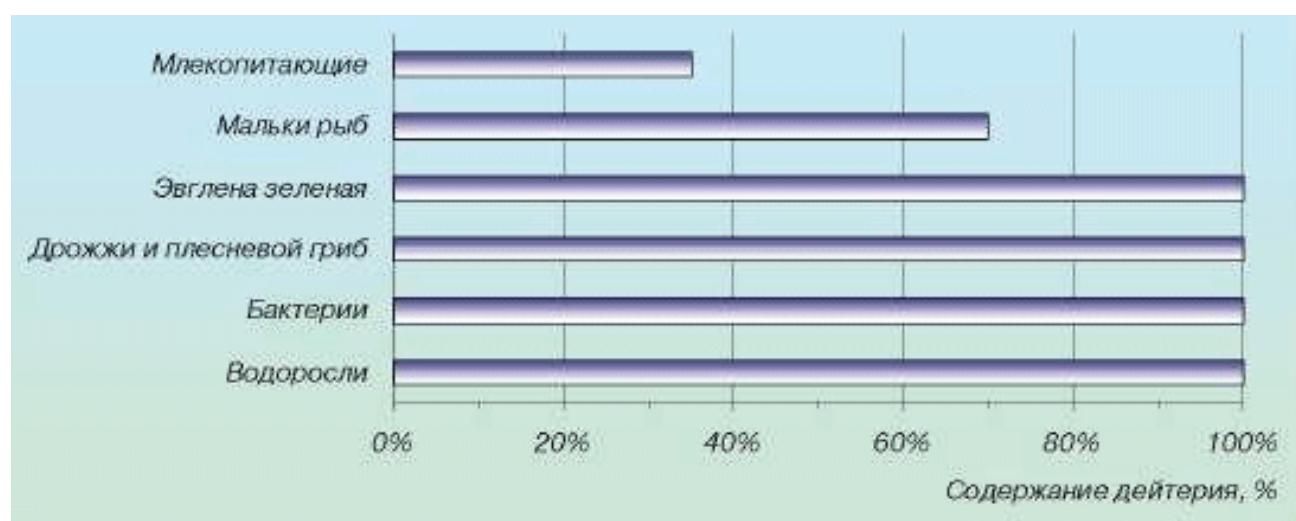


Рисунок 1
Максимально возможное содержание тяжелой воды для различных организмов



Рисунок 2
Влияние тяжелой воды на развитие растений

фазы, и даже в некоторых случаях вызывать спонтанные мутации.

Клетки животных способны выдерживать до 25-30% тяжелой воды в среде, растений (50%), а клетки простейших микроорганизмов способны жить на 80% тяжелой воде. Однако, потом было доказано, что многие организмы могут быть адаптированы к росту на тяжелой воде.

Тяжелая вода высокой концентрации токсична для организма; химические реакции в ее среде проходят несколько медленнее, по сравнению с обычной водой, водородные связи с участием дейтерия несколько сильнее обычных. Тем не менее, тяжелая вода играет значительную роль в различных биологических процессах. Систематическое изучение ее воздействия на животных и растения начато сравнительно недавно. Различные исследователи независимо друг от друга установили, что тяжелая вода действует отрицательно на жизненные функции организмов; это происходит даже при использовании обычной природной воды с повышенным содержанием тяжелой воды (рис. 1).

Подопытных животных поили водой, 1/3 часть которой была заменена водой состава HDO. Через недолгое время начиналось расстройство обмена веществ животных, разрушались почки. При увеличении доли тяжелой воды животные погибали.

На развитие высших растений тяжелая вода также действует угнетающе; если их поливать водой, на половину состоящей из тяжелой воды, рост прекращается.

Пониженное содержание дейтерия в воде стимулирует жизненные процессы. Такие данные получили Б.И. Родимов и И.П. Торопов. Они долгое время наблюдали за растениями и животными, потребляв-

шими воду, в которой содержалось дейтерия на 25% ниже нормы. Оказалось, что, потребляя такую воду, свиньи, крысы и мыши дали потомство, гораздо многочисленнее и крупнее обычного, яйценоскость кур поднялась вдвое, пшеница созрела раньше и дала более высокий урожай.

Первые результаты изучения тяжелой воды показывают, сколько необычных свойств таит такое обыкновенное вещество, как вода.

Российские исследователи давно обнаружили, что тяжелая вода тормозит рост бактерий, водорослей, грибов, высших растений и культуры тканей животных. А вот вода со сниженной до 30% концентрацией дейтерия (так называемая «бездейтериевая» вода) способствует увеличению биомассы и количества семян, ускоряет развитие половых органов и стимулирует сперматогенез у птиц.

За рубежом пробовали поить тяжелой водой мышей со злокачественными опухолями. Та вода оказалась по настоящему мертвой: и опухоли губила, и мышей. Различные исследователи установили, что тяжелая вода действует отрицательно на растительные и живые организмы. Подопытных собак, крыс и мышей поили водой, треть которой была заменена тяжелой водой. Через некоторое время началось расстройство обмена веществ животных, разрушались почки. При увеличении доли тяжелой воды животные погибали. И наоборот, снижение содержания дейтерия на 25% ниже нормы в воде, которую давали животным, благотворно сказалось на их развитии: свиньи, крысы и мыши дали потомство, во много раз многочисленнее и крупнее обычного, а яйценоскость кур поднялась вдвое.

Тогда ученые взялись за «облегченную» воду. Эксперименты проводили на 3 моделях перевиваемых опухолей: карцинома легких Льюис, быстро разрастающаяся саркома матки и рак шейки матки, который развивается медленно. «Бездейтериевую» воду исследователи получали по специальной технологии электролизом дистиллированной воды. В опытных группах животные с перевитыми опухолями получали воду с пониженным содержанием дейтерия, в контрольных группах - обычную. Животные начали пить «облегченную» и контрольную воду в день перевивки опухоли и получали ее до последнего дня жизни.

Вода с пониженным содержанием дейтерия задерживала появление первых узелков на месте перевивки рака шейки матки. Однако, на время возникновения узелков других типов опухоли облегченная

вода не действовала. Но во всех опытных группах с тяжелой водой, начиная с первого дня измерений и практически до завершения эксперимента, объем опухолей был меньше, чем в контрольной группе. К сожалению, хотя тяжелая вода и тормозит развитие всех исследованных опухолей, жизнь экспериментальным мышам она не продлевает.

Как это все происходит на уровне метаболизма? При попадании клеток в дейтерированную тяжело-водородную среду из них не только исчезает протонированная вода за счет реакции обмена H_2O-D_2O , но и происходит быстрый $H\pm D$ обмен в гидроксильных, сульфгидрильных и аминогруппах всех органических соединений, включая белки, нуклеиновые кислоты, липиды, сахара. Только C—H связь не подвергается обмену и соединения типа C—D синтезируются «de novo».

Интересно, что после обмена $H\pm D$ ферменты не прекращают своей функции (Thomson et al., 1966; Денько, 1974), но изменения в результате изотопного замещения за счет первичного и вторичного изотопных эффектов (Thomson, 1963; Halevy, 1963), а также действие тяжелой воды как растворителя (большая структурированность и вязкость по сравнению с обычной водой) приводят к изменению скоростей (замедлению) и специфичности ферментативных реакций в тяжелой воде.

Присутствие дейтерия в биологических системах приводит к изменениям структуры и свойствам жизненно-важных макромолекул таких как дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК) и белки. При этом различают первичные и вторичные изотопные эффекты дейтерия в зависимости от того, какое положение занимает атом дейтерия в молекуле. Наиболее важными для структуры макромолекулы связи являются динамические короткоживущие водородные (дейтериевые) связи. Они формируются между соседними атомами дейтерия (водорода) и гетероатомами кислорода, углерода, азота, серы и т.д. и играют главную роль в поддержании пространственной структуры макромолекулярных цепей и как эти структуры взаимодействуют с другими соседними макромолекулярными структурами, а также с тяжелой водной окружающей среды.

Структурно-динамические свойства клеточной мембранны, которые в большинстве зависят от качественного и количественного состава липидов, также могут изменяться в присутствии тяжелой воды. Полученный результат объясняется тем, что клеточная мембра является одной из первых органелл клет-

ки, которая испытывает воздействие тяжелой воды, и тем самым компенсирует реологические параметры мембранны (вязкость, текучесть, структурированность) изменением количественного и качественного состава липидов.

Возможно эффекты, наблюдаемые при адаптации к тяжелой воде, связаны с образованием в тяжелой воде конформаций молекул с иными структурно-динамическими свойствами, чем конформации, образованных с участием водорода, и поэтому имеющих другую активность и биологические свойства. Так, по теории абсолютных скоростей разрыв СН-связей может происходить быстрее, чем CD-связей, подвижность иона D+ меньше, чем подвижность H+, константа ионизации тяжелой воды меньше константы ионизации обычной воды. Все это отражается на кинетике химической связи и скорости хим. реакций в тяжелой воде.

Связи, образованные атомами углерода с дейтерием немного прочнее, чем СН-связи из-за того, что частота колебания дейтерона, имеющего большую массу (в два раза большую, чем протон) и размер меньше частоты колебания протона и тем самым, это стабилизирует связь.

Другое важное свойство определяется самой пространственной структурой тяжелой воды, которая имеет тенденцию сближать гидрофобные группы макромолекулы, чтобы минимизировать их эффект на водородную (дейтериевую) связь в присутствии молекул тяжелой воды. Так что структура спирали, которой является ДНК в присутствии тяжелой воды стабилизируется. Кроме этого, отмечены радиопротекторные свойства тяжелой воды на клетки печени обезьяны, в которой экспонировались эти клетки. Также было показано, что жизненный цикл плоских червей, выращенных на тяжелой воде увеличивается в 1.5 раза по-сравнению с червями, выращенными на обычной воде (М.Шепенинов, 2006).

Вероятно, клетка реализует лабильные адаптивные механизмы, которые способствуют функциональной реорганизации работы жизненно-важных систем в тяжелой воде. Так, например, нормальному биосинтезу и функционированию в тяжелой воде таких биологически активных соединений, как нуклеиновые кислоты и белки способствует поддержание их структуры посредством формирования водородных (дейтериевых) связей в молекулах.

Связи, сформированные атомами дейтерия различаются по прочности и энергии от аналогичных водородных связей. Различия в нуклеарной массе



атома водорода и дейтерия косвенно могут служить причиной различий в синтезах нуклеиновых кислот, которые могут приводить в свою очередь к структурным различиям и, следовательно, к функциональным изменениям в клетке. Ферментативные функции и структура синтезируемых белков также изменяются при росте клеток на тяжелой воде, что может отразиться на процессах метаболизма и деления клетки. Изменения соотношения основных метаболитов в процессе адаптации к тяжеловодородной среде также может являться причинами гибели клеток. Клетки высших организмов погибают при содержании тяжелой воды в составе тела свыше 30%, но микроорганизмы, легко приспосабливающиеся к резким изменениям среды обитания, способны жить и размножаться даже в 98%-ной тяжелой воде (Мосин О.В., 1996).

Давно замечено, что адаптация к тяжелой воде проходит легче при постепенном увеличении содержания дейтерия в среде (Pratt a. Curry, 1938), так как чувствительность к тяжелой воде разных ключевых систем различна. Практически даже высокодейтерированные среды содержат протоны от 0,2—10%. Возможно, что остаточные протоны в момент адаптации к тяжелой воде облегчают перестройку к изменившимся условиям, встраиваясь именно в те участки, которые наиболее чувствительны к замене. Если это так, то встраивание протонов должно приводить к накоплению легкого изотопа в органическом материале клеток и соответственно к обогащению тяжелым изотопом среды культивирования.

Способность к адаптации в высоких концентрациях тяжелой воды связана с эволюционным уровнем организации, т. е. чем ниже уровень развития живого, тем выше способность к адаптации. Дейтерированные клетки адаптированных к максимальной концентрации тяжелой воды в среде микроорганизмов — весьма удобные объекты для исследования. В процессе роста клеток на тяжелой воде в них синтезируются макромолекулы, в которых атомы водорода в углеродном скелете почти полностью замещены на дейтерий. Такие дейтерированные макромолекулы претерпевают структурно-адаптационные модификации, необходимые для нормального функционирования клетки в тяжелой воде.

Эти факты позволяют видеть некоторую аналогию между адаптацией к тяжелой воде и адаптации

к низким температурам. Еще Юнг (Jung, 1967) на клетках *Escherichia coli*, помещенных в 98,6%-ную тяжелую воду, показал, что эффект торможения роста тяжелой воды может быть компенсирован повышением температуры роста. Аналогия с охлаждением позволяет рассматривать адаптацию к тяжелой воде, как адаптацию к неспецифическому фактору, действующему одновременно на функциональное состояние большого числа систем: превращение энергии, биосинтетические процессы, транспорт веществ, структуру и функции макромолекул. Возможно, что наиболее чувствительными к замене H^+ на D^+ оказываются именно те системы, которые используют высокую подвижность протонов и высокую скорость разрыва протонных связей. Такими системами в клетке могут быть дыхательная цепь и аппарат биосинтеза макромолекул, которые располагаются в цитоплазматической мемbrane или находятся под ее контролем. Аналогия между адаптацией к тяжелой воде и температурной адаптацией очень важна для конструирования дейтерированных ферментов, которые смогут функционировать в условиях высоких температур. Такие стабильные дейтерированные ферменты необходимы в биотехнологии, медицине и сельском хозяйстве.

Что же случится, если удалить из питьевой воды весь дейтерий? На этот вопрос науке еще предстоит ответить. Имеющиеся данные с одной стороны говорят о том, что это привело бы к ускорению обменных процессов в организме человека, а, следовательно, к увеличению его физической и интеллектуальной активности. Но есть обоснованные опасения, что полное изъятие из воды дейтерия приведет к сокращению общей длительности человеческой жизни. Ведь известно, что наш организм почти на 70% состоит из воды. И в этой воде 0,015% дейтерия. По количественному содержанию (в атомных процентах) он занимает 12-е место среди химических элементов, из которых состоит организм человека. В этом отношении его следует отнести к разряду микроэлементов. Содержание таких микроэлементов как медь, железо, цинк, молибден, марганец в нашем теле в десятки и сотни раз меньше, чем дейтерия. Пока же несомненным является тот факт, что, меняя количественное содержание дейтерия в растительном или животном организме, мы можем ускорять или замедлять ход жизненных процессов.

www.IDESOCHI.COM



ECOS

ECOLOGY
INFRASTRUCTURE SOCHI



1-3 октября 2009

Краснодарский край, г. Сочи

Международная специализированная выставка технологий и средств защиты водного, воздушного бассейнов, утилизации отходов, санитарной уборки города, клининговых и природоохранных услуг Краснодарского края и г. Сочи
ECOS 2009 – ЧИСТЫЙ ГОРОД СОЧИ

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Экология водной среды
- Экология воздушной среды
- Сбор, переработка, утилизация отходов
- Экология моря и прибрежной зоны
- Экология транспорта
- Экология в ЖКХ и строительстве. Санитария и клининговые услуги
- Инженерно-экологические изыскания. Природоохранные услуги
- Экология и промышленная безопасность

Специализированные конференции:

«Экология моря и прибрежной зоны. Чистый порт Сочи»

«Перспективные технологии сбора, переработки и утилизации отходов»

«Водные ресурсы города Сочи»

Организатор:



ITE LLC Moscow
Тел.: +7 (495) 935-7350 (доб. 4230)
Факс: +7 (495) 935-7351
www.idesochi.com, www.ite-expo.ru
E-mail: bordachev@ite-expo.ru

Генеральный спонсор:





ЕСТЬ ЛИ АЛЬТЕРНАТИВА БУТЫЛИРОВАННОЙ ВОДЕ?

Первов А.Г.
докт. техн. наук

Профессор Московского государственного
строительного университета

Суранова Е.А.

Начальник отдела текущей деятельности
Министерства жилищной политики, энергетики,
транспорта и связи Иркутской области

Бакалейко В.В.

Директор ООО «Ключ здоровья»,
г. Воронеж

Бутылированная вода вошла в наш образ жизни, в привычку. Однако еще 20 лет назад в нашей стране большинство людей пили воду из-под крана. Даже появление в продаже бутылок с питьевой водой рассматривалось как «непозволительная» роскошь. Начало промышленного освоения и внедрения линий по производству бутылок было встречено нами, специалистами по очистке воды, поначалу, с большим энтузиазмом. Но производство бутылок, как и любого другого вида продукции, в условиях капитализма породило конкуренцию, раскол среди коллег, а также ряд других отрицательных последствий. Постоянная «назойливая» реклама, сопровождающаяся часто необоснованной критикой существующей системы коммунального водоснабжения, привели к увеличению производства и потреблению бутылированной воды.

В США и странах Европы это движение началось намного раньше, более 30 лет назад, поэтому в наше время приобрело уже гигантские масштабы и при этом породило ряд новых проблем, последствия которых стали предметом изучения и анализа экологов, социологов, гигиенистов и политиков.

Как показывает аналитический обзор, представленный в журнале «Sky» компании Delta (май 2009), все американцы еще 30 лет назад, как и мы, спокойно и ни о чем не подозревая, употребляли воду из-под крана. В США в то время очень популярны были «фонтанчики» для питья, установленные в общественных местах. «Виной» пристрастия американцев

к бутылированной воде явились фильмы с участием французских кинозвезд, постоянно «прикладывающихся» к бутылочкам с водой «Эвиан». Американские звезды быстро приобщились к этой традиции и за ними потянулись рядовые американцы, стараясь казаться «на уровне». А дальше реклама и производство доделали свое «черное» дело, завоевав гигантский рынок «доверчивых» американцев.

В течение десяти лет продажа в США только бутылочек с водой «Перье» достигла в США 300 миллионов! С 1981 г. рынок США стал атаковать «Эвиан». Американские «Пепси» и «Кола» также не «остались в долгу» и наводнили рынок своими продуктами. Достигнутые гигантские объемы продаж бутылированной воды (в прошлом году они «перевалили» за семь миллиардов бутылок) обязаны во многом рекламе, основанной на «слухах» о попадании сточных вод в водопроводные сети. Пить воду из-под крана стало считаться приемлемым только для собак.

Однако, начиная с прошлого года, ситуация на водном рынке стала меняться. Продажи стали немного (на 3 процента в этом году) сокращаться. Потребители стали несколько «воздерживаться» от покупок бутылок. В кампанию против бутылок включились политики. Даже мэры Сан Франциско, Сиэттла, Солт Лэйк Сити призвали население сократить использование бутылированной воды в офисах и ресторанах. Внезапно отказ от бутылированной воды стал выглядеть так же «стильно», как раньше ее использование. В одном из новых фильмов герой



Кевина Костнера - преуспевающий бизнесмен - пил воду из крана на роскошной кухне. Конечно, у кампании против бутылок имеются политические и экономические причины: трудно убедить американских налогоплательщиков выделять средства на улучшение состояния городских водопроводов, если они привыкли платить за чистую воду в бутылках (кстати, средний американец добровольно «выкладывает» за бутылки в год более 400 долларов).

Однако движение против использования бутылированной воды вызвано не только экономическими, но в большей степени экологическими причинами.

В настоящее время сложившаяся в США ситуация на рынке бутылированной воды подвергается строгому критическому анализу. В прессе и даже на правительственном уровне разгорелись дебаты между сторонниками бутылирования - «Ассоциацией Бутылированных вод» и горячими противниками - движением «против бутылок», поддерживаемых Агентством по охране окружающей среды.

К числу недостатков использования питьевой воды в бутылках отнесли:

1. Гигантские, порой «угрожающие» масштабы производства пластиковых бутылок. Приводились такие сравнения: покупая бутылку воды, мы выпиваем воду и «выбрасываем на помойку» треть этой бутылки с нефтью. Продажа в мире тридцати миллиардов бутылок в год равносильна потере топлива,

потребляемого в год 100 тысячами автомобилей.

2. Большие опасения с гигиенической точки зрения вызывает влияние растворения материала, из которого изготавливаются бутылки на качество питьевой воды (растворение Бифенола-А). Доказано, что разложение полимерного материала бутылок усиливается с повышением температуры. Поэтому хранение упаковок с бутылками на улице или в багажниках автомобилей (как делают все американцы) при высоких температурах (в жару) усиливает опасность получения раковых заболеваний.

3. Серьезную экологическую проблему составляет проблема утилизации гигантского количества использованных бутылок. В условиях финансового и топливного кризиса расходовать нефть на производство одноразовых бутылок считается нерациональным.

4. Гигиеническая оценка состава вод муниципальных водопроводов в США, проведенная Агентством по охране окружающей среды, показывает, что вода из-под крана по своим гигиеническим характеристикам практически не отличается от бутылированной.

5. В свою очередь, анализ и инспектирование производств бутылированной воды показали, что в большинстве случаев бутылированная вода представляет собой воду, набранную из-под крана, и прошедшую минимальную очистку (в основном от взвешенных веществ и продуктов коррозии).



В 2004 г. в Великобритании была забракована партия в полмиллиона бутылок «Дасани», в которых были обнаружены избыточные концентрации брома, увеличивающего риск заболеваний раком.

На основании проведенных исследований специалисты Агентства по охране окружающей среды пришли к следующим выводам:

- нецелесообразно производить такие гигантские количества воды в бутылках и пользоваться только бутылками для питьевых целей;

- в ресторанах, офисах, частных домах, предприятиях следует не покупать воду в бутылках, а использовать либо воду из-под крана, либо воду, очищенную с помощью специальных водоочистных устройств;

- средства, затрачиваемые на утилизацию бутылок, целесообразно направить на улучшение качества водопроводной воды.

Со своей стороны «Ассоциация производителей бутылированных вод приняла ряд мер по «оздоровлению» ситуации:

- под воздействием «антибутылочной» пропаганды ряд производителей (в т.ч. Nestle) снизили производство бутылированной питьевой воды на 3-3,5%;

- ряд фирм создали «компромиссные», более «экологичные» варианты бутылок с минимальными (сниженными на 30-50%) затратами нефтепродуктов (с тонкостенными легкоутилизируемыми бутылками);

- ряд фирм стали осуществлять продажу питьевой воды в металлической таре;

- ряд производителей (в т.ч. Coke) убрали с этикеток «горы» и лозунги «вода из горных источников», заменив их надписями «вода с высокой степенью очистки».

Между тем, несмотря на серьезную пропагандистскую компанию и одобрение этих мер среди американского населения, продажи бутылированной воды сильно не упали. Покупатели «не жаждут» вооружаться водоочистителями, а рестораны, офисы, предприятия, пищеблоки, оснащенные системами очистки можно «пересчитать по пальцам». Это определяется психологическими особенностями стремления американских, европейских и японских потребителей к чистоте и к современному уровню «цивилизованности». Использование бутылок диктуется современным уровнем жизни и рекламой этого образа жизни. Хотя, как показывает опыт, многое зависит от культуры общества и государственной политики. Например, в Корее наблюдается «сознательность» граждан и подъем экологической культуры общества в отношении воды - гигантское количество мини-систем очистки воды используется не только в квартирах, но и в гостиничных номерах, ресторанах, кафе, барах и даже на уличных торговых лотках.

В США рынок водоочистных устройств также имеет колоссальные размеры. Из публикаций американ-

ских технических журналов известно, что годовая продажа только сменных мембранных элементов к домашним водоочистителям еще в 2001 году превышала 250 млн. \$. Но, судя по идущей кампании против бутылированной воды, среди потребительского рынка водоочистных устройств имеются большие «резервы».

Очевидно, дискуссия приведет к выработке «компромиссного» решения проблемы, очертив области применения и «ниши» для разных решений проблемы. Например, находясь в самолете, пассажир, бесспорно, предпочтет выпить воды из бутылки, а не из крана в туалете. С другой стороны, при использовании воды в частном доме, «не натаскаешься «бутылок для душа, ванн, приготовления пищи и т.д.

В отечественной практике бутылированная вода Российский рынок бутыллитированной воды стремительно растет. На сегодня отечественное потребление бутылированной воды оценивается на уровне 1,5-2 миллиарда литров в год, что составляет в среднем 20 л на одного человека в год (в США и странах Европы эта цифра оказывается выше в 4-5 раз). Для многих российских потребителей стоимость бутылированной воды считается высокой.

Растущий рынок потребления бутылированной воды в России связан с недоверием потребителей к качеству воды из городского водопровода. В ряде случаев плохое качество воды (в основном содержание взвеси и железа) вызвано неудовлетворительным состоянием водопроводных сетей. Случается, что существующие в населенных пунктах очистные сооружения не могут обеспечить требуемую глубину очистки по ряду загрязнений (мышьяка, стронция, фторидов, бора, аммония и др.). По данным академика РАМН Ю.А.Рахманина, почти в 50% городов население использует для питья некачественную воду. Например, по данным Министерства жилищной политики Иркутской области, только 65% населения этой области пользуется водопроводной водой, при этом большая часть населения использует для питья подземные воды низкого качества с высоким содержанием фтора и стронция.

Поэтому часто единственной альтернативой бутылированной воде являются водоочистные устройства. Например, для жителей Азова, Ростова, городов Тюменской обл. состав водопроводной воды не соответствует требованиям СанПиН по ряду показателей (железо, цветность, аммоний).

Даже на многих объектах Подмосковья, использующих артезианские скважины, в воде находят из-



быточные содержания фтора, мышьяка, нитратов. Это часто становится причиной запрета органами Санэпиднадзора использования воды для питьевых целей на ряде предприятий Московской области.

Однако рынок водоочистных устройств растет не слишком быстро. Это связано, на наш взгляд, с «предубеждением» потребителей против достаточно сложных, дорогостоящих устройств, требующих постоянных затрат на расходные материалы - сменные картриджи - заменяемые от 1 до 3 раз в год.

Альтернативой покупке воды в бутылках является продажа питьевой воды в розлив. Это достигается путем использования систем очистки воды (в основном систем обратного осмоса и нанофильтрации) производительностью 100-150 литров в час. Такие системы устанавливаются в продуктовых магазинах, аптеках, специальных торговых «павильонах» и «чистят» воду из водопровода.

В Таганроге, Воронеже, Сыктывкаре, Иркутске, ряде городов Подмосковья используются «павильоны» продажи питьевой воды в розлив. Вода производится «централизованно» на предприятиях с



использованием высокоеффективных систем очистки, и развозится по павильонам.

В отечественной практике проблема производства и продажи воды в бутылках достаточно усложнила общую картину питьевого водоснабжения. В условиях капитализма проблема конкуренции связана с проблемой «качества», что в случае с очищенной водой связано с технологическими вопросами. Стремление «монополизировать» решение проблемы «качества» привело к различным «кульбакам»:

1. Предмет дебатов и споров - «оптимальный» состав питьевой воды. В основном деятельность большинства «рядовых» производителей питьевой воды сводится к соблюдению действующих требований СанПиН «Вода питьевая». Однако для бутылированных вод разработан ряд новых норм и ГОСТов, в которых легко «запутаться» непрофессионалам: «Вода первой категории», «Вода высшей категории качества». Различия состоят в концентрациях различных микроэлементов (называемых «биогенными»). Если вода первой категории - это питьевая вода с хорошим качеством очистки, соответствующая нормам СанПиН, то вода высшей категории гарантированно содержит жизненно важные биогенные элементы (фтор, кальций, магний). Такая вода восполняет недостаток поступления с пищей биогенных элементов в наш организм, являясь «физиологически полноценной». Критерий «физиологической полноценности» был впервые введен советскими учеными для определения допустимого содержания в воде ряда биологически активных и важных в физиологическом отношении макро- и микроэлементов (фторидов, иодидов, кальция, магния, калия и др.). Для этих элементов установлены не только максимально допустимые, но и минимально необходимые уровни их содержания в питьевой воде. Кроме

того, к воде высшей категории предъявляются более «ужесточенные» требования к содержанию «биологически активных компонентов», как, например ионов аммония («предвращающих» бактериальный рост). Например, в питьевой воде содержание ионов аммония допускается на уровне 0,5 мг/л; в воде первой категории - 0,1 мг/л; а в воде высшей категории - 0,05 мг/л.

Следует заметить, что эта проблема часто ставит «в тупик» как производителей воды, так и разработчиков технологий очистки. Часто достичь требуемых пределов содержания аммония достаточно сложно, что требует больших, часто неоправданных затрат. Например, проблема удаления из воды ионов аммония может решаться с применением дорогостоящих технологий обратного осмоса или ионного обмена (фильтрованием через клиноптилолит). Последняя технология требует расходов поваренной соли на частную регенерацию фильтров, что приводит к образованию минерализованных стоков и создает серьезные экологические проблемы на предприятиях.

Стремление добиться оптимального ионного состава воды, рекомендуемого гигиенистами, часто заставляет производителей воды готовить ее искусственно: в полностью очищенную (деминерализованную) воду добавляют различные соли, позволяя имитировать заданный состав воды (часто таким образом подделываются известные марки, такие как Нарзан, Московская, Плюсово, Боржоми).

2. В составах бутылированных вод наблюдается путаница, поскольку большой рынок ее потребления не позволяет «монополизировать» один тип воды. Если раньше вода в бутылках предназначалась для питьевых целей, то сейчас среди поставщиков бутылок наблюдается «узкая специализация»: вода питьевая, вода для офисов, вода столовая, вода лечебная. По требованиям гигиенистов, вода для питьевых целей должна содержать биологически необходимые компоненты, например кальций, фтор и т.д. Однако при кипячении такая вода вызывает образование накипи (карбоната кальция) и мутнеет. Потребители воды в офисах, покупающие привозные бутыли и использующие воду для приготовления чая и кофе, не хотят платить деньги за воду, которая мутнеет при кипячении.

Если следовать рекомендациям специалистов, то пить можно только воду с оптимальным сбалансированным составом (высшей и первой категории). Воду, поставляемую в офисы, можно использовать при приготовлении пищи, чая, кофе. Столовую и ле-

лечебную воды нельзя постоянно использовать для питья (поскольку по составу она не соответствует требованиям СанПиН), а можно эпизодически употреблять в профилактических и лечебных целях. Трудно представить себе, что наши потребители будут постоянно следовать таким рекомендациям, а не использовать продаваемую продукцию на свой вкус.

Для справки: в настоящее время для оценки качества бутылированной воды применяется их классификация по общему солесодержанию, видам их получения и использования. К минеральным относятся воды с общей минерализацией более 1000 мг/л. Они подразделяются на лечебно-столовые и лечебные. Пресные воды (с минерализацией до 1000 мг/л) разделяются на воды постоянного использования (первой и высшей категории качества) а также на лечебно-столовые обессоленные (до 50 мг/л солей) и пресные (до 1000 мг/л). Как пишет академик РАМН Ю.А.Рахманин, «неприемлемы такие понятия, как «минеральная подземная вода», а также «столовая питьевая вода». В такой воде могут содержаться ряд токсичных биогенных элементов, в 2-10 раз превышающих предельно-допустимые концентрации для постоянного использования. Контроль качества этих вод осуществляется по ограниченному числу показателей в соответствии с требованиями ГОСТ 13273-88 «Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые». Необходимо внести корректировки в эти требования в соответствии с рекомендациями ВОЗ по контролю качества питьевой воды. Лечебную воду нельзя пить в неограниченных количествах и существует целый перечень показаний к применению и противопоказаний».

Следует заметить, что вода, которая течет в водопроводных трубах и разрешенная для питья, а также широко употребляемая населением, также в большинстве случаев не соответствует требованиям СанПиН:

- в Москве в водопроводной воде - пониженное содержание фтора;
- в Санкт-Петербурге и др. северных городах - пониженное содержание кальция и магния;
- в Северных городах - повышенное содержание аммония и цветности;
- в ряде районов Подмосковья - повышенное содержание фтора.

Тем не менее, население, в т.ч. авторы этой статьи, и даже целые поколения выросли, употребляя воду из-под крана.

Часто выполнение требований СанПиН по многим показателям не имеет экономически приемлемых технических решений или требует применения дорогостоящих технологий, не всегда оправданных. В этой связи у технологов по очистке воды имеются вопросы к разработчикам гигиенических нормативов:

- насколько правомерно требовать неукоснительного соблюдения требований Сан-ПИН по большинству показателей, и насколько «кriminalны» могут быть небольшие отклонения от нормативов? Например, содержание аммония 0,53 (вместо 0,5) мг/л, железа 0,35 (вместо 0,3) мг/л; фторидов 0,3 (вместо 0,5) мг/л.

- насколько опасно использование воды из-под крана, если от бутылированной воды она отличается только мутностью (1,5 мг/л против 0,5 мг/л) и запахом хлора?

-насколько принципиально требование жестких норм содержания в бутылированной воде различных веществ (например, аммония на уровне 0,05 мг/л), если даже определить такие концентрации не всегда оказывается возможным? Например, для правильного определения того же аммония, отобранную пробу нельзя хранить более 6 часов. Получается, что, купив воду высшей категории качества и поставив ее в холодильник, через сутки хранения она не будет соответствовать нормативу?

Естественно, здравый смысл и опыт работы авторов на рынке питьевого водоснабжения подсказывает ответы на эти вопросы, имеющие простые разумные объяснения. В частности, в случае аммония, который является питательным материалом для бактерий, низкие концентрации этого вещества являются гарантией отсутствия бактериального заражения.

Однако на практике такие ограничения являются предметом судебных разбирательств, поссоривших немало коллег - производителей оборудования, технологов фирм-производителей воды и представителей санитарных органов.

Как уже говорилось, альтернативой бутылированной воде может стать широкое применение мини-систем доочистки водопроводной воды, позволяющих обеспечить более высокий уровень очистки и употребление воды непосредственно после очистки, т.е. при продаже ее в розлив. Однако у потребителей до сих пор не преодолено недоверие к таким системам, поскольку покупателей часто пугает сложность, цена и необходимость сервисного об-



служивания. Розлив воды в тару покупателей также создает сложности с контролем качества очистки.

Большинство технологий, используемых в портативных водоочистных устройствах, непригодны для автоматизированной надежной работы, поскольку требуют частых замен картриджей, расходных материалов, проведения сервисных мероприятий. Наиболее подходящей для доочистки водопроводной воды представляется технология нанофильтрации, поскольку обладает универсальностью в очистке от различных загрязнений, простотой обслуживания, надежностью. Но, поскольку нанофильтрация является разновидностью технологии обратного осмоса, до сих пор среди потребителей сильно предубеждение против мембран, которые производят «слишком» чистую воду, с низкими значениями солесодержания и жесткости. В таблице 1 представлены результаты расчетов по программе, разработанной фирмой «Waterlab», позволяющие, в зависимости от состава исходной воды, выбрать оптимальный тип мембран и условия их работы для получения воды заданного качества.

В нашей стране решение проблем качества питьевой воды ведется целым рядом специалистов.

Начиная с 90-х годов прошлого века фирмой «Waterlab» был накоплен опыт по разработке систем по производству воды для ее продажи в розлив в Таганроге, Бердянске, Ростове, Азове, Новочеркасске. Для этого использовались автоматизированные системы производительностью от 50 до 1000 литров в час, которые устанавливались также в пище-блоках предприятий, школ, больниц, а также в ресто-

ранах и кафе. Как показал опыт эксплуатации таких систем, перспективы их дальнейшего использования зависят от простоты, низкой стоимости и частоты их обслуживания. Приемлемым может считаться обслуживание таких систем не чаще 2 раз в год. Такие системы с нанофильтрационными мембранными используются при продаже воды в розлив в павильонах чистой воды (что активно осуществляется компанией «Ключ здоровья», г. Воронеж).

Для продажи воды вместо продавцов все более активно используются автоматы («vending machines»), разливающие воду в пластиковые бутылки, используемые в офисах и устанавливаемые на кулерах. Внутри таких аппаратов устанавливаются нанофильтрационные установки производительностью 100-200 литров в час. Аппараты по продаже воды планируется устанавливать в ряде областей, в т.ч. Иркутской в специально подготовленных пунктах продажи воды у водоисточников с наиболее неблагоприятным качеством воды.

В наше время широкое распространение получила доставка в офисы готовых бутылей, устанавливаемых на кулерах. Альтернативой продаже бутылей является установка в холлах офисных зданий автоматов продажи воды, или использование в каждом офисе мини-систем очистки, что позволяет отказаться от доставляемых бутылей и покупать (или производить) высококачественную воду на месте. Такой подход позволяет легко гарантировать и одновременно контролировать качество очищенной воды.

Результаты расчетов для выбора оптимального типа мембран по программе, разработанной фирмой «Waterlab»

Таблица 1

Параметры обработки: Старт, Жидкость: Очистка											
Расчет произведен: Очищающее											
Дата: 10.05.02											
Очищаемая вода: 5-литровая бутылка											
Исходные параметры											
Ионный состав:		Концентрат		Выход фильтрата: 50%		Выход фильтрата: 75%		Выход фильтрата: 50%		Выход фильтрата: 75%	
Капитаны		Фильтрят	Концентрат	Фильтрят	Концентрат	Фильтрят	Концентрат	Фильтрят	Концентрат	Фильтрят	Концентрат
Капитаны		мл/л	мл/л	мл/л	мл/л	мл/л	мл/л	мл/л	мл/л	мл/л	мл/л
Си	80.00	48.40	11.00	51.50	105.20	16.00	144.00	30.40	207.00	9.95	150.20
Ми	74.00	49.02	48.28	26.18	57.40	5.80	61.20	12.02	91.00	0.41	67.00
Na + K	23.00	0.74	17.28	16.70	41.17	11.05	24.04	17.40	38.55	1.45	44.00
Ca+Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NH+	1.00	0.72	1.00	0.64	1.46	0.34	1.66	0.50	0.95	0.04	1.96
Хлорны											
Cl	70.00	27.70	11.00	50.40	107.40	21.10	115.00	20.70	127.00	5.92	125.00
SO4	96.00	31.88	105.12	36.48	272.04	7.08	184.22	14.40	240.00	0.95	130.00
HCO3	109.00	40.25	105.74	76.78	501.40	15.75	331.55	75.00	506.01	0.15	355.05
С	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Требования к качеству воды											

Несмотря на очевидные преимущества такого подхода, обычная, «обывательская», потребительская точка зрения все еще мешает переходу на новый уровень потребления питьевой воды. Эту точку зрения объяснил нам директор одной из московских крупных фирм, в офисах которой посетители постоянно спотыкались о груды завезенных и использованных 20-литровых пластиковых бутылей. Наличие в офисах кулеров с питьевой «привезенной издалека родниковой водой» сотрудники рассматривают как определенное «поощрение» со стороны руководства и заботу об их здоровье. Поэтому наличие в офисе системы очистки, пропускающей через себя «грязную» водопроводную воду, никак не будет способствовать интересу сотрудников к такой воде. Что же, любая новая идея проходит стадию борьбы с «рутиной». Требуется определенное экологическое воспитание, чтобы понять, чем отличается вода из водопровода от воды «из горного источника». Сразу можно пояснить: прозрачностью, цветностью, наличием органических веществ. Наличие в офисе установки, позволяющей получить эти качества, и возможность сравнить эти качества с качеством воды, поставляемой в бутылях, могут со временем помочь в воспитании новых потребителей. Возможно, экономические соображения, которыми должны руководствоваться хозяева компании, желающие

«поощрить» своих сотрудников качественной питьевой водой, со временем помогут перейти их в «новую веру».

Современное стремление к «экологической чистоте» создали современную «экологическую культуру» в передовых развитых странах, частично нашедшую отражение в использовании бутылированной воды. С другой стороны, экологическая культура всегда отражает государственную политику и общественные интересы. Современная экологическая ситуация и экономический кризис создали в США цепь общественные движения, которые отзывались на призывы экономить энергоресурсы. Именно этим можно объяснить крушение в США крупных автогигантов (General Motors, Chrysler). Добропорядочные и законопослушные граждане, откликнувшись на призывы президента, дружно отказались от «любимцев» с шестилитровыми «движками» и пересели на малолитражные «гибриды» в основном японского производства. Трудно сказать, произойдет ли подобное с масштабами производства бутылированной воды, однако, можно ожидать, что американцы, а за ними и мы, по-новому, более рационально, подойдут к решению проблемы питьевой воды с использованием более совершенных технологий.

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

В ПРИДНЕСТРОВЬЕ ПРОВОДИТСЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕЛЬСКИХ ВОДОВОДОВ.

В Григориопольском районе Приднестровья продолжается, начатая в прошлом году, реконструкция водопроводной системы.

Представитель главы администрации района Алексей Печул сообщил, что в селе Ташлык произведен ремонт 2 артезианских скважин, 2 еще предстоит восстановить, прокладываются новые ветки водопровода, устанавливаются водомеры.

По его словам, расходы по доставке труб несет спонсор, оплату работ производит население. Долевое участие в строительстве водопровода распределяется поровну между организацией-спонсором и жителями. За 2 года водопроводная система села будет реконструирована на 90 %.

В населенных пунктах Григориопольского райо-

на, как и по всему Приднестровью, качество водоснабжения вызывает много нареканий у населения. По данным местных госадминистраций, «возраст» системы централизованного водоснабжения более 35 лет. Значительный износ трубопроводов, порядка 80-90%, приводит к частым авариям и ухудшению качества воды. Повсеместно требуется проведение ремонтно-восстановительных работ и установка приборов учета воды для ее рационального использования.

В прошедшем году в районе произведена замена 33 насосных агрегатов, смонтировано, взамен устаревших, и проложено новых водопроводов более 14 км, подготовлены материалы для монтажа 10 км водопроводов. По оценкам специалистов, для реконструкции водопроводных сетей и сооружений в районе понадобится более 13 миллионов рублей (около 1,4 млн. долларов).

Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 30/1/2, строение 2, комн.

Образец заполнения платежного поручения

ИНН 3801091076	КПП 770101001		
Получатель ООО «ИД «Орион» Вернадское отделение №7970	Сч. №	40702810138180136349	
Банк получателя Сбербанка РФ ОАО г. Москва	БИК	044525225	
	Сч. №	30101810400000000225	

СЧЕТ № ИД 11561

Предмет счета	Кол-во комплектов	Цена (руб.)	Сумма (руб.)
Журнал «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение» Подписка 2009 год – 6 номеров (июль-декабрь)	1	3000-00	3000-00
		Скидка (10%)	300-00
		Итого:	2700-00
		Без налога (НДС)	-
		Итого с учетом доставки:	2700-00

Всего к оплате: Две тысячи семьсот рублей 00 копеек

Коммерческий директор _____ (Коваленко А. А.)

**Отдел адресной подписки:**

Тел./факс: (495) 433-14-45

Тел. (914) 945-52-32

E-mail: www-orion@mail.ru

Обязательно укажите:

- название издания и период подписки;
- номер счета, на основании которого производится оплата;
- подробный почтовый адрес, на который будет высылаться журнал;**
- контактный телефон с кодом города.

Копию платежного поручения отправьте по факсу: (495) 433-14-45