

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,

Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.

Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .

Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.

Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

В. Ф. ИВАНОВ

*Иванов*

ПРОФ. ОДЕССК. ПОЛИТЕХН. ИНСТИТУТА, ЗАВ. САНИТАРНО-ТЕХНИЧ. СЕКЦИЕЙ ИССЛЕД. КАФЕДРЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

*325*  
*С. И. Иванов*

# ОЧИСТКА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

385 ЧЕРТЕЖЕЙ И 78 ТАБЛИЦ В ТЕКСТЕ

ПОСОБИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, СТУДЕНТОВ, ТЕХНИКОВ  
И САНИТАРНЫХ ВРАЧЕЙ

2-е ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ ОДЕССКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ (ОНТУ) ВСНХ УССР

1929

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО 2-МУ ИЗДАНИЮ

Постройка канализаций в ряде городов СССР (Ленинград, Тула, Баку, Минск и др.) заставляет специалистов внимательно *изучать местные условия и сообразно им принимать продуманные решения, выгодные и с экономической точки зрения.* Идя навстречу потребностям санитарных инженеров, санитарных врачей и студентов Втуз'ов, я решил выпустить вторым изданием мое сочинение „Очистка городских сточных вод“, являющееся продолжением моего труда „Канализация населенных мест“, вышедшего в 1926 г. вторым изданием и ныне уже разошедшегося.

Выпускаемое мной при содействии Издательства ОНТУ второе издание моего сочинения „Очистка городских сточных вод“ по сравнению с первым значительно дополнено всем новым материалом, как *русским, так и иностранным, находившимся в моем распоряжении.* Таким образом, в состав книги вошли *новые теории, разные усовершенствования в конструктивной области* и изложение *нового способа, привлечшего к себе внимание всего мира и разработанного у нас для условий СССР опытным путем в Москве—очистки сточных вод активным илом.* При изложении этого нового способа преобладающее значение для нас имела *техническая сторона вопроса,* как вследствие необходимости поместить весь новейший материал в определенные рамки, так и потому, что главное назначение нашей работы—дать инженерам, техникам и студентам *практическое руководство,* снабженное в нужных местах численными примерами. Для тех же, которые желали бы продолжить изучение этого важного вопроса Санитарной Техники, мной дан в конце книги *обширный указатель русской и иностранной литературы,* увеличенный сравнительно с первым изданием почти вдвое.

В заключение я считаю нужным выразить мою глубокую благодарность Председателю Окрисполкома т. *О. Л. Трилисскому,* Управляющему Окрккомунотделом т. *А. Н. Шайкевичу* и б. Управляющему Водопроводно-Канализационным Комбинатом т. *С. В. Давыдову,* Зам. Упр. Водопроводно-Канализационным Комбинатом инж. *К. М. Канцеру* за денежную поддержку, необходимую для осуществления издания. Особенную признательность приношу Начальнику ОНТУ инж. *Х. М. Шмидту* и Техн. Ред. *Н. Е. Фесенко* за все хлопоты, причиненные выпуском настоящей книги.

Проф. *В. Ф. Иванов*

*„The solution of the sludge problem is the most pressing question of the day and a little practical assistance in this direction from our scientists would be of much greater value, than all the learned dissertation on theories and doctrines with which we have been favoured in recent years“.*

*Surveyor, 1909*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К 1-му ИЗДАНИЮ

Среди многочисленных технических вопросов настоящего момента едва ли найдется *более трудный для научного изучения и более сложный для практического осуществления*, чем вопрос об *очистке сточных вод*.

Правда, при изучении огромной литературы по очистке вод с первого взгляда может казаться, что эта проблема разрешена в окончательной форме и нуждается лишь в дальнейших усовершенствованиях конструктивного характера, как это показывают многочисленные иностранные и русские патенты на различные конструкции в области очистки сточных вод. Между тем, при вдумчивом изучении научного материала, разработанного инженерами, гигиенистами, химиками и бактериологами, можно легко заметить, что на самом деле процессы очистки сточных вод не изучены до конца, и многие их стороны еще остаются темными.

При разрешении вопросов об очистке сточных вод не следует применять во что бы то ни стало патентованных способов, назойливо выдвигаемых представителями заинтересованных фирм.

*Подобно тому, как не существует панацеи для всех болезней, так же не существует и одного способа очистки сточных вод, который бы a priori был пригоден для любого конкретного случая.*

Наоборот, как можно видеть из многочисленных постановлений Международных Конгрессов по Гигиене и Демографии и Всесоюзных Водопроводных и Санитарно-Технических Съездов, *выбор способа очистки сточных вод для данного места* должен быть строго сообразован с *местными условиями*. При таком решении вопроса может получиться, что для данного случая может быть применено несколько способов; тогда остается произвести выбор способа уже исключительно по экономическим условиям.

В выпускаемом нами сочинении мы стараемся поставить на первый план *технические и практические* вопросы, излагая научную сторону дела лишь в таком размере, в каком это требуется для понимания конструкций. Здесь мы считаем нужным оговориться, что для составления настоящего труда нами широко использована иностранная (английская, американская, немецкая и французская) литература, так как вследствие малого количества очистных станций в России у нас по многим вопросам совершенно не имеется „русских данных“,

если не считать тех серьезных исследований, которые производятся на московских полях орошения. Будем надеяться, что с развитием канализаций городов в России и с постановкой ряда опытов на очистных станциях в будущем удастся пополнить этот печальный пробел.

Наше новое сочинение составляет естественное продолжение выпущенного нами в 1911 г. труда „Канализация населенных мест“, вследствие чего с выходом этой книги издание III тома задуманной нами энциклопедии по Санитарной Технике должно считаться законченным.

В заключение считаю своим долгом выразить благодарность Я. М. Слуцкому за понесенный им труд по корректированию настоящего издания.

*Проф. Вяч. Иванов*

*Киев, 1914*

## ГЛАВА I.

### Исторический очерк развития способов очистки городских сточных вод

С самых незапамятных времен водные протоки являлись *естественными коллекторами для приема сточных вод расположенных на них городов, фабрик и заводов*. Поэтому попытки оградить протоки и вместилища от загрязнений их сточными водами, вызываемых устройством водосточных каналов, можно найти еще у древних народов Азии и Европы. Так, напр., сеть подземных водостоков, существовавшая в *Храме Соломона в Иерусалиме* и отводившая кровь жертвенных животных и другие сточные воды храма, направлялась к двум резервуарам, соединенным между собой подземной галлереей; первый резервуар играл роль современного *осадочного бассейна* для взвешенных веществ, осадки из которого продавались на удобрение садовникам долины Кедрона; во втором бассейне скоплялись воды для *орошения царских садов*.

Далее, по дошедшим до нас сведениям, в Афинах существовала *общесплавная канализационная сеть* с утилизацией сточных вод *на полях орошения*. Главный коллектор сети вливался в сборный бассейн, игравший роль современных *бассейнов для предварительной обработки сточных вод*; из этого бассейна сточные воды разливались *открытыми каналами* по отдельным участкам полей орошения, для чего греки также прибегали к употреблению *затворов*, регулирующих выпуск сточных вод на поля орошения. Сточные воды *Римской канализационной сети* настолько загрязняли р. Тибр органическими веществами, что также вызвали использование их для орошения садов и окрестных полей, т. е., другими словами, и в Риме прибегали к применению *полей орошения* для охранения вод Тибра от загрязнений сточными водами.

*В императорский период Римского государства начал падать интерес к санитарно-инженерным сооружениям.*

*Великое переселение диких народов и распространение среди народов Европы христианства, провозглашавшего презрение к роскоши и к заботам о чистоте, совершенно отодвинули на задний план необходимость канализационных и очистных сооружений для населенных центров. Интерес к этому вопросу проявился резко лишь в прошлом столетии, когда рост городов и промышленности и быстрое развитие сухопутных и водных сообщений выдвинули перед городским населением задачу об оздоровлении городских центров, так как в начале XIX столетия сильные эпидемии (холера, чума) опустошали Европу.*

Сначала, разумеется, сооружали лишь канализационные сети, которые направляясь в водные протоки и вместилища, не могли ни загрязнить последних, ни вызвать справедливых нареканий со стороны жителей поселений лежащих ниже выпусков канализационных каналов.

Так как из всех стран Европы на путь интенсивного развития промышленности первой вступила *Англия—страна, обладающая маловодными реками незначительного протяжения*, то в ней должны были скорее, чем в других странах, сказаться результаты загрязнения водных протоков. Поэтому ей и пришлось первой заботиться о принятии мер к охране водных протоков от загрязнений сточными городскими и фабричными водами. Для этой цели Английским правительством<sup>1)</sup> после издания в 1865 г. *особого закона об использовании сточных вод* (Sewage Utilisation act) была образована *Комиссия* (Rivers Pollution Commission), изучавшая вопрос о *загрязнении и самоочищении рек Thames, Mersey, Aire и Calder*. Работы этой комиссии, обнаружившей ужасное загрязнение исследованных рек, продолжались до 1868 г., когда была учреждена *вторая комиссия с теми же задачами* (1868—1871 гг.).

Вторая комиссия по загрязнению рек не только изучала существующее загрязнение рек, но разработала в первом своем докладе способ предотвращения загрязнения сточными водами путем очистки сточных вод до выпуска их в водные протоки. Комиссия выдвинула два метода очистки сточных вод: *поля орошения и механо-химический способ*, уже употреблявшиеся кое-где в Англии в это время. Так, еще в 1846 году англичанин Хайпс взял патент на способ очищения сточных вод действием извести и хлорного газа. Впрочем, с исторической точки зрения, *поля орошения*, не считая сооружений древних народов, являлись *самым старым способом очистки сточных вод*. Далее, имеются указания, что еще в 1559 году поля орошения примитивно эксплуатировались в м. Wipzlau в Германии и в 1709 году в г. Эдинбурге в Англии, где орошалась сточными водами бесплодная песчаная площадь, превращенная, благодаря орошению, в плодородный луг. В 1876 г. 60 городов Англии применяли поля орошения для очистки сточных вод.

Взгляды английских специалистов не могли не отразиться на установках других стран Европы. Так, мы видим, что *Париж* для защиты р. Сены от загрязнений в 1868 г. под руководством Durand-Claye и A. Mille устраивает свои первые *поля орошения на полуострове Gennevillers*. Также несколько позднее, в 1877 году, г. Берлин отвел *первые участки земли под поля орошения*. К этому же времени относится устройство полей орошения и в других германских городах: Бреславле и Данциге. В эти же годы немецкий ученый Alexander Müller (1865 г.) и английский Frankland (1870 г.) произвели ряд опытов над пропусканием сточных вод чрез различные почвы в стеклянных цилиндрах, высотой 1,82 м, диаметром 0,25 м. В этих опытах следует видеть начало того метода очистки вод, который получил впоследствии большое распространение в Сев. Америке под именем „*перемежающейся фильтрации*“. В 1877 г. Schloesing и Müntz поставили первый опыт по *био-химической*

<sup>1)</sup> J. H. Garner, Historical development of sewage purification processes, Transact. of the Intern. Conference on Sanit. Eng., 1924.

*очистке сточных вод*, заключающийся в пропуске сточной воды через вертикальную стеклянную трубку, заполненную кварцевым песком и мелом и одновременном просасывании через нее воздуха.

Так как во многих английских городах при использовании под поля орошения *глинистых участков* очистка шла *весьма неудовлетворительно*, то это заставило английские городские самоуправления прибегать к рекламировавшимся многочисленными изобретателями *механо-химическим способам*, при применении коих надеялись, помимо обезвреживания сточных вод, на превращение содержащихся в них примесей в легко сбываемые на рынке удобриельные продукты. Под влиянием течений, господствовавших в Англии, *механо-химические способы* проникли и в *Германию*.

Первая механо-химическая очистная станция (1883 г.) в Европе была построена в Дортмунде. Затем появились механо-химические станции в г. Франкфурте на Майне, Висбадене, Лейпциге и др. Позднее уже в Германии стали разрабатываться самостоятельные *механо-химические способы* с использованием различных реактивов. Из этих способов заслуживают внимания *способы: Degener-Rothe* (1891 г.), примененный в гг. Эссене, Потсдаме, Кепенике, и *Müller-Nahnsen*—в г. Галле.

Оба применявшиеся способа очистки сточных вод не могли удовлетворить санитарных инженеров и гигиенистов. Для использования первого способа требовались для больших городов *огромные территории с подходящей почвой*, которые очень трудно было отыскать вблизи населенных центров, даже не останавливаясь пред затратами на приобретение земли. С другой стороны, и *механо-химические способы* не оправдали возлагавшихся на них надежд; *эксплоатация их стоила очень дорого вследствие необходимости применять ценные химические реактивы, а примешивание последних к осадкам лишило их удобриельной ценности*. По этим причинам сбыт этих осадков был очень затруднен, вследствие чего пришлось расширять станционные территории для складывания скопившихся осадков. К тому же, механо-химические способы очистки *не очищали* сточных вод в полном смысле этого слова, а лишь *осветляли*, так как эти осветленные воды *не лишались способности к загниванию*. В несколько лучшем положении еще находились *приморские города*, которые для удаления осадков завели флотилии пароходов, отвозящих осадки в море (Лондон, Глазго, Манчестер и др.).

Новое направление в вопросе об очистке сточных вод дали *опыты, организованные* в 1886 г. *Советом Народного Здравия северо-американского штата Массачузетса* (State Board of Health, Massachusetts), над изучением метода *переменяющейся фильтрации*. Сущность этих опытов, отчасти основанных на вышеуказанных работах Frankland'a, заключалась в испытании *способности различных почв, и в особенности песка, к очистке сточных вод при условии периодического напуска последних*.

Этими опытами заинтересовались в Англии, и в 1890—1892 гг. на механо-химической опытной станции Лондона—Barking были произведены опыты над очисткой сточных вод в фильтрах из обожженной глины и кокса при периодическом напуске вод. В этих опытах нужно несомненно видеть установление принципов для сооружения *заливных (контактных) биологических фильтров* (contact bed).



Основываясь на этих опытах, главный химик Лондонского графства Dibdin устроил в 1895 г. *первую установку заливных биологических фильтров* в небольшом городке Sutton'e без всякой предварительной обработки сточных вод. Биологическая установка Sutton'a состояла из 2 ступеней заливных фильтров с крупно и мелко-зернистым коксом, из коих фильтрат пропускался чрез фильтрационные поля согласно требованиям санитарных властей. За Dibdin'ом имеется еще одна большая заслуга в области очистки сточных вод. Основываясь на сделанных им в 1883 г. наблюдениях над самоочищением Темзы, он в своем докладе Институту Гражданских Инженеров в Лондоне высказывает свое заключение, могущее быть положенным в основу нового способа *очистки сточных вод активным илом*, в следующих выражениях: „*по всей вероятности, правильное направление в очистке сточной жидкости при отсутствии подходящей (для полей орошения) почвы состояло бы в том, чтобы сначала выделить осадок, а затем к осветленной жидкости прибавить разводку специфических всевозможных организмов, специально культивируемых для этой цели; потом выдержать жидкость в течение достаточного времени, энергично ее аэрируя, и, наконец, спустить в реку в состоянии действительно очищенном*“. Параллельно с Dibdin'ом Cameron<sup>1)</sup> в том же году для части г. Exeter'a применил впервые *загниватель (septic-tank)*, предполагая в нем найти разрешение вопроса об очистке вод, но вскоре Dibdin'у, во избежание быстрого заиления Сэттонских фильтров, пришлось добавить *загниватель*, и с своей стороны Cameron'у присоединить к загнивателю *заливные фильтры-окислители*. К этим установкам проявился сильный интерес среди санитарных инженеров всех стран континента, и скоро Sutton сделался „Меккой“ для паломничества лиц, работавших в области очистки сточных вод. Успех этих установок вызвал применение этого метода в различных городах Англии (Манчестере, Гэмптоне на Темзе, Соутгэмптоне, Осуэстри и др.), но попутно с этим замечалась и *сложность применения заливных фильтров, требовавших тщательного ухода за напуском и спуском сточных вод*. Вследствие этого потребовалось изобретение таких биологических фильтров, чрез которые сточные воды могли бы протекать *непрерывно*. Ответ на этот поставленный жизнью вопрос дали установки Corbett'a (Salford) и Stoddart'a (Bristol), которые первые в 1893 — 1895 гг. использовали *капельное распределение сточных вод* при непрерывном их пропуске чрез фильтрующие материалы, и таким образом положили начало *применению капельных (перколяционных) фильтров (percolation bed)*, где происходила и *аэрация* за счет всасываемого атмосферного воздуха. После этого биологические установки стали распространяться в Англии с поразительной быстротой, вытесняя повсюду *механо-химическое очищение и поля орошения*. Так, до 1881 г. в Англии 134 города применяли поля орошения, а в 1907 году число биологических установок достигло уже 284, тогда как поля орошения были почти всюду уничтожены. Подобное распространение новых очистных установок вызвало необходимость в научном всестороннем изучении вопроса об очистке сточных вод, и в 1898 г. в Англии была учреждена для этой цели *специальная ко-*

1) Rideal, Sewage and the bacterial purification of sewage.

миссия (Royal Commission on Sewage Disposal), выпустившая до настоящего времени 10 ценных докладов, трактующих о технических, санитарных и экономических достоинствах и недостатках всех существующих способов очистки сточных вод. Из частных же исследований и опытов, произведенных в Англии, нельзя пройти молчаливым стремления улучшить предварительную обработку сточных вод, т. е. заменить загниватели, затруднявшие очистку на окислителях, новыми типами сооружений. Из категории опытов этого типа заслуживают внимания *пластинчатые окислители Dibdin'a*, примененные им в городах Devizes, Trowbridge, Malden и др., и в особенности *гидролитические танки Travis'a* (1908 г.), примененные им в гг. Hampton on Thames, Norwich, Luton и др. и давшие основание для ряда изобретенных конструкций для предварительной обработки сточных вод<sup>1)</sup>.

Через несколько лет после опытов Dibdin'a и др. постройка биологических фильтров начала распространяться и в Европе.

*Первая биологическая установка* в Германии была устроена в 1898 году Schweder'ом в местечке Grosslichterfeld'e около Берлина. Эта биологическая станция состояла из загнивателей и одной ступени заливных фильтров. Вскоре после этого научным изучением биологической очистки занялся профессор Dunbar, устроивший в 1900 году опытную биологическую станцию в Гамбургской больнице Eppendorf. Работы Dunbar'a, создавшего на основании долготлетних наблюдений *адсорпционную теорию* биологической очистки, привлекали к себе общее внимание специалистов и вызвали в городах Германии большой интерес к очистке сточных вод. Тем не менее, в Германии не распространился биологический способ так широко, как в Англии, так как Германия обладает *многоводными реками* (Эльба, Изар, Рейн), на которых и расположены крупные центры Германии (Дрезден, Кельн, Дюссельдорф, Мюнхен и пр.).

Взамен биологической очистки в Германии стали повсюду применять *чисто механический способ очистки*<sup>2)</sup> т. е. осаждение сточных вод в бассейнах и колодцах без всякого прибавления химических реактивов. Внимание к этому методу возбудили *опыты Steuernagel'я в Кельне* (1900 г.) и *Bock'a и Schwarz'a в Ганновере* (1899 г.), давшие основания для проектирования осадочных бассейнов. Недавно были произведены *Vogel'ем*<sup>3)</sup> новые опыты над работой отстойных бассейнов в г. Аугсбург-Лехгаузен, давшие много ценных указаний об их действительной работе. Помимо этого, распространение механического способа вызвало в Германии широкое конструирование различных решеток и сит для механического вылавливания примесей, из коих некоторые заменяли собой осадочные бассейны. Так, в 1908 году появились в Германии *сита сист. Ринша (Riensch)*, которые применены в настоящее время в таких круп-

<sup>1)</sup> J. H. Garner, Historical development of sewage purification processes, Transact. of the Intern. Conference on San. Eng., London, 1924.

<sup>2)</sup> Kusch, Die Entwicklung der mechanischen Abwässerklärung in Deutschland, Ges. Ing., 1924.

<sup>3)</sup> Vogel, Ueber die Dimensionierung der Absitz und Schlammräume mechanischer Kläranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Sinkgeschwindigkeit und der Aufenthaltsdauer, Diss. Techn. Hochsch. München, 1925.

ных центрах, как Дрезден, Дюссельдорф и др. Вместе с тем в Германии появились подобно Англии новые конструкции для предварительной обработки сточных вод. Так, заслуживают внимания: жироловки „Kremer“<sup>1)</sup>, Эмшерские колодцы (Emscher-Bruppen) Imhoff'a, колодцы „Stiag“, бассейны Grimm, Нейштадтские плоские бассейны Steuer, колодцы „Oms“, колодцы Schrank'a, колодцы фирмы „Dywidag“ и пр.

Попутно с развитием многочисленных установок в 1901 году в Германии средствами городов и правительства было под руководством проф. Schmidtmanн и Günther создано высокое научное учреждение „Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin“, в состав которого вошли выдающиеся гигиенисты, инженеры и химики. Работы этого института периодически опубликовываются с 1902 года по настоящее время в виде отдельных книг под заглавием „Mitteilungen aus Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“. Теперь это учреждение переименовано в „Die Preussische Landesanstalt für Wasser-Boden-und Lufthygiene zu Berlin—Dahlem“, и выпускаемые новые сочинения носят соответственно новое название „Mitteilungen aus der Preussischen Landesanstalt für Wasser-Boden-und Lufthygiene“. Тем не менее, из 152 крупных городов Германии по данным д-ра Salomon'a, относящимся к 1907 году, имеют очистные станции 69 городов. Из них 34 города применяют механический способ очистки, 8 — поля орошения, 6 — механо-химический и 21 — биологический способ очистки. Это разнообразие в характере очистных станций Германии следует объяснить твердо установившимися взглядами выбирать для очистки сточных вод города тот способ, который, удовлетворяя при данных местных условиях гигиеническим требованиям, является и самым выгодным.

В других странах Европы вопрос об очистке сточных вод городов не достиг той степени развития, какая имеется в Англии и Германии. Так, в Австрии<sup>2)</sup> первая биологическая установка была устроена Hofer'ом в 1903 г. в курорте Baden an der Wien. Число всех очистных станций по данным Reichel'я в 1910 г. было равно 16: из них 3 города (Znaim, Teplitz-Schönaу и Lilienfeld) применяли механический способ, 2 города (Prag и Mödling) — механо-химический способ Degener'a, а остальные — биологический (Baden an der Wien, Abbazia, Marienbad и пр.).

Во Франции также вопрос об очистке сточных вод городов не находится на должной высоте, несмотря на усиленную пропаганду проф. Calmette'a, устроившего в 1904 г. опытную станцию de la Madeleine у г. Lille'я и издавшего с 1905 года 8 томов, в которых содержится описание его наблюдений над очисткой сточных вод и изложение английских, германских и американских данных по тому же вопросу.

4 города Франции имеют поля орошения (Paris, Rheims, Maisons-Alfort и Alfortville). Биологические станции устроены в 1907 г. в Trouville, в 1908 г. в Toulon, затем в Camp de Sathonay, Valle de Vaux Chamage sur Seine, Tour-

<sup>1)</sup> Rentsch, Prinzip, Wesen und Systeme der Frischwasserklärung, Dissertation. Techn. Hochschule, München 1925.

<sup>2)</sup> Reichel, Abwässer und Kläranlagen von hygienischem Standpunkte, — Oester. Vierteljahrsschrift für Gesundheitspflege, 1910 г.

coing, Mont-Mesly и Rambouillet (1909 г.). Кроме того, многие города Франции заняты в настоящий момент разработкой вопроса об устройстве опытных очистных станций.

В Америке, несмотря на вышецитированные опыты в г. Lawrence штата Массачусетса, очистка сточных вод не привлекала прежде к себе подобающего ей внимания. Так, по данным Winslow<sup>1)</sup> к 1909 г. из 1100 канализированных городов только 90 городов очищают свои сточные воды, что составляет немного больше 8% их общего числа. Фильтрационные поля нашли себе применение в штате Massachusetts, поля орошения вследствие высокой стоимости труда рабочих применяются лишь в засушливых штатах Colorado, Montana, Nebraska и California. Биологические установки имеются в гг. Mansfield, Ohio, Plainfield, Worcester и др. Из многочисленных американских научных исследований заслуживают внимания опыты, произведенные в 1904—1905 г. на очистной станции г. Columbus Johnston и на опытной станции Бостонского Технологического Института Phelps. К 1925 г. число очистных станций в САСШ<sup>2)</sup> значительно увеличилось и достигло 1400. Из них 600 городов и селений применяют Эмшерские колодцы для предварительной обработки; другие 600 городов устроили загниватели, а остальные 200 применяют всевозможные способы очистки сточных вод.

У нас вопрос об очистке городских сточных вод также не стоит на высокой степени развития. Главной причиной является, с одной стороны, малое число частично канализированных до настоящего времени городов (Москва, Харьков, Одесса, Киев, Ростов на Дону, Саратов, Д. Село, Симферополь, Днепропетровск, Н. Новгород, Ульяновск, Сталинград, Оренбург, Кироводск, Пятигорск, Ессентуки, Железноводск, Троцк, Ялта и др.), а с другой стороны, и чрезмерные требования б. Медицинского Совета, который до самого последнего времени своего существования требовал во что бы то ни стало применения полей орошения,—способа, который во всех государствах Зап. Европы встречается как исключение из правила. В результате таких суровых требований, ряд крупных русских городов, имея вполне разработанные проекты, продолжает утопать в собственных нечистотах<sup>3)</sup>.

Научные опыты над изучением биологической очистки велись в СССР с 1902 года С. К. Дзержговским, который для этой цели построил опытную станцию в Д. Селе, а затем перенес свою деятельность в Институт Экспериментальной Медицины. Заслуживают также большого внимания и опыты по биологической очистке, произведенные в 1905—1907 гг. на полях орошения г. Москвы.

Из канализированных в России городов Одесса (1887 г.), Москва (1898 г.), и Киев (незнач. часть 1895 г.) эксплуатируют поля орошения, а Харьков, Д. Село и Симферополь имеют биологические станции. Кроме того, для разгрузки своих полей орошения и г. Москва устроила биологическую

<sup>1)</sup> Winslow, Sewage disposal in the United States, Wasser und Abwasser, 1909.

<sup>2)</sup> Data from State Health Boards—Sewage treatment plants in the United States, Publ. Works, 1925.

<sup>3)</sup> Проф. Г. Хлопин. Материалы по оздоровлению городов Саратова, Самары, Царицына и Астрахани, 1911.

станцию на 500000 ведер. Н. Новгород, Ульяновск и Днепропетровск применяют механическую очистку. Из мелких биологических установок для отдельных учреждений (фабрик, заводов, больниц, высших учебных заведений), широко распространившихся во всех частях СССР, заслуживают внимания биологические станции г. Днепропетровска, устроенные за 1904—1908 годы.

Далее, нельзя не упомянуть, что в настоящее время строятся канализации и очистные станции в Ленинграде, Туле, Баку, Полтаве, Минске и Калуге. Кроме того, разработаны проекты Твери, Владимира и др. Наконец, следует указать, что в России в 1912 году появились *тэнки-сепараторы* системы Александра и Заславского для предварительной обработки сточных вод и биологическая очистка системы Несмеянова и Розанова.

Во время последней войны 1914 г. творческая мысль в области очистки сточных вод остановилась во всех государствах, кроме САСШ и Англии, сумевших в это время поставить опыты по очистке сточных вод путем вдувания в них воздуха, увенчавшиеся созданием нового способа очистки посредством активного ила (activated sludge). Собственно говоря, первые опыты были поставлены еще в 1912 г. на станции Лауренс (Lawrence) в штате Массачусетс (Massachusetts), где был построен бассейн глуб. 1,52 м с вертикально поставленными на расстоянии 2,5 см шиферными пластинами, получивший название *Лауренс-тэнка* (Lawrence-tank); продувание этого тэнка воздухом осуществлялось посредством уложенных по его дну дырчатых труб. Вследствие малого количества воздуха (один объем воздуха на один объем сточ. воды) эти опыты, организованные Clark, Adams и de M. Gage, оказались неудачными, но тем не менее они дали толчок для постановки в 1914 г. опытов по очистке сточных вод за счет вдуваемого в них воздуха в г. Манчестере Fowler и его сотрудникам Arden и Lockett<sup>1)</sup>. Этими опытами впервые было установлено образование *особого осадка-ила*, прибавка которого в количестве 25% к продуваемой воздухом сточной воде сокращает время продувки до 6 часов; этот осадок и был назван экспериментаторами *активированным илом* (activated sludge).

Впоследствии это название было заменено новым—*активный ил*—и даже по предложению С. Н. Строганова—*актил*. После этих опытов появились в Англии и САСШ первые осадочные бассейны с продуванием воздуха и очисткой посредством *активного ила* или *аэро-тэнки*. Аэро-тэнки стали устраиваться по двум системам: первая—с пропуском сжатого воздуха чрез установленные в центральной части бассейнов, на дне пористые пластинки или трубы (сист. Fowler), а вторая—с введением сжатого воздуха с одной стороны бассейнов (сист. Hurd)<sup>2)</sup>. Кроме аэро-тэнков появились в Англии и способы, действие которых основано на получении воздуха механическим путем из атмосферы. К этим способам относятся: *био-аэраторы Гауордса* (Haworth)<sup>3)</sup>, в которых пополнение кислорода, расходуемого в процессе очищения сточной воды, идет за счет воздуха, соприкасающегося с водой, и система „Симплекс“ Болтона, (Bolton)<sup>4)</sup>, заключающаяся в устройстве глубоких круг-

<sup>1)</sup> E. Arden and W. Lockett. Experiments on oxydation of sewage, San. Rec., 1914.

<sup>2)</sup> Sewage purification at Manchester, Surv., 1924.

<sup>3)</sup> Haworth, Sewage disposal works at Sheffield, Surv., 1924.

<sup>4)</sup> Bolton, Elasticity of the activated sludge process, Surv., 1924.

лых резервуаров с нижней конической частью и вращающимися механизмами, засасывающими атмосферный воздух. Различные системы *аэро-тэнков* широко распространились в Англии и ее доминионах и колониях и в САСШ. Число таких установок достигло к 1925 г.—120. В других же государствах имеются или единичные небольшие установки или опытные устройства. Так, напр., Франция имеет аэро-тэнк в Mont-Mesly<sup>1)</sup> (1921) для очистки 6000 куб. м, Германия—в Essen-Recklingshausen<sup>2)</sup> и München<sup>3)</sup>, Голландия<sup>4)</sup>—в Haag, для очистки 50 куб. м, в Riswijk<sup>5)</sup> для города-сада с населением в 600 ч., в Дании<sup>6)</sup>—в Копенгагене для судостроительного завода (1920 г.) и в Холте—для части города с населением в 5000 ч. (1923); Польша поставила опыты в Варшаве (1925) и т. д.

У нас в СССР изучению способа обработки сточных вод посредством *активного ила* в русских условиях мы обязаны проф. С. Н. Строганову<sup>7)</sup> и его сотрудникам Н. А. Базякиной и инж. И. Г. Поварнину. После лабораторных исследований и технических изысканий на полулабораторных установках и пробных станциях Москвы (1916—1917) была устроена опытная станция на московских полях орошения (1919), где велись в течение 3 лет разнообразные исследования над различными *аэро-тэнками* английского и американского типов. В результате этих опытов была создана *оригинальная конструкция аэро-фильтров*, т. е. продуваемых воздухом биологических фильтров. После удачных московских опытов был построен опытный *аэро-тэнк* для 625 куб. м сточных вод в сутки на очистной станции Харькова.<sup>8)</sup> Русские „*аэро-фильтры*“, которые в настоящее время строятся для новых частей канализационной сети г. Москвы, оказали некоторое влияние и на работу английских инженеров<sup>9)</sup>, которые *также начали находить возможным продувку биологических фильтров в целях увеличения их нагрузки*.

Заканчивая исторический очерк, нельзя не отметить, что во всех государствах выработано много интересных приемов *по удалению и последующей обработке осадков*, скопляющихся во всех очистных сооружениях и представляющих наибольшие затруднения при эксплуатации очистных станций (подсушивание на дренажных площадках, прессование, центрофугирование, сжигание, добывание газов и жира).

1) *Cavel*, Le traitement des eaux d'égout par la boue activée, Rev. d'Hyg, 1925.

2) *Jmhoff und Fries*. Die neue Schlammbelebungsanlage des Ruhrverbandes in Essen-Recklingshausen, Techn. Gem., 1926.

3) *Strell*, Ueber die Abwässerklärung mit aktiviertem Schlamm, München Ges Ing. 1927.

4) *Jan Smit*, De Hedendaagsche Stand van het vraagstuk der zuivering van huishoudelijk en industrieel afvalwater, Amsterdam, 1925.

5) *Caulermann et Hennekine*, Considerations sur l'épuration des eaux résiduaires, Ann. de l'Assoc. des Ing., sortis des écoles spéciales de Gand, 1925.

6) *Peel Harvey*. Sewage treatment in Scandinavia and Finland, Trans. of the Intern. Confer. on Sanitary Engineering, London, 1924.

7) V Отчет совещания по очистке сточных вод за 1914—1922 г., Москва, 1923—1925.

8) *Д. С. Черкес*. Канализация г. Харькова и ее очистные сооружения, 1922.

9) *Whitehead*. Partial purification of sewage by activated sludge, Surv., 1926.

## ГЛАВА II.

### Состав и количество сточных вод

§ 1. Общие соображения. Колебания состава сточных вод. Состав сточных вод должен быть изучен до составления проекта очистной станции. Это требование легко выполнить, *если в городе уже существует канализационная сеть*, так как в этом случае без всяких затруднений берутся систематически пробы для установления среднего химического, бактериологического и биологического состава сточных вод. *Если же в городе имеется ряд водосточных каналов (Ленинград, Тифлис)*, то необходимо взять пробы во всех этих каналах для установления понятия о среднем составе сточных вод. Самым трудным будет *третий случай*, встречающийся довольно часто на практике, *когда в городе нет никаких каналов, но он желает получить полный проект канализации и очистки сточных вод*. В этом случае приходится действовать исключительно путем аналогии, изучая соответственные примеры очистных станций в городах с одинаковым водопотреблением, или ограничиться устройством временной опытной станции для выбора наилучшего типа для данного города.

*Состав сточных вод* в различных городах далеко не одинаков и зависит от ряда различных факторов: *средней нормы потребления воды на человека, состава водопроводной воды, системы канализации, обычаев местного населения, плотности населения в различных городах, кварталах, числа и характера общественных сооружений, фабрик и заводов, выпадения атмосферных осадков и пр.*

*Величина потребления воды в городе и ее состав* обуславливают собой большее или меньшее содержание примесей в единице объема, т. е. *устанавливают концентрацию сточных вод*, что, разумеется, имеет большое значение для работы очистных сооружений. Так, напр., проф. Rubner<sup>1)</sup>, принимая, что в сточных водах содержится 180 г примесей на человека в сутки, дает для немецких городов классификацию сточных вод по степени их концентрации в следующей таблице Ia (стр. 17).

Англичанин Temple<sup>2)</sup> предлагает для Англии, САСШ и Индии устанавливать концентрацию сточных вод также в зависимости от норм потребления, как это можно видеть из следующей таблицы (Ib) (стр. 17).

1) Prof. Rubner, Gruber und Ficker, Handbuch der Hygiene, 1911.

2) Temple. User as standard unit for sewage works, Surv., 1924.

Таблица Ia.

Норма потребления на человека в сутки в л	Наибольшее количество примесей в мг в 1 л воды	Степень концентрации
50	3600	сильная
100	1800	средняя
200	900	слабая

Таблица Ib.

ГОСУДАРСТВА	Нормы потребления воды в л на ч л./сут.		
	К о н ц е н т р а ц и я		
	Сильная	Средняя	Слабая
Индия . . . . .	23 -- 68	68 — 135	> 135
Англия . . . . .	18 — 113	113 — 180	> 180
САСШ . . . . .	180 — 315	315 — 450	> 450

*Устройство канализации по общесплавной или по раздельной системе влечет за собой или разжижение домовых вод атмосферными во время выпадения осадков или же указывает на необходимость очистки одних отработавших вод городских и фабрично-заводских водопроводов.*

Влияние фабричных и заводских вод на состав городских сточных вод зависит от их количества и состава. Если в городе мало промышленных заведений, то влияние сточных фабричных и заводских вод будет ничтожно и нередко сводится лишь к незначительному изменению их окраски. Наоборот, в промышленных центрах (Москва, Иваново-Вознесенск) с этим вопросом приходится серьезно считаться, и в случае возникающих для очистки фабричных вод затруднений следует требовать от заводов предварительной обработки сточных вод до выпуска их в водосточные каналы. Впрочем, эти требования желательно предъявлять лишь в тех случаях, когда в сточных водах содержатся или яды (воды металлических и красильных фабрик и заводов), или громадные количества органических веществ (пивоваренные, кожевенные, сахарные, винокурные заводы и др. бродильные производства), или когда сточные воды имеют высокую температуру (более 30°R.).

Говоря о составе сточных вод, не следует представлять себе, что к очистным сооружениям в каналах притекает жидкость в том же виде, в каком она вытекает из домов. При движении жидкости по подземным каналам, протяжение которых измеряется километрами, примеси, содержащиеся в сточных водах от взаимного трения между собой и о стенки каналов измельчиваются, и в результате мы получаем жидкость грязно-серого или буро-желтоватого цвета с плавающими по ее поверхности веществами (экскрементами, бумагой, листьями, пробками, шкурками плодов и пр.). Помимо рассмотренных причин не без влияния на состав сточных вод остается и тип дождеприемников общесплавной канализационной сети. Если они не имеют осадочных приспособ-



соблений и гидравлических затворов, то в каналы легко попадают тяжелые уличные отбросы, что необходимо иметь в виду при проектировании очистных сооружений<sup>1)</sup>.

Еще большее влияние оказывает на состав сточных вод *подъем их насосами*, так как здесь, помимо большого измельчивания, достигается уравнивание количества сточных вод, которые поступают в канализационную сеть неравномерно<sup>2)</sup>, что имеет важное значение для равномерной работы очистных станций.

Далее, при изучении состава сточных вод необходимо иметь в виду, что он в одном и том же городе и даже в одних и тех же его частях подвергается постоянным *изменениям вследствие колебаний в количестве протекающих по водосточным каналам сточных вод*.

*Количества протекающих по подземным каналам сточных вод изменяются по годам, временам года, дням и часам.*

*Годовые колебания количества сточных вод зависят от естественного увеличения численности городского населения, фабричных и заводских предприятий и от количества присоединенных новых домов к канализационной сети и обыкновенно учитываются при составлении проекта канализации города путем введения расчетного населения чрез некоторое заданное число лет  $t$  по формуле (1) геометрической прогрессии*

$$N_1 = N(1 + 0,01 p)^t \dots \dots \dots (1),$$

где  $N_1$  — расчетное население,  $N$  — население в данный момент и  $p$  — прирост народонаселения.

Но главной причиной годовых колебаний является изменение количества сточных вод в зависимости от большего или меньшего выпадения *атмосферных осадков* в данном году, что, конечно, имеет значение лишь *для общесплавной системы канализации*. Так, напр., в английском городе Newton le Willows—в марте 1902 г. в течение дня по каналам протекало 565,6 куб. м (124300 галлонов), в августе 1903 г. 1038,3 куб. м (228200 галлонов) и в мае 1905 г. 962,3 куб. м (211500 галлонов) сточных вод. В Одессе к резервуару насосной станции притекает в *сухую погоду* в 1927 г. 21250—25000 куб. м, а во время *ливней* сток повышается до 50000—62500 куб. м в сутки.

*Колебания по временам года* зависят от большего доступа грунтовых вод в канализационную сеть весной и зимой, что имеет место в *некоторых канализационных сетях при употреблении глиняного стыка для керамиковых труб* (Детское Село, Киев) и при недостаточно тщательной кладке больших каналов. Независимо от этого, колебания по временам года в *курортах* (Ялта, Кисловодск, Евпатория) и *дачных местах* (Детское Село, Слуцк) зависят от большего или меньшего числа *приезжих*. Это обстоятельство также учитывается при проектировании очистных станций, путем разделения их на такие части, чтобы во внесезонное время работала бы соответственная часть станции.

1) Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, глава XIII, 2 изд., 1926.

2) Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, глава XX, 2 изд., 1926.

Примером колебаний в составе сточных вод по временам года могут служить нижеследующие таблицы II и III, в которых содержатся данные о колебаниях состава сточных вод гг. Москвы и Манчестера.

Таблица II. Москва.

ВРЕМЕНА ГОДА	Взвешен. вещества		Плотный остаток		Окисляемых
	После пропар.	После прогал.	После пропар.	После прогал.	
<i>мг в л</i>					
Весна 1906 г. . . . .	704	125	1109	578	67
Лето „ . . . . .	658	132	1067	544	65
Осень „ . . . . .	802	124	1019	522	69
Зима 1906—1907 гг. . . . .	682	124	1096	643	72
Весна „ . . . . .	582	108	1022	587	52
Лето „ . . . . .	519	112	896	459	46

Таблица III. Манчестер.

Время взятия проб	<i>мг в л</i>				
	Кислор. поглощ.		А з о т		Хлор
	в 3 м.	в 4 ч.	аммиач.	альбум.	
Май, 1899 г. . . . .	3,37	5,99	2,23	0,324	16
2 Июня—16 Августа . . . . .	3,80	6,54	2,47	0,370	16,1
В течение 3 мес. до 26 Дек. 1900 г. . . . .	5,47	11,46	2,01	0,610	16,6
В течение 6 мес. до 26 Дек. 1900 г. . . . .	5,49	11,11	2,23	0,590	17,0

Колебания по дням зависят от привычек населения и от нахождения в городе некоторых производств, при которых не каждый день спускаются фабричные и сточные воды. Привычки населения отражаются на усилении расхода сточных вод в некоторые дни недели. Таким днем для большинства русских городов является суббота и канун больших праздников вследствие привычек русских мыться в банях и ваннах и мыть свои помещения в этот день.

Иллюстрацией колебаний могут служить диаграммы колебаний количества сточных вод по дням недели в двух английских городах Exeter с домовым и Rochdale—с промышленным характером сточных вод черт. (1 и 2).

Примером колебаний состава сточных вод по дням недели в неполной раздельной сплавной системе канализации могут служить данные 1907 г. о составе сточных вод г. Москвы, сведенные в таблицу IV (стр. 21).

Колебания состава сточных вод, как видно из таблицы IV, нехарактерны для того или другого дня. Это объясняется тем, что в этом случае для анализов набирались средние за 24 часа пробы, с 6 ч. утра до 6 ч. другого дня.

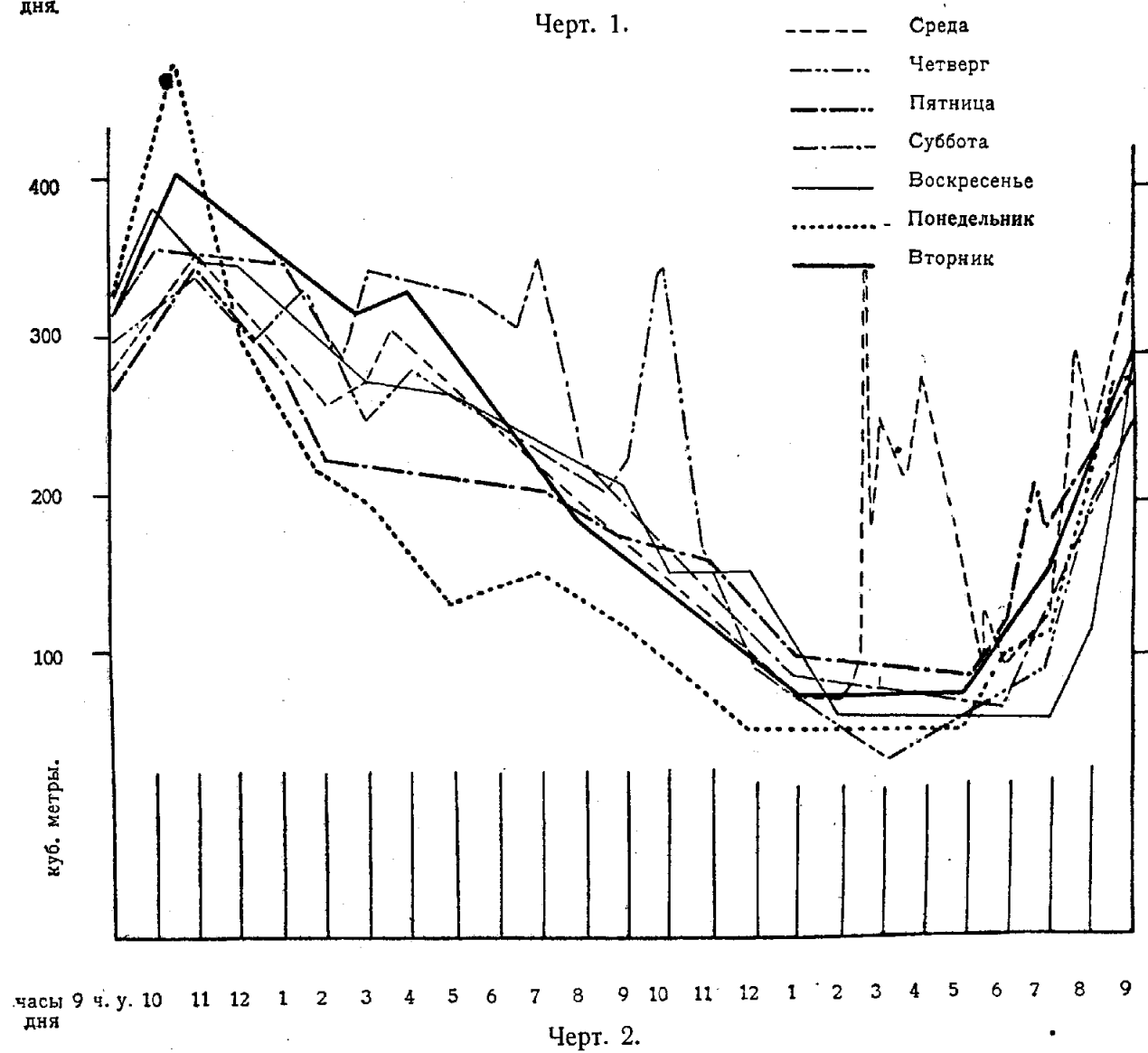
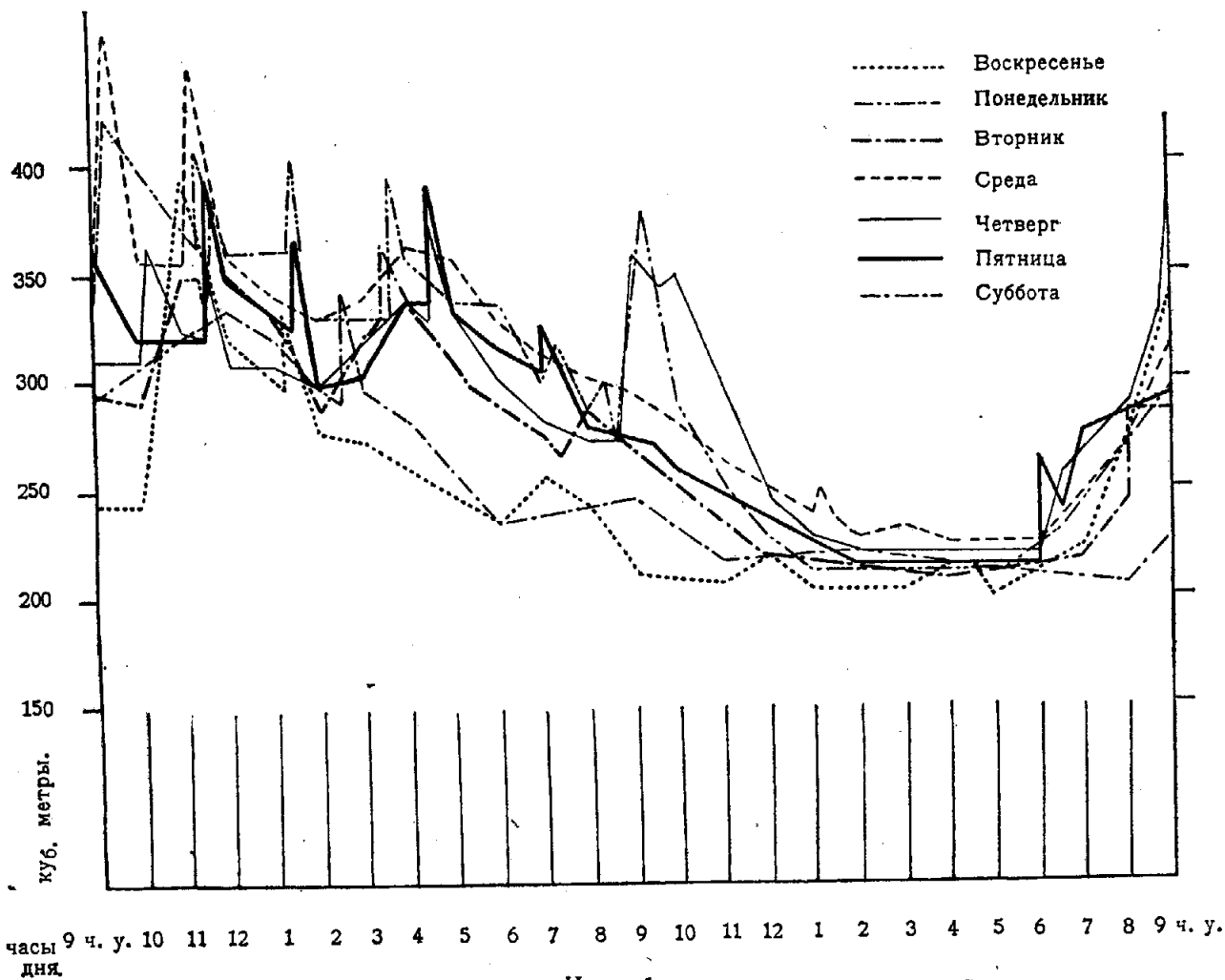


Таблица IV.

Д Н И Н Е Д Е Л И	Количество взвешенных веществ в мг в л
Воскресенье—понедельник . . . . .	614
Понедельник—вторник . . . . .	684
Вторник—среда . . . . .	655
Среда—четверг . . . . .	575
Четверг—пятница . . . . .	633
Пятница—суббота . . . . .	594
Суббота—воскресенье . . . . .	611
Среднее за неделю . . . . .	638

Тут нужно отметить, что подобный прием был также применен экспертами для оценки работы очистных станций в САСШ<sup>1)</sup>.

Независимо от колебаний в течение дней недели имеют место и *колебания по часам в течение дня*, которые зависят от неравномерного потребления воды жителями города. Эти колебания несколько уравниваются в зависимости от расстояния очистной станции до слепых концов верховьев канализационной сети и от скоростей движения сточных вод в каналах. Поэтому, *чем больше город, тем меньше колебания в количестве сточных вод*, притекающих к очистным сооружениям, так как сточные воды, влившиеся в верхние части каналов, должны *употребить некоторое время* (измеряющееся для крупных и средних городов часами), *чтобы достигнуть очистных сооружений*. Наоборот, *чем меньше город, тем часовые колебания расхода и состава сточных вод* проявляются *резче* и вызывают *устройство уравнивательных сооружений на очистных станциях*.

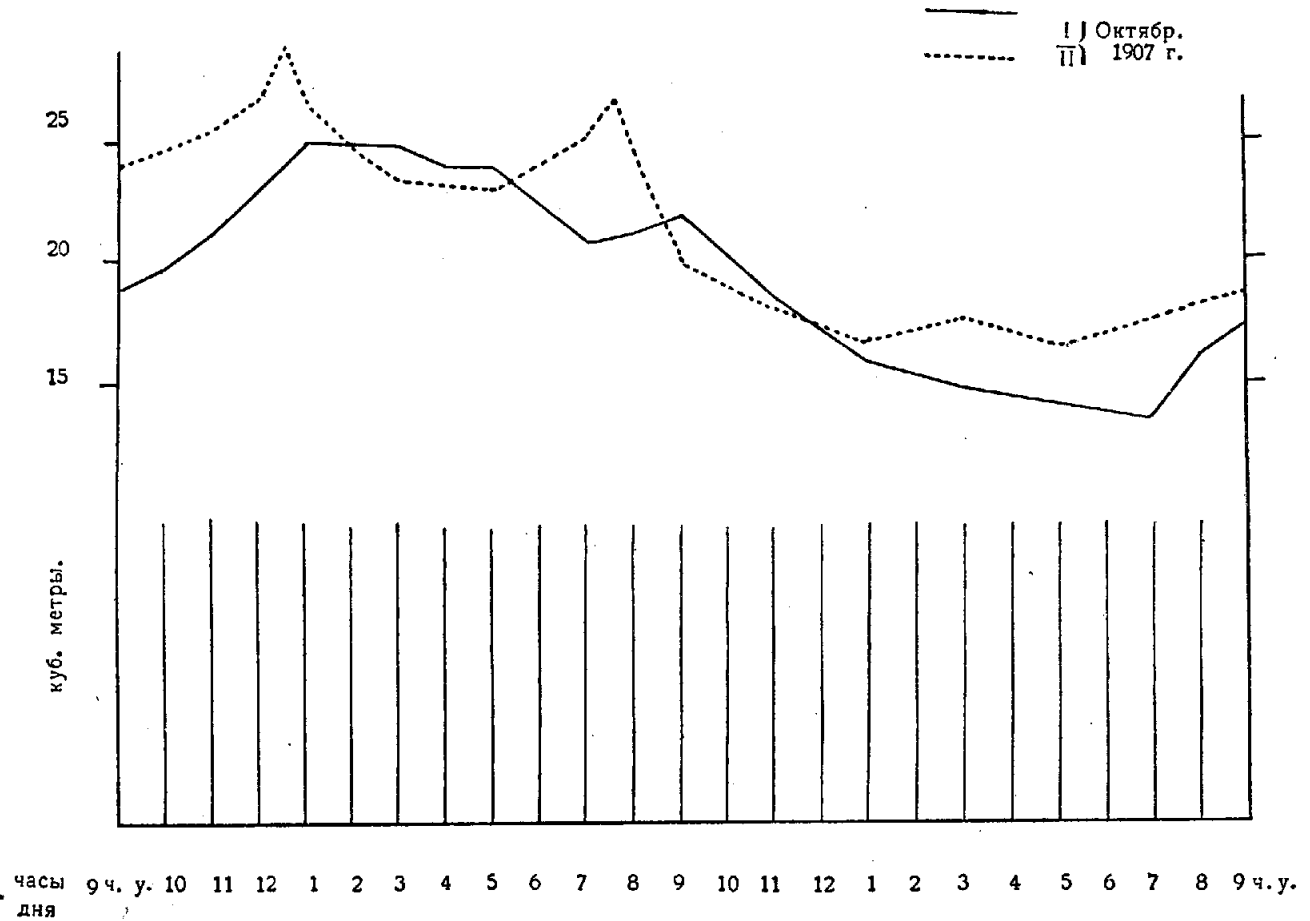
Если приходится поднимать сточные воды на очистные станции (случай, чаще всего встречающийся на практике), то для лучшего использования работ насосов приходится устраивать при насосных станциях *сборные резервуары*, которые, уравнивая колебания в количестве сточных вод, придают им более однородный состав, являясь *одновременно песколовками*.

Для пояснения только что сказанного приведем примеры диаграмм количества притекающих на очистные сооружения сточных вод в двух английских городах: Hatfield, где жидкость идет самотеком к очистительным сооружениям, и Guildford, где приходится поднимать сточные воды (черт. 3 и 4).

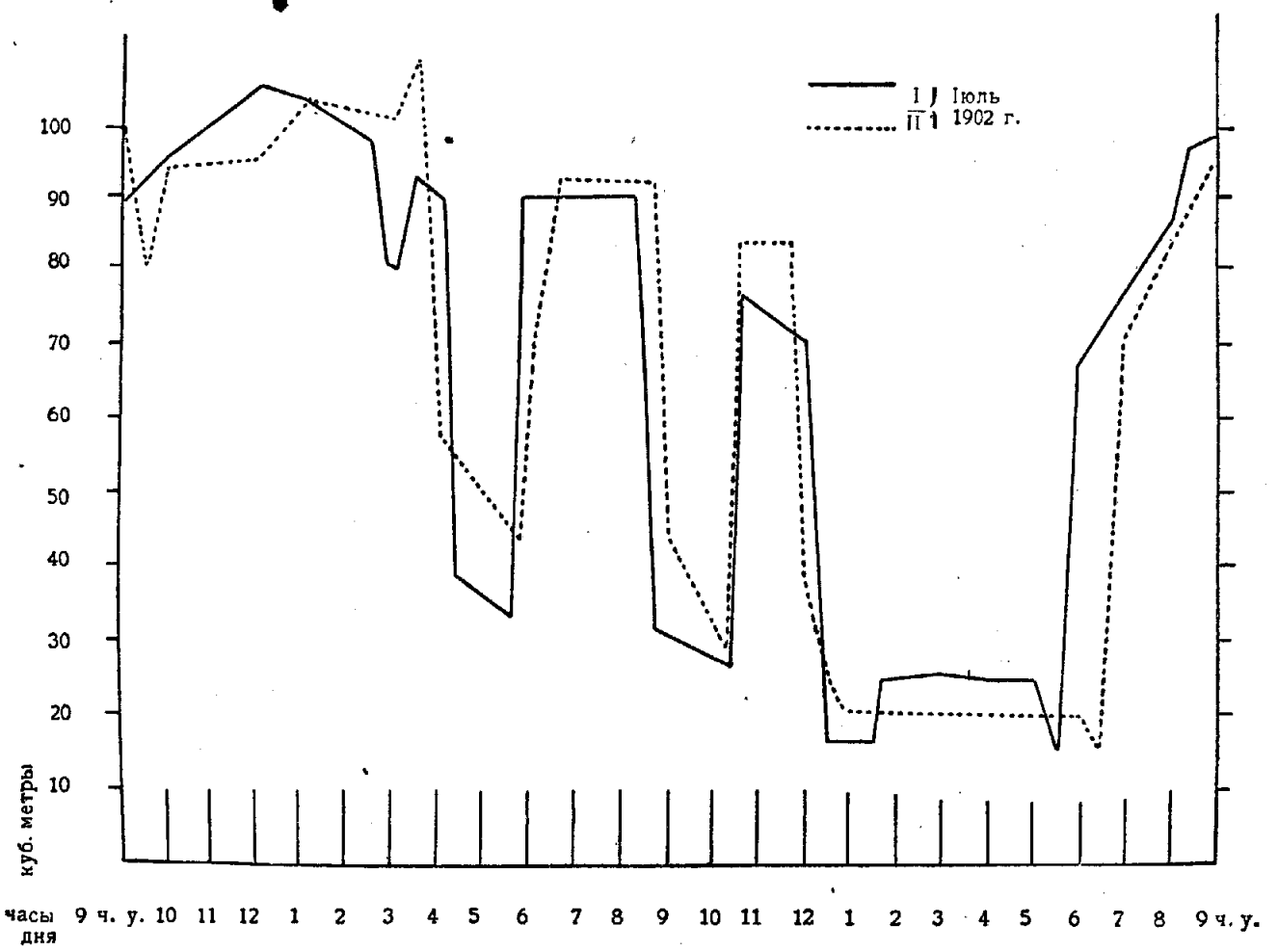
Диаграммы г. Hatfield относятся к длинному отводному каналу с незначительными уклонами, при чем вторая диаграмма иллюстрирует колебания сточных вод после нескольких дней сильных ливней. На диаграммах Guildford'a ясно видны колебания, зависящие от большего или меньшего числа работающих насосов.

На черт. 5 показаны часовые колебания в течение суток в составе сточных вод г. Москвы (средние за неделю) перед войной 1914 г..

<sup>1)</sup> *Wagenhals, Theriault and Hommon, Sewage treatment in the United Waschington, 1923.*



Черт. 3.



Черт. 4.

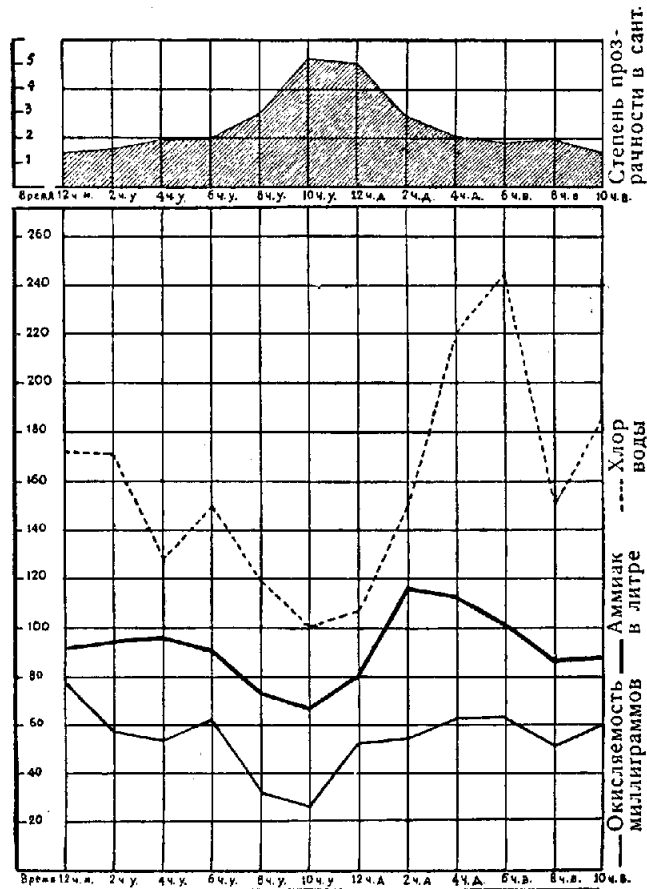
Верхняя кривая показывает степень прозрачности сточной воды, вторая — содержание хлора, третья — аммиака и нижняя — окисляемость. Из этой диаграммы следует вывести заключение, что сточные воды г. Москвы бывают наиболее чистыми от 8 ч. утра до 12 ч. дня, а наиболее грязными от 4 ч. д. до 12—2 ч. ночи.

§ 2. Определение количества сточных вод теоретически и непосредственным измерением. Вышеизложенные соображения о колебаниях по часам, дням и годам выдвигают вопрос о том, на какое же количество воды должны быть рассчитаны очистные сооружения. В случае канализации городов по раздельной системе приходится иметь дело лишь с отработавшими водами городских и фабрично-заводских водопроводов, но с непременным учетом колебаний количества стекающей воды, в особенности для небольших городов. Для этой цели нам нужно знать *максимальное потребление в течение часа в тот день года, когда население потребляет больше всего воды.*

Для пояснения приведем таблицу V для 14 английских городов, в которой помещены интересующие нас данные, составленные на основании наблюдений в течение недели.

Из таблицы V видно, что в большинстве случаев *отношение максимального часового расхода к среднему в течение дня в ряде небольших английских городов колеблется между 1,5 и 2,0.* Такие же соотношения наблюдаются и в городах САСШ<sup>1)</sup>. Это соотношение, наблюдающееся и в русских городах, обыкновенно принимается за основание при подборе городских водосточных каналов<sup>2)</sup>. В некоторых же городах, помещенных в этой таблице (Chorley, Prestolee), отношение максимума к среднему расходу близко к 1, что является признаком *проникания дренажной воды в канализационную сеть вследствие неплотностей в стыках труб или щелей в стенках каналов.*

Поэтому *при составлении проекта очистной станции нам нужно прежде всего составить диаграмму колебаний количества притекающей к ней сточной воды.* Если канализационная сеть уже имеется в городе, то непосредственное измерение количеств сточной воды не представляется затруднитель-



Черт. 5.

<sup>1)</sup> *Wagenhals, Theriault and Hommon, Sewage treatment in the United States, 1923.*

<sup>2)</sup> *Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, глава V, 2 изд., 1926.*

Таблица V.

Название города	Население в канале- зипованных частях го- рода	Количество сточ- ных вод на чело- века в сутки		Среднее суточное количество сточ- ных вод в кана- лизированных ча- стях города		Средний часовой мак- симум в галлонах	Средний часовой ми- нимум в галло- нах	Время наступления часовых		Среднее количество сточных вод в час в галлонах	Отношения среднего часового максимума	
		В галлонах	В м.	В галлонах	В куб. м			Максиму- мов	Минимумов		К среднему часов. минимуму	К среднему часов. количеству
Slaithwaite . . . . .	3000	46,6	212,03	140000	637	12000	5000	4 ч.—5 ч. поп.	5833	2,4 : 1	2,07 : 1	
Newton le-Willows	9000	23,3	106,01	210000	955,5	14000	3600	5 ч.—6 ч. поп.	8750	3,9 : 1	1,60 : 1	
Oswestry . . . . .	9800	35,7	162,44	350000	1592,5	18700	9280	3 ч.—4 ч. поп.	14580	2,01 : 1	1,28 : 1	
Exeter (глав. очист. станция) . . . . .	38000	34,2	155,61	1300000	5915	85330	25775	3 ч.—4 ч. поп.	54167	3,3 : 1	1,57 : 1	
Hartley Wintrey . . . . .	1600	31,2	141,96	50000	227,5	5200	1300	5 ч.—6 ч. поп.	2083	4 : 1	2,49 : 1	
Calverley . . . . .	2300	5,2	23,66	12000	54,6	704	273	1 ч.—3 ч. поп.	500	2,57 : 1	1,41 : 1	
Chorley . . . . .	27000	33,3	151,52	900000	4095	42220	29500	3 ч.—4 ч. поп.	37500	1,43 : 1	1,12 : 1	
Prestolee . . . . .	500	36	163,8	18000	81,9	820	730	2 ч.—3 ч. поп.	750	1,12 : 1	1,09 : 1	
Horfield . . . . .	2500	15,2	69,16	38000	172,9	3500	700	3 ч.—4 ч. поп.	1583	5 : 1	2,21 : 1	
Andover . . . . .	5000	30	136,5	150000	682,5	8630	3200	4 ч.—5 ч. поп.	6250	2,69 : 1	1,38 : 1	
Rochdale . . . . .	52000	25,2	114,66	1310000	5960,5	114680	55860	3 ч.—4 ч. поп.	54583	2,05 : 1	2,01 : 1	
Halton . . . . .	3000	17,5	79,63	35000	159,25	2100	1000	3 ч.—4 ч. поп.	1458	2,1 : 1	1,44 : 1	
Clifton . . . . .	2000	11	50,05	22000	100,1	1300	630	2 ч.—3 ч. поп.	916	2,06 : 1	1,41 : 1	
Altrincham . . . . .	18000	44,4	202,02	800000	3640	50000	30000	3 ч.—4 ч. поп.	33333	1,66 : 1	1,50 : 1	

Примечание. Все цифры представляют собой средние данные, взятые за неделю.

ным. При одновременном же составлении проекта канализации и очистной станции приходится *прибегать к изучению диаграмм потребления воды в городе и, найдя день наибольшего потребления воды, соответственно сдвинуть водопроводную диаграмму на два—три часа.*

Здесь, к сожалению, нужно констатировать, что у нас, в СССР имеется мало систематических и точных наблюдений за количеством расходуемой водопроводной воды, вследствие чего для составителя проекта в большинстве случаев остается единственный путь — путь аналогий, правильное пользование которыми зависит от его опытности и знаний.

В случае устройства канализации и очистных сооружений в городах, в которых не имеется вовсе или мало фабрик и заводов, представляется достаточным вести расчет очистной станции на полуторный или двойной средний суточный расход, отнесенный к некоторому периоду службы проектируемых сооружений  $t$

$$Q = (1,5 - 2) Nq (1 + 0,01p)^t \dots \dots \dots (2),$$

где  $Q$  — расчетный расход,  $q$  — суточная норма потребления воды на человека (от 50 до 100 л в русских городах),  $N$  — население города в данный момент,  $q$  — прирост народонаселения и  $t$  — период службы сооружений.

Но на такой расход с учетом часовых колебаний (это выражается увеличением значения  $Q$  в 1,5—2 раза) следует вести только расчет каналов, приводящих воду к очистным сооружениям. При расчете же отдельных частей очистных станций не следует сразу их проектировать на весь период  $t$ , а лишь на  $\frac{t}{2} - \frac{t}{3}$  для того, чтобы эти сооружения работали при нормальной нагрузке и увеличивались бы по мере развития канализации. При таком разделении очистных сооружений на очереди получается *экономия в первоначальных затратах, что в свою очередь влечет за собой понижение общего канализационного тарифа.* В тех случаях, когда приходится обрабатывать значительное количество воды и строить несколько отводных каналов, представляется возможным и их постройку разделять на периоды.

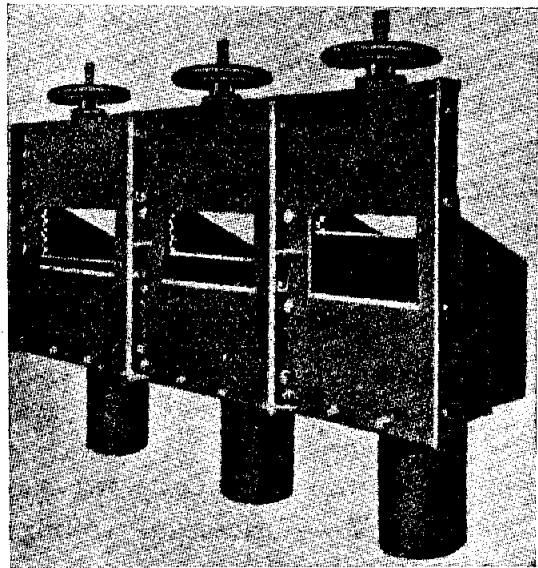
Максимумы часовых колебаний в деле наибольшего потребления также несомненно влияют на размеры отдельных частей очистных сооружений. Так как неочищенные сточные воды поступают в большинстве случаев на сооружения для предварительной обработки, то степень влияния часовых колебаний будет зависеть от типа подобных сооружений. К более подробному ознакомлению с этим вопросом мы вернемся ниже при описании конструкций для предварительной обработки сточных вод.

Все эти соображения имеют значение для неполной раздельной системы. В случае же сооружения очистных станций для общесплавной системы необходимо к вышеустановленным величинам прибавить *известный объем дождевых вод* в зависимости от принятого *коэффициента разжижения.*

Все вышеприведенные приемы уступают непосредственному измерению количества протекающих в отводных каналах сточных вод, каковое, как мы уже говорили выше, представляется возможным лишь при существовании в городе



канализационной сети. Недавно подобные наблюдения были произведены в Москве<sup>1)</sup>. Чем больший период времени будет отведен для наблюдений, тем будут точнее основания для проектирования очистных сооружений. Приборы для измерения сточной воды представляются необходимыми, как мы увидим ниже, и для правильной эксплуатации очистных станций.

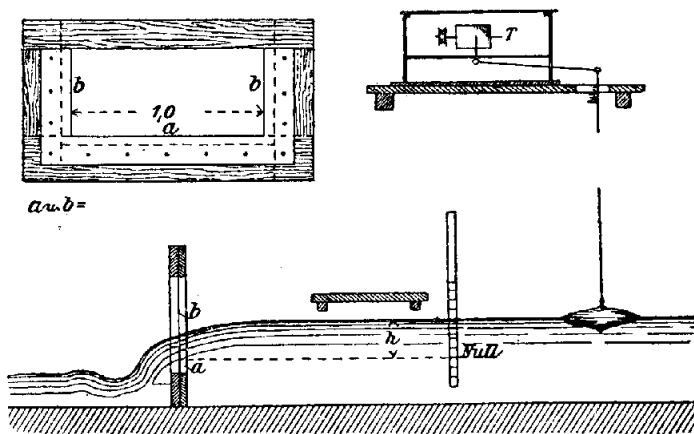


Черт. 6.

Для облегчения подобных измерений  $h$  и подсчетов  $Q$  легко присоединить к водосливу рамку с делениями, на вертикальных полосах которых надписан расход воды, соответствующий определенному слою переливающейся воды. Водосливы подобного типа часто употребляются на биологических станциях Англии; из них заслуживает внимания водослив системы Adams'a (черт. 6).

Водосливы Adams'a<sup>2)</sup> имеют острые ребра и линейки для чтения расходов; меняя высоту водосливных щитов посредством тяг с винтовой передачей, можно изменять и высоту слоя переливающейся воды и, таким образом, по желанию измерять секундные или минутные расходы.

Дальнейшее усовершенствование в применении водосливов заключается в приспособлении к ним поплавков и автоматических счетчиков. К таким конструкциям принадлежит прибор, примененный в Бремене (черт. 7), где установлен водослив с острыми ребрами  $a$  и  $b$ , шириной в 1 м, в виде деревянной рамы; поплавок, отмечающий уровень, связан с карандашом, который



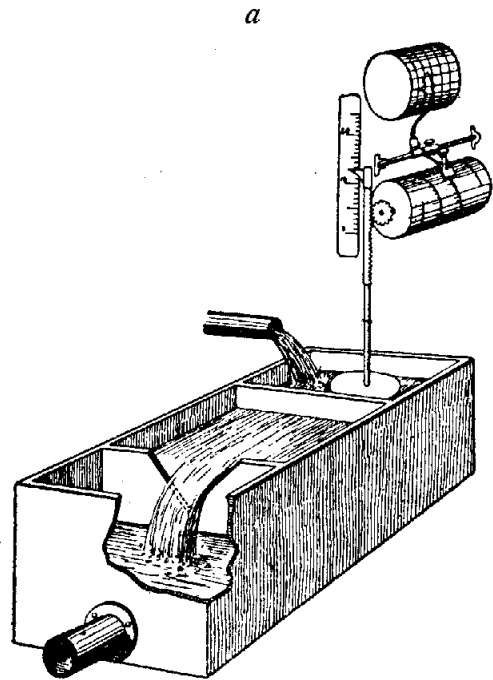
Черт. 7.

<sup>1)</sup> Проф. А. Милович и инж. Грицук. Исследование движения жидкости в канализационной сети г. Москвы, 1927 г.

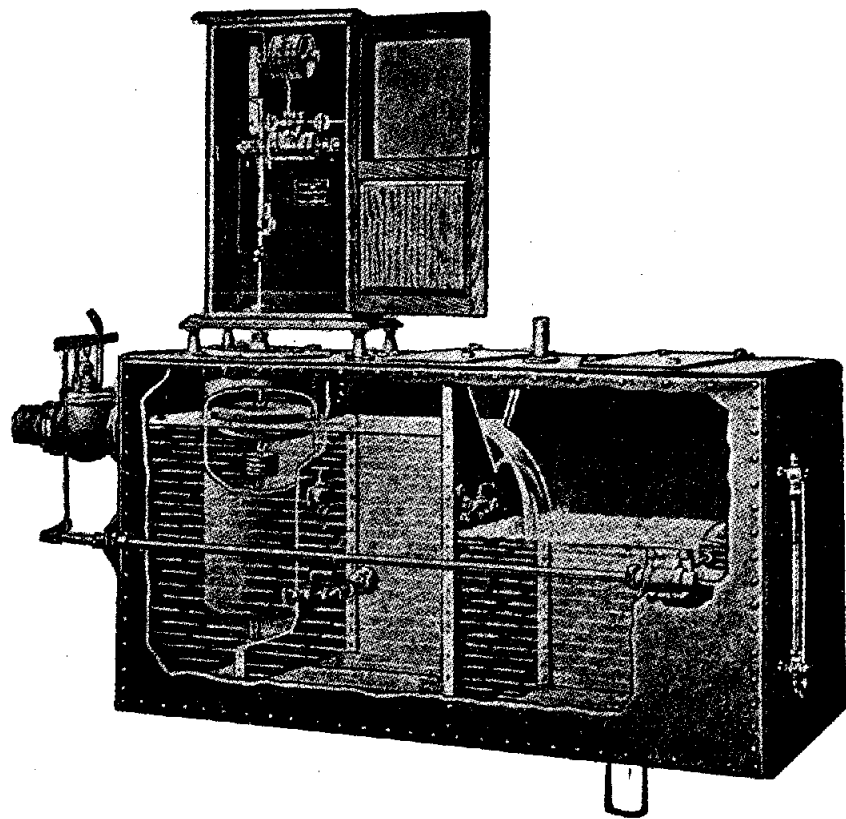
<sup>2)</sup> Ing. Schiele, Abwässerbeseitigung von Gewerben und gewerblichen Städte, Mitt. aus König. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung Heft II.

вычерчивает кривую колебаний расходов воды на барабане, вращающемся посредством часового механизма. Подобный аппарат был применен также и на опытной биологической станции г. Москвы.

К этой же группе водосливов с автоматическими счетчиками, вычерчивающими диаграммы колебаний расходов воды, принадлежит установленный в английских городах Stockport и London прибор „Lea Recorder“<sup>1)</sup>. Этот прибор (черт. 8 *a—b*) состоит из трех отделений. В первое отделение, в котором установлен цилиндр с поплавком, вливается вода и, падая на продырявленный лист, протекает через недоведенную до дна перегородку во второе отделение; во втором отделении вода стекает через *треугольный желоб* в третье отделение, из которого вытекает в канал. В этой конструкции достигается *более точное измерение количества воды, так как здесь приняты все меры для спокойного протекания ее.* Цилиндр, в котором установлен поплавок, свя-



*b*



Черт. 8.

зан трубкой с краником со вторым отделением, вследствие чего поплавок точно отмечает уровень истекающей воды и посредством тяжа передает свои колебания регистрирующему аппарату, на котором вычерчиваются диаграммы колебаний воды. Также для измерения количеств сточных вод употребляют известный своею точностью *водомер Venturi*. На черт. 9 показана установка водомера Venturi на очистной станции г. Манчестера (Manchester), где трубы водомера для полного их заполнения даже при небольших расходах уложены в виде дюкера.

<sup>1)</sup> *Albanèse*, Le compteur enregistreur „Lea Recorder“, Technique Sanitaire, 1913.

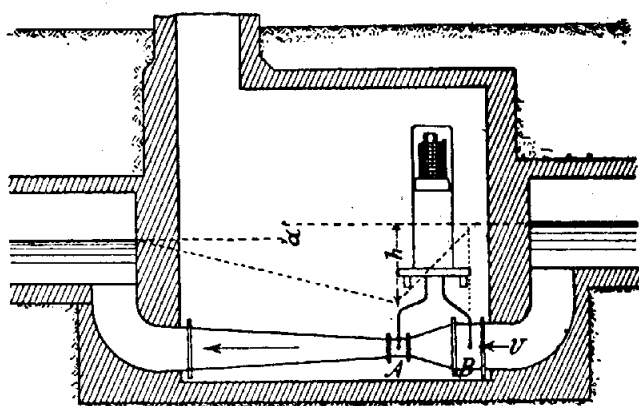
Расход воды  $Q$  определяется в зависимости от величины  $h$ , представляющей разность давлений в нисходящей трубе  $B$  и горле водомера  $A$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \dots \dots \dots (3),$$

где  $d$  — диаметр, а  $v$  — скорость в трубе  $A$ .

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{n^2 - 1}} \dots \dots \dots (4),$$

где  $n$  — выражает собой отношение поперечных сечений в трубах  $A$  и  $B$ .



Черт. 9.

Связанный посредством ртутных трубок с трубами Venturi  $A$  и  $B$  автоматический счетчик, подобно предыдущим конструкциям, дает возможность снимать диаграммы колебаний протекающей через них воды.

Водомер Venturi установлен у нас на насосных канализационных станциях гг. Москвы и Харькова и на многих станциях за границей<sup>1)</sup>.

Помимо водосливов и труб Venturi, для измерения вод в самоотечных каналах могут употребляться и водомеры-вертушки, вращающиеся движением пропускаемой через них воды, к каковым следует отнести установленный на одесских полях орошения водомер системы Барановского<sup>2)</sup>, работающий и в настоящее время. Этот водомер (черт. 10  $a-c$ ) состоит из железного цилиндрического барабана, в окружности которого прикреплено 10 изогнутых в двух направлениях лопастей, и который насажен на ось, заделанную в стенках водомерной коробки. От оси барабана идет передача к автоматическому счетчику. Для приведения в движение водомера Барановского, по данным изобретателя, достаточно очень небольшого напора (не более 5 см). Конструкция этого водомера отличается простотой, благодаря чему ремонт его не представляется затруднительным.

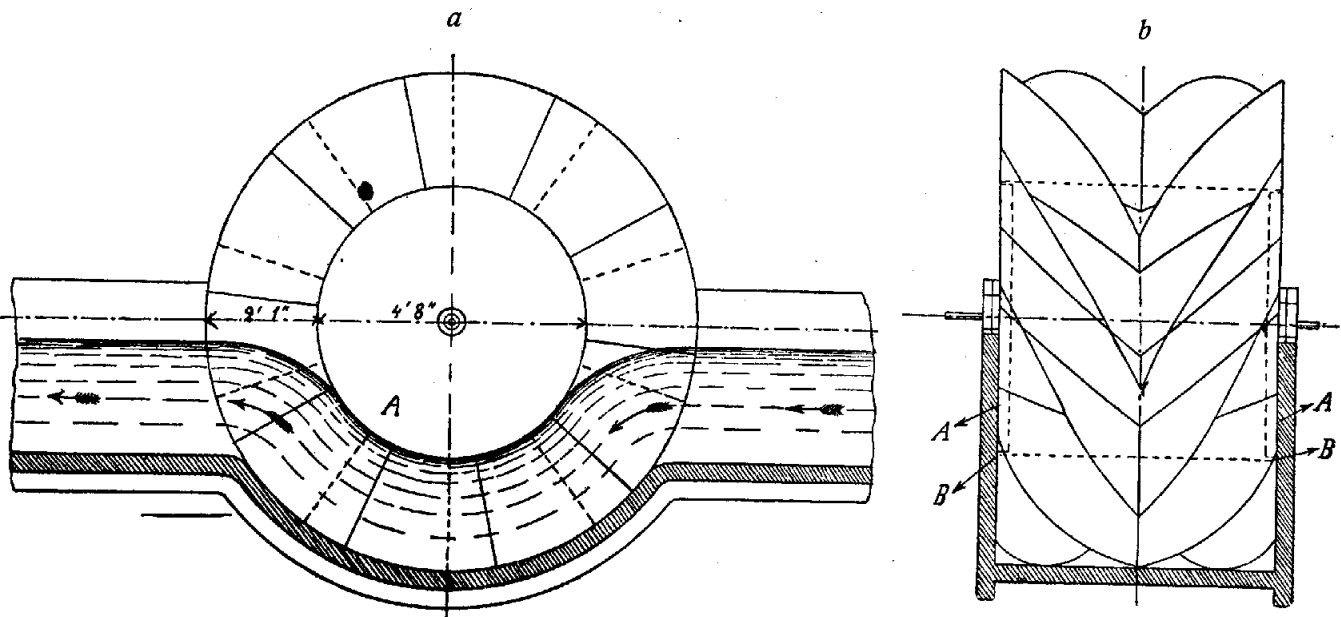
Кроме применения водосливов и водомеров, на некоторых очистных станциях устраивают специальные измерительные камеры, по числу наполнений которых учитывается общее количество сточных вод.

§ 3. Общие понятия о составе сточных вод. Помимо количественного определения сточных вод большое значение имеет, как мы уже упоминали выше, изучение их физического, химического и биологического состава.

<sup>1)</sup> New-Sewage works Replace Old at Marlon Alter, 18 years Imhoff tanks etc., Eng. News Rec., 1924.

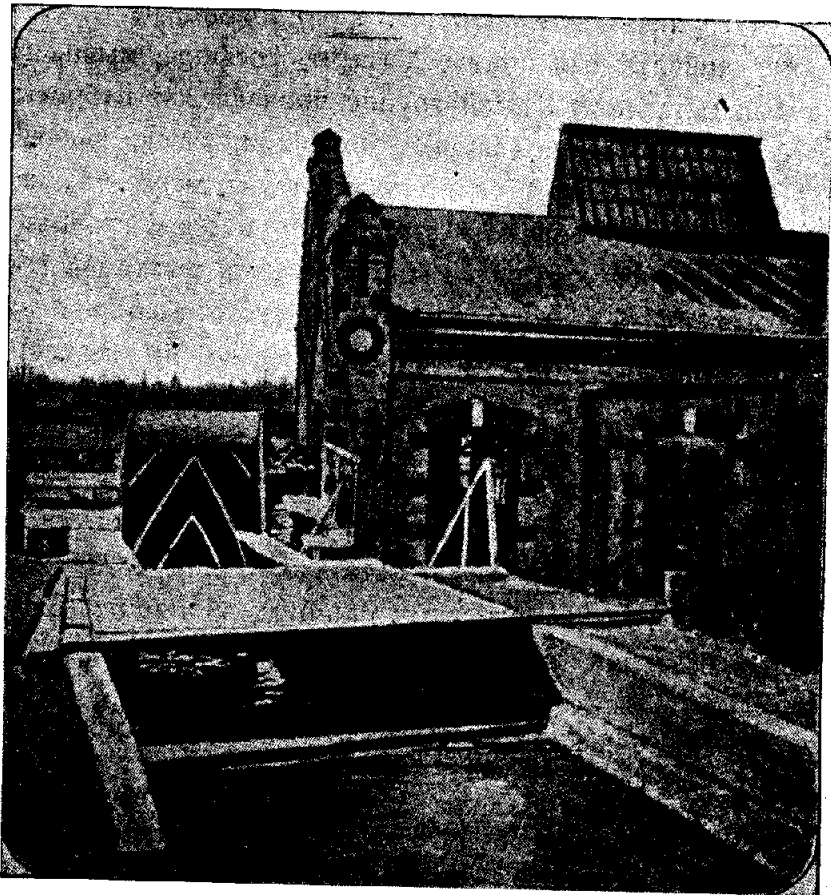
<sup>2)</sup> М. В. Барановский, О приборах для измерения проточных вод в массовых количествах, Труды VII Водопроводного Съезда, 1905.

Сточные воды представляют собой смесь водопроводной воды с теми примесями, которые внесены в эту воду при ее использовании. В зависимости



от характера города сточные воды содержат в себе или только отработавшие водопроводные воды в домах и общественных зданиях города, или же, кроме домовых вод, содержат часть воды промышленных заведений, или, наконец, промышленные воды преобладают в их составе. Твердые примеси, содержащиеся в сточных водах, могут по мере движения сточных вод в каналах *растворяться* в воде или остаться *нерастворенными*.

Кроме *нерастворенных* (твердых) и *растворенных* примесей, в сточных водах содержатся еще тончайшие примеси и в *коллоидальном состоянии*, как это установлено рядом исследо-



Черт. 10.

ваний<sup>1)</sup>. Под этим состоянием, по определению Graham'a, понимаются *мельчайшие нерастворенные вещества, которые, обладая способностью быстро диффузировать в воде, не проходят через растительный пергамент, играющий в данном случае роль диализатора*. Коллоидальные вещества вследствие своего крайнего измельчения могут быть найдены лишь в специальных приборах — *ультра-микроскопах*, изобретенных Зидентопфом и Зигмонди, а потому долгое время относились к группе растворенных веществ. И до настоящего времени вследствие несовершенства способов для определения количества коллоидальных веществ, содержащихся в сточных водах, нередко ограничиваются исключительно определением нерастворенных и растворенных веществ, относя к последним *коллоидальные* или — по устаревшей номенклатуре некоторых ученых — *псевдо-растворенные вещества*.

С химической точки зрения примеси, содержащиеся в сточных водах, могут быть *минерального и органического* происхождения.

В свою очередь *органические вещества* могут быть разбиты на две группы:

I—*безазотистые*, т. е. состоящие из углерода (C), кислорода (O) и водорода (H); к этой группе принадлежат отбросы растительного происхождения: целлюлоза, крахмалы, декстрины, сахарин, алкоголь, органические кислоты и жиры.

II группа—*азотистые*, т. е. состоящие из C, O, H и азота (N) и некоторых минеральных примесей (серы, фосфора, мышьяку, железа, магнезии, щелочных металлов); к этой группе принадлежат отбросы животного и растительного происхождения (фибрин, альбумин, казеин, мочевины, лецитин и др.).

Из соображений, приведенных выше, ясно, что не может быть и речи о каком-либо однообразном химическом составе сточных вод в различных городах, изменения которого зависят от ряда факторов (глава II, § 1). Тем не менее, для общей характеристики химического состава приводим данные, предложенные проф. *Thumt'ом* и построенные им на степени концентрации вод (таблица VI).

Независимо от известного количества взвешенных, растворенных и коллоидальных веществ в сточной воде содержится *громадное количество бактерий*, которые легко попадают в канализационную сеть вместе с экскрементами человека и животных, остатками пищи и пр. Так, напр., по исследованиям 1908 года на очистных станциях Лондона, Barking и Crossness, количество бактерий в 1 куб. см колебалось между 500000 и 700000<sup>2)</sup>. В

<sup>1)</sup> G. Fowler and E. Ardern, Suspended matter in sewage effluents, Journ. of the Society of Chemical Industry, 1905;

G. Travis, The Hampton interpretation of the operation of sewage purification.

O. Travis, Some observations relating to bacterial tank operations, 1906;

J. H. Johnston, The organic colloids of sewage, Journal of the Royal Institut, 1906;

J. H. Johnston, Die Rolle der Kolloide bei der Reinigung der Abwässern, Zeit. für Chemie und Industrie der Kolloide, 1908;

Bilz und Kröhnke, Ueber die Absorption von kolloidalen Abwässertoffen, Ges. Ing. 1907;

Rideal, Physico-chemical factors in sewage purification, Surv., 1924.

<sup>2)</sup> Rideal, Sewage and the bacterial purification of sewage, 1906.

Таблица VI.

	Взвешен. вещества	В профильтрованной воде				
		Общий остаток после пропара- ривания	Хлор	Аммиач- ный азот	Органич. азот	Употре- бление марган- цево-кис- лого кали
мг в л						
Слабая концентрация	до 500	до 500	до 100	до 30	до 10	до 200
Средняя концентрация	до 1000	до 1000	до 150	до 50	до 30	до 300
Сильная концентрация	свыше 1000	свыше 1000	свыше 150	свыше 50	свыше 30	свыше 300

сточных водах г. Москвы число бактерий колебалось от 1000000 до 30000000<sup>1)</sup>, в американском городе Columbus<sup>2)</sup> от 1700000 до 6000000 в 1 куб. см, а в городе New-Jersey<sup>3)</sup> от 800000 до 1200000 в 1 куб. см. Такая разница в бактериологическом составе сточных вод легко объясняется разностью в водопотреблении и количестве промышленных вод. Но приведенные нами цифры о количестве бактерий, по мнению проф. Я. Никитинского, составляют незначительную часть общего содержания в жидкости бактериальных тел живых и мертвых. Kleip считает, что человек в течение суток выделяет в своих экскрементах до 8800 миллиардов живых и мертвых бактериальных тел. При суточной норме потребления на человека в 5 ведер мы получим, что только один этот источник дает до 15000000 бактериальных тел в 1 куб. саж. Изучение *бактериологического состава* сточных вод имеет большое значение для оценки работы очистных сооружений. Здесь, помимо количественного определения, имеет значение и *качественный анализ*, который может установить в очищенной воде присутствие *бациллы кишечника* (*bacillus coli communis*) и тем самым дать указание на допустимость выпуска очищенных вод в местные водоемы.

Помимо исследования бактериологического состава сточных вод за последнее время начинают обращать некоторое внимание на изучение их *биологического состава*, т. е. *микрофлоры и микрофауны воды*, так как работы Kolkwitz'a<sup>4)</sup>, Marsson'a<sup>5)</sup>, Никитинского<sup>6)</sup> и др. исследователей показали, что

1) 2-й Отчет Комиссии по производству опытов биологической очистки сточных вод на полях орошения г. Москвы, Отд. 2-й, 1910.

2) Brouardel et Mosny, Traité d'hygiène, XV вып., 1911.

3) Gaub William. H. A bacteriological study of a sewage disposal plant, New Jersey Agricultural Experiments Stations, 1924.

4) Dr. Kolkwitz. Zur Biologie der Wilmersdorfer Kläranlage bei Stahnsdorf, Mit d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 13.

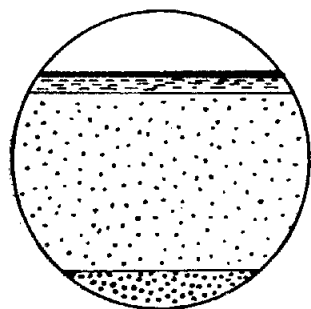
5) Prof. Marsson. Die Bedeutung der Flora und Fauna für die Reinhaltung der natürlicher Gewässer, sowie ihre Beeinflussung durch Abgänge von Wohnstätten und Gewerben, Idem, Heft 14.

6) Я. Никитинский. К вопросу о механизме действия биологического способа очистки сточных вод, 2-й Отчет Комис. по произв. опытов биолог. очистки на полях орошения г. Москвы, Отд. I, II, 1909.

по роду растений и животных, встречающихся в воде, можно судить о степени ее загрязнения. В неочищенных сточных водах, как содержащих в себе органические вещества, могут жить микроорганизмы, и по преимуществу полисапробные формы (т. е. живущие в очень загрязненной воде).

Этот анализ, подобно химическому и бактериологическому, может также служить для контроля очистных сооружений, так как по мере улучшения в составе сточной жидкости будет происходить постепенная смена полисапробных форм мезосапробными (в средне-загрязненной воде), олигосапробными (в мало загрязненной воде) и, наконец, катаробными (т. е. живущими в чистой воде). Появление полисапробных форм в хорошо очищенной воде укажет нам на какие-либо дефекты в работе очистной станции.

§ 4. Количество нерастворенных веществ. Нерастворенные вещества могут вследствие удельного веса отдельных частиц или тащиться по дну каналов (тяжелые вещества), или всплывать на поверхность (плавающие вещества), или, наконец, находиться в состоянии равновесия в любом пункте живого сечения канала (взвешенные вещества). Для круглой незаполненной



Черт. 11.

Плавающие вещества  
Взвешенные вещества  
Тяжелые вещества

до верха жидкостью трубы распределение нерастворимых веществ в сечении может быть иллюстрировано примерной схемой (черт. 11).

Тяжелые нерастворимые вещества принадлежат, главным образом, к группе примесей минерального происхождения. Так, к ним относятся: песок, камни, глина, кокс, уголь, кофейная гуща, кусочки железа и т. п.

Количество тяжелых веществ зависит от местных условий и поэтому изменяется в широких пределах. Так, напр., в Берлине из нескольких насосных станций в 1904 г. извлечено тяжелых веществ 7745 куб. м, что составляет в среднем 3,85 куб. м на 1000 жителей в год, но в отдельных частях его, с асфальтовыми мостовыми и сильным движением, норма тяжелых веществ доходит до 9,1 куб. м. К последней цифре близко стоит норма содержания тяжелых веществ в сточных водах г. Франкфурта на Майне—8,3 куб. м на 1000 жит. (1903 г.); в Висбадене — 8,6 куб. м и Кельне — 2,5 куб. м.

Это разнообразие в цифрах зависит от характера эксплуатации канализационной сети и от содержания городских улиц и площадей в чистоте. Чем больше выделяется тяжелых веществ из канализационной сети при очистке ее от засорений<sup>1)</sup>, тем меньше доходит их до очистных станций. Так, напр., до песколовок Берлинских насосных станций в 1903 году дошло лишь 53,3%, а из сети было извлечено 46,7% тяжелых веществ. Сравнительно низкая норма в Кельне объясняется устройством особых песколовок на главных коллекторах канализационной сети, в коих и скопляются тяжелые вещества.

Если взять среднее значение из вышеприведенных и других данных, то

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

можно для общесплавной системы в немецких городах при хорошо содержащихся плотных мостовых города за среднюю норму принять 5—6 куб. м на 1000 чел. в год, из коих  $\frac{1}{3}$  воды, 450 кг органических веществ и 4200 кг минеральных.

Для неполной раздельной системы количество тяжелых веществ в сточных водах значительно повышается. По данным, полученным на опытной очистной станции на московских полях орошения, количество осадков в песколовке определяется приблизительно в 70—75 куб. м на 1000 жителей в год<sup>1)</sup>. Такие высокие нормы объясняются сильной концентрацией московских сточных вод.

К группе *плавающих* веществ прежде всего относятся *волокнистые вещества и жиры*, легко поднимающиеся на поверхность сточных вод. Но, сцепляясь со взвешенными веществами и облепляя их, они падают на дно каналов и могут быть причислены к группе *тяжелых веществ*, превращаясь таким образом в осадки. С другой стороны, и взвешенные вещества могут выноситься газами, образующимися в сточных водах вследствие разложения органических веществ, на поверхность и попасть таким образом в группу *плавающих веществ*.

Эти соображения показывают нам, что вышеприведенная схема (черт. 11) распределения по физическим свойствам примесей, содержащихся в сточных водах, является *условной*.

*Волокнистые вещества* (бумага, шерсть, листья, пробки, волосы, и пр.) принадлежат в большинстве случаев к *органическим веществам растительного происхождения*.

Количество *волокнистых веществ* зависит от рационального устройства домовых водопроводно-канализационных приборов<sup>2)</sup>, от рода пищи, потребляемого населением данного города, и, наконец, от конструкции тех решеток и сит, которые их задерживают. Чем мельче отверстие этих приборов, тем больше *волокнистых веществ* будет выловлено из сточных вод одного и того же состава.

Эти причины и обуславливают значительные колебания в количестве *волокнистых веществ*, как можно видеть из таблицы VII.

Из вышеизложенного легко сделать заключение, что количество *волокнистых веществ* на 1000 человек при применении общесплавной системы колеблется от 7 до 22 куб. м и в среднем может быть принято в 15 куб. м, вес каковых равняется  $\approx 14400$  кг. Содержание воды в *волокнистых веществах* определяется в 80%, а в сухой массе их имеется 90% органических и 10% минеральных веществ. Отсюда в 15 куб. м *волокнистого вещества*:

$$\begin{aligned} \text{органических веществ:} & - 0,9 \times 14400 \times 0,2 = 2592 \text{ кг} = \approx 2600 \text{ кг}, \\ \text{а минеральных} & - 0,1 \times 14400 \times 0,2 = 288 \text{ кг} = \approx 290 \text{ кг}. \end{aligned}$$

При применении же неполной раздельной системы, где количество *волокнистых веществ* значительно уменьшается вследствие отсутствия дождеприемни-

1) 2-й Отчет Комиссии по производству биологической очистки сточных вод на полях орошения г. Москвы, Отд. 2, 1910.

2) Проф. В. Ф. Иванов. Устройство водопроводов и водостоков в домах, 1909.



Таблица VII.

Название городов	Величина от- верстий в ре- шетках и си- тах в мм	Количество волоконистых веществ на 1000 челов. в куб. м	Примечания
Дрезден . . . . .	2	6,4	Без фекалий
Франкфурт на Майне . . . . .	10	6,7	—
Кельн . . . . .	3	10	—
Штральзунд . . . . .	5	22,1	—
Висбаден . . . . .	12, 5, 5 и 1	20,6	—
Берлин . . . . .	12,5	3	—
Ридинг (Пенсильвания) . . . . .	0,5	11,4	—
Москва . . . . .	4	2 <sup>1)</sup>	—

ков, норма их количества на 1000 человек в год может быть принята в 2—3 куб. м.

Количество жировых веществ зависит от рода пищи, употребляемой городским населением, от потребления мыла, от числа бань и производств, работающих с жировыми веществами, и от устройства в домах, гостиницах и промышленных учреждениях (колбасных, мясных) жироловок.

По данным д-ра Schreiber'a<sup>2)</sup> в сточных водах приходится 18,56 г на человека в сутки, а в год 6,77 кг жира (что составляет в среднем 0,016% всего количества сточных вод), из коих большая часть выделяется вместе с осадками на дне осветительных сооружений. По Uhlfelder'у в сухой массе ила осадочных бассейнов во Франкфурте на Майне собирается 15—20% жира; то же соотношение и для г. Касселя. Количество жира в осажденном иле может быть в среднем принято равным 2,5—3 кг на человека в год. Отсюда, общее количество жира на человека в год может быть принято в 9,27—9,97 кг или  $\approx 10$  кг.

К взвешенным веществам принадлежат почти все те примеси в сточных водах, которые не задерживаются в песколовках и решетках. Определение их количеств весьма затруднительно, так как оно, вследствие постепенных колебаний в составе сточных вод, изменяется в зависимости от времени взятия проб. В дневные часы наибольшего стока вод количество взвешенных веществ бывает значительно больше, чем ночью. Так, напр., по данным Uhlfelder'a и Tilmans'a<sup>3)</sup> в дневные часы (после полудня) в сточных водах г. Франкфурта на Майне, где потребление воды на жителя в сутки было 180 л, содержится 898 мг в л взвешенных веществ, тогда как ночью только 411 мг/л., из коих 241 мг органических и 170 мг минеральных. Эти цифры дают на человека в сутки 74 г взвешенных веществ, а в год 27 кг (11 кг ми-

<sup>1)</sup> Эта цифра исчислена нами приблизительно по норме 250 пуд. на 500000 жителей в сутки.

<sup>2)</sup> Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, 1904 г.

<sup>3)</sup> Uhlfelder und Tilmans. Die Frankfurter Kläranlage. Mitteilungen der Kön. Prüf. für Wass. und Abwass. Heft 10.

Таблица VIII.

Название города	Система канализации	Суточная норма потребления воды	Количество взвешенных веществ.						
			В мг в л			На человека			
			Минер.	Орган.	Всего	г в сут.	кг в год		
							минер.	орган.	всего
Берлин	общесплавн.	110	217	453	670	74	8,7	18,3	27
Бреславль	общесплавн.	140	106	249	355	50	5,4	12,7	18,1
Данциг	общесплавн.	—	226	356	582	—	—	—	—
Дортмунд	общесплавн.	—	170	247	417	—	—	—	—
Эссен	общесплавн.	—	86,6	272,7	359,5	—	—	—	—
Потсдам	раздельная	—	881,5	243,7	1318,5	—	—	—	—
Шарлоттенбург	общесплавн.	107	141	272	413	44	5,5	10,6	16,1
Сэттон	раздельная	—	305	655	960	—	—	—	—
Лондон	{ обще- сплавная	{ 182	—	—	561,3	—	{ 14,8	12,6	27,4
ст. Barking ст. Crossness					415				
Алленштейн	раздельная	38	255	664	919	35	3,5	9,2	12,7
Уотербэри (С. Ам.)	общесплавн.	—	50	115	165	—	—	—	—
Лидс	общесплавн.	—	186—310	310—434	620	—	—	—	—
Чикаго	общесплавн.	—	63	80	143	—	—	—	—
Манчестер	полуразд.	—	193	174	367	—	—	—	—
Филадельфия	раздельная	—	62	142	204	—	—	—	—
Москва	раздельная	92	121	438	659	—	—	—	—
Париж	общесплавн.	—	—	—	1515	—	—	—	—
Колумбус (С. Ам.)	раздельная	—	134	81	215	—	—	—	—
16 английск. городов	—	—	242	205	447	—	—	—	—
Бостон	общесплавн.	—	44	91	135	—	—	—	—
Штутгарт	общесплавн.	—	793	717	1500	—	—	—	—
Уорчэстер (С. Ам.)	раздельная	—	78	177,8	255,8	—	—	—	—

неральных и 16 органических). Далее, опыты Grosse-Bohle<sup>1)</sup> в Кельне (при потреблении 160 л на человека в сутки) дают для взвешенных веществ норму в 304 мг/л, и на жителя в сутки 49 г, а в год 17,8 кг (5,1 кг минер. и 12,7 кг органических).

По часам дня количество взвешенных веществ сточных вод Кельна колеблется в следующих пределах:

утром	(от 6 ч. до 12 ч.)	—279 мг в л
днем	(„ 12 „ „ 6 „)	—311 „ „ „
вечером	(„ 6 „ „ 12 „)	—219 „ „ „
ночью	(„ 12 „ „ 6 „)	— 58 „ „ „
В среднем		—217 мг в л

Уменьшение количества взвешенных веществ в Кельне, сравнительно с Франкфуртом, объясняется устройством песколовок в главных коллекторах канализационной сети и характером жизни в городе.

Вышеприведенная таблица VIII дает нам сведения о количестве взвешенных веществ в сточных водах различных городов.

На основании вышеприведенных данных для немецких городов мы для нормы потребления воды в 110 л на человека в сутки можем составить средние цифры для количества нерастворенных веществ (в сухом виде) на 1 жителя в год.

Всего нерастворенных веществ—28,6 кг { 17 кг орг.  
11,6 кг мин.

Из них:

1) тяжелых веществ—4,7 кг { 0,5 кг орг.  
4,2 кг мин.

2) плавающ. веществ—2,9 кг { 2,6 кг орг.  
0,3 кг мин.

3) взвешен. веществ— 21 кг { 14 кг орг.  
7 кг мин.

из коих жира 2,5—3 кг

§ 5. Количество растворенных и коллоидальных веществ, содержащихся в сточных водах. К *растворенным* веществам сначала, как мы уже упоминали выше, относили и коллоидальные вещества. Поэтому в большинстве опубликованных данных о количестве содержащихся в сточных водах *растворенных* веществ включены в сущности и данные о количестве *коллоидальных веществ*.

Литературные данные о количестве растворенных веществ, содержащихся в сточных водах, к сожалению, очень немногочисленны. Эти данные приведены нами в таблице IX.

Из цифр в этой таблице мы видим, что количество *органических растворенных* веществ на человека в год колеблется сравнительно в незначительных пределах — 12,4 — 15,1 кг. Количество *минеральных растворенных веществ*

<sup>1)</sup> *Steuernagel*. Die Probekläranlage zu Köln-Niehl, Mit. der Kön. Prüf. für Wass. und Abwass. Heft 4.

Таблица IX.

Название города	Потребление воды на человека в сутки в л	Количество растворенных веществ								
		В мг л			На человека					
					В сутки в г			В год в кг		
		минер.	орган.	всего	минер.	орган.	всего	минер.	орган.	всего
Берлин . . . . .	120	776	312	1088	93,6	37,4	131	34,1	13,7	47,8
Бреславль . . . . .	140	530,1	242,7	772,8	74,2	34	108,2	27,1	12,4	39,5
Кельн . . . . .	160	662	230	892	105,9	36,8	142,7	38,7	13,4	52,1
Франкфурт на Майне . . . . .	180	511	230	741	91,6	41,4	133	33,6	15,1	48,7
Москва . . . . .	92,5	500	500	1000	—	—	—	—	—	—

колеблется в более широких пределах — от 27,1 кг (Бреславль) до 38,7 кг (Кельн) на человека в год. Эта разница объясняется легко тем, что в водопроводной воде Кельна больше минеральных примесей (400 мг/л), чем в Бреславле (128 мг/л).

Вообще, количество минеральных веществ в сточной воде возрастает очень сильно, если в канализационную сеть отводятся и воды минеральных источников. Напр., сточные воды г. Висбадена, богатого минеральными источниками, имеют в л сточных вод 1780 мг минеральных веществ.

Также очень сильное влияние на количество растворенных веществ оказывают в средних и малых городах воды фабрик и заводов (пивоваренных, клееваренных, сахарных, винокуренных и мыловаренных заводов, бумажных и пр. фабрик). Напр., в г. Cottbus — центре полотняной промышленности и пивоваренного производства — домовые сточные воды составляют только  $\frac{1}{3}$  всего количества; подобное соотношение имеют и многие другие города: München-Gladbach, Aachen, Burton, Тверь, Иваново-Вознесенск и др.

Что же касается количества коллоидальных веществ, то современное состояние химии не дает нам на это точного ответа. Пользование различными мембранами для диализа коллоидов (Fowler и Ardern<sup>1)</sup>, Johnston<sup>2)</sup> не может быть точным, так как во время производства исследования органические коллоиды легко разлагаются, да и некоторые коллоиды могут медленно проходить через мембраны. Применение химических реактивов (Fowler, Sam Evans и Chadwick Oddie<sup>3)</sup> для осаждения коллоидов также не может быть точным, так как эти реактивы могут действовать и на растворенные вещества, и в результате в полученном осадке могут легко оказаться и кристаллоидные группы растворенных веществ.

<sup>1)</sup> Fowler and Ardern. Suspended matter in sewage and effluents, Journ. of the Society of Chemical Ind., 1905.

<sup>2)</sup> Johnston. The organic colloids of sewage, Journ. of the Royal Sanit. Inst. 1906.

<sup>3)</sup> Fowler, S. Evans and Chadwick Oddie. Some application of the Clarification Test to sewage and Effluents, Journ. of the Soc. of Chem. Ind., 1908.

Проф. Calmette<sup>1)</sup> произвел опыт для определения количества коллоидальных веществ в сточных водах г. Madeleine путем примешивания химических реактивов и получил, что количество осажженных таким образом веществ равно 53,9% всех ранее считавшихся органических растворенных веществ. По данным д-ра Travis количество коллоидальных веществ в сточных водах г. Hampton on Thames и Norwich равняется  $\approx 20-25\%$  растворенных веществ.

Исходя из вышеизложенных данных, мы принимаем, что количество коллоидальных веществ составляет от 20 до 50% всех веществ, ранее считавшихся растворенными. На эти нормы следует смотреть как на приближенные до опубликования большего числа исследований о содержании коллоидальных веществ в сточных водах<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Prof. Calmette. Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout V vol: 1910.

<sup>2)</sup> Prof. Widekind, Kolloidchemie, 1925;

Проф. П. А. Шолов. К теории адгезионных явлений, 1921;

Freundlich. Kapillarchemie, 1925;

Pfund. Studien über Ausflockungen in Abwässer mit vorwiegend gelösten organischen Substanzen, Diss., Techn. Hochschule, München, 1924.

## ГЛАВА III.

### Загрязнение и самоочищение рек

§ 1. Последствия загрязнения рек, озер и морей. По мере развития систематических канализационных устройств в населенных центрах представлялось необходимым озаботиться о скорейшем удалении сточных вод за их пределы. Самым естественным решением, которое применялось повсеместно,— это был выпуск сточных вод в ближайший водный проток.

Такое положение вещей, создавшееся в силу естественных условий, повело быстро к *загрязнению водных протоков и местилещ*, которое особенно усилилось в прошлом столетии вследствие огромного роста городов и развития путей сообщения, вызвавшего в свою очередь и интенсивный рост фабрично-заводской промышленности.

Беспрепятственный спуск сточных вод в реки для городов и фабрик всегда представлялся выгодным, так как он не требовал никаких расходов по очистке сточных вод. Но, с другой стороны, загрязнение рек нарушало серьезно как гигиенические, так и материальные интересы жителей нижележащих городов и селений, которые нередко возбуждали на этой почве с городами судебные процессы.

Примером города, с которым долго велись судебные процессы, является г. Бирмингам<sup>1)</sup>, стоящий на небольшой реке Таме, расход воды в которой не превышает количества спускаемых в нее сточных вод из канализационной сети, устроенной в 1852 году. Город проиграл этот процесс, возбужденный лордом Norton, безрезультатно истратил за 1906 г. до 10000000 рублей, применяя механо-химические способы очистки и поля орошения, и, наконец, нашел выход из затруднений, применяя биологический метод для очистки своих сточных вод.

Рассмотрим теперь более подробно, какой вред населению причиняет загрязнение рек. Прежде всего, *загрязненная сточными водами река не может служить источником водоснабжения для нижележащих местностей*. Опасность от пользования подобной водой заключается, с точки зрения Гигиены, в возможности распространения чрез воду эпидемических болезней. К таким болезням Гигиена прежде всего относит брюшной тиф и холеру, распространение которых чрез воду было доказано для многих местностей, так как возбудители этих болезней (палочка брюшного тифа и холерный вибрион) сохраняют свою инфекционную способность в течение некоторого времени в проточной воде<sup>2)</sup>.

1) Prof. Dunbar, Die Abwässerreinigungsanlagen von Birmingham und der Prozess Tamworth contra Birmingham, Ges. Jng., 1908.

2) Straus et Dubarry, Recherches sur la durée de la vie des microbes pathogenes dans l'eau, Arch. de med. experim. et d'anat. pathol. 1889.

Borntrager, Zum Thema Bakteriologie und Wasserversorgung, Gesundheit, 1905.

В гигиенической литературе указывается пример возникновения в 1883 г. холерной эпидемии в Гамбурге, питавшемся в то время нефилтрованной водой р. Эльбы, тогда как лежащая рядом с ним Альтона, имевшая английские песочные фильтры, совершенно не имела случаев заболевания холерой. Из наших примеров можно указать г. Киев, который в 1907 г. пережил сильную холерную эпидемию от заражения Днепровской воды вибрионами холеры<sup>1)</sup>, и в особенности г. Ленинград, который вследствие плохого водоснабжения из р. Невы и отсутствия канализации в 1908—1911 г. также пережил несколько холерных эпидемий<sup>2)</sup>.

Но, кроме брюшного тифа, холеры и дизентерии некоторыми учеными приписывается воде распространение и других болезней, возбудители которых легко попадают в реки вместе с экскрементами людей и животных<sup>3)</sup>. Между тем, одним из весьма распространенных источников водоснабжения являются реки, в особенности у нас в СССР, где население нередко не сознает последствий пользования для питья водой подобного качества.

В течение XX века выдвинулся в Западной Европе вопрос о водоснабжении городов грунтовой и артезианской водой и был особенно удачно разрешен для Германии<sup>4)</sup>, где число речных водопроводов к 1909 году равнялось 8% их общего количества<sup>5)</sup>. Но даже и в этой стране значительное количество небольших городов, сел и деревень пользуется речной водой для водоснабжения. Но, если население городов и не пользуется речной водой, тем не менее оно предпочитает употреблять эту воду, как более мягкую, для стирки белья или для каких либо промышленных целей. Кроме того, оно может пользоваться речной водой для купанья и для водопоя скота, что при загрязнении воды не может быть безразличным для здоровья. Так, напр., директор Пастеровского Института в Константинополе д-р Remlinger<sup>6)</sup> приводит случаи заболевания холерой от купанья турок в Босфоре. Д-р Zafforquie также указывает на заболевания брюшным тифом среди солдат французской армии из-за купанья в загрязненной воде.

Затем, *загрязненная речная вода не может не образовать и загрязненного льда*, что при малом распространении в СССР ледоделательных заводов также может быть опасным для здоровья<sup>7)</sup>.

Наконец, следует иметь в виду, что *загрязнение рек* сточными водами является особенно опасным для здоровья *судоходных команд*, нередко вынужденных пользоваться для питья речной водой.

1) С 1908 г. Киев снабжается исключительно артезианской водой. Автор.

2) В 1927 году предполагалось приступить к коренному переустройству Ленинградского водоснабжения (доклад инж. К. П. Коврова на 2 Вс. Вод. Съезде, 1927). Автор.

3) *Loeffler*, Die Verbreitung von Krankheiten durch das Wasser, 1906.

4) *Лундберг*, Типичные примеры снабжения городов Западной Европы грунтовой водой.

5) *Проф. В. Ф. Иванов*, Водоснабжение и канализация городов на Дрезденской гигиенической выставке, Гор. Дело, 1912.

6) *Bathing precautions: Dangers from polluted waters*, The Sanitary Record, 1909.

7) *Heyroth*, Ueber den Reinlichkeitszustand des natürlichen und künstlichen Eises. Mitteil. aus dem Kaiserl. Reichs-Gesundheitsamt, 1888; *Conway*, Ueber eine Typhusepidemie durch verdorbenes Eis, Zentralbl. f. der Hes. Hyg., 1924.

Но, с другой стороны, нельзя не заметить, что при сильном загрязнении проточных вод, вызывающем *резкую окраску*, вред от пользования такой водой для питья сильно парализуется тем, что население *по эстетическим соображениям* не будет употреблять подобную воду ни для каких целей.

Кроме непосредственной опасности для нашего здоровья, загрязнение рек может причинять населению вред и с *материальной точки зрения*. Прежде всего, загрязнение водных протоков и вместилищ может причинить большой вред *рыбному населению рек* и тем самым причинить *огромные убытки рыболовству и рыбоводству*. В тех государствах, где рыба является распространенным пищевым продуктом, или где рыболовство является одним из источников обложения, загрязнение сточных вод может отозваться на благосостоянии населения и доходах казны. В виде примера приведем, что у нас в СССР по данным б. Министерства Финансов в 1899 г. насчитывалось до 500000 рыболовов, которые вылавливали ежегодно до 70 миллионов пудов рыбы.

*Вредное действие сточных вод на жизнь рыб* заключается не только в непосредственном введении различных ядов, как это, например, имеет место при спуске нефтяных вод в реки, но, главным образом, *в окислении попадающих в водные протоки органических веществ, т. е. в потреблении кислорода, необходимого для жизни рыб*. Кроме того, на жабрах рыб могут отлагаться частицы грязи, что затрудняет процесс их дыхания. С распространением смоляных шоссе в Европе в реки стала попадать смола, что привело к *массовой гибели рыб*, для предотвращения чего смолу заменили битумом<sup>1)</sup>.

В местностях с густым населением и очень развитой промышленностью последствия загрязнения сточными водами водных протоков так сильно сказались, что совершенно исчезла всякая рыбная жизнь в малых и средних реках. Примеров рек, где перестала водиться рыба вследствие заражения сточными водами, очень много, в особенности за границей.

Над вопросом о вредном влиянии сточных вод на жизнь рыб работали R. Wagner (Мюнхен), Grandeau (Нанси), Borgmann, König<sup>2)</sup>, Haselhoff, Duncan, Weigelt<sup>3)</sup>, Cronheim, проф. Хлопин<sup>4)</sup>, Никитин, Чермак<sup>5)</sup>, Арнольдов, особые комитеты в Англии<sup>6)</sup> Demoll и Maier<sup>7)</sup> и др. Из этих работ особенно интересны опыты Weigelt'a, который подтвердил, что *уменьшение в речной воде кислорода после введения в нее органических веществ действительно приносит огромный вред рыбам, и что вредное действие для жизни рыб от спуска сточных вод усиливается, если последние имеют температуру 20—25° С, и уменьшается при температуре 4—6°*. Крайним пределом содержания кислорода в 1 л воды он считает для самых устойчивых в этом отношении

1) Preston, *River Pollution, Surv.*, 1926. Rivers and roads in pollution, Surv. 1925.

2) König. Die Verunreinigung der Gewässer, 1899.

3) Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern nebst Beiträgen zur Beurteilung unserer natürlichen Fischgewässer. 1900.

4) Проф. Г. В. Хлопин. Загрязнение проточных вод хозяйственными и фабричными отбросами, 1901.

5) Вестник рыбопромышленности, 1896.

6) *Rivers pollution and fisheries*. Stauding committees, investigations, Introduct. Rep., Surv., 1924.

7) Demoll u. Maier, Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Stuttgart, 1920.



рыб (*карпов*) 2—3 куб. см; иначе говоря, при уменьшении в 2,5—3,5 раза нормального содержания кислорода еще возможна жизнь карпов. Самыми чувствительными к недостатку кислорода являются *форели и лососи*, затем идут *судаки и окуни*, и, наконец, самыми нетребовательными являются *лини, карпы и караси*. Таким образом, по преобладанию той или иной породы рыб можно иметь известное представление о степени загрязненности исследуемой реки. Но только постоянное пребывание определенной породы рыб может служить известным масштабом чистоты воды, тогда как случайное нахождение их может говорить только о приспособляемости рыб к условиям данного водоема. Впрочем, при суждении о чистоте воды по нахождению в ней рыбы нужно иметь в виду, что очень чистая вода бедна рыбой, так как в ней имеется мало питательных веществ. В этом случае спуск некоторого количества свежих сточных вод из кухонь, как содержащих известное количество органических веществ, может являться весьма желательным<sup>1)</sup>.

Этим легко объясняется то, что озера с очень чистой горной водой вследствие спуска свежих сточных вод ближайшими деревнями и гостиницами очень богаты рыбой.

Кроме явного вреда для рыб от спуска сточных вод, было также замечено вредное их влияние на *устриц и раков*, которые способствовали распространению брюшного тифа<sup>2)</sup>.

Далее, загрязнение водных протоков сточными водами является вредным во многих других отношениях. Так, в реках легко образуются *отмели из грязи во всех тех пунктах их, где имеется недостаточная скорость для передвижения тяжелых веществ, содержащихся в сточных водах*. К таким пунктам прежде всего нужно отнести устья выпускных сточных каналов и ливнеотводов в тех случаях, когда концы устьев и ливнеотводных труб не доведены до стрежня реки, или когда скорость движения воды в реке меньше скорости движения сточных вод в водосточных каналах<sup>3)</sup>. Далее, подобные явления легко наблюдаются у низких берегов, в изгибах и заливах реки и у выправительных сооружений.

*Интенсивность осаждения грязи в реках* возрастает по мере спада вод и достигает своего максимума при горизонте самых низких вод. Едва ли нужно доказывать, что отложения грязи могут причинять *непосредственный вред для судоходства и вызывать большие расходы на удаление грязи землерпанием* (реки и каналы в Ленинграде).

Грязевые отмели, содержащие в своем составе значительное количество органических веществ, представляют собою такие скопления, где могут происходить энергично процессы гниения. Образующиеся при процессах гниения газы (сероводород, углекислота, болотный газ) могут по мере успешности их образования *выделяться из воды и заражать окружающий воздух*. Подобные процессы усиливаются в жаркое время года, при горизонтах низкого стояния

1) W. Cronheim, Frisches Abwasser, als Zusatz zu Fischteichen, 1905.

2) George I. Faller, Die Infektion von Austern und anderen Schalthieren durch Abwasser mit besonderer Berücksichtigung der Uebertragung von Typhus, Journ. of Franklin Institute, 1905; Newton. Alleged pollution of the sea, Surveyor, 1910.

3) Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд. 1926.

вод, а при ветреной погоде вонючие газы могут относиться на значительные расстояния. Если же эти запахи достигают поселений, то из-за них население прекращает проветривание своих помещений, т. е. дышит испорченным комнатным воздухом (напр., Ленинград).

При проникновении этих газов во внутрь жилых домов они передают свой запах находящейся в них мебели, платью и пищевым продуктам, что делает последние негодными к употреблению. Еще сильнее подобные явления оказываются в тех участках реки, которые, будучи подперты плотинами, использованы для сельскохозяйственных или промышленных целей (гидро-силовые установки). В этих случаях образовавшиеся пруды, в сущности, представляют собой громадные бассейны с интенсивным развитием гнилостных процессов, так как здесь, вследствие застаивания, отложения грязи усиливаются. Правда, плотины всегда имеют спускные трубы, снабжаемые затворами, для удаления грязи из пруда. Но так как с подобным удалением грязи связана потеря подпертой скопленной воды, влекущая за собой приостановку в работе водяных двигателей, то к этой прочистке могут прибегать часто лишь на многоводных реках, где накопление воды происходит быстро. В водохранилищах на реках, кроме выделения вонючих газов, замечается усиленное произрастание различных видов водорослей (*Sphaerotilus natans*), которые легко могут попадать в установленные при плотинах турбины и препятствовать их правильному действию. Кроме того, водоросли, погибая, образуют в спокойных пунктах реки скопление своих мертвых частей, которые легко загнивают в летнее время, и благодаря гнилостным газам всплывают на водную поверхность. Эти соображения нужно иметь в виду при устройстве в СССР новых гидро-силовых станций.

Само собой разумеется, что в естественных водохранилищах—озерах также легко образуются отложения грязи, так как в озерах вода движется только во время ветров, благодаря движению волн или разнице температур в разных частях озера. Но при незначительных количествах сточных вод и большом объеме озер вред от спуска их проявляется на незначительной площади озер и ослабляется вследствие потребления рыбами органических веществ<sup>1)</sup>. Тем не менее, если озера являются источниками водоснабжения, спуск в них неочищенных сточных вод должен быть устранен, как это можно видеть из примера г. Чикаго<sup>2)</sup>, который, желая получить более чистую воду, выдвинул свои водоприемники в Мичиганском озере на значительное расстояние от берега (около 6 км) и прекратил спуск сточных вод в это озеро, устроив для этой цели особый спускной канал к р. Иллинойсу.

Также далеко не безвредным является загрязнение сточными водами морских бухт и портов, хотя с первого взгляда и кажется, что растворение сточных вод огромными массами морской воды вполне предохраняет от каких-либо опасностей с гигиенической точки зрения. Если сточные воды будут

<sup>1)</sup> *Pettenkofcr und Hofer*, Gutachten über die Entwässerung der Gemeinde Tutzing in den Starnbergersee, München 1898;

*Othmüller*, Gutachten über die Entwässerung der Stadt Schwerin in den grossen Schwieriner See, Arbeit. aus d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1898.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Добывание воды из озер, Санит. Техника, 1926.

спускаться в море в пределах бухты или порта, то все заключающиеся в них *примеси*, во время приливов и волнений, легко будут *выбрасываться на морской берег*, заражая окрестный воздух гнилостными газами<sup>1)</sup>; едва ли нужно доказывать, что *купанье в таких местах станет недопустимым*, что имеет большое значение для морских курортов (Ялта, Одесса).

В некоторых случаях мелкие морские бухты могут зарастать водорослями (*Ulva*), которые, вымирая, начинают гнить и заражать воздух. Такое явление имело место в английском городе Belfast, потратившем не мало средств на борьбу с их развитием<sup>2)</sup>.

Для предотвращения подобных явлений при спуске сточных вод в море необходимо доводить выводные каналы до такого пункта моря, где существовало бы *постоянное течение, относящее морские воды от береговой полосы*<sup>3)</sup>.

Так, напр., поступили города Неаполь и Марсель, отодвинувшие свои выводные коллекторы на значительное расстояние в море. Но самым грандиозным примером отведения сточных вод в море служит г. Бостон и ряд окружающих его малых городов, где для этой цели устроен отводный канал длиной до 4 км, выпускающий воды на глубине 15 м при скорости морского течения 1,1 м в секунду.

Таким образом, *спуск сточных вод в водные протоки приносит человечеству серьезный вред для здоровья и причиняет также значительные материальные убытки*. Для предотвращения вредных последствий спуска сточных вод санитарные инженеры придумали не мало *способов для очистки сточных вод*. Но при их применении необходимо правильно оценивать то явление в реках, которое носит в науке название *самоочищения рек* и которое заключается в *способности реки на некотором расстоянии от начального пункта загрязнения восстанавливать свой физический, химический и биологический состав*.

**§ 2. Исследования загрязнения и самоочищения рек.** Изучением вопроса о самоочищении рек стали заниматься более полувека тому назад, при чем инициатива в этом вопросе, как и во многих вопросах санитарного благоустройства, принадлежит *Англии*, где были образованы в 1866—1868 г. *Комиссии для изучения вопроса о загрязнении рек* (Rivers Pollution Commissions). Работы этих комиссий, изучивших загрязнение рек Tamise, Lees, Calder, Mersey, Irwell, Darween, показали, что в этих реках происходят процессы окисления органических веществ очень медленно, и что протяжение исследованных рек недостаточно для получения полного эффекта самоочищения рек. Примеру Англии последовали и страны континента, где появился и является до настоящего времени ряд многочисленных и всесторонних исследований, посвященных вопросу о загрязнении рек.

1) *Guilhaud*, Deversements des eaux residuaires dans les ports, L'Hygiène generale et appliquee, 1909.

2) *Dr. Wilhelmi*, Die Einleitung der Abwässer in das Meer, Wasser und Abwasser, 1911.

3) *Проф. В. Ф. Иванов*, Канализация населенных мест, глава XXI, 1926;  
*Balfour*, Sewerage of towns on tidal waters, Surv., 1926.

Так, в 1877—1881 г. Hulwa<sup>1)</sup> производил исследование состава воды р. Одера после спуска в нее сточных вод г. Бреславля. Результаты исследований среднего химического состава воды р. Одер, произведенных Hulwa, показаны в следующей таблице X (цифры обозначают количество веществ в мг в 1 л воды).

Таблица X.

№№	Пункты взятия проб воды из р. Одера	Плотный остаток	Потеря при прокаливании	Потребление марганцево-кислого кали	Органич. вещества расчит. по потребл. $\text{KMnO}_4$	Аммиак	Хлор	Азотн. кислота
1	Ниже г. Ohlau . . . . .	155,0	29,0	10,58	52,9	0,07	8,87	1,0
2	У водопровода при вступлении Одера в гор. Бреславль . .	168,9	37,8	16,66	83,3	0,076	8,78	0,89
3	Непосредств. за устьем главного отведенного коллектора . . . . .	532,8	179,2	98,25	491,25	10,34	29,76	0,85
4	На расстоянии 9 км от устья канализационной сети у Mas-selwitz . . . . .	179,0	43,3	17,19	85,35	0,48	10,411	0,67
5	На расстоянии 14 км от устья сети после впадения в Одер притоков Weide и Weis-tritz . . . . .	194,0	28,0	23,069	115,34	0,175	11,36	1,50
6	На расстоянии 32 км от устья сети у Dyhernfurth . . . .	185,4	34,2	17,06	85,30	0,154	11,31	1,28

Если судить о загрязнении реки по содержанию в составе ее воды органических веществ, как это делает Hulwa, то можно видеть из этой таблицы, что имеется резкое загрязнение у устья канализационной сети, которое почти исчезает на расстоянии 9 км с тем, чтобы вновь несколько возрасти после впадения речек Weide и Weistritz, и вернуться к прежнему составу уже на расстоянии 32 км. Далее, в 1884 г. проф. Fleck<sup>2)</sup> исследовал загрязнения трех саксонских рек (Luppe, Roeder и Wesenitz), при чем результатом этих исследований явилась нижеприведенная формула для установления возможности спуска сточных вод в реки.

Затем Durand Claye<sup>3)</sup>, исследовав загрязненность р. Сены, доказал последовательно улучшение химического состава ее вод по мере удаления от Парижа.

1) *Franz Hulwa*. Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau, Journ. f. Gasbel. und Wasserv., 1883.

2) *Fleck*. Selbstreinigung der Luppe, Roeder und Wesenitz, Jahresbericht der Königl. Chem. Zentrarstelle in Dresden, 1884.

3) *Prof. Bechmann*, Distribution d'eau et assainissement des villes, 1899.

Честь первого бактериологического исследования состава реки принадлежит Frank'у<sup>1)</sup>, который в 1886 г. изучил Spree и Havel на протяжении Берлин — Сакров (таблица XI).

Таблица XI.

№№	Пункты взятия проб воды из р. Шпре и Гавеля	Расстояние пунктов от Берлина в км	Колебания в числе за- родышей в 1 куб. см	Среднее число зародышей в 1 куб. см	Среднее по- требление КМп04 мг/л
1	При вступлении Шпре в Берлин у Oberbaumbrücke . . . . .	—	1900—65000	9000	19,7
2	Местечко Pichelsdorf . . . . .	33	6300—893000	188000	21,4
3	„ Gatow . . . . .	36	900—486000	137000	20,4
4	„ Cladow . . . . .	38	2900—650000	131000	20,6
5	„ Sacrow . . . . .	45	1700—296000	10200	19,6

Из этой таблицы можно заключить, что для исследованных рек очищение с бактериологической точки зрения достигается в том же пункте Sacrow, что и очищение с химической точки зрения.

Десять лет спустя (1896 г.), когда уже были уничтожены все спуски сточных вод в эти реки, было сделано новое химическое и бактериологическое исследование состава Spree и Havel Dirksehn'ом и Spitta<sup>2)</sup>, которыми было установлено, что *состав воды не улучшился*; это объяснялось, главным образом, увеличением судоходства и устройством речных портов на этих реках, что дает прямые указания на иные причины загрязнения рек, кроме устьев водосток.

Далее следует упомянуть о работах по исследованию загрязненных рек, сделанных Niedner<sup>3)</sup>, Uffelmann и Ohlmüller<sup>4)</sup>, Fränkell и Moser в Германии, Celli и Scala<sup>5)</sup> в Италии, Schlatter и Thomann<sup>6)</sup> в Швейцарии, Long и Stearns в САСШ.

Затем Heider (1893 г.) исследовал Дунай у Вены и нашел, что самоочищение его достигается на расстоянии 40 км от Вены.

В 1897 г. появилась интересная работа Kabrehl'a<sup>7)</sup>, посвященная вопросу о загрязнении и самоочищении рек.

В 1899 г. Imbeaux и Macé<sup>8)</sup> исследовали реки Meurthe и Moselle у городов Epinal, Toul, Saint-Dié, Luneville и Nancy.

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Hygiene, 1888.

<sup>2)</sup> Archiv für Hygiene, XXXV.

<sup>3)</sup> Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, 1892. XXIV.

<sup>4)</sup> Arbeiten aus Kaiserlichem Gesundheitsamte, 1891.

<sup>5)</sup> Sull' acqua del Tevere, Studio dal punto di visto dell' igiene, 1890.

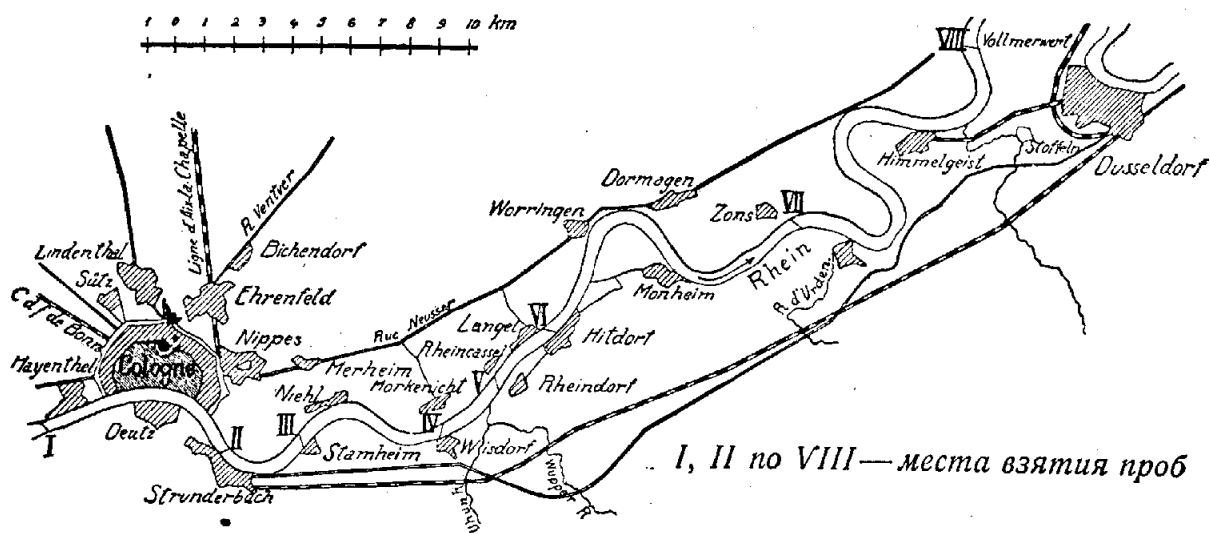
<sup>6)</sup> Zeitschrift für Hygiene (1890—1900 гг.).

<sup>7)</sup> Bakteriologische und kritische Studien über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse, Archiv für Hygiene, 1897.

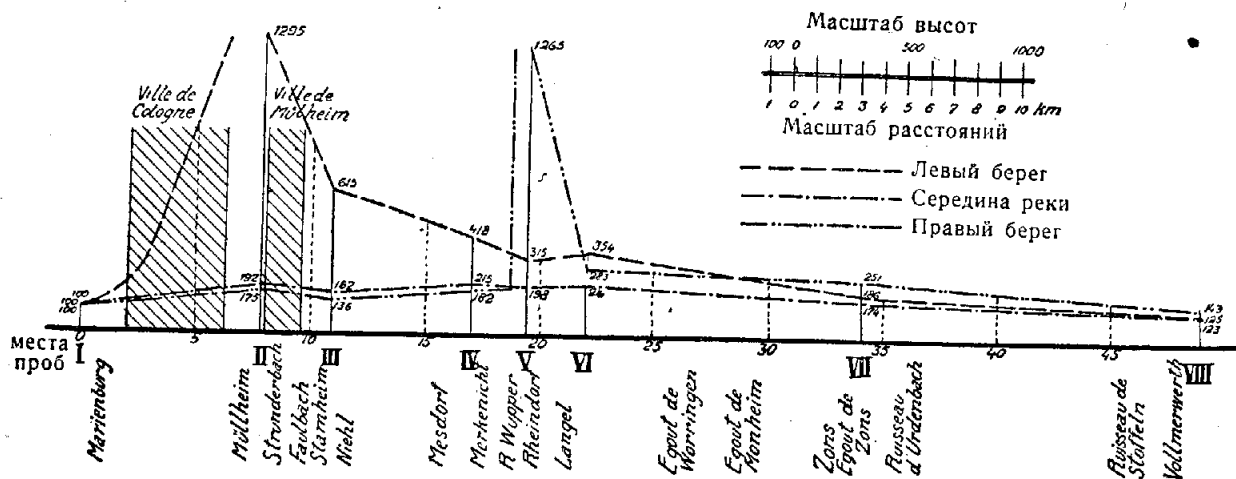
<sup>8)</sup> Annales d'Hygiène, 1898.

Далее, Stutzer и Knoblauch<sup>1)</sup> произвели интересное бактериологическое исследование р. Рейна, результаты которого изображены на чертежах 12 и 13.

Для построения графика за единицу было взято число бактерий в 1 куб. см у Marienburg'a равное 2200, так что для получения абсолютного количества бактерий необходимо все цифры графика помножить на 22. Из черт. 13 можно видеть, что полное бактериологическое самоочищение достигается только у Volmersverth'a, на расстоянии 45 км от Mullheim'a.



Черт. 12.



Черт. 13.

Одновременно с работами над Рейном докторов Stutzer'a и Knoblauch'a Schenk<sup>2)</sup> исследовал влияние альг и других низших растений и Steuernagel<sup>3)</sup> влияние света, температуры и пр. на самоочищение этой реки. Этим исследованием было установлено незначительное влияние новых факторов на самоочищение рек.

1) Imbeaux, L'alimentation en eau l'assainissement des villes, 1900.

2) Schenk, Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines, Centralblatt für Gesundheitspflege, 1893.

3) Steuernagel, Untersuchungen über die Verunreinigung des Rheines durch die Kölner Kanalwässer und Selbstreinigung desselben. Gesundheits. Ing. 1893.

Затем Kruse <sup>1)</sup>, занимаясь вопросом о загрязнении и самоочищении рек, выработал основные положения, которыми, по его мнению, необходимо руководствоваться при производстве подобных исследований.

Требования Kruse сводятся к следующему:

1) *Пробы воды из рек должны браться во время засухи при горизонтах самого низкого стояния вод, чтобы избежать влияния мутности воды, происходящей под влиянием паводков и весенних вод.*

2) *Вместо взятия проб по середине реки и у берегов он рекомендует для исследования состава речной воды брать во всяком живом сечении таким образом, чтобы каждая проба соответствовала среднему составу реки. Для этой цели он берет три стерилизованные бутылки (в  $1\frac{1}{2}$  л) и наполняет их постепенно при помощи пипетки в 40 куб. см, двигаясь по живому сечению реки. Таким образом, каждая бутылка наполняется водой, соответствующей трети живого сечения,*

3) *При сравнении двух пунктов реки необходимо принять во внимание то время, которое должна затратить вода, чтобы пройти расстояние между исследуемыми пунктами.*

4) *Пробы воды необходимо брать по несколько раз в день, чтобы можно было оценить часовые колебания химического и бактериологического состава рек.*

5) *Необходимо бутылки снабжать соответственными надписями немедленно после взятия проб.*

В этих правилах Kruse нельзя не видеть некоторой попытки упорядочить технику взятия проб воды, так как, в действительности, при производстве подобных исследований нельзя не отметить большие затруднения, если не полную невозможность, точно установить траекторию движения водяной струи в реке.

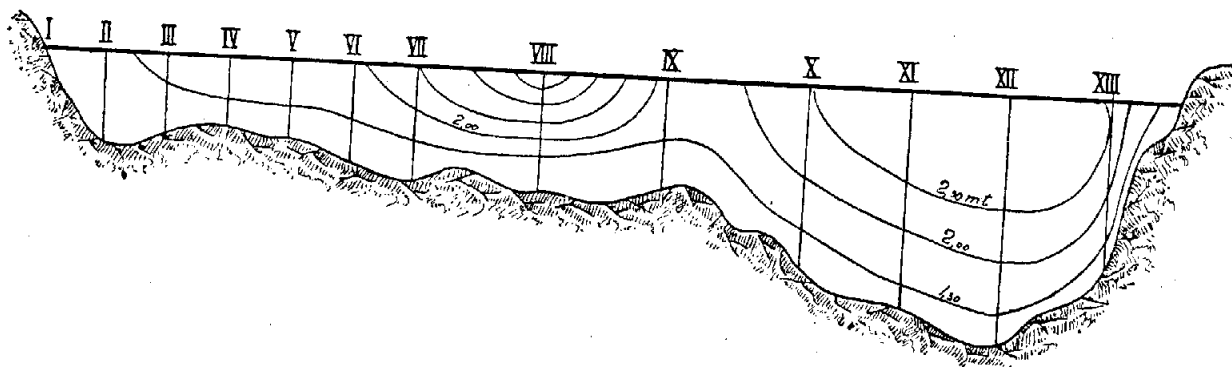
Трудность эта заключается в неполном смешении речной воды со сточной, в неравномерном притоке сточных вод в реки и в неравномерном движении самой речной воды.

Неполное смешение речной воды со сточной водой главным образом происходит благодаря недоведению устьевого трубы канализационной сети до стрежня реки. Это явление аналогично подобному явлению, которое замечается при впадении какого-либо притока в реку: всегда на значительном расстоянии от пункта слияния можно заметить разницу в цвете воды (рр. Днепр и Десна у Киева).

Неравномерность притока сточных вод рассмотрена нами в главе II и зависит от характера и колебаний водопотребления. Колебания в количестве сточных вод, разумеется, обуславливают собой колебания и в количестве органических веществ. Так, напр., по данным Lubberger'a для г. Фрейбурга количество органических веществ в 1 л воды изменяется от 30 мг до 250 мг. Неравномерность движения воды рек оказывает серьезное влияние на результаты исследования состава речной воды. Поэтому при

<sup>1)</sup> Kruse, Ueber Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse, Centralblatt für Allg. Gesundheitspflege, 1899.

точных исследованиях было бы необходимо разделить живое сечение реки вертикалями (черт. 14) и в каждой вертикали брать пробы на разных глубинах для получения среднего состава воды, при чем эти пробы желательно отбирать в течение каждого часа для оценки часовых колебаний состава воды. Но даже при этих сложных приемах нельзя добиться полной точности решения вопроса, так как движение воды в реке представляет собой движение неустановившееся.

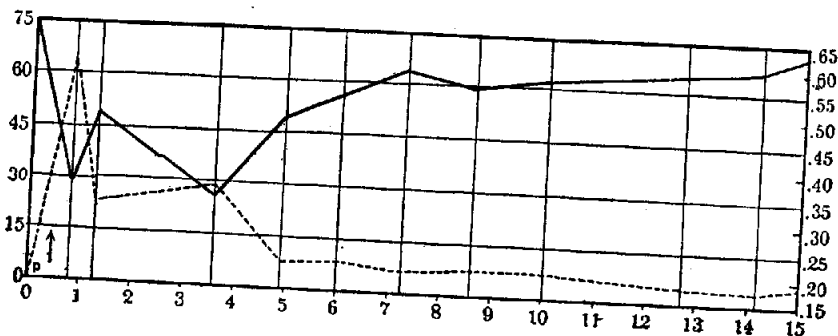


Черт. 14.

Подобный прием <sup>1)</sup> был применен в 1905 г. при исследованиях влияния сточных вод Дрездена на р. Эльбу. Для производства исследований в каждом из выбранных живых сечений было намечено 12 вертикалей и в каждой вертикали в течение часа брались пробы. Так как исследование производилось в течение 14 часов, то число проб в каждом живом сечении было  $12 \times 14 = 168$ .

Более точное исследование было произведено в 1923 г. Ruppert'ом <sup>2)</sup>, который, производя исследования состава р. Moosach, учитывал *скорость движения речной воды* и таким образом осуществил правила Kruse на практике.

Из других исследований загрязнений рек заслуживают внимания работы Dibdin'a (1893-1894 г.), исследовавшего содержание кислорода в р. Темзе на протяжении Teddington—London—The-Nore <sup>3)</sup> и работы Woodman'a, Winslow'a и Hansen'a <sup>4)</sup> (1902 г.), исследовавших р. Sudbury в Америке.



Черт. 15.

Результаты последнего исследования изображены на черт. 15, где показан ход восстановления кислорода после пункта загрязнения (сплошная кривая) и постепенного уменьшения органических веществ (пунктирная кривая, показывающая содержание альбуминного аммиака).

<sup>1)</sup> Gutachten des Reichs-Gesundheitsrats über die Einleitung der Abwässer Dresdens in die Elbe, erstattet von Gärtner und Rubner, 1902.

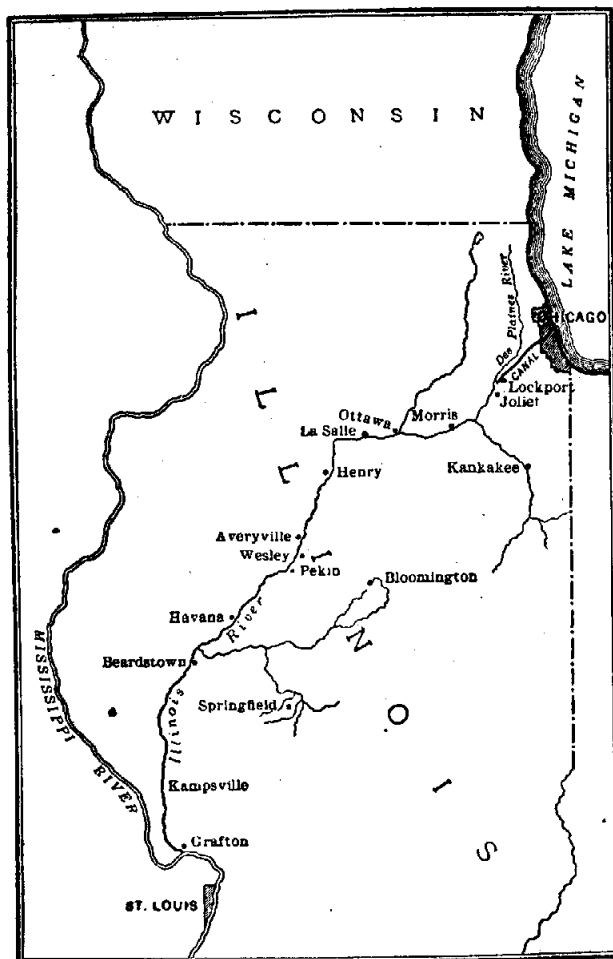
<sup>2)</sup> Ruppert, Ueber die Selbstreinigung von Flüssen. München, 1923.

<sup>3)</sup> Kinnicutt, Winslow and Pratt, Sewage disposal, 1911.

<sup>4)</sup> Woodman, Winslow and Hansen, A study of Selfpurification in the Sudbury River, Technology Quarterly, XV 1902.



Прекрасный пример изучения загрязнения и самоочищения рек представляет собой исследование загрязнения р. Иллинойс (Illinois River), вызванное жалобой г. Сан-Луи на загрязнение сточными водами г. Чикаго, который расположен на расстоянии 357 миль выше Сан-Луи около озера Мичиган (Lake Michigan) и притока Иллинойса Де-Плэнис (Des Plaines). Гор. Чикаго спускал свои воды в особый отводный канал, впадающий в р. Des Plaines и устроенный для защиты от загрязнения озера Мичигана, которое служит источником водоснабжения этого города (черт. 16).



Черт. 16.

Результаты этого химического и бактериологического исследования, опубликованного Rheinolds'ом в 1907 году, приведены в нижеследующей таблице XII.

Из рассмотрения данных об уменьшении количества хлора, свободного и альбуминного аммиака и бактерий можно видеть, что сточные воды г. Чикаго не загрязняют р. Иллинойса у г. Сан-Луи.

Но в случае близкого расположения городов, стоящих на одной ре-

ке

Таблица XII.

Название пункта	Время, затрачиваемое сточной водой для достижения данного пункта в днях	Частей 1:1000000					Количество бактерий в 1 куб. см
		Хлор	Аммиак		Нитриты	Нитраты	
			Свободн.	Альбум.			
Canal Bridgeport . . . . .	—	96,6	8,05	2,05	0,021	0,074	631000
Canal Lockport . . . . .	1,6	124,5	10,90	2,07	0,013	0,066	1775000
Des Plaines R. Joliet . . . . .	1,7	41,5	4,22	0,83	0,021	0,086	744286
Illinois R. Morris . . . . .	2,5	24,5	2,46	0,60	0,075	0,424	445000
„ „ Ottawa . . . . .	3,4	15,3	1,55	0,41	0,197	0,966	116000
„ „ La Salle . . . . .	—	17,5	1,05	0,43	0,109	0,979	94000
„ „ Henry . . . . .	5,3	13,3	0,92	0,38	0,102	0,800	64200
„ „ Averyville . . . . .	—	13,5	0,81	0,37	0,104	1,150	51800
„ „ Wesley . . . . .	—	12,0	0,56	0,41	0,083	1,030	36800
„ „ Pekin . . . . .	9,9	12,3	0,70	0,43	0,060	0,990	68400
„ „ Havana . . . . .	11,4	11,2	0,60	0,36	0,065	0,570	23100
„ „ Beardstowh . . . . .	12,8	10,7	0,69	0,44	0,106	0,685	28200
„ „ Kampsville . . . . .	15,5	11,3	0,66	0,44	0,044	0,870	33700
„ „ Grafton . . . . .	17,7	9,8	0,46	0,42	0,031	1,060	21000

ке и пользующихся из нее водой, загрязнение сточными водами вышележащего города очистных водопроводных сооружений нижележащего не может быть предотвращено, как это можно видеть из примера американских городов Elmira и Pennsylvania, расположенных на р. Tioza <sup>1)</sup>.

Из новейших американских работ нужно еще отметить произведенное Советом Народного Здравия исследование загрязнения и самоочищения р. Огайо, притока Миссисипи, длиной около 1550 км, на которой расположены крупные центры Питтсбург с населением в 1 мил. чел. и Цинциннати с населением в 600 тыс. чел. <sup>2)</sup>.

Наконец, нельзя не упомянуть еще о работах в Германии: химических исследованиях р. Рейна, сделанных Dr. Grosse-Bohle <sup>3)</sup> и Steuernagel <sup>4)</sup>, химико-биологических исследованиях р. Эльбы и Зааля, сделанных проф. Kolkwitz и Dr. Felix Ehrlich <sup>5)</sup> и химическом исследовании р. Майна, сделанном Dr. Tillmans <sup>6)</sup>.

Steuernagel и Grosse-Bohle в своем исследовании пришли к заключению, что:

- 1) Количество взвешенных веществ в р. Рейне возрастает при повышении уровня воды; увеличение количества взвешенных веществ значительно при быстром течении реки, и, наоборот, при медленном течении количество взвешенных веществ возрастает медленно или остается без изменения. С падением уровня вод и количество взвешенных веществ уменьшается, что имеет место и в том случае, если после сильного падения воды уровень воды медленно повышается или остается без изменения. Эти колебания в количестве взвешенных веществ легко объясняются действиями дождей и тающих снегов, которые, размывая почвы, сносят продукты размыва в реку.
- 2) Колебания в количестве органических взвешенных веществ, составляющих 100%—200% всего количества, подчиняются тем же причинам, что и общее количество взвешенных веществ.
- 3) Остаток после пропаривания мало изменяется от движения и высоты стояния воды р. Рейна.
- 4) Содержание растворенных органических веществ обнаруживает очень незначительные колебания; оно зимой больше, чем летом, при высоких горизонтах воды оно несколько уменьшается, при низких принимает среднее значение.
- 5) Аммиак находится в р. Рейне в незначительном количестве; азотной кислоты не имеется вовсе.
- 6) Количество азотистой кислоты, колеблющейся в пределах от 1,3 до 4,7 мг в л, не зависит от уровня стояния воды; зимой бывает больше, чем летом.
- 7) Количество хлора, колеблющееся в определенных границах, повышается при низких уровнях воды и падает при высоких; зимой бывает больше, чем летом.

<sup>1)</sup> *Beardsley*, Interstate pollution of streams, Journ. of the Americ. Wat-Works Assoc., 1926.

<sup>2)</sup> United States Public Health Service. A study of the pollution and natural purification of the Ohio River, Washington, 1924—25.

<sup>3)</sup> *Grosse-Bohle*, Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers, Mitteil. der Königl. Prüfungsanst. für Was. und Abwass., Heft 7, 1906.

<sup>4)</sup> *Steuernagel und Grosse-Bohle*, Untersuchungen über den Einfluss der Niederschläge und der Abwässer auf die Zusammensetzung des Rheinwassers bei Köln. Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 8, 1907.

<sup>5)</sup> *Prof. Kolkwitz und F. Ehrlich*. Chemisch—biologische Untersuchungen der Elbe und Saale, Ibidem, Heft 9, 1907.

<sup>6)</sup> *Tillmans*. Ueber den Gehalt des Mainwassers an freiem, gelöstem Sauerstoff, Ibidem, Heft 12, 1909.

8) Содержание кислорода в воде Рейна близко к насыщению; потребление кислорода очень незначительно.

9) Число бактерий при высоких уровнях воды больше, чем при низких.

10) Сточные воды Кельна не оказывают значительного влияния на состав вод Рейна; на расстоянии 4 км от впуска осветленных в песколовках с решетками сточных вод в Рейне замечаются незначительнейшие изменения в составе и весьма малое увеличение потребления кислорода, число бактерий после впуска сточных вод Кельна несколько увеличивается, но это увеличение проявляется гораздо сильнее во время выпадения сильных дождей или быстрого таяния снегов.

11) Химический состав Рейна, несмотря на введение в различных пунктах сточных вод расположенных на нем городов, фабрик и заводов, претерпевает весьма незначительные изменения, благодаря большому расходу воды р. Рейна.

Химико-биологические исследования р. Эльбы и Заалы были предприняты с целью изучить влияние сточных вод расположенных на них сахарных заводов, которые, по заявлению проф. Дунбара, и придавали запах свекловицы воде Эльбы у городов Магдебурга и Гамбурга, пользующихся для водоснабжения ее водами. Исследования были произведены в очень большом масштабе, при чем р. Эльба изучалась в 13 пунктах от Гамбурга до Шандау (Сакс. Швейцария), а приток ее, р. Зааль на всем протяжении в 6 пунктах, при чем программа исследований была распространена и на сточные воды расположенных на них городов, фабрик и заводов (красильных, химических, кожевенных и др.). Пункты для взятия проб выбирались с таким расчетом, чтобы можно было брать пробы выше и ниже больших городов и речных притоков.

Исследователи доказали, что р. Эльба, несмотря на вносимые загрязнения, довольно быстро от них освобождается, что объясняется, главным образом, большим количеством протекающей в ней воды (700 куб. м. в сек. у г. Гамбурга) и большой скоростью движения воды (1—2 м/сек).

В СССР по данным проф. Г. В. Хлопина<sup>1)</sup> вопрос о загрязнении и самоочищении рек является мало освещенным. Встречающиеся в литературе отдельные исследования<sup>2)</sup>, если не считать исследований рр. Невы, Москвы<sup>2)</sup>, Волги<sup>3)</sup> и некоторых других, являются случайными и часто произведенными по совершенно посторонним причинам практического характера, главным образом на почве контрактов б. городских самоуправлений с водопроводными обществами (р. Днепра у Киева, р. Дона у Ростова на Дону).

Из исследований, сделанных в России для изучения вопроса о самоочищении рек, следует отметить старинную работу д-ра М. Б. Коцина<sup>2)</sup>, который производил исследование р. Москвы в 1887—1889 г. Эти исследования выяснили, что самоочищение р. Москвы не достигается на расстоянии 20 верст от города.

Из русских работ по загрязнению и самоочищению рек заслуживают внимания: исследование Ф. Ф. Киркора<sup>4)</sup> о химическом составе р. Роси и ее при-

1) Проф. Хлопин. Загрязнение проточных вод, 1902.

2) М. Б. Коцин. Исследование Москвы-реки, 1889;

Д-р А. И. Раммуль. О водоснабжении г. Москвы, Вестн. Общ. Гигиены, 1908.

3) В. А. Арнольд. О воде р. Волги и ее главнейших притоков, Вестн. Общест. Гигиены, 1905;

А. Ф. Никитин. Вода Волги и Оки у Нижнего. Вестн. Общ. Гигиены, 1905;

И. Н. Матвеев. Санитарные очерки берега Волги, Вестн. Общ. Гигиены, 1906;

4) Ф. Ф. Киркор. Материалы по вопросу о колебаниях состава речной воды. Химическое исследование р. Роси. Диссерт. на звание магистра фармации, 1904—1905 г.

токов, загрязненных сточными водами 80 расположенных на них заводов (свекло-сахарных, винокуренных, мыловаренных и пивоваренных), и исследование санитарного состояния Ленинградских рек Фонтанки, Мойки и Екатерининского канала, сделанное С. К. Дзержговским<sup>1)</sup>.

Далее следует упомянуть о произведенном исследовании состава р. Дона, предпринятом с целью изучения влияния спуска неочищенных сточных вод из канализационной сети г. Ростова на Дону на громадную смертность в лежащей ниже его станции Гниловской<sup>2)</sup>.

Особенный интерес представляет биологическое исследование р. Москвы в 12 пунктах на протяжении 109 верст (от деревни Рублево до села Коломец), произведенное Я. Я. Никитинским<sup>3)</sup> в 1907 году с целью выяснения возможности спуска в р. Москву очищенных биологическим способом сточных вод г. Москвы.

На основании своего исследования автор приходит к следующим выводам:

1) Река Москва в Рублеве (место забора воды для городского водопровода) и даже в Кунцеве характеризуется полным отсутствием показательных форм, указывающих на загрязнение растворимыми или мелкими взвешенными веществами, и обильным развитием показательных форм, указывающих на значительную чистоту воды.

2) Река Москва в районе г. Москвы на протяжении от Дорогомилова и до Перервы представляет картину очень сильного загрязнения, так как на всем этом пространстве находятся в изобилии сапробные формы организмов, указывающих на сильное загрязнение растворенными органическими веществами.

3) Впадение р. Яузы сразу и надолго повышает загрязнение растворенными органическими веществами и бактериями значительно больше того, которое наблюдается в Дорогомилове и у Крымского моста.

4) Самоочищение р. Москвы наступает за м. Быковым, т. е. на расстоянии 71 версты от пункта первичного загрязнения Дорогомилова.

5) Введение в реку Москву даже больших количеств очищенных биологическим способом сточных вод может отразиться лишь несколько усиленным развитием организмов, указывающих на большое содержание бактерий, и не может вызвать усиления развития сапробных организмов, указывающих на загрязнение растворенными органическими веществами.

Из ознакомления с вышеприведенными и многими другими работами, посвященными вопросу о загрязнении и самоочищении рек, можно прийти к заключению, что *все многоводные реки обладают способностью восстанавливать свой физический, химический и биологический состав на известном расстоянии от начального пункта загрязнения, если они имеют достаточное протяжение, и если по их течению города и заводы расположены на больших расстояниях, чем это требуется для успешности процесса самоочищения рек.*

**§ 3. Самоочищение рек.** Процесс самоочищения рек<sup>4)</sup> представляет собой совокупность целого ряда процессов (физических, химических и биологи-

<sup>1)</sup> С. К. Дзержговский. Исследование санитарного состояния рек Фонтанки, Мойки и Екатерининского канала, Вестн. Общ. Гигиены, 1910.

<sup>2)</sup> О выпуске в реку Дон сточных вод канализации г. Ростова на Дону в связи с вопросами об их очищении, 1908.

<sup>3)</sup> 2-ой отчет комиссии по производству опытов биологической очистки сточных вод на полях орошения г. Москвы, Отд. I, том III, Биологическое исследование р. Москвы на протяжении от дер. Рублево до села Коломец осенью 1907 года.

<sup>4)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. О спуске сточных вод в водные протоки. Труды VIII Вод. Съезда, 1907.

ческих) и заключается в следующем: в пункте, в котором изливаются сточные воды в реки, и далее на некотором расстоянии от пункта загрязнения сточные воды механически осаждают содержащиеся в них тяжелые частицы на дне реки, вместе с которыми падает на дно и часть бактерий содержащихся в сточных водах.

Одновременно с этим взвешенные частицы измельчиваются по мере движения их в реке и, подвергаясь действию кислорода воздуха и воды, окисляются и нитрифицируются при помощи бактерий, водорослей и низших организмов, совершающих свою обычную биологическую работу. На этом положении основано действие новых конструкций для очистки активным илом (био-аэрация), о чем подробно мы будем говорить ниже. Само собой разумеется, что самоочистительная способность рек не только различна для разных рек, но даже и для разных пунктов одной и той же реки, так как она зависит от взаимодействия целого ряда переменных факторов.

Так, самоочистительная способность зависит:

1) От успешности механического осаждения взвешенных частиц, содержащихся в сточных водах, в реке, которое, в свою очередь, зависит от конфигурации и режима речных протоков (скоростей и расходов рек); также не без влияния на этот процесс остается устройство устья выпускного коллектора, которое должно быть доведено до стрежня реки <sup>1)</sup>.

2) От коэффициента разжижения сточных вод речными ( $\alpha$ ), т. е. отношения максимального расхода сточных вод к расходу реки при самом низком горизонте.

3) От физического, химического и биологического состава сточных и речных вод; сопоставление анализов речной воды до входа ее в полосу загрязнения и в любом пункте ниже ее дает возможность определить степень загрязнения.

4) От биологической работы бактерий, альг и низших растений, выполняющих свою обычную роль при процессах разложения, окисления и нитрификации.

5) От температуры речной воды и от солнечного света, которые оказывают влияние на биологическую работу бактерий и пр. Таким образом, если мы возьмем за модуль загрязнения реки количество кислорода в мг, необходимого для окисления органических веществ, содержащихся в 1 л воды, и количество бактерий в 1 куб. см, то явление самоочищения реки на известном протяжении  $L$  можно условно изобразить графически (черт. 17 и 18). К этому графику можно было бы присоединить и колебание в количестве индикаторных растительных и животных организмов.

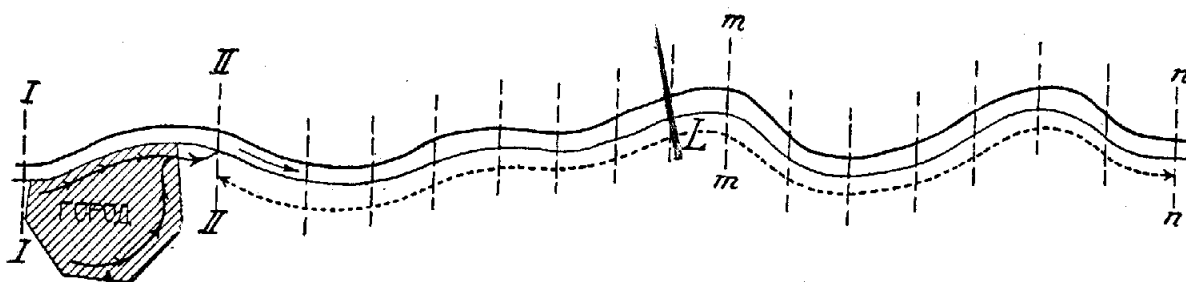
Но при изучении явления самоочищения рек необходимо иметь в виду, что одни факторы производят лишь видимое самоочищение, а другие — действительное.

В самом деле, при большом разжижении сточных вод речными вследствие усиленного осаждения сравнительно на незначительном расстоянии от источника загрязнения нельзя будет заметить потока сточных вод. Подобное само-

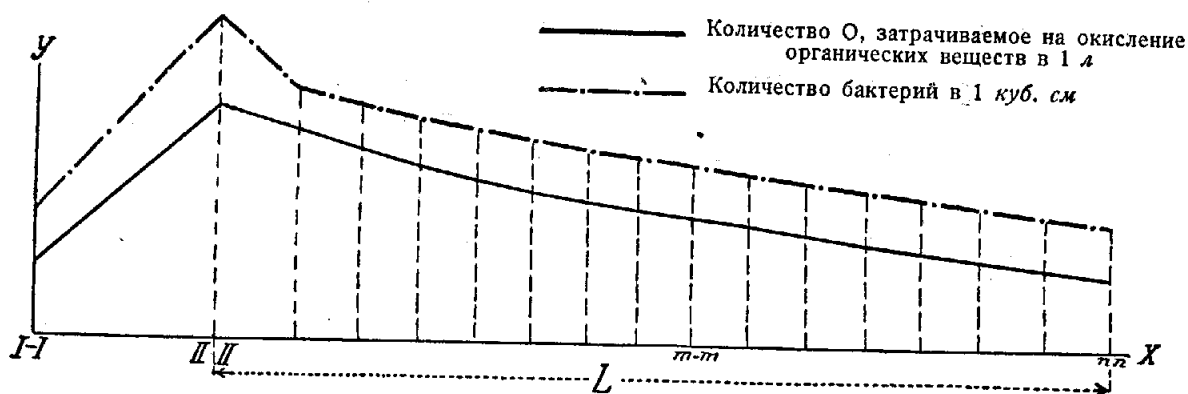
<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

очищение только кажущееся, так как осаденный ил, как это указывалось выше, богат подверженными гниению органическими веществами и бактериями, которые, по многочисленным исследованиям, не утрачивают своей жизнеспособности. Таким образом, при действии осаждения происходит лишь относительное уменьшение в воде загрязняющих веществ и бактерий, не превращая первых в безразличные соединения и не делая вторых безвредными.

Наоборот, другие факторы, как движение речной воды с определенной скоростью, вызывающее взбалтывание ее с воздухом, протяжение рек, жизнедеятельность бактерий и водорослей, свет и температура — обуславливают собой действительное самоочищение реки.



Черт. 17.



Черт. 18.

Средняя скорость движения речной воды для успешности самоочищения не должна быть ни мала, ни велика, так как в обоих случаях самоочищение замедляется. Если скорость ничтожна, то происходит более медленное поглощение кислорода из воздуха, а, следовательно, и более медленное окисление органических веществ, т. е. для успешности самоочищения потребуется большая длина реки. При большей же скорости затрудняются процессы осаждения, и взвешенные частицы без значительных изменений проносятся на большую длину.

Впрочем, говоря о роли растворенного кислорода в воде, нужно иметь в виду, что он нужен не столько для химических процессов, сколько для жизнедеятельности бактерий и других низших организмов.

Из низших организмов играют роль для процессов самоочищения водоросли и альги, из коих по исследованиям Loewe и Bokorny<sup>1)</sup> зеленые растения являются показателями чистоты воды.

<sup>1)</sup> Bokorny. Ueber die organische Ernährung grüner Pflanzen und ihre Bedeutung in der Natur, Biologisches Zentralblatt, 1897.

Только общее изучение всех этих факторов в применении к местным условиям может дать понятие о самоочистительной способности исследуемой реки, которая, однако, может быть определена только непосредственным опытом.

Тем не менее, еще во второй половине прошлого столетия многие ученые пытались выработать простые нормы для решения вопроса о допустимости сточных вод в реки. Первая попытка принадлежит англичанину Letheby (1867), который находил, что в реках после спуска сточных вод наступит самоочищение при  $a = 1:20$ .

Далее Pettenkofer<sup>1)</sup> считал допустимым спуск сточных вод в реку, если  $a = 1:15$  и средняя скорость движения воды в реке не меньше средней скорости движения сточной воды в каналах. При применении этого правила река с расходом в 1 куб. м в сек. и при среднем потреблении на человека в час в 8 л могла бы принять сточные воды от  $\frac{3600 \times 1000}{8 \times 15} = 30000$  жителей, тогда как по нормам Letheby только от 22500 жителей.

Fleck<sup>2)</sup> на основании своих опытов над саксонскими реками пришел к заключению, что в выражение для нормы, разрешающей спуск сточных вод в реку, необходимо ввести *скорость движения речной воды*, так как она играет в процессах самоочищения огромную роль: она способствует энергичному перемешиванию речной и сточной вод и распределению плавающих и взвешенных веществ на большей длине речного ложа и увеличивает способность речной воды к поглощению из воздуха кислорода, столь важного для окисления органических веществ. Формула Fleck'a:  $E \leq 10000 qv$ , где  $E$ —число жителей, сточные воды которых могут быть спущены в реку,  $q$ —секундный расход воды в куб. м и  $v$ —средняя скорость движения воды в м. Для  $q = 1$  куб. м  $\text{с}$   $v = 0,5$  —  $E = 5000$ , т. е. нормы Fleck'a строже норм Pettenkofer'a.

Далее Baumeister<sup>3)</sup> дает для  $E$  иное выражение:  $E \leq \frac{Qv}{(1+c)k}$ , где  $Q$ —суточный расход воды в куб. м,  $v$ —скорость,  $c$ —показывает отношение между неканализованной и канализованной площадями города,  $k$ —коэффициент загрязнения, равный по Baumeister'у 5;  $c$  при полной канализации города = 1, при ее отсутствии = 0.

Таким образом, формула Baumeister'a не разрешает спуска сточных вод ни в реки с малым расходом, ни с медленным течением.

Brix<sup>4)</sup>, полагая, что при определении  $a$  следует исходить из содержания свободного кислорода в речной воде, дает нормы от 5 до 15 куб. м суточного расхода реки на 1 жителя, при чем меньшие нормы соответствуют  $v$ —скорости течения в реке, большей 1 м, большие нормы —  $v$ , равной 0,3 м; средняя норма в 10 куб. м на человека соответствует  $v = 0,6$  м. По данным Brix'a в реку с расходом 1 куб. м в секунду можно спустить воды от 8640 человек.

1) Journ. für Gasb., 1890—1891.

2) XII и XIII Jahresbericht der Kgl. Chem. Zentralstelle für öff. Gesundheitspflege in Dresden, 1884.

3) Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege, 1892.

4) Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, Leipzig, 1894.

Rideal<sup>1)</sup>, подобно Brix'у, предложил формулу, основанную на потреблении кислорода —  $XO = c(M - N)S$ , где  $X$  — расход реки,  $O$  — количество растворенного кислорода в единице объема речной воды,  $S$  — количество сточных вод,  $M$  — количество потребленного кислорода в единице объема сточных вод,  $N$  — количество кислорода, утилизируемого в виде нитритов и нитратов в сточной жидкости,  $c$  — коэффициент, выражающий собой отношение свободного в реке кислорода к тому количеству, которое надо израсходовать на окисление органических веществ, заключающихся в сточной жидкости.

Далее Nussbaum<sup>2)</sup> предлагал принимать для  $\alpha$  значения 1:10—1:25 для проточных вод и 1:100 для стоячих.

Наконец, Stearns (Америка) давал для  $\alpha$  значение 1:130.

Все вышеприведенные формулы, устанавливая значение коэффициентов разжижения и загрязнения, мало освещают другие факторы, обуславливающие собой процесс самоочищения. Поэтому, естественно, что на эти формулы смотрели лишь как на весьма приближенный способ оценки самоочистительной способности рек, не придавая подобным формулам абсолютного значения.

Поэтому одновременно с разработкой формул по разжижению сточных вод речными разрабатывался и иной метод, основанный уже не на самоочищении рек, а на *нормировке состава сточных вод*, при котором считалось возможным спустить их в реки. Самые старые нормы (1870) были даны второй Английской комиссией по загрязнению рек, которая считала возможным допустить сточные воды в реки лишь в том случае, если они не содержат в 1 л воды более:

- a) 30 мг минеральных или 10 мг органических взвешенных веществ,
- b) 20 мг связанного органического углерода,
- c) 3 мг „ „ азота,
- d) 0,5 мг мышьяка,
- e) 0,5 мг нефти или углеводородов,
- f) 20 мг металлов (за исключением калия, натрия, кальция и магнезии),
- g) 10 мг свободного хлора (после окисления серной кислотой) и
- h) 10 мг серы в форме сероводорода или растворимого соединения с металлом или металлоидом.

Кроме того, сточные воды не должны были обладать кислотностью выше 2 г  $HCl$  или щелочностью выше 1 г  $NaOH$ , а также не иметь окраски в белом фарфоровом сосуде при толщине слоя воды в 30 мм.

Разумеется, проведение таких норм в жизнь вызвало непреодолимые затруднения на практике, так как, с одной стороны, *не представляется возможным выработать какие-либо общие нормы для всех рек без различия их свойств*, а, с другой, техника очистки сточных вод стояла в то время на слабой ступени развития.

Этим объясняется, что последующий английский закон (1876) уже предписывал местным властям при разрешении вопроса о допустимости спуска сточных вод в водные протоки *принимать во внимание и местные условия*.

Также в 1876 г. в Англии был издан закон, который разделял реки на две категории: реки, воды которых являлись источником водоснабжения, и реки, из которых население не брало воды для питья. Для первой категории

<sup>1)</sup> Rideal, Sewage and the bacterial purification of sewage, London, 1906.

<sup>2)</sup> Nussbaum, Leitfaden der Hygiene, 1902.



по этому закону сохранялись нормы 1870 года за малыми изъятиями, а для второй допускались более льготные нормы (количество минеральных веществ увеличилось до 50 мг, органических до 20 мг, органического азота до 10 мг, хлора и серы до 20 мг).<sup>1)</sup>

В последних работах Английская комиссия<sup>2)</sup> выдвинула положение, что сама река служит индикатором для степени очистки спускаемой в нее воды.

Издание подобных норм отразилось и на жизни других государств, которые также стремились подражать английским нормам. Так, можно указать: Швейцарию (1886), Великое герцогство Баденское (1882), Эльзас-Лотарингию (1884) и др.

Россия на путь издания норм вступила очень недавно, в то время, когда уже подобные нормы были осуждены специалистами. Так, в 1908 году были выработаны довольно строгие меры б. Медицинским Советом, встретившие энергичное осуждение среди специалистов на Водопроводных Съездах<sup>3)</sup>. В 1922 г. были выработаны новые нормы наркомздрава РСФСР, построенные на учете местных условий<sup>4)</sup>, встретившие полное сочувствие на XII Вод. Съезде (1922), а двумя годами позднее появились нормы УССР.

К выработке норм, устанавливающих для всех рек общие требования, можно отнестись только отрицательно. Прежде всего, реки различаются друг от друга по своим топографическим и гидрологическим свойствам; далее, одни из них служат интересам судоходства и являются более или менее регулируемыми, а другие, наоборот, не годятся для простого сплава. Затем, одни из них служат источниками для водоснабжения, другие вследствие своих природных свойств (высокая жесткость) не могут быть таковыми. Наконец, на одних лежат поселения близко друг от друга, на других же расстояния между городами измеряются десятками километров. Все эти обстоятельства совершенно не учитывались прежними нормами в России.

В силу сказанного, нам представляется необходимым выбирать способ очистки для данного города в зависимости от свойств той реки, в которую предназначается выпуск сточных вод города, т. е. необходимо принимать во внимание местные условия и по ним вырабатывать местные нормы для состава очищенных сточных вод города.

В заключение этой главы мы считаем нужным указать, что высказываемые нами взгляды вполне согласуются с положением этого вопроса во всех культурных странах, где спуск сточных вод в реки всякий раз разрешается в зависимости от местных условий, что также рекомендуется и XIV Международным Конгрессом по Гигиене и Демографии.

1) Eight Report of Royal Commission on Sewage disposal, 1912. Подробнее см. Приложения в конце книги.

2) Kamman, Entwicklung und Stand der Abwasserreinigung in England, Techn. Gem. Bl., 1926.

3) См. Труды X—XI Водопроводных Съездов. III.

4) Подробнее см. Приложение I в конце книги.

## ГЛАВА IV.

### Изыскания для составления проекта очистных сооружений

§ 1. Классификация способов очистки сточных вод. Из соображений, изложенных в последнем параграфе предыдущей главы, мы можем легко прийти к заключению, что при спуске сточных вод в *большие водные потоки* достаточно устранить лишь те факторы, которые обуславливают лишь *кажущееся самоочищение рек*, вызываемое осаждением нерастворенных веществ на дне протоков.

Те способы очистки, в которых достигается удаление нерастворенных веществ, в Санитарной Технике носят общее название *механических способов*.

Эти способы не дают в результате *очищенную жидкость* в строгом смысле слова, т. е. не переводят органические вещества в безвредные минеральные, а *лишь осветляют* сточные воды, избавляя их от значительной части нерастворенных веществ.

Так как в группу *нерастворенных* веществ входят тяжелые, плавающие, взвешенные и жировые вещества, то санитарным инженерам пришлось поработать над изобретением таких конструкций приборов, которые могли бы выделять эти вещества из сточных вод.

Для выделения тяжелых веществ применяют бассейны особой конструкции, получившие название *песколовок* (sandfang, fosse á sable, grit catcher); для выделения плавающих веществ пользуются разнообразными конструкциями решеток и сит (rechen und siebe, grilles et tamis, screens and mesh screens); для выделения взвешенных веществ употребляют *осадочные бассейны* (absitzbecken, bassins de décantation, sedimentation tanks), *колодцы* (absitzbrunnen, puits de décantation, circular sewage tanks); *осветлительные башни* (klärtürmer, puits avec cloche éleveatoire) и *котлы* (klärkessel); наконец, для выделения жировых веществ пользуются *центральными жироловками* (fettfänger).

Некоторые конструкции *решеток* и *сит* с очень мелкими отверстиями могут быть утилизированы для *выделения взвешенных веществ* без добавления к ним осадочных бассейнов или колодцев, образуя этим самостоятельный метод механического очищения, называемый *машинным*.

Если пред напуском сточных вод в бассейны, колодцы и башни к ним *примешивают химические реактивы* (известковое молоко, сульфат глинозема и пр.) для усиления процессов осаждения, то соединения камер смешения с реактивами и сооружений для выделения взвешенных веществ образуют собой *механо-химические способы очистки*. Хотя при применении этих способов про-

исходит, помимо выделения взвешенных веществ, выделение части растворенных, все же эти способы, подобно чисто механическим, *не очищают* сточных вод, а лишь *осветляют*, давая в результате *загнивающую воду*.

Все *механические* и *механо-химические* способы очистки сточных вод могут употребляться при известных местных условиях, как такие *способы очистки сточных вод*, которые имеют целью лишь облегчить последующую очистку сточных вод на соответственных сооружениях, что часто и встречается в Англии <sup>1)</sup>.

Кроме применения *механических* и *механо-химических* способов, в качестве способов для *предварительной обработки сточных вод* пользуются еще особыми бассейнами — *загнивателями* (faulkammer, fosse septique, septic-tank), в которых сточные воды вследствие долгого пребывания, сравнительно с осадочными бассейнами и колодцами, загнивают, подвергаясь некоторому разложению под влиянием гнилостных процессов, и оставляют в загнивателях меньше осадков и при том более плотной консистенции, чем при других способах.

Как в *загнивателях*, так и в других сооружениях для *предварительной обработки сточных вод*, осаждаются сравнительно мало *коллоидальных* веществ—элементов, которые легко закупоривают фильтрующий материал в сооружениях для окончательной очистки сточных вод. Это заставило специалистов изобрести ряд приборов для *предварительной обработки сточных вод*, в которых, помимо наилучшего выделения взвешенных веществ, выделялись бы и *коллоидальные* вещества. Эта задача была впервые разрешена д-ром Travis, который, подметив недостатки загнивателей, сконструировал в Hampton-on-Thames прибор, названный им *гидролитическим тэнком* (hydrolytic tank).

Изобретение Travis'a дало толчок к появлению ряда новых конструкций для того же назначения.

Так, появились *Эмшерские колодцы* (Emscher-Bruppen) инж. Jmhoff'a, представляющие собой по существу ухудшенный вариант *гидролитических тэнков*, *бассейны Grimm'a*, *Нейштадтские бассейны* (Neustädter Klärbecken), *пластинчатый окислитель* (slate bed) Dibdin'a, колодцы „Stiag“, колодцы „Oms“, „Frank“, *септики-сепараторы* Заславского и др. Но все эти приборы, образуя группу *способов предварительной обработки сточных вод*, могут употребляться, как самостоятельные способы, лишь при благоприятных местных условиях. В противном случае приходится прибегать к применению тех способов очистки сточных вод, которые, давая в результате *незагниваемую воду*, *переводят органические вещества в минеральные*.

Этим способам присвоено общее название *биологических способов очистки сточных вод*.

Биологические способы очистки сточных вод делятся на две группы: *естественно-биологические* и *искусственно-биологические*.

К *естественным биологическим способам* очистки сточных вод относятся *поля орошения* (rieselfelder, champs d'épandage, sewage farms) и *фильтрационные поля* (bodenfiltern, champs de filtration intermittente, intermittent filters). В обоих способах очистка сточных вод производится посредством фильтрации

<sup>1)</sup> *Whithead, Reddie and Makepeace, Sewerage of England, Eng., 1925; Kammann, Entwicklung und Stand der Abwasserreinigung in England. Techn. Gemeind., 1925.*

сточных вод через слои подходящей почвы, но в первом способе происходит еще *утилизация* удобрительных веществ, содержащихся в сточных водах, для произрастания кормовых трав, хлебных злаков, корнеплодов, деревьев и пр.

*Искусственно-биологические* способы отличаются от обыкновенных способов тем, что здесь роль почвы играют искусственные материалы (шлак, кокс и др.), чрез которые и производится фильтрация сточных вод.

Такие конструкции носят общее название *биологических фильтров*. После же войны в практику техники очистки сточных вод вошли новые способы очистки сточных вод посредством *активного ила* (activated sludge, boue activée, belebte schlamm).

*Биологические фильтры* могут быть разбиты на две основные группы: *заливные* или *контактные* (füllkörper, lits de contact, contact beds) и *капельные* или *перколяционные* (tropfkörper, lits-percolateurs, percolating beds).

*Заливные фильтры* представляют собой *искусственные фильтрационные поля*, работают *периодически* чрез установленные промежутки времени и требуют большего ухода, чем непрерывно-работающие *капельные фильтры*.

Способы, основанные на очистке сточных вод *активным илом*, могут быть разбиты на три основные группы. *Первую* представляют собой *аэротэнки*, чрез дно или по стенкам которых поступает по трубам сжатый воздух, вдуваемый компрессорами. *Вторую* группу представляют собой конструкции, где необходимый для процесса очищения воздух засасывается *механическим путем из атмосферы*. *Третью* группу представляют собой *аэро-фильтры* или биологические фильтры со вдуванием воздуха, благодаря чему в значительной степени повышаются результаты очистки, которые могут быть доведены до любой степени совершенства. За биологическими фильтрами часто, а за аэротэнками и аэро-фильтрами непременно строятся бассейны для задержания вымываемых сточной водой хлопьев *активного ила* и *увлеченных им взвешенных коллоидальных примесей*.

Между естественными и искусственными способами очистки сточных вод в настоящее время не делают разницы и с *санитарной точки зрения*, так как оба эти метода при рациональном их применении дают *незагниваемую* воду.

В очищенных биологическими способами сточных водах содержатся *значительные количества микроорганизмов*. Хотя эти микроорганизмы по большей части принадлежат к *сапрофитным*, т. е. питающимся мертвой материей, все же существует известная опасность, что в их массе легко могут найтись *болезнетворные* микроорганизмы, которые, попадая в водные протоки, могут служить причиной возникновения эпидемий в нижележащих местностях.

Для борьбы с эпидемиями с давних пор, еще до устройства систематической канализации, прибегали к *дезинфекции* химическими реактивами содержимого выгребов, что при продолжительности эпидемий поглощало у городских самоуправлений огромные суммы, достигая в лучшем случае средних результатов <sup>1)</sup>.

В настоящее же время, при существовании очистных станций, находят более достигающим своей цели и более экономным добавление к очистным сооружениям *особых сооружений для дезинфекции сточных вод во время эпи-*

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 1926, 2 изд.

дезий, куда жидкость направляется после осветления или после очистки. Эти сооружения являются особенно важными для курортов, где эпидемии получают интенсивное развитие среди больных.

Размеры этих сооружений, представляющих собой в большинстве случаев осадочные бассейны или колодцы, в которые вводятся дезинфектанты, зависят от избранного типа очистных сооружений. На многих же станциях эти бассейны и колодцы построены с целью задержания вымываемых очищенной водой частиц из биологических фильтров и аэро-тэнков. Само собой разумеется, что в случае надобности они легко могут быть применены в целях дезинфекции.

Кроме дезинфекции очищенных сточных вод, находят выгодным использовать эти воды для целей *рыбоводства* путем устройства прудов. Подобные пруды, которые служат до некоторой степени целям полного обезвреживания сточных вод, давно уже устраиваются на полях орошения (Берлин, Париж), а за последнее время начинают применяться и на биологических станциях (Харьков)<sup>1)</sup>.

На основании вышеизложенного можно составить следующую схематическую таблицу XIII для более наглядного представления о классификации способов очистки сточных вод.

Т а б л и ц а XIII.

I. Механические способы	}	Песколовки		
		Решетки и сита (машинное очищение)		
	}	Бассейны		
		Колодцы		
	}	Башни (котлы)		
		Бассейны		
II. Механо-химические способы	}	Колодцы		
		Башни (котлы)		
	}	Механические способы		
		Механо-химические способы		
	}	Загниватели		
		Гидролитические тэнки		
III. Способы предварительной обработки сточных вод	}	Пластинчатые окислители		
		Эмшерские колодцы		
	}	Колодцы „Oms“		
		Тэнки-сепараторы		
	}	Колодцы „Frank“ и др.		
		Естественные	Поля орошения	
	}		Фильтрационные поля	
		Биологические фильтры	Заливные	
IV. Биологические способы	}	Искусственные	Аэро-тэнки	Капельные
				Аэро-фильтры
V. Способы для осаждения истока из биологических фильтров, аэро-тэнков и аэро-фильтров.				
VI. Дезинфекция очищенных сточных вод. Рыбоводство.				

<sup>1)</sup> D-r Cronheim, Frisches Abwasser, als Zusatz zu Fischteichen, Fischereizeitung, 1905; Link und Böhm, Anleitung zum Bau und zur Bewirtschaftung von Teichanlagen, 1912; Schick, Die Reinigung städtischer Abwässer durch Fischteiche, Technische Gemeindeblatt, 1909; Д. С. Черкес, Канализация Харькова и ее очистные сооружения, 1922.

## § 2. Изыскания для составления проекта очистных сооружений.

При составлении проекта очистных сооружений необходимо произвести весьма тщательные и разнородные изыскания для получения всех необходимых данных.

Если проектирование очистных сооружений производится одновременно с составлением общего проекта канализационной сети (г. Харьков), то эти изыскания должны быть поставлены в определенную связь с общими изысканиями для канализации, приемы для производства которых изложены во втором издании нашего сочинения „Канализация населенных мест“, 1926 года, которым мы и предлагаем воспользоваться нашему читателю. Здесь же мы рассмотрим лишь те приемы для изысканий, которые будут применены, как для случая одновременного проектирования очистных и канализационных сооружений, так и тогда, когда город, пользуясь канализацией, желает устроить у себя очистку.

В обоих случаях необходимо произвести *топографические* изыскания тех местностей, которые являются необходимыми для устройства на них очистных сооружений. Для этой цели необходимо составить план в горизонталях через 0,5 — 1 м в плоских местностях и через 2 м в крутых. Планов составляют два: один—*генеральный* для нанесения общего решения задачи в масштабе от 1:5000 до 1:10000, а другой—*детальный*—в масштабе от 1:500 до 1:1000; в некоторых случаях для отдельных деталей прибегают к масштабу 1:25 — 1:100. В первом случае необходимо связать нивелировку местностей для очистных сооружений с общей нивелировкой города, а во втором—будет достаточна связь с устьем главного (ых) коллектора (ов).

При выборе места для очистной станции следует стремиться к тому, чтобы сточные воды могли попадать из города на очистные сооружения *самотеком* для упрощения эксплуатации и сокращения эксплуатационных расходов. Но другое, весьма важное требование—расположение очистных сооружений *вне влияния высоких вод и паводков*—в большинстве случаев не дает возможности обойтись без перекачки сточных вод на *очистные сооружения*. Само собой разумеется, что очистные станции должны быть расположены *ниже городов и окружающих их пригородов*. Так как очистные сооружения обыкновенно издают запахи, то желательно располагать их с таким расчетом, чтобы *господствующие ветры* относили эти запахи от городов и поселков.

Территория, избираемая для очистных станций, должна иметь некоторое *падение* к реке для того, чтобы было возможно передвижение жидкости *самотеком* из одной серии сооружений в другие. Величина этого падения зависит от типа очистной станции, но не превышает 3—5 м.

Также чрезвычайно важно произвести *гидротехнические изыскания*, т. е. изучить режим тех водных протоков и вместилищ, в которые можно спустить сточные воды после их очистки. Эти изыскания имеют своей целью подготовить материалы для установления *самоочистительной способности водных протоков*. Гидротехническими изысканиями мы должны установить горизонты самых низких, межених и самых высоких вод, горизонт ледостава и ледохода, наибольшую толщину льда и продолжительность периода замерзания. Само

собой разумеется, что для получения этих данных нам придется снять ряд поперечных профилей водных протоков во всех пунктах, куда представится возможным спустить сточные воды. Далее, нам необходимо измерить в этих живых сечениях скорость движения воды при разных горизонтах стояния воды для определения соответственных расходов воды в протоках и для лучшего расположения устьевых труб. Если же город лежит на берегу моря, и выпуск сточных вод *в море* предположен без всякой очистки, то необходимо тщательно исследовать ту часть моря для помещения устья канализационной сети, где уже замечаются морские течения, относящие воды постоянно от берега. Такие изыскания иногда приходится делать на несколько километров от берега (Бостон, Чикаго).

Затем следует произвести *химические, бактериологические и биологические исследования* тех протоков, в которые предполагается спустить сточные воды, а также самих сточных вод, о чем мы уже говорили выше, во II-ой главе. Данные этих исследований вместе с результатами гидротехнических изысканий могут дать нам понятие о самоочистительной способности водных протоков и серьезные основания для выбора способа очистки сточных вод.

Наконец, представляется необходимым произвести еще *гидрогеологические* изыскания, которые нам должны дать сведения о роде грунтов, уровнях и направлениях течений грунтовых вод на территории, избранной нами для очистных сооружений. Данные эти получаются закладкой буровых скважин или шурфов на среднем расстоянии 100—200 м.

Эти данные имеют большое значение для проектирования оснований для очистных сооружений. Но они приобретают особенное значение, если приходится производить изыскания для *устройства полей орошения и фильтрационных полей*, так как возможность применения этих способов зависит исключительно от нахождения *подходящей почвы*. Для этих изысканий никоим образом нельзя довольствоваться изучением отложений речных берегов, как это, к сожалению, делается в нашей практике (Киев).

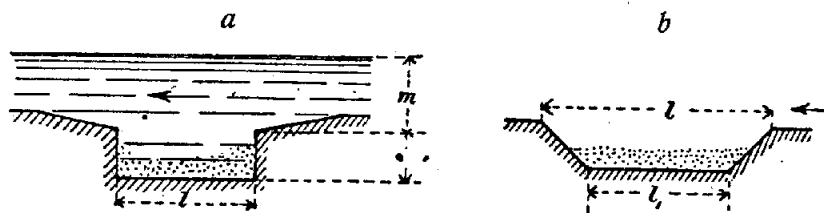
Из обозрения вышеприведенных данных ясно видно, что для полного производства канализационных изысканий требуется довольно много времени и средств, в особенности, если требуется составить проект для большого города. Канализационные изыскания должны вестись под общим руководством *инженера-специалиста* (санитарного инженера), но при обязательном содействии и других специалистов (санитарного врача, химика, геолога и биолога); при устройстве же полей орошения и фильтрационных полей представляется не бесполезным и участие агронома.

## ГЛАВА V.

### Механические способы очистки сточных вод. Песколовки

§ 1. Общие соображения о назначении и устройстве песколовок. Песколовки (*fosses à sable, sandfänge, grit catcher*) имеют своим назначением задерживать песок и другие тяжелые вещества, содержащиеся в сточных водах. Так как тяжелые вещества, попадая в насосы, легко засоряют их и истирают рабочие части, то для предотвращения этого стали сначала устраивать<sup>1)</sup> песколовки у насосных станций. По мере же развития техники очистки сточных вод была признана полезность устройства сооружений, которые могли бы выделять до очистки все тяжелые вещества, так как последние, как вещества минерального происхождения, не могут подвергаться какому-либо обезвреживанию и, попадая в очистные сооружения, лишь затрудняют удаление осадков из последних. Такими сооружениями явились песколовки, и в настоящее время почти на всех очистных сооружениях можно найти эти устройства (Харьков).

Действие песколовки, будучи основано на применении известного в Гидравлике принципа Борда, заключается в выпуске сточных вод из канализационных коллекторов в резервуары специальной конструкции, где вследствие резкого увеличения сечения скорость в каналах уменьшается до известной установленной для данного случая величины. Песколовки устраивались сначала в виде цилиндрических колодцев<sup>1)</sup> с центральными углублениями для удаления осадков. Но с течением времени выяснилась надобность в применении таких типов, в которых были бы для более удобного удаления осадков устроены специальные



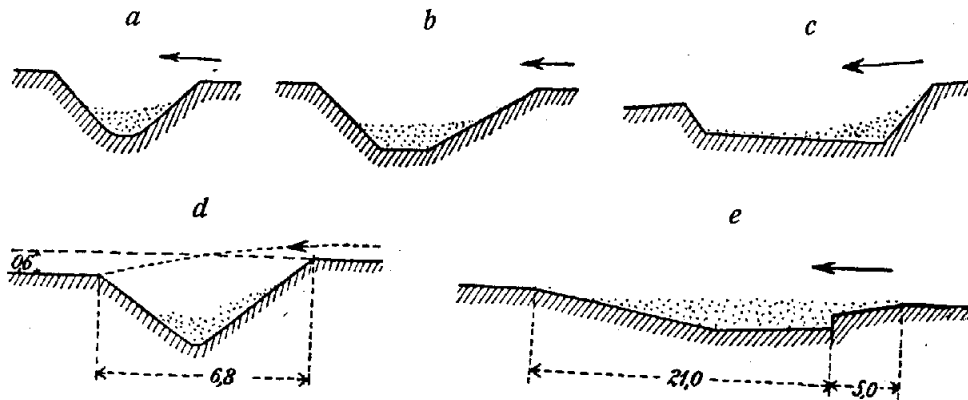
Черт. 19.

углубления. Этому требованию удовлетворяют изображенные на черт. 19 (*a—b*), типы песколовки, из коих первый имеет прямоугольное углубление, а второй трапециoidalное. Во втором типе (гор. Штральзунд), благодаря применению наклонных стенок, легче извлекать осадки из песколовки, чем в первом.

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, глава III, 2 изд., 1926 г.



Дальнейшая эволюция основного типа песколовок приводит нас к следующим формам, показанным на черт. 20 (а—е).

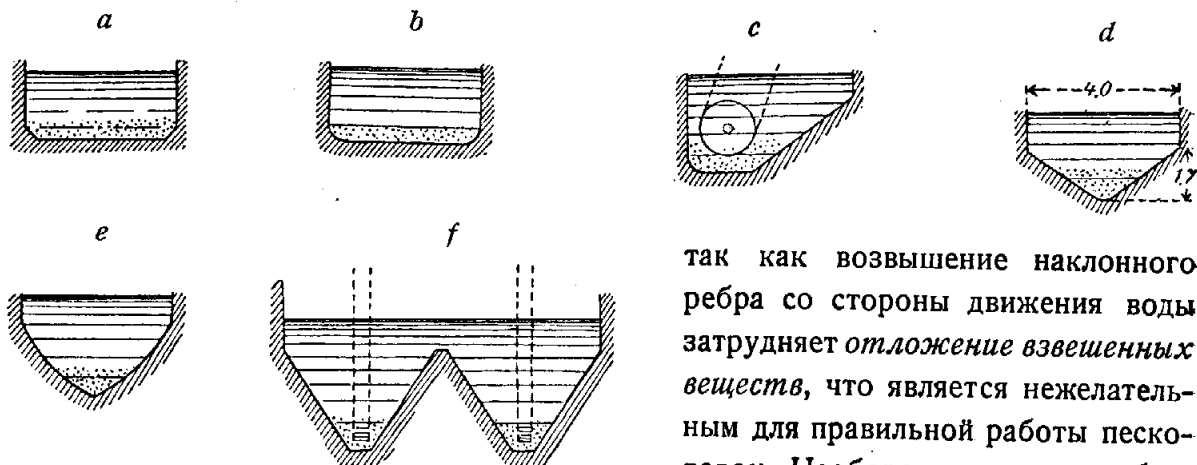


Черт. 20.

Эти типы, представляющие собой видоизменение второго типа песколовок, отличаются от него или сокращением длины (черт. 20а) или заменой равнобокой трапеции неравнобокой (черт. 20 б и d), или наклоном дна (черт. 20с), или, наконец, заменой наклонной стенки трапеции вертикальной (черт. 20е).

Выбор того или иного типа зависит от необходимой длины песколовки, которая, в свою очередь, зависит от количества содержащихся в сточных водах тяжелых веществ, от избранной для данного случая скорости движения воды в песколовке и от времени пребывания сточных вод в песколовке; при увеличении этих факторов длина возрастает, и песколовки приближаются к основному типу.

Далее, для характеристики типов песколовок следует признать тип, изображенный на черт. 20d и примененный в г. Эльберфельде, весьма удачным,



Черт. 21.

так как возвышение наклонного ребра со стороны движения воды затрудняет отложение взвешенных веществ, что является нежелательным для правильной работы песколовок. Наоборот, в типе, изображенном на черт. 20e и примененном в Гамбурге, вследствие большой

длины песколовки начинается и осаждение части взвешенных веществ.

Для того, чтобы ограничить прилипание частиц к стенкам песколовок и тем самым облегчить их очистку, последние не должны иметь острых углов.

Простейшие типы поперечного сечения песколовок изображены на черт. 21 (а—f).

Первые два типа (гг. Гамбург и Франкфурт на Майне, черт. 21 *a—b*) пригодны для удаления осадков из песколовок вручную, из коих второй более отвечает вышеприведенному правилу о закруглении углов; типы, показанные на черт. 21 *c* и *f*, конструированы для удобного удаления осадков посредством норий (гг. Нейштадт в Силезии и Манчестер), типы, показанные на черт. 21 *d* и *e* и примененные в гг. Эльберфельде и Праге, удобны и для установки норий и для устройства в пониженной точке труб для спуска осадков.

На приведенные черт. 20 и 21 следует смотреть, как на простейшие схемы, отступления от которых часто встречаются в повседневной практике. Песколовки могут устраиваться открытыми и закрытыми (последний тип является обязательным при пользовании нориями для извлечения осадков из песколовок).

§ 2. **Определение основных размеров песколовок.** Для определения основных размеров песколовок нам необходимо знать величину средней скорости движения сточных вод при проходе чрез песколовки и время пребывания этих вод в них.

Это ясно видно из следующих выражений:

$$Q = v \omega \dots (5) \text{ и } l = vt \cdot 60 \dots (6),$$

где  $Q$  — расчетный расход в секунду,  $v$  — средняя скорость движения вод в песколовках в секунду,  $\omega$  — площадь поперечного сечения песколовок,  $l$  — длина песколовки,  $t$  — время пребывания воды в песколовках в минутах.

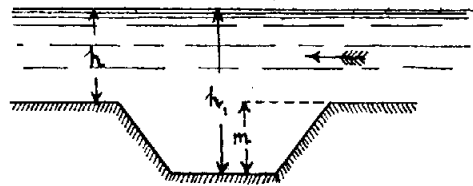
Из выражения (5) легко определяется  $\omega$ :

$$\omega = \frac{Q}{v} \dots (7)$$

Если песколовка имеет однообразную ширину (черт. 21 *a* и *b*), то

$$\omega = b h \dots (8),$$

где  $b$  — ширина песколовки, а  $h$  ее глубина; задаваясь  $h$ , мы получим значение для  $b$ . Но в современных типах песколовок (черт. 21 *c—f*) — ширина их будет переменной, вследствие чего она будет зависеть от той формулы для  $\omega$ , какая будет установлена для ее очертания. Под величиной  $h$  мы можем разуметь или только глубину воды в песколовке (черт. 22), совершенно не считаясь с величиной сделанного в ней углубления высотой  $m$ , или же среднюю величину



Черт. 22.

$$\frac{h + h_1}{2} = h + \frac{m}{2} \dots (9)$$

Первый случай будет иметь место, если удаление осадков происходит вручную и чрез определенные промежутки времени, а второй при непрерывной работе норий с черпаками.

Для пользования выражениями (5—9) нам необходимо установить возможные численные значения для входящих в них величин. Величина скорости

*v* должна быть выбрана с таким расчетом, чтобы осевшие в углублениях песколовок тяжелые частицы не могли передвигаться по их дну.

Проф. *Frühling* и *Schiele* дают для *v* значения в 0,10—0,15 м, инж. *Schmeitzner*<sup>1)</sup> и *Temple*<sup>2)</sup> считают, что *v* должно колебаться в 0,20—0,30 м. Несмотря на численное различие, все эти нормы приемлемы для расчета, но при учете нижеуказанных факторов. Мы знаем, что в общесплавной системе канализации наибольший расход сточных вод во время ливня превышает расход во время сухой погоды в  $m+1$  раз, где  $m$  — коэффициент разжижения. Так как очистные станции располагаются за пределами города, то  $m$  в большинстве случаев может быть принято равным 1. Следовательно, при расчете песколовок для общесплавной системы при проверке на расход в сухую погоду можно пользоваться нормами *Frühling*'а и *Schiele*, а при проверке на расход во время дождя — нормами *Schmeitzner*'а и *Temple*, каковые являются вполне пригодными и для неполной раздельной системы.

Но делая подобный подсчет, не следует забывать, что мы здесь имеем дело со скоростью, соответствующей максимальному притоку, тогда как в действительности вследствие неравномерного притока сточных вод в течение дня скорость движения воды в часы малого притока будет уменьшаться и может дойти до такого предела, при котором начнется выпадение взвешенных веществ, и песколовка начнет играть роль осадочного бассейна, что, как мы уже упоминали выше, представляется весьма нежелательным. Таким пределом, по мнению *Elsner*'а<sup>3)</sup>, следует считать падение скорости до величины меньшей 0,05 м. Поэтому, кроме вышеприведенного расчета, необходимо проверить  $v_{min}$  по выражению

$$v_{min} = \frac{Q_{min}}{\omega} \dots \dots \dots (10),$$

где  $Q$  будет наименьшим расчетным расходом воды в секунду.

В случае получения для  $v_{min}$  предельного значения можно или повысить  $v_{min}$  при устройстве раздельной системы или же разделить песколовки на отделения, которые можно пускать в эксплуатацию сообразно с притоком сточных вод, подобно тому, как это было сделано в г. Аахене.

Для величины  $t$  можно, основываясь на размерах существующих сооружений, дать норму в 0,5—2 минуты.

Высота углубления  $m$  выбирается в зависимости от той общей емкости углубления, каковую мы в свою очередь определяем в зависимости от содержания тяжелых веществ и способов удаления осадков из песколовок.

Если удаление осадков производится вручную, то емкость углубления будет зависеть еще и от времени, протекающего между двумя чистками песколовок, а при механическом способе удаления емкость будет зависеть от конструкции норий или других подъемных приспособлений. На практике значения для  $m$  колеблются от 0,8 до 3 м.

<sup>1)</sup> Ing. *Schmeitzner*, Die Grundzüge der mechanischen Abwasserklärung, 1909.

<sup>2)</sup> *Temple*, Grit catchers screens and storm water tanks in sewage disposal works, Trans. of the Intern. Conference on Sanit. Eng., 1924.

<sup>3)</sup> *Elsner*, Die Behandlung und Verwertung von Klärschlamm, 1910.

Помимо вышеприведенного расчета многие ученые дают для емкости песколовки *процентные нормы от расчетного расхода*. Так, проф. Calmette<sup>1)</sup> дает норму в 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, Moore и Silcock<sup>2)</sup>—2—5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, Kershaw<sup>3)</sup>—1—0,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Но этот прием может служить лишь для освещения вышеприведенного расчета. Из процентных норм наиболее подходящей для практики является норма Kershaw'a.

**Численный пример.** Даны:  $Q_1$  — наибольший расход во время ливня — 0,5 *кб. м* в сек.,  $Q_2$  — наибольший расход в сухую погоду — 0,25 *кб. м/сек.*; требуется определить основные размеры песколовки, имеющей однообразную ширину, с удалением осадков вручную.

Для решения этой задачи мы возьмем  $v_1 = 0,2$ ,  $v_2 = 0,1$  и  $t = 1$  мин.

Из уравнения (7)  $\omega_1 = \frac{0,50}{0,2} = 2,5$  м и  $\omega_2 = \frac{0,25}{0,1} = 2,5$  м, т. е.  $\omega_1 = \omega_2$ . При слое воды

в песколовке, соответствующем  $Q_1$  в 1 мин,  $b$  из уравнения (8)  $= \frac{2,5}{1} = 2,5$  м; при слое воды, соответствующем  $Q_2$  — в 0,83 м,  $b = \frac{2,5}{0,83} = 3$  м *L* из уравнения (6)  $= 0,10 \times 60 \times 1 = 6$  м.

$v_{min} = \frac{0,15}{2,5} = 0,06 < 0,05$ . Величину углубления в песколовке для данного типа принимаем в 0,8 м.

На основании сделанных расчетов принимаем для песколовки размеры  $3 \times 1,8 \times 6$  м, так как при таких размерах песколовка может работать вполне исправно. Во время ливней  $t$  сократится до  $\frac{2}{3}$  минуты, что практически является допустимым.

**§ 3. Устройство песколовок.** Как видно из соображений, приведенных в § 1-м настоящей главы, современные песколовки представляют собой резервуары воронкообразной формы. Эти *резервуары* обыкновенно делаются из *кирпича* и *бетона*; в случае применения норий для удаления осадков те части песколовок, которые непосредственно соприкасаются с черпаками норий, обделываются *клинкером*, *гранитом* или *железными листами*. Если над песколовками возводятся здания, что бывает необходимым для защиты норий и решеток от атмосферных влияний, то в этих зданиях необходимо по возможности избегать *применения дерева*, а при употреблении *железа* его *окрашивать* или *оцинковывать*, так как деревянные и незащищенные железные части будут быстро разрушаться от сырости. Для борьбы с влиянием сырости желательно устраивать в надстройках над песколовками *рациональную вентиляцию*. Песколовки желательно по крайней мере *делать двойными*, что, облегчая их очистку и ремонт, дает возможность *повышать скорость в часы малого расхода воды*.

*Конструкции* песколовок можно разбить в зависимости от способов удаления из них осадков на *четыре группы*.

*Первую группу* представляют собой те *песколовки* (черт. 21 *a—b*), в которых удаление производится *вручную*. Так как для этого приходится *рабочим спускаться в песколовки и работать черпаками*, то эта операция является *недопустимой с санитарной точки зрения*, и поэтому подобные конструкции следует признать устарелыми.

<sup>1)</sup> Prof. Calmette. Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout, Vol. I.

<sup>2)</sup> Moore and Silcock. Sanitary Engineering, Vol. II.

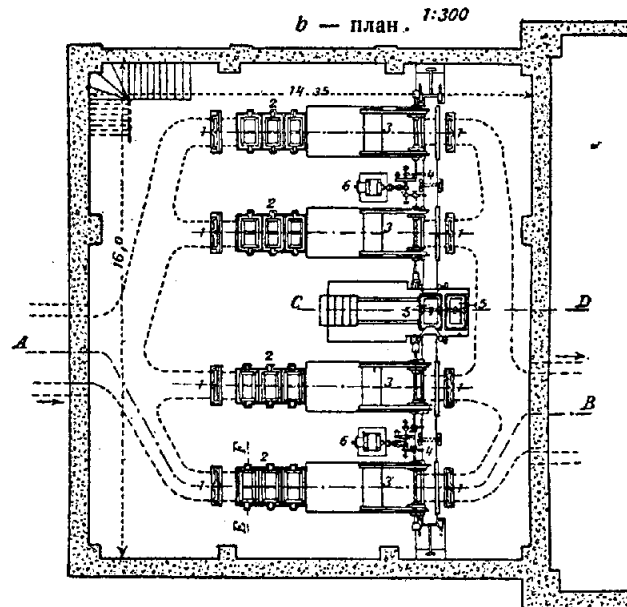
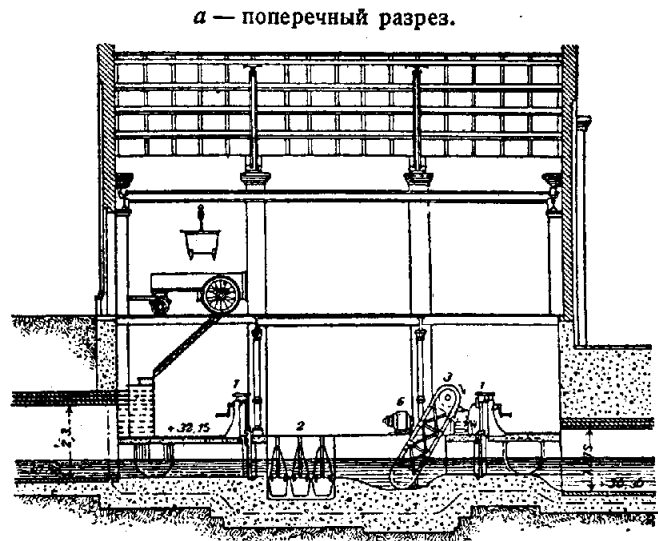
<sup>3)</sup> Kershaw. Modern methods of sewage purification.



которые посредством нажимных винтов *c* и *d* дают возможность поднимать и спускать нории ко дну песколовок. Ручка *f* служит для подтягивания посредством нажимных шпинделей *g* и *h* ведущих блоков *a* и *b* в случае ослабления натяжения черпаковой цепи. Верхний направляющий блок, тяговые и подъемные приспособления приводятся в движение посредством электромотора, который установлен на железной платформе, снабженной лестницей. Черпаки этой нории сделаны дырчатыми, чтобы захваченная ими вода выливалась обратно в песколовку. Осадки из черпаков падают на транспортную ленту.

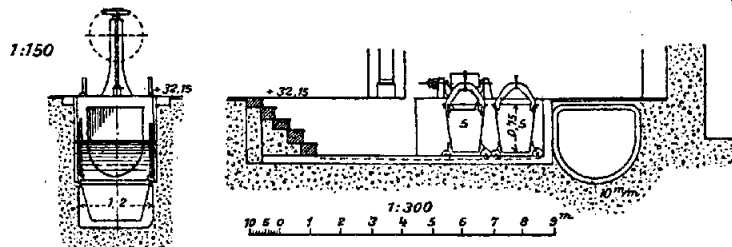
В маленьких установках нет надобности в применении электрической энергии для передвижения черпаков норий, как это можно видеть из черт. 26 (*a—b*), где показано устройство песколовки в г. Pfungstadt, и где нория приводится в движение вручную.

Если песколовка не имеет углубления, приспособленного для устройства норий (черт. 21 *a—b*), то придется давать нориям перемещения по всем направлениям песколовки (Гамбург); так же приходится поступать, если одна нория обслуживает несколько отделений (Франкфурт на Майне). Черт. 27 показывает устройство старой гамбургской песколовки, где нория перемещается в продольном направлении посредством электрического крана, а в поперечном вдоль самого крана посредством вагонетки, с которой она соединяется. Осадки, поднятые нориями, сбрасываются на передаточные ленты (транспортёры), которые их доставляют к вагонеткам для



*c* — разрез по E — F.

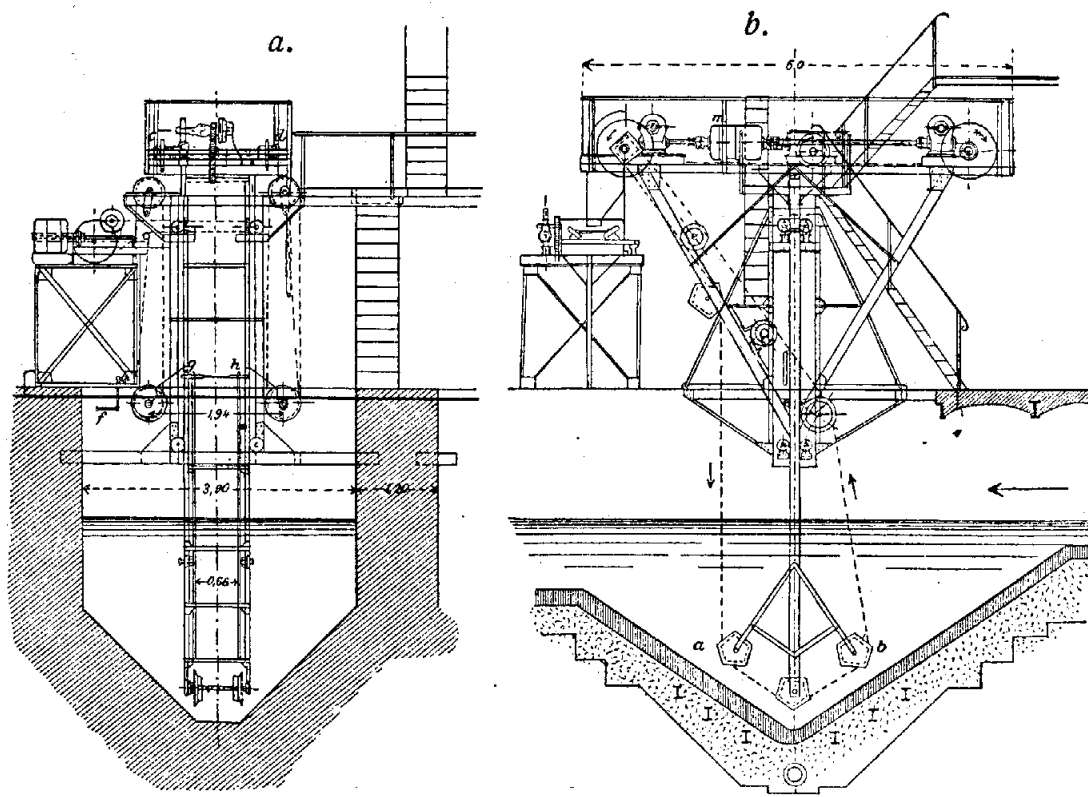
*d* — разрез по C — D.



1—Затворы; 2—Осадочные ведра; 3—Сита; 4—Передаточная лента; 5—Вагонетки для осадков; 6—Электромоторы для движения решеток.

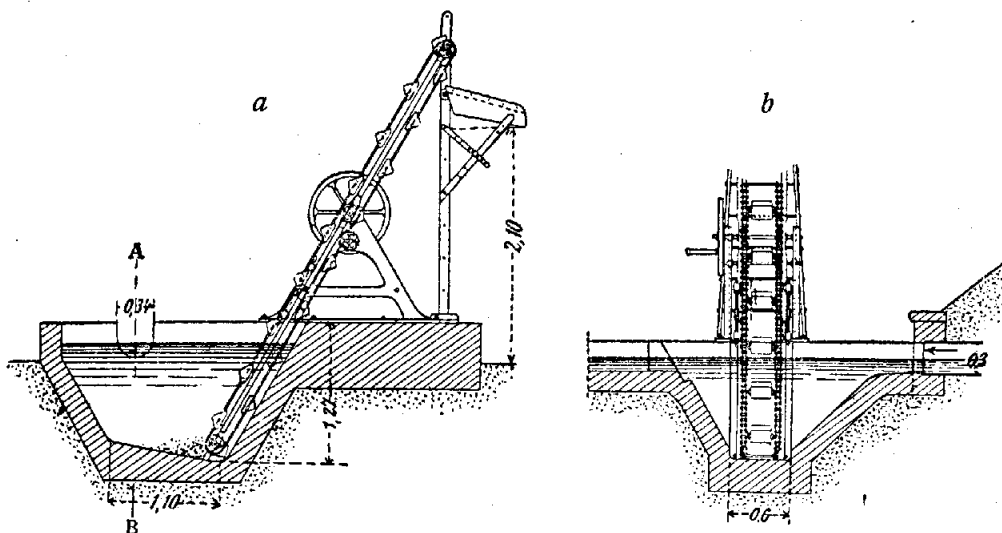
Черт. 24.

вывоза к месту свалки. *Передающая лента* делается из каучука (Гамбург) и оцинкованного железа (Кельн); последний материал предпочтительнее, так как он несколько лучше сопротивляется разъеданию сточными водами. Более



Черт. 25.

практичным представляется непосредственное помещение вагонеток у верха норий, осадки из которых непосредственно падают в них через специально устроенные рукава<sup>1)</sup>.

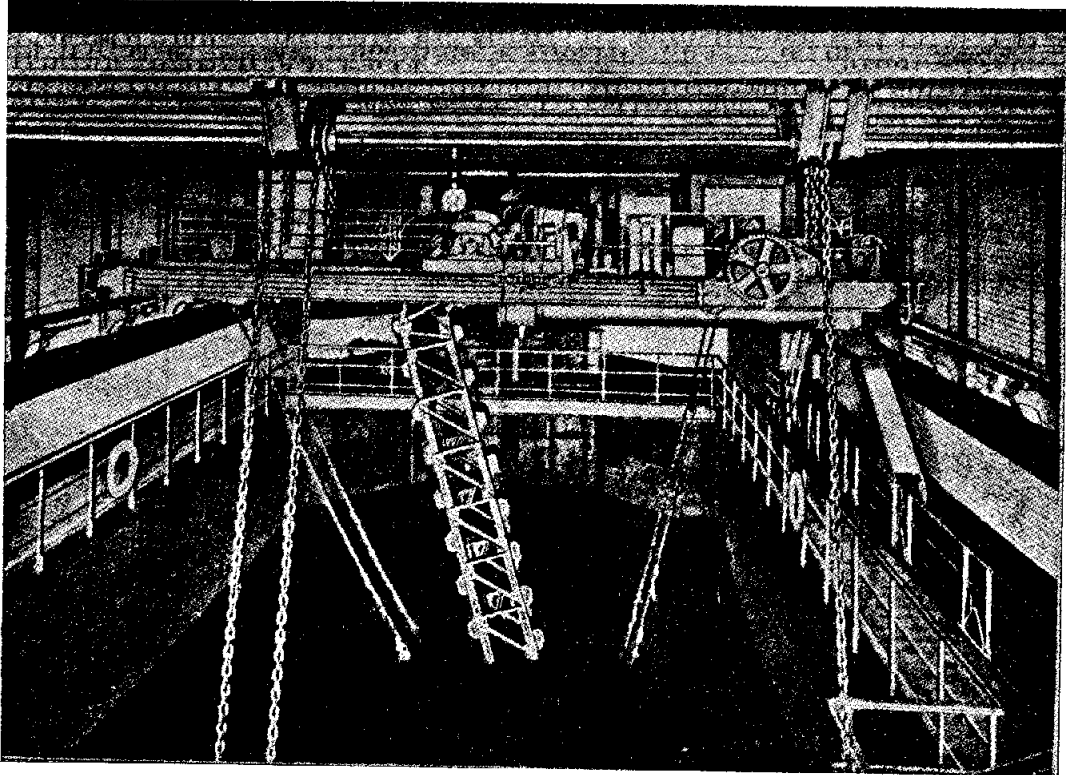


Черт. 26.

*Четвертую группу песколовков* представляют устройства, где осадки удаляются по трубам, помещенным в пониженной части песколовки.

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, глава XX, 2 изд., 1926.

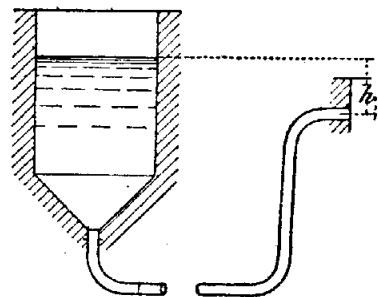
При применении этих типов, часто употребляющихся в Англии, удаление производится или *под давлением воды в песколовке* самотеком, или *путем высасывания насосами* или резервуарами, в которых производится *разрежение воздуха (вакуум-котлы)*. Эти способы обладают тем достоинством с гигиени-



Черт. 27.

*ческой точки зрения, что удаление осадков производится без непосредственного соприкосновения с ними рабочих, но, с другой стороны, их применение вызывает повышение содержания воды в осадках, что, как мы увидим ниже, имеет большое значение для их последующей обработки.*

Для уменьшения количества воды в осадках, извлекаемых посредством насосов или вакуум-котлов, следует стремиться к *возможному уменьшению высоты всасывания*. При применении давления воды для удаления осадков необходимо выходное отверстие трубы, по которой двигаются осадки, располагать ниже уровня воды в песколовке на некоторую высоту  $h$ , достаточную для их движения (черт. 28). На практике для  $h$  берут 1,2 — 1,8 м<sup>1</sup>). Для теоретического же определения потери на трение осадков из песколовок в трубах следует увеличивать напор, определяемый по формулам Гидравлики, в 3 — 6 раз, как это показали московские опыты, так как здесь идет речь о перемещении осадков с малым содержанием воды.



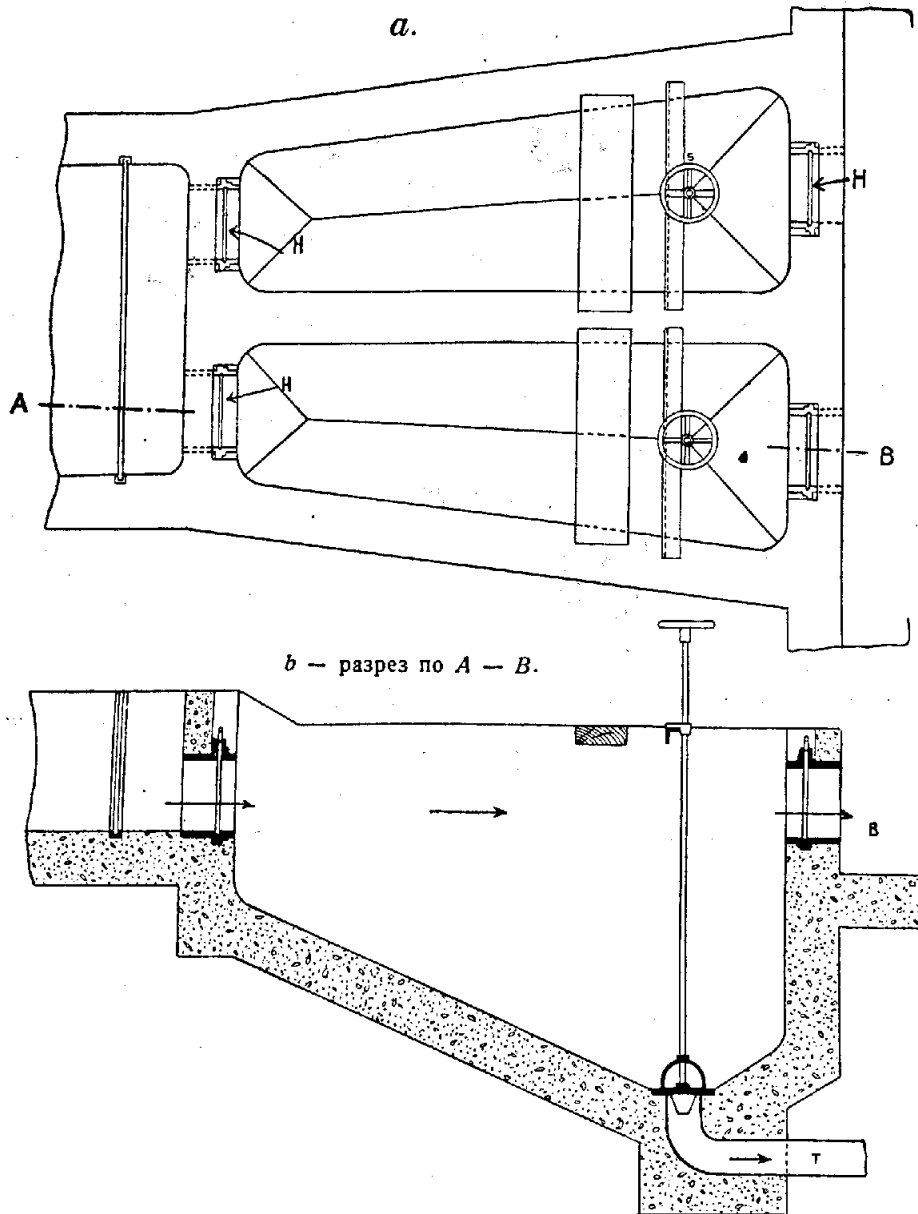
Черт. 28.

<sup>1</sup>) *Vogel, Ueber die Dimensionierung der Absatz und Schlammräume mechanischer Kläranlagen u s. w., München, 1926.*



Английский тип двойной песколовки с применением давления для удаления осадков показан на черт. 29 (а—b) (система Ducat).

В этом типе сточные воды сначала проходят через водослив с тонкими стенками, служащий для измерения воды, а затем могут поступать по желанию через отверстия, закрываемые ручными щитками *H*, в каждое из отделений песколовки или в оба сразу; выход освобожденной от тяжелых веществ жид-



Черт. 29.

кости производится через отверстия в противоположной стороне резервуара, также запираемые ручными щитками; в углубление песколовки вставлена чугунная труба *T* для удаления осадков, которая запирается клапаном, управляемым сверху рукояткой *S*.

Для подъема осадков из песколовки применяют обыкновенно мембранные и плунжерные насосы<sup>1)</sup> и центробежные насосы сист. „Стерефаг“<sup>2)</sup>. В пе-

<sup>1)</sup> Подробнее см. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Teil IV, Die Baumaschinen, 1910.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

сколовках же с плоским дном осадки удаляют при помощи храпов, прикрепленных к поворотным кранам (Бирмингам), что, как мы увидим ниже, находит применение и в осадочных бассейнах.

§ 4. Работа песколовок. Осадки в песколовках состоят главным образом из частиц минерального происхождения (до 90%), как об этом мы уже упоминали выше, в § 4 II-ой главы. Способность к загниванию для осадков из песколовок невелика, а содержание воды в них колеблется между 35 и 60%. Оно зависит от принятого способа удаления осадков из песколовки, обуславливающего большее или меньшее соприкосновение их со сточной водой, и от величины выбранной для песколовки скорости движения воды. Хотя осадки из песколовки и не тождественны с чистым песком, тем не менее малое содержание воды и органических веществ ( $\approx 10\%$ ) в них дает возможность употреблять их для подсыпки неровностей территории очистной станции после их подсушки на открытом воздухе в течение некоторого времени (напр., Дрезденская очистная станция).

Количество осадков, задерживаемых песколовками, колеблется в широких пределах, как об этом можно судить из цифр, приведенных в нижеследующей таблице XIV.

Таблица XIV.

Название города	На 100 куб. м сточных вод	На 1000 жителей в сутки	Название города	На 100 куб. м сточных вод	На 1000 жителей в сутки
	л			л	
Дрезден . . . . .	30	5	Берлин . . . . .	—	11
Ганновер . . . . .	216	25	Висбаден . . . . .	—	23
Шарлоттенбург . . . . .	—	11	Москва <sup>1)</sup> . . . . .	21	20
Марбург . . . . .	—	21	Манчестер . . . . .	79	22—34 <sup>2)</sup>
Франкфурт на Майне . . . . .	130	23	Лондон . . . . .	20	3
Кельн . . . . .	72	7	Брадфорд . . . . .	218	40
Эльберфельд . . . . .	86	19	Лидс . . . . .	2800	250

Это разнообразие в цифрах осадков, получающихся в песколовках, зависит от совокупного действия ряда факторов: системы канализации и протяжения канализационной сети, нормы водопотребления, эксплуатации канализации, конструкции песколовки, скорости движения в ней и пр.

Поэтому без опытов не представляется возможным установить заранее точную цифру осадков, что при применении механических приспособлений для извлечения их из песколовки не будет иметь практического значения, так как это ведет лишь к увеличению работы норий. Если же проанализировать цифры этой таблицы и откинуть крайние малые и большие значения, то за среднюю норму для осадков из песколовки можно принять 10—20 л на 1000 человек в сутки.

<sup>1)</sup> Цифры получены из данных Московской опытной станции.

<sup>2)</sup> Первая цифра соответствует стоку в сухую погоду, вторая—во время дождя.

## ГЛАВА VI.

### Механические способы очистки сточных вод. Решетки и сита

§ 1. Общие соображения о назначении решеток и сит. Со времени применения насосных станций для подъема сточных вод повсюду в устроенных при них песколовках начали устанавливать решетки для задерживания крупных нерастворимых частиц, которые могли бы легко закупоривать рабочие части насосов и тем самым вызывать приостановку их работы<sup>1)</sup>. Но за последнюю четверть века параллельно с развитием Техники очистки сточных вод без соответственной установки *решеток или сит* не обходится ни одна очистная станция. Но помимо вспомогательной роли решеток и сит в Германии их применение, благодаря долголетней работе талантливых инженеров-конструкторов (Riensch, Windschild, Metzger и др.), вылилось в особый самостоятельный метод очистки, который является, по нашему мнению, вполне допустимым при благоприятных местных условиях и у нас, в СССР.

Для уяснения трактуемого вопроса мы сначала установим определенную терминологию. Под *решетками* (screens, grilles, rechen) мы будем подразумевать такие приборы, в которых отдельные полосы или прутья параллельны друг другу в продольном или поперечном направлении и которые предназначаются для вылавливания крупных взвешенных, плавающих и волокнистых веществ, а под *ситами* (mesch screens, tamis, siebe) — приборы, в раме которых имеются две системы параллельных полос или прутьев, или листы из металла, продырявленные мельчайшими отверстиями; и которые предназначаются для задерживания более мелких взвешенных веществ (преимущественно органических). Кроме этого различия, иногда классифицируют решетки и сита по величине прозоров и отверстий, при чем для решеток предельной величиной прозоров является 15 мм, а сита могут иметь отверстия от 15 мм до 1,5—2 мм.

*Количество взвешенных веществ*, улавливаемое решетками и ситами, будет зависеть от размеров прозоров между полосами (путьями) или диаметров отверстий, и поэтому всегда, как мы увидим ниже, составляет определенный процент общего количества взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах. *Вылавливание решетками и ситами* волокнистых и части взвешенных веществ представляется выгодным и с гигиенической точки зрения, но при условии быстрого удаления задержанных объектов до перехода их в

<sup>1)</sup> Проф В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, глава XX, 1926.

гниение одновременно с осадками из сточных вод удаляется и часть патогенных микроорганизмов, что облегчает дальнейшую обработку сточных вод. Помимо гигиенических преимуществ, удаление взвешенных частиц от сточных вод решетками и ситами представляется выгодным и с сельско-хозяйственной точки зрения, так как в этих осадках содержится меньше воды, чем в осадках из других очистных сооружений (бассейнов и колодцев), и осадки могут вывозиться в свежем состоянии для удобрения полей.

§ 2. Определение основных размеров решеток и сит. Все решетки и сита, будучи установлены в каналах или камерах, в которых движется сточная вода, стесняют их сечение и тем самым вызывают некоторый подпор. Если бы площадь решеток и сит была сделана равной площади канала (камеры), то все же они вызывали бы некоторый подпор вследствие увеличения площади трения при проходе сточных вод через решетки и вследствие постепенного затягивания их отверстий задерживаемыми частицами.

Величину этого подпора можно определить по следующей формуле:

$$h = \frac{a(v_2^2 - v_1^2)}{2g} \dots \dots \dots (11),$$

где  $a$  — коэффициент скорости, равный 0.7,  $v_1$  — скорость движения притекающей к решетке воды,  $v_2$  — скорость движения воды, протекающей через решетку.

Далее из условия неразрывности массы имеем

$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 \dots \dots \dots (12),$$

где  $\omega_1$  — площадь поперечного сечения камеры (канала) пред решеткой, а  $\omega_2$  — площадь всех отверстий решетки. Из выражения (12) легко определится  $v_2 = \frac{v_1 \omega_1}{\omega_2}$ , и определение величины  $h$  при данных  $\omega_1$  и  $\omega_2$  не представляет труда.

Не следует при этом забывать, что при применении общесплавной системы величина  $h$  может сильно возрасть вследствие 2—3-кратного увеличения количества протекающей через решетки или сита воды во время дождей. Поэтому при определении размеров решетки необходимо считаться с наибольшим для данного случая расходом воды. В противном случае может получиться неожиданно очень большой подпор, как, напр., это имело место в Гамбурге, где  $h$  равнялось 1 м<sup>1)</sup>. Кроме того, увеличение  $h$  еще имеет значение для прочности полос или прутьев, составляющих решетки и сита, а также ведет к возрастанию общей потери напора при проходе сточных вод через цепь очистных сооружений.

Для сокращения величины  $h$  в некоторых случаях устраивают пред напуском сточных вод на решетки ливнеспуски с широким порогом, ливнеотводные каналы которых снабжаются решетками с крупными отверстиями<sup>2)</sup>.

Несмотря на незначительные величины подпоров, образуемых установкой

1) Technisches Gemeindeblatt, 1907.

2) Проект канализации г. Самары, составленный инжен. В. Г. Линдлеем.

решеток, все же следует считаться с этим явлением и подбирать площади решеток таким образом, чтобы скорость прохода воды через них не возрастала более, чем в два раза. Это становится еще более важным в тех случаях, когда велика скорость притекающей воды  $v_1$ .

Для определения величины  $h$  нам прежде всего необходимо знать величину площади отверстий решетки  $\omega_2$ . Полезная (смачиваемая водой) высота решеток зависит от высоты наибольшего слоя воды в канале, увеличенного на высоту вызываемого им подпора, а ширина от соотношения между площадью канала, подводящего к решетке сточные воды, и площадью отверстий решетки. Это соотношение базируется на величине скорости, допускаемой при проходе сточных вод через решетки, которая по опытным данным не должна превосходить 0,8—1 м. Отношение же  $\frac{v_2}{v_1}$  при наибольшем притоке сточных вод в большинстве существующих конструкций по данным Jastrow'a<sup>1)</sup> колеблется в пределах 1,2—1,6.

После определения величины  $\omega_2$  и  $h$  нам представляется возможным перейти к определению величины прозоров решеток или отверстий сит. Здесь следует иметь в виду, что в огромном большинстве конструкций отверстия, образуемые в их рамках полосами или прутьями, — прямоугольные, тогда как в ситах они могут быть круглыми и квадратными.

Прозоры между прутьями решеток и отверстия сит делаются соответственно с размерами тех частиц, которые желают на них задержать. Решетки перед дюкерами и в песколовках насосных станций всегда имеют большие прозоры, так как здесь они имеют целью исключительно выделение более крупных частиц, которые могут закупоривать дюкерные трубы или рабочие части насосов. Если же в этих установках применили бы решетки с более мелкими отверстиями или сита, то это значительно увеличило бы количество задержанных частиц, а следовательно, и расходы по их вывозу за пределы города. Эти соображения особенно следует иметь в виду, если дюкера и насосные станции расположены в центральных частях города.

О величине прозоров решеток на городских очистных станциях можно судить из цифр, приведенных в нижеследующих таблицах XV и XVI.

Таблица XV.

Прозоры решеток перед насосными станциями.

Название города	Величина прозоров в мм.	Название города	Величина прозоров в мм.
Шарлоттенбург . . . . .	15	Ганновер . . . . .	10
Кельн . . . . .	22,5	Париж (Клиши) . . . . .	25
Маннгейм . . . . .	20	Харьков . . . . .	20
Париж . . . . .	25	Одесса . . . . .	22,5

<sup>1)</sup> Jastrow, Maschinelle Abwasserreiniger, 1908.

Таблица XVI.

Прозоры решеток пред очистными станциями.

Название города	Величина прозоров в мм.	Название города	Величина прозоров в мм.
Кельн . . . . .	15	Аахен . . . . .	20
Гамбург . . . . .	15 и 10	Берлин . . . . .	12,5
Франкфурт на Майне . . . . .	10	Ковентри . . . . .	10
Марбург . . . . .	15	Лидс . . . . .	3
Штральзунд . . . . .	10	Броктон . . . . .	18
Лейпциг . . . . .	8	Спенсер . . . . .	18
Висбаден . . . . .	40	Индийские города <sup>1)</sup> . . . . .	25 и 12,5

Из таблицы XV-й видно, что *размеры решеток пред дюкерами и насосными станциями* делаются от 10 до 25 мм. Но опыт показал, что во избежание перерыва в работе насосов или необходимости их частой очистки лучше делать прозоры не менее 15 мм. Так, напр., в Гамбурге из-за выбора размера для прозоров в 22,5 мм приходится очищать насосы каждые 7—8 дней. Что же касается очистных станций, то *выбор размера прозоров* решетки зависит от устройства того сооружения, в которое направляются сточные воды после прохода чрез решетки. Если, напр., за решеткой будет поставлена еще одна решетка или решетка и сито, то для лучшего расчленения осадков следует выбирать более крупные размеры для первых 20—40 мм; в противном же случае лучше будет выбрать более мелкие отверстия 10—15 мм.

Последовательная установка решеток и сит является желательной в тех случаях, когда на очистные станции притекают дождевые воды из окраинных, плохо замощенных кварталов, или из перекрытых городских оврагов, или если дождеприемники канализационной сети не имеют осадочных ведер<sup>2)</sup>. Примером подобных устройств являются английские города Manchester и Burnley, при чем в первом были установлены последовательно решетки в 150, 38 и 10 мм, а во втором 18, 13 и 6 мм. Сита, как мы уже упоминали выше, делаются с отверстиями от 15 до 1,5 мм. Выбор размеров зависит исключительно от размеров тех частиц, которые мы желаем выделить из сточных вод. Чем мельче мы выбираем отверстия, тем труднее для нас очистка решеток и сит, для облегчения какой работы в новейших конструкциях прибегают к машинной очистке.

Для пояснения расчета решеток и сит мы приведем нижеследующие примеры.

Численные примеры.

Пример 1-й.

$$v_1 = 0,6 \text{ м; задаеся } \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1,2; \text{ отсюда } v_2 = \frac{0,6}{1,2} = 0,5 \text{ м}$$

$$\text{и } h = 0,7 \left[ \frac{0,6^2 - 0,5^2}{2 \times 9,81} \right] = \approx 0,004,$$

т. е. получается величина подпора, не имеющая практического значения.

<sup>1)</sup> Temple, Grit catchers, screens and storme water tanks in sewage disposai works, Trans. of the Intern. Conference on Sanit. Eng., 1924.

<sup>2)</sup> Подробнее см. Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

Пример 2-й.

$v = 1,2$  м; задаемся  $\frac{\omega_2}{\omega_1} = 0,6$ , тогда  $v_2 = 2$  м < 1,2, что является недопустимым.

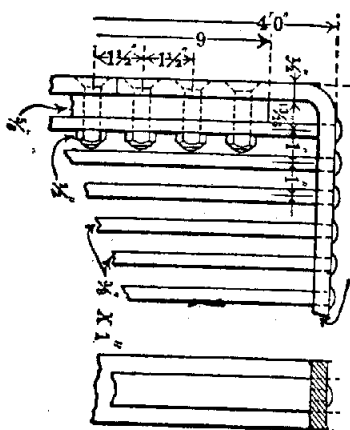
Величина подпора в этом случае  $h = 0,7 \left( \frac{2^2 - 1,2^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,90$  м, что также является недопустимым.

§ 3. Классификация решеток и сит. Разнообразие существующих конструкций решеток и сит, применяемых в различных государствах, заставляет нас для возможности лучшей ориентировки в этом вопросе предложить некоторую классификацию этих приборов.

Решетки и сита могут быть разбиты на две основные группы: *установленные неподвижно в очистных сооружениях и подвижные*.

Эти группы в свою очередь могут быть классифицированы по различным признакам: а) по роду и сорту материала (из полосового, круглого железа, проволоки); б) по способу установки их в очистных станциях (вертикальные, горизонтальные, наклонные); в) по крупности отверстий (между полосами или прутьями); г) по типу приспособлений для очистки их от задержанных частиц (ручная и машинная очистка); е) по их внешнему очертанию (плоские, криволинейные, крыльчатые, барабанные); и) по назначению (для задержания крупных или мелких частиц). Кроме того, все подвижные решетки и сита, в которых применяются подвижные очистители, употребляются как самостоятельные приспособления для очистки сточных вод и могут быть названы *механическими очистителями*.

§ 4. Неподвижные решетки и сита. Неподвижные решетки (grilles fixes, feststehende rechen, stationary screens) устраиваются из железных полос,

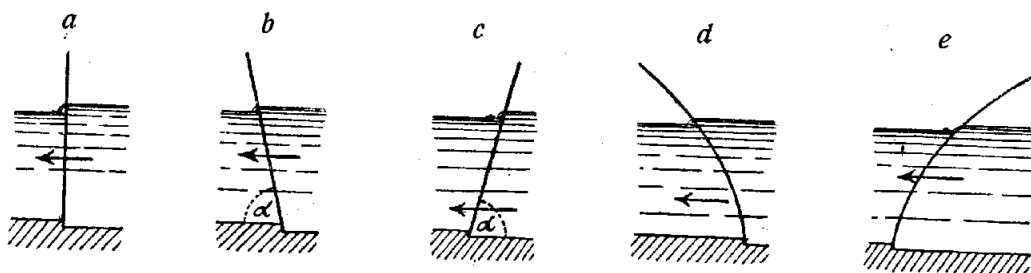


Черт. 30.

круглых прутьев, фасонного железа и проволоки. Тип решетки из железных полос, употребляемый в Америке, показан на черт. 30.

Решетки имеют *прямолинейное или криволинейное очертание* и устанавливаются *вертикально или наклонно к горизонту* (черт. 31 а—е).

Вертикальные решетки очень *неудобно очищать*; поэтому в новейших установках применяют решетки, *наклоненные под углом 30° к вертикали*. В тех же случаях, когда требуется *увеличение проходного сечения* решеток, применяют и *криволинейные формы*, как не требующие расширения сечений каналов.



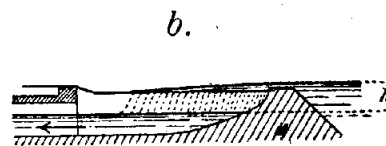
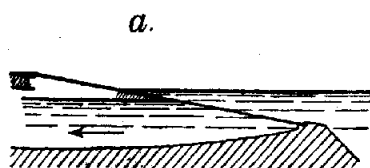
Черт. 31.

Если же в нижних слоях сточных вод имеется мало нерастворенных веществ, то *решетку не доводят до дна камеры* (черт. 32).

Если на местности, где предполагают устроить очистную станцию, имеется достаточно *свободного падения*, то решетки могут быть *наклонены к горизонту* (черт. 33 *a*) или же установлены *горизонтально* (черт. 33 *b*).



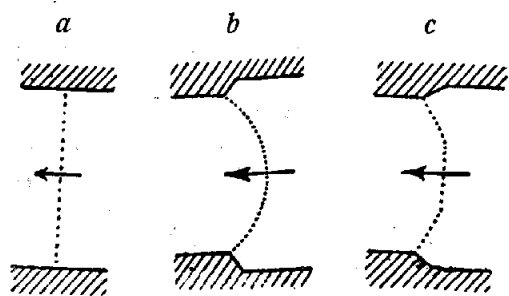
Черт. 32.



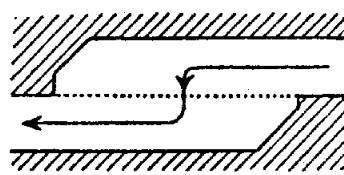
Черт. 33.

Подобные установки решеток имеют пред решетками, мало наклоненными к горизонту, важное преимущество: в этом случае *решетки находятся всегда над водой*, вследствие чего их можно легко осматривать и очищать.

Решетки в плане в большинстве случаев устанавливаются по прямой линии, но в случаях необходимости увеличить их проходные сечения без расширения самого канала их устанавливают по *кривой или ломаной линии* (черт. 34 *a—c*). Для той же цели они устанавливаются и *параллельно продольным стенкам канала* (черт. 35).



Черт. 34.

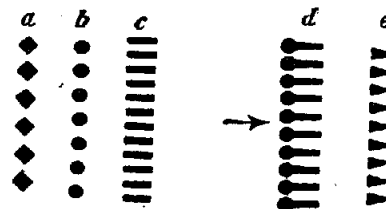


Черт. 35.

*Полосы или прутья*, составляющие решетку, должны иметь такое *поперечное сечение*, чтобы можно было легко очищать решетки; поэтому образуемые ими *прозоры должны расширяться по направлению к выходу воды*. Из представленных на черт. 36 (*a—e*) типы *a—b* удовлетворяют этому условию; тип *c*, хотя и оказывает большое сопротивление продольному изгибу, является непригодным; тип *d*, являясь вполне прочным, дает возможность легко очищать решетки; тип же *e* совершенно устраняет прилипание частиц в прозорах решеток.

*Очистка неподвижных решеток* в первоначальных конструкциях производилась весьма *примитивно*: рабочие вилами и граблями вынимали задержанные частицы на решетках, находящихся под водой, и складывали их в вагонетки; в некоторых же случаях им приходилось для этой цели опускаться в сточные каналы или песколовки.

*Ручная очистка решеток* требовала много времени и являлась *весьма опасной для рабочих*, так как при ее производстве была полная возможность заразиться инфекционными болезнями. Для улучшения гигиенических условий работы по очистке решеток сначала пытались лишь *устранить непосредственное соприкосновение рабочих с осадками решеток*. Так напр., в Шарлоттенбурге рабочие очищают решетки граблями, входящими в их прозоры и при-

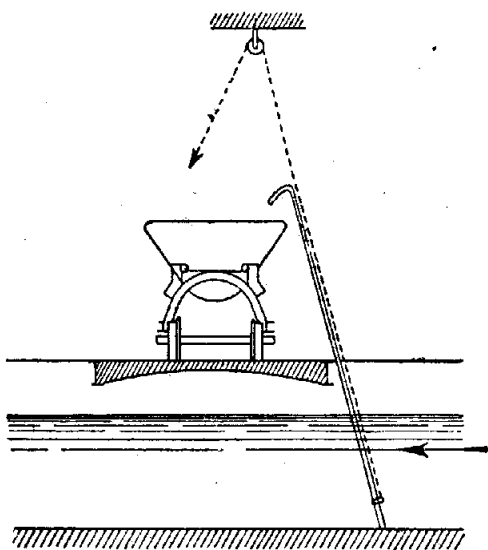


Черт. 36.

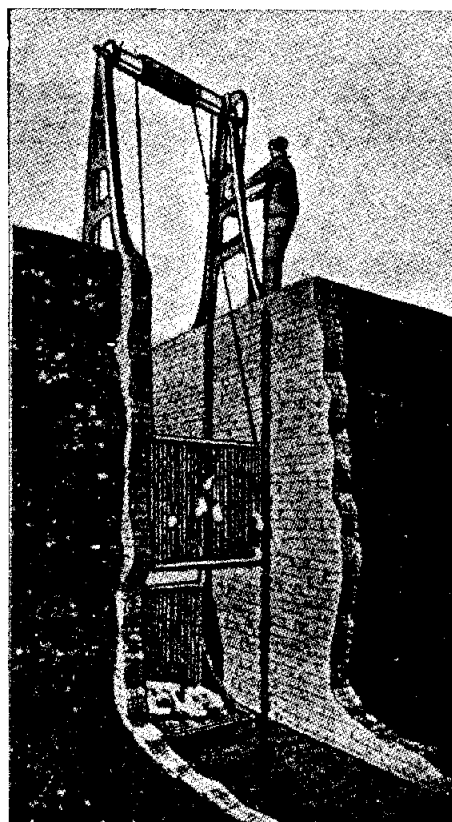


крепленными к цепи, перекинутой чрез блок; при поднятии цепи задержанные на решетках частицы падают в вагонетки (черт. 37).

Другим способом для улучшения ручной очистки решеток было применение *подъемных решеток* (черт. 38), где после поднятия одной решетки на ее место спускалась другая. При применении этого способа, употребляющегося и в настоящее время на маленьких очистных станциях Англии, *очистка решеток производится вне воды* и поэтому может быть сделана более тщательно.



Черт. 37.



Черт. 38.

Само собой разумеется, что улучшение способов очистки решетки не могло остановиться на подобном решении вопроса, и что поэтому должна была в конце 90-х годов появиться идея о *механической очистке решеток*, при которой было бы возможно обойтись без всякого участия рабочих. Сущность всех *механических приспособлений для очистки неподвижных решеток* заключается в *движении между прозорами решеток зубцов, пальцев, щеток или черпаков, прикрепленных к бесконечной цепи, которая приводится в движение двигателем небольшой мощности. Эти зубцы (щетki, черпаки, пальцы) захватывают осевшие на решетках частицы, поднимают их из воды и сбрасывают или прямо в вагонетки или же на транспортные ленты, с которых уже они поступают в вагонетки и вывозятся из очистного сооружения.* На московской насосной станции осадки с решеток направляются в дробилку<sup>1)</sup>, откуда в раздробленном виде примешиваются к сточным водам, поступающим на станцию. Этот оригинальный прием устраняет необходимость в вывозе осадков с насосной станции.

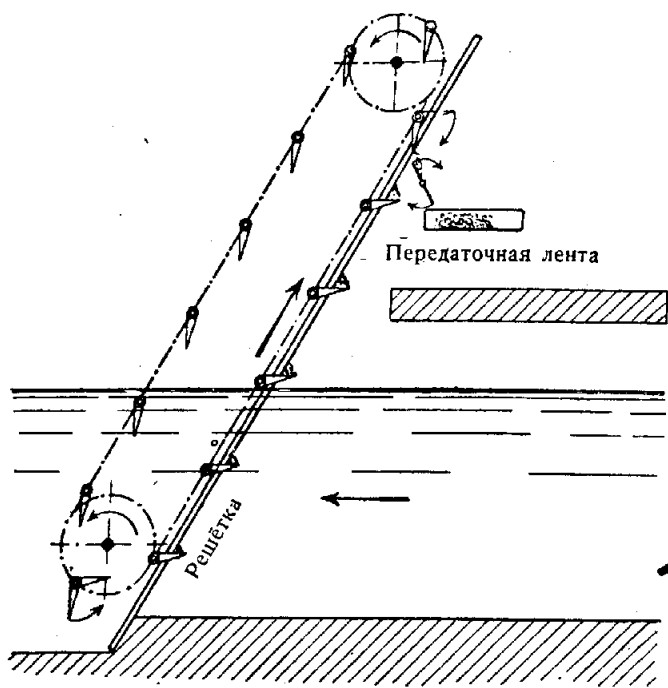
Одной из *первых установок неподвижных решеток с механической очисткой* владеет город *Манчестер* (черт. 39). На этой конструкции наклонная

<sup>1)</sup> Конструкция дробилки показана на чертежах московской насосной станции, изданных постоянным Бюро В. В. и С. Т. съездов, 1927.

решетка с прозорами в 10 мм очищается зубцами, прикрепленными к бесконечной цепи, перекинутой через 5 направляющих блоков; задержанные частицы сбрасываются прямо в вагонетку.

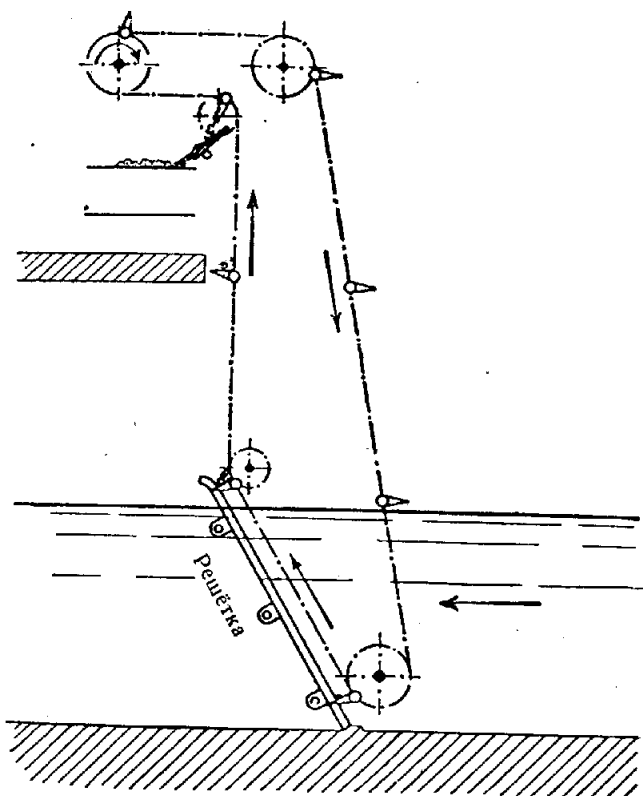
Подобная конструкция решеток также применена на насосной станции Клиши, перекачивающей сточные воды г. Парижа на поля орошения. В этой установке цепь с зубцами движется лишь по двум большим блокам, а решетка наклонена в направлении, противоположном движению воды (черт. 40). Зубцы в этой конструкции слегка изогнуты для лучшего вылавливания бумаги, которая имеется в изобилии в сточных водах г. Парижа.

К этой же группе решеток принадлежат решетки системы *Nam, Baker and Cie*, примененные в ряде английских городов: *Handsworth, Canterbury, Longton, Southport, Trowbridge, Croydon* и др. (черт. 41). В этом типе для очистки наклонных решеток пользуются граблями, прикрепленными к бесконечной цепи, перекинутой через 6 блоков; зубцы граблей имеют также изогнутую форму, благодаря чему устраняется проваливание задержанных частиц в прозорах. Поднятые граблями частицы вываливаются на платформу, откуда уже вилами и черпаками накладываются на вагонетки.



Черт. 40.

ную ленту *t*, откуда уже они поступают на вагонетки; *k*—добавочные грабли, которые сбрасывают еще оставшиеся на щетках частицы. Натяжение цепей



Черт. 39.

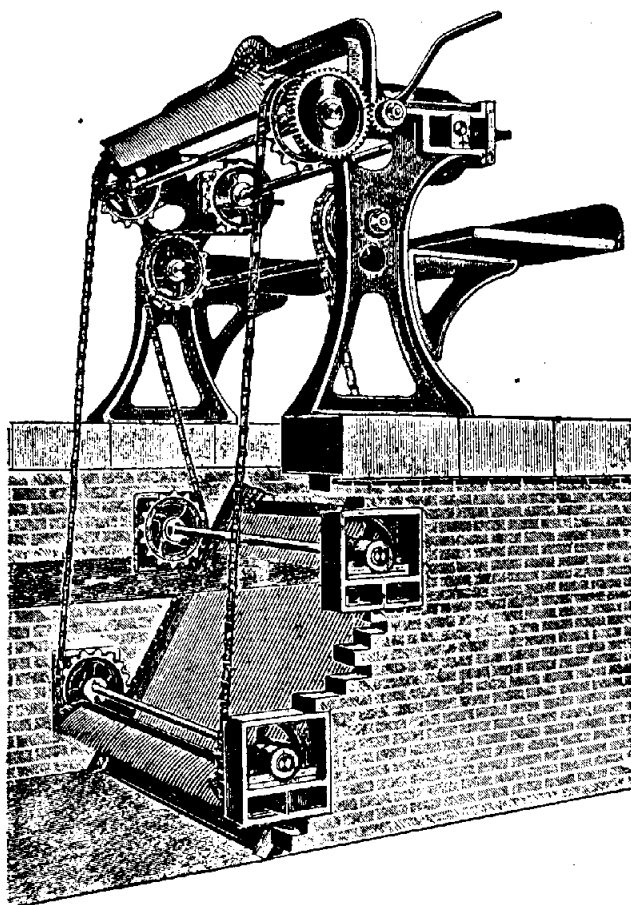
проваливание задержанных частиц в прозорах. Поднятые граблями частицы вываливаются на платформу, откуда уже вилами и черпаками накладываются на вагонетки.

Дальнейшее усовершенствование конструкций решеток с механической очисткой можно видеть в типе, примененном в г. Кельне (черт. 42 *a—b*). Эта конструкция, несколько напоминая тип решетки на насосной станции Clichy, отличается от нее тем, что на ее цепи вместо зубцов применены съемные стальные щетки *s*, которые легко захватывают с решеток осевшие частицы и сбрасывают их чрез изогнутый лист *a* на передаточ-

поддерживается шариками, перемещающимися в своих гнездах, при чем само перемещение их производится нажимным винтом. Посредством пальцев  $m$  можно

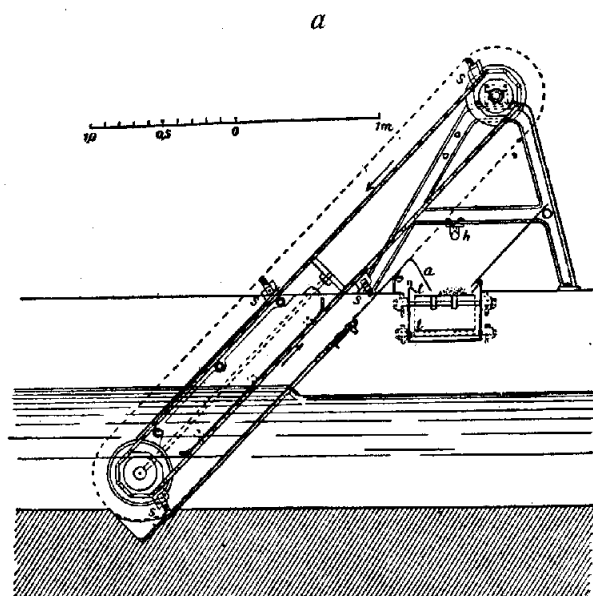
пускать в ход и выключать цепи со щетками, приводимые в движение электрическим мотором. По своей конструкции к кельнскому типу близки решетки на московской насосной станции.

Как мы уже упоминали выше, неподвижные решетки можно делать и из *стальной или медной*

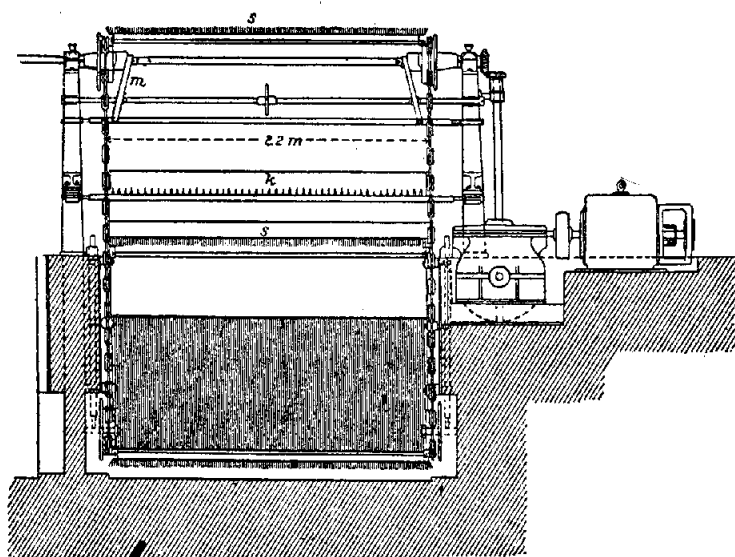


Черт. 41.

*проволоки*. Проволочные решетки представляются удобнее решеток из стержней, так как вызываемое ими стеснение канала, а следовательно, и подпор незначительны. Но для *сопротивления давлению воды* проволока должна была быть *сильно натянута и прочно закреплена* в раме решетки. Мысль о применении проволоки для конструирования решеток принадлежит инженеру *Риншу (Riensch)*<sup>1)</sup>, который применил в 1897 г. проволочные решетки в городах Марбурге и Дюссельдорфе. Конструкция этих решеток вследствие трудности поддерживать их постоянно в натянутом положении не получила широкого распространения.



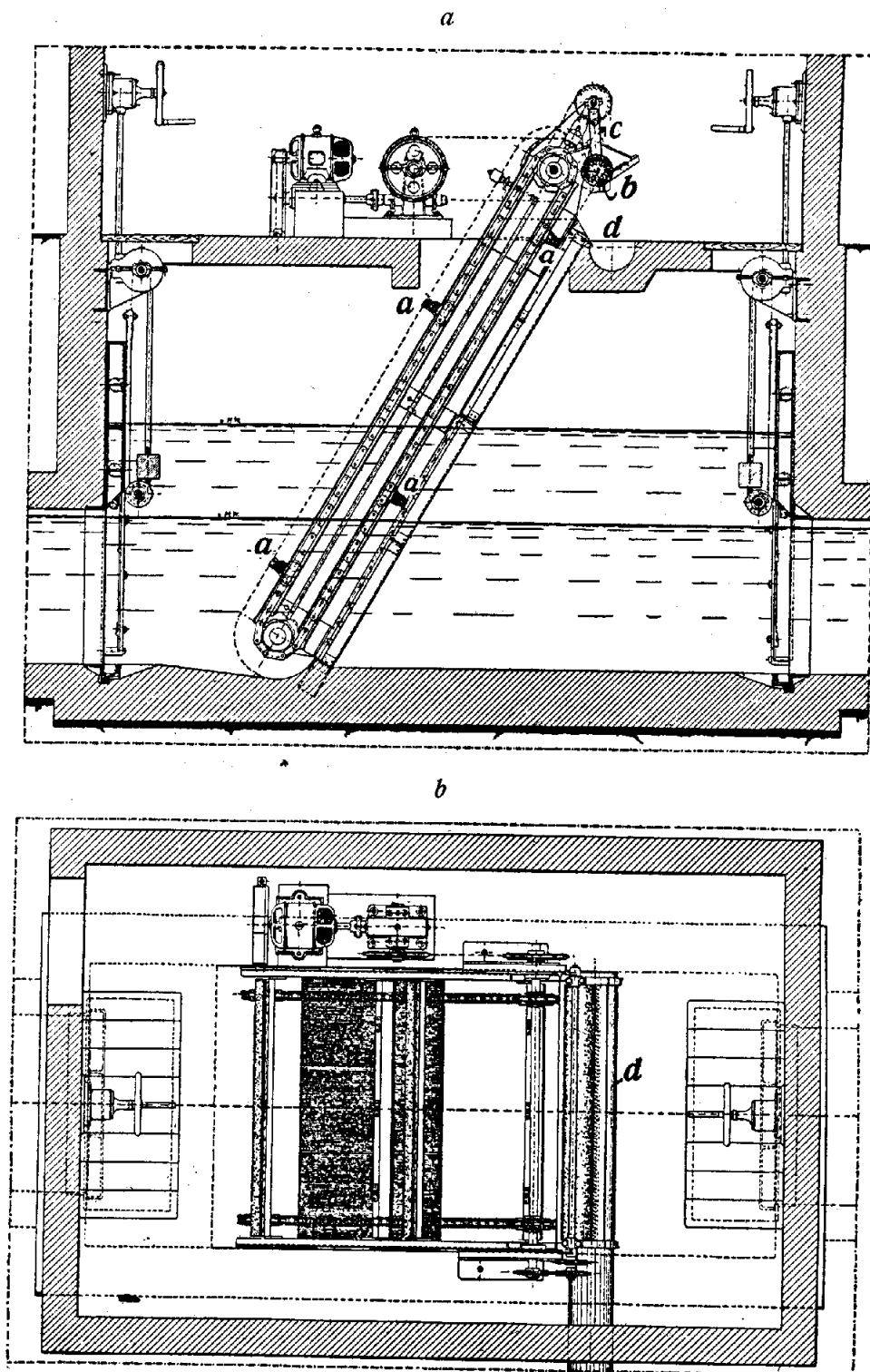
*b*



Черт. 42.

<sup>1)</sup> *Hermann Riensch, Die Reinigung der Städtischen Abwässer, Wiesbaden, 1896.*

Неподвижные сита, находящие себе столь частое применение в разнообразных домовых водопроводно-канализационных приборах<sup>1)</sup> недавно на вы-



Черт. 43.

ставке в Дюссельдорфе были представлены новой конструкцией сита с размерами прозоров в 1—3 мм, изготавливаемые немецким заводом Гейгер (Geiger)<sup>2)</sup>.

Неподвижное сито Гейгера (черт. 43), конструировано по типу решеток

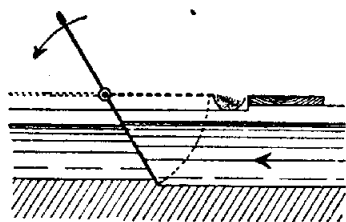
<sup>1)</sup> Проф В. Ф. Иванов, Устройство водопроводов и водостоков в домах, 1909.

<sup>2)</sup> Die geigersche Fabrik G. m. b. H. Karlsruhe, Baden auf der „Gesolei“, Düsseldorf, 1926.

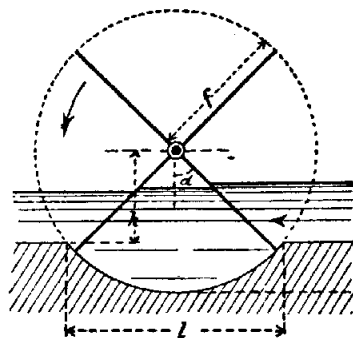
с механической очисткой; самим составляющим ее прутьям придана наилучшая форма поперечного сечения—*треугольная* (см. стр. 81). Очистка их производится щетками из пиассавы *a*, насаженными на бесконечную цепь. Эти щетки у верхнего блока цепи очищаются новой щеткой *b* от захваченных ими частиц, которые в свою очередь сбрасываются скребком *c* в желоб *d*.

Сита Гейгера применены в Alderhof bei Berlin, Bingen, Cottbus, Flensburg, Leipzig-Rosental и др.

§ 5. **Подвижные решетки.** При ~~применении неподвижных решеток с механической очисткой~~ самая очистка производится под водой, что не вполне обеспечивает надежность работы механических очистителей. Поэтому у конструкторов явилась естественно мысль сделать сами решетки подвижными (screens movables, grilles mobiles, bewegliche rechen) и придать им такую конструкцию, которая бы позволяла производить очистку вне воды.



Черт. 44.



Черт. 45.

Для разрешения этой задачи сначала стали применять поворотные решетки, поднимаемые из воды посредством прикрепленного к ним рычага (черт. 44).

Так как во время подъема решеток для их очистки сточные воды свободно протекали по каналу, то естественно творческая мысль инженеров привела их к типу крыльчатых решеток (flügelrechen, winged screens, grilles à grilles mobiles), у которых одна часть крыльев всегда находилась бы в воде, а другая над водой. Показанная на черт. 45 решетка имеет четыре крыла, но в некоторых типах число их доведено до 6. Во всех конструкциях крыльчатых решеток два крыла находятся всегда в воде, а ось крыльчатых решеток помещается над наивысшим уровнем течения сточных вод, что заставляет участвовать в очистке только часть поверхности каждого крыла.

Для определения основных размеров крыльев нужно пользоваться следующими выражениями (черт. 45).

$$f \text{ (длина крыла)} = \frac{h}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (13)$$

$$t \text{ (наибольшая высота сегмента)} \geq h \left( \frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \dots \dots (14)$$

$$l \text{ (длина сегмента)} \geq 2h \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots (15)$$

$$\alpha = \frac{360}{2n} \dots \dots \dots (16)$$

при чем *n*—обозначает число крыльев. Пользуясь этими выражениями, мы получим следующую таблицу (табл. XVII стр. 87) для *f*, *t* и *l*, как функций *h*.

Эта таблица нам показывает, что размеры крыльчатых решеток и величина потребного для них углубления уменьшаются с увеличением числа крыльев и глубины протока воды.

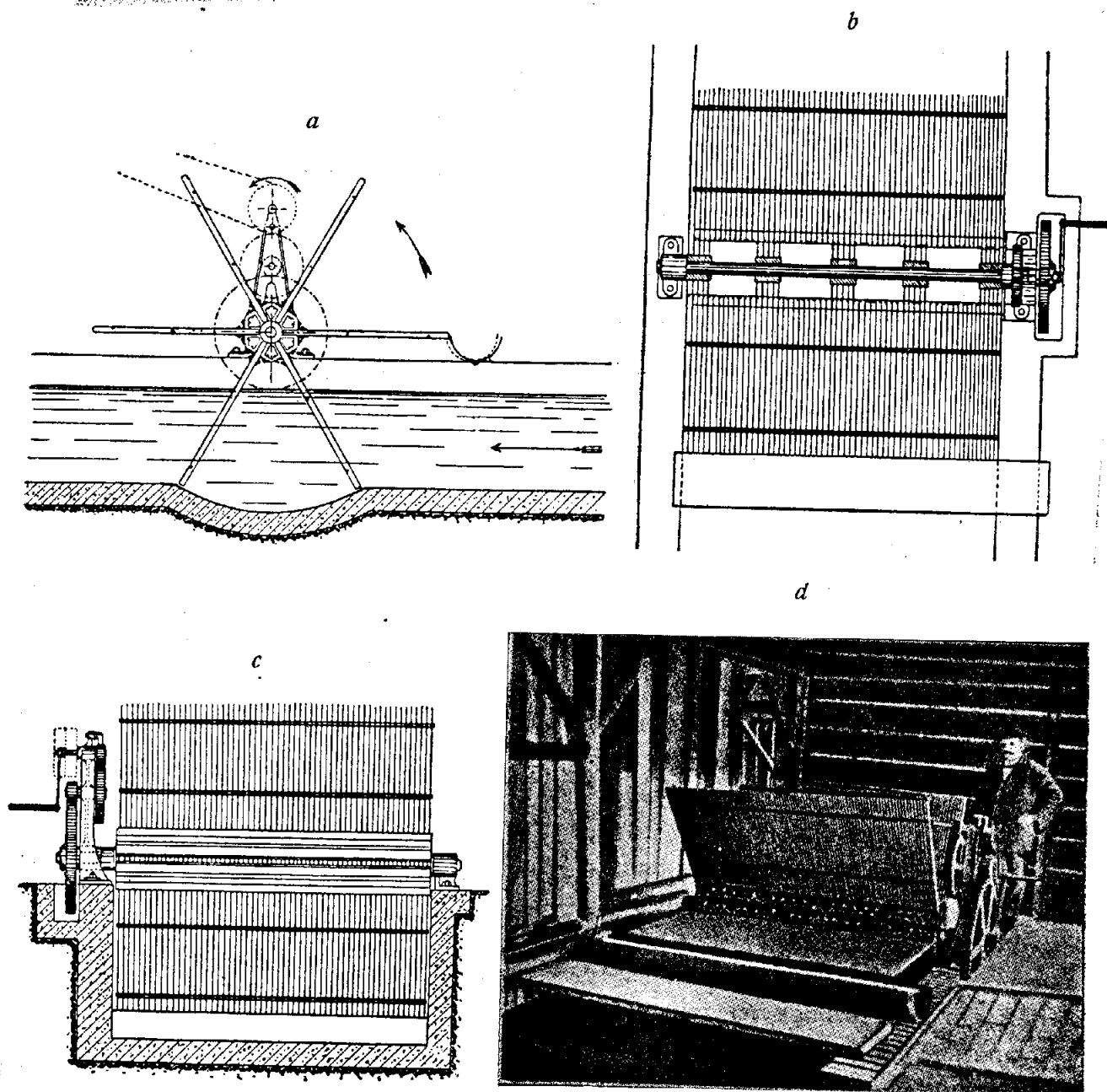
Уменьшение размеров сегментов, занимаемых углублениями, имеет важное значение, так как в них легко скопляются осадки, которые затрудняют движе-

Таблица XVII.

$n$	3	4	5	6
$f$	$2h$	$1,414h$	$1,236h$	$1,154h$
$m$	$h$	$0,414h$	$0,236h$	$0,154h$
$l$	$3,464h$	$2h$	$1,454h$	$1,154h$

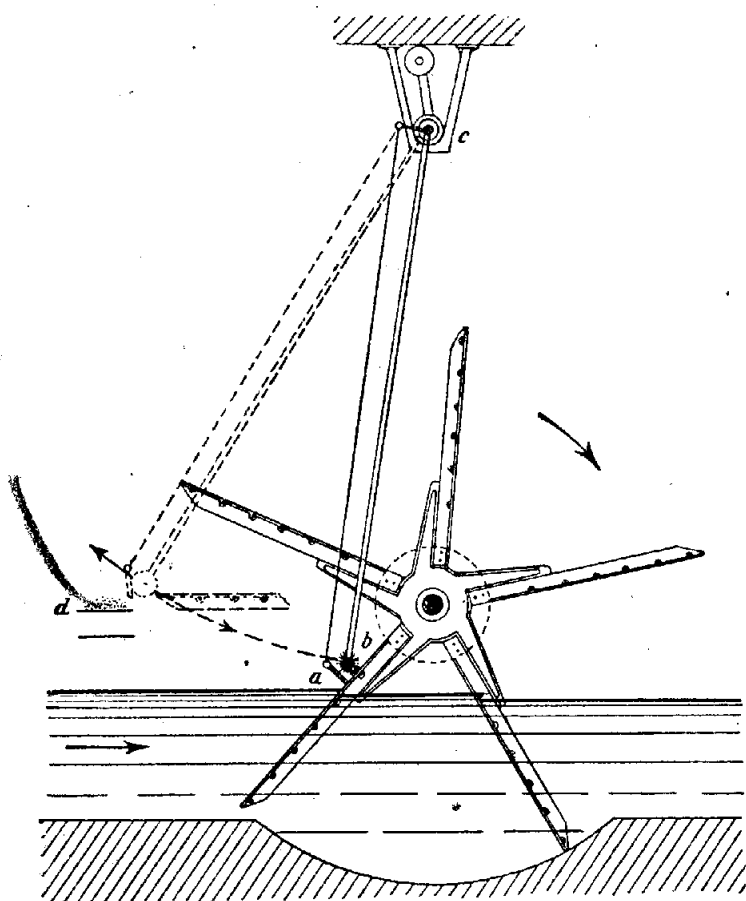
пор, чем неподвижные. Передвижение крыльев решеток производится в направлении, обратном движению воды.

ние крыльев; поэтому в большинстве установок применяют решетки с 5—6 крыльями. Так как в крыльчатых решетках в воде находятся два крыла, то, разумеется, крыльчатые решетки вызывают больший под-



Черт. 46.

Первая решетка с 6 крыльями была применена в 1899 г. Шнеппендалем (Sneppendahl) на очистной станции г. Висбадена (черт. 46 а—д). Поворачивание и очистка решеток производились вручную, но эта конструкция, как



Черт. 47.

плены к консолям, что также облегчает их снятие для ремонта. Размеры крыльев франкфуртской решетки: длина — 3 м, ширина — 2 м, сечение полос  $4 \times 30$  мм, прозоры 10 мм. Число оборотов решетки, приводимой в движение электромотором, в минуту 2,5 — 5<sup>1)</sup>.

Кроме Франкфурта на Майне, крыльчатые решетки применены еще в Эльберфельде, Штральзунде и др.

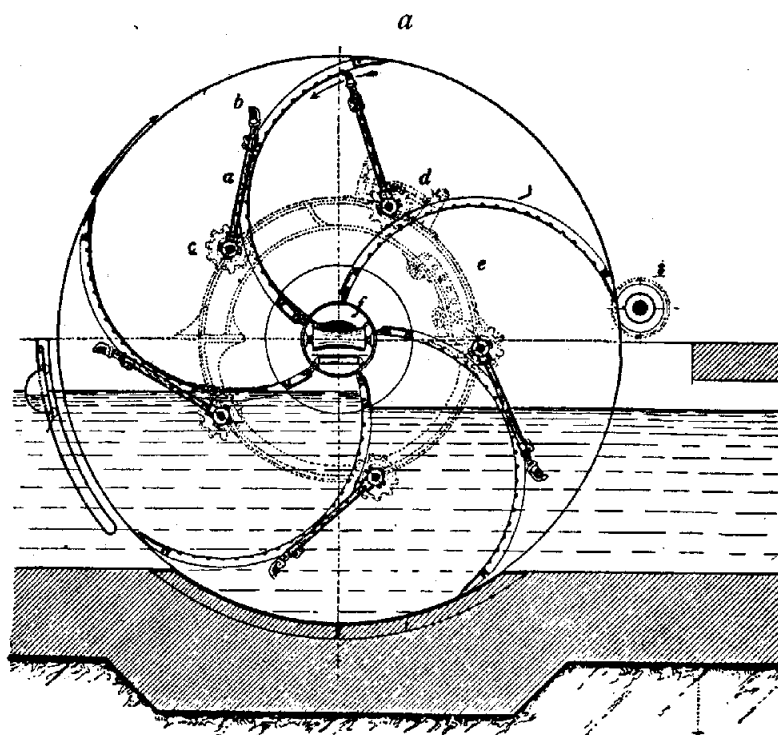
Дальнейшая эволюция типа крыльчатых решеток представляет собой колесо с сетчатыми черпаками сист. Geiger'a (Siebschau-felrad), примененное на опытной очистной станции г. Страсбурга<sup>2)</sup> (черт. 48 а — с).

Колесо Geiger'a состоит из двух железных дисков, соединен-

можно видеть из черт. 46d, позволяет приспособить для передвижения решеток и механическую энергию.

Усовершенствование в конструкцию Шнеппендаля было внесено при постройке очистной станции во Франкфурте на Майне Ульфельдером (Uhlfelder), который приспособил для решетки механический скребок *a*, вращающийся около оси *c*, со щеткой *b* (черт. 47); при поворачивании решетки скребок *a* и щетка *b* сметают частицы к заостренному концу решетки и затем посредством непоказанного на чертеже 47 листа сбрасывают их на транспортную ленту *d*.

Для увеличения прочности решетки крылья прикре-

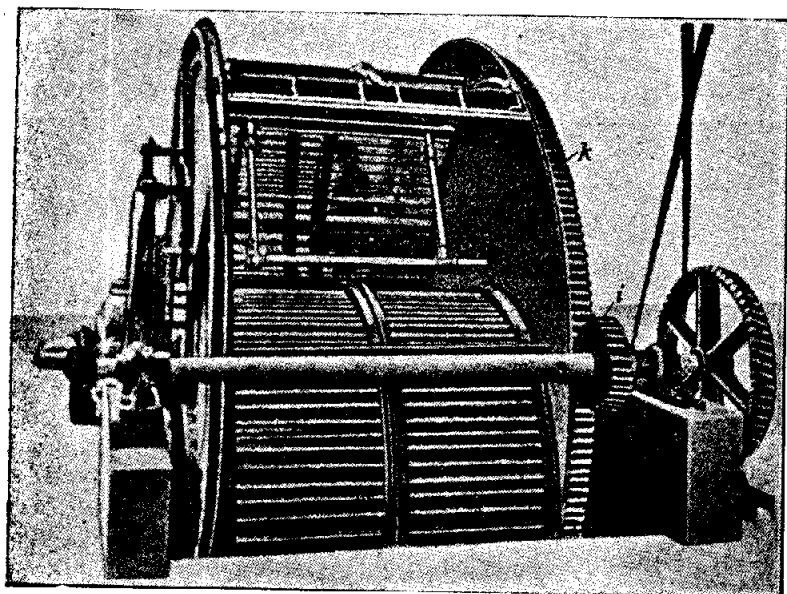
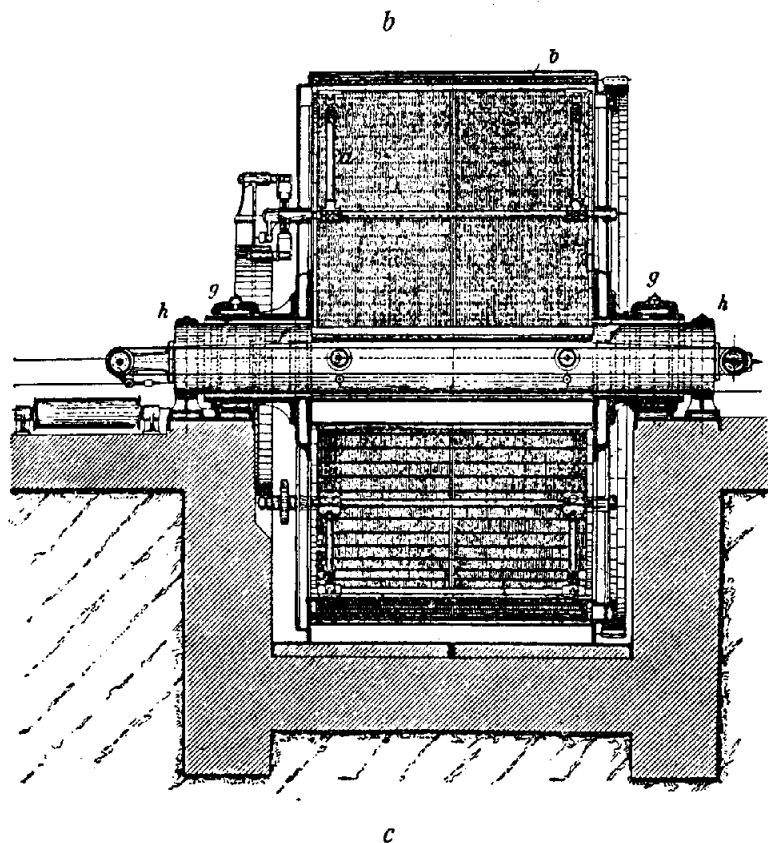


Черт. 48.

<sup>1)</sup> Das Städtische Tiefbauwesen in Frankfurt am Main, 1903.

<sup>2)</sup> Gesundheit, 1909, № 17; инж. Молчанский, Механическая очистка сточных вод по способу Гейгера, Зодчий, 1910.

ных между собой по периметру пятью ребристыми поперечинами. Жесткость дисков увеличивается посредством привинчиваемых к ним наружных ободов из литой стали; один из них сделан в виде зубчатого колеса *k*, получающего движение от шестерни *i*, насаженной на трансмиссионный вал (черт. 48 *с*). Ступицы стальных ободов отделаны в виде полых цапф, лежащих в подшипниках. Между железными дисками укреплены 5 сетчатых криволинейных черпаков, внутренние концы которых на-



Черт. 48.

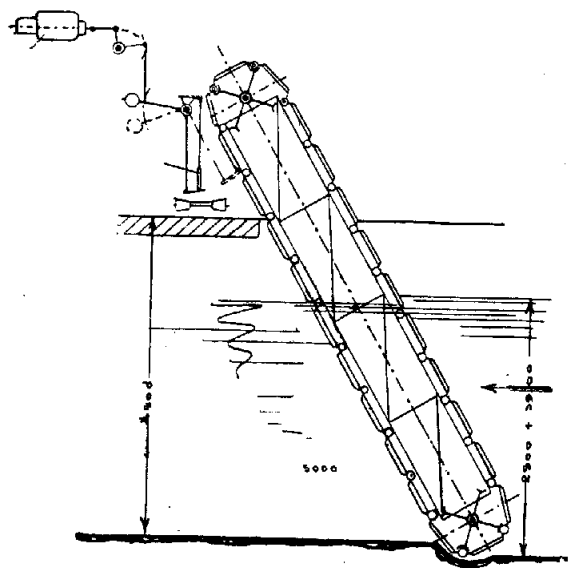
следующим образом. Когда покрытый грязью черпак выйдет из воды, насаженное на оси *c* зубчатое колесо сцепится с верхней секторной зубчаткой, проходя по зубьям с внутренней ее стороны, вследствие чего получается вращательное

внутренние концы которых на-  
правлены по радиусам к центру  
колеса, внешние же—касатель-  
но к периметру дисков. Эти  
черпаки состоят из двух частей,  
прикрепленных к соответственно  
выгнутым полосам из фасонного  
железа, которые, в свою оче-  
редь, связаны с железными дис-  
ками. При вращении колеса в  
направлении обратном движе-  
нию воды в канале, черпаковые  
сита задерживают примеси и  
посредством автоматически дей-  
ствующих щеток *b* сбрасывают  
осадки на движущуюся внутри  
колеса транспортерную ленту *f*.  
В центрах тяжести каждого из  
пяти черпаков расположены па-  
раллельно валу колеса оси *c*,  
опоры которых лежат в желе-  
зных дисках; на левых (если  
смотреть против течения воды  
в канале) концах осей *c* укреп-  
лены зубчатые колесики. На  
осях *c* неподвижно насажены  
штанги *a*, к наружным концам  
которых прикреплены щетки *b*.  
С левой же стороны колеса укреп-  
лена на машинном фундаменте  
секторная станина, несущая на  
себе две секторные зубчатки *d*,  
с которыми входят в сцепление  
в соответствующий момент зуб-  
чатые колесики осей *c*.

Очистка сетчатых черпаков  
от осевших частиц производится



движение оси  $c$ , которое заставляет штанги  $a$  описать полукруг снизу вверх; при этом движении щетки  $b$  не касаются поверхности черпака. Когда щетка достигает наружного края черпака, зубчатое колесо выходит из зацепления с верхней секторной зубчаткой и сцепляется вновь с нижней, расположенной ближе к центру цапф, с наружной ее стороны. Вследствие этого ось  $c$  вращается в обратном направлении, и щетки  $b$ , описывая полукруг от периметра колеса в направлении его оси, сбрасывают с черпака осевшие на нем частицы на транспортерную ленту.



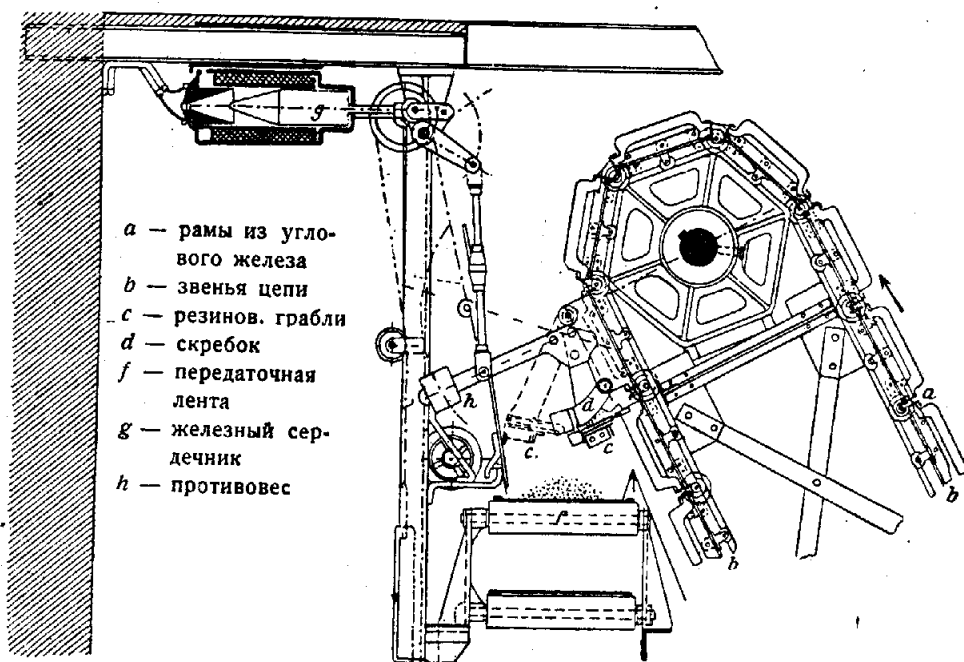
Черт. 49.

Криволинейная форма решеток обеспечивает почти полное использование всей смачиваемой площади и уничтожает вдавливание осевших частиц в прозоры решеток, что составляет обычный недостаток прямых крыльчатых решеток.

Колеса с сетчатыми черпаками применены в гг. Temesvar, Gleiwitz и др.

Кроме рассмотренных нами типов *крыльчатых* решеток и колес Geiger'a, имеются еще конструкции подвижных решеток, состоящих из отдельных звеньев и получивших вследствие этого название *цепных решеток* (черт. 49).

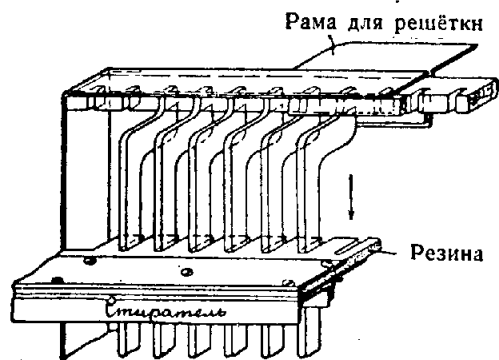
*Цепная* решетка сист. Brunotte (Kettenstabwechen), изображенная на черт. 49, была впервые применена в 1894 г. в г. Гамбурге при постройке устья нового



Черт. 50.

коллектора на правом берегу Эльбы, где для защиты очистной станции от затопления высокими водами пришлось расположить очистные сооружения на 4,5 м выше устьевого коллектора; применение же крыльчатых решеток представлялось здесь невозможным вследствие значительных размеров крыльев (6,5 — 7,5 м).

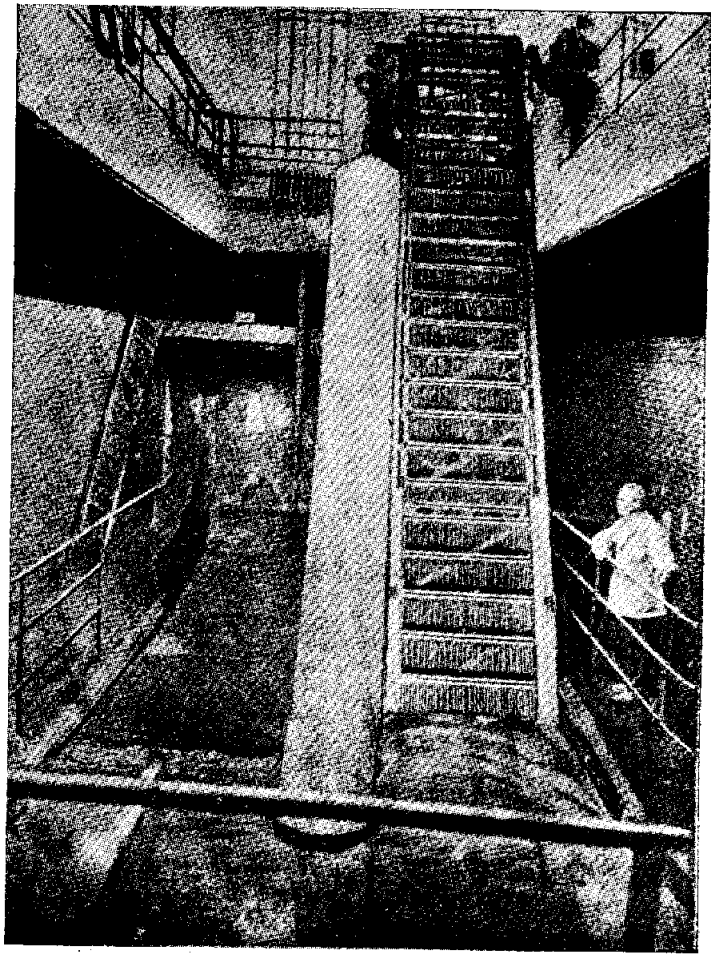
Каждое звено цепи состоит из полос, которые сначала делались из твердого каучука, но по испытании этого материала начали делаться из металла (черт. 50). Длина каждого звена — 36 см, ширина 3 м. Звенья прикреплены в точках *a* к рамам из углового железа, которые, в свою очередь, прикреплены к цепям. Цепная решетка состоит из 46 звеньев *b* (черт. 50), в которых расставлено 7000 прутьев; величина прозоров между прутьями равна 15 мм. Она движется по двум направляющим блокам, из коих верхний находится всегда над уровнем сточной воды и приводится в движение электромотором.



Черт. 51.

Удаление частиц с звеньев решетки производится граблями *c*, сделанными из резины; полосы решеток входят в пазы граблей и оставляют свои частицы на граблях (черт. 51).

Грабли *c* по очистке звена перемещаются в положение  $c_1$ , показанное на черт. 50 пунктиром, при чем во время этого качания скребок *d* сбрасывает частицы на транспортерную ленту. Качание граблей *c* создается посредством магнита, в котором движется железный сердечник *g*, связанный посредством системы рычагов с граблями *c*. При возбуждении катушек магнита посредством прикрепленного к блоку решетки контактного приспособления грабли *c* притягиваются в положение  $c_1$ , а по окончании контакта противовес *g* восстанавливает грабли в рабочее положение. По типу Brunotte конструирована и решетка насосной станции Харькова, как это можно видеть из черт. 52.

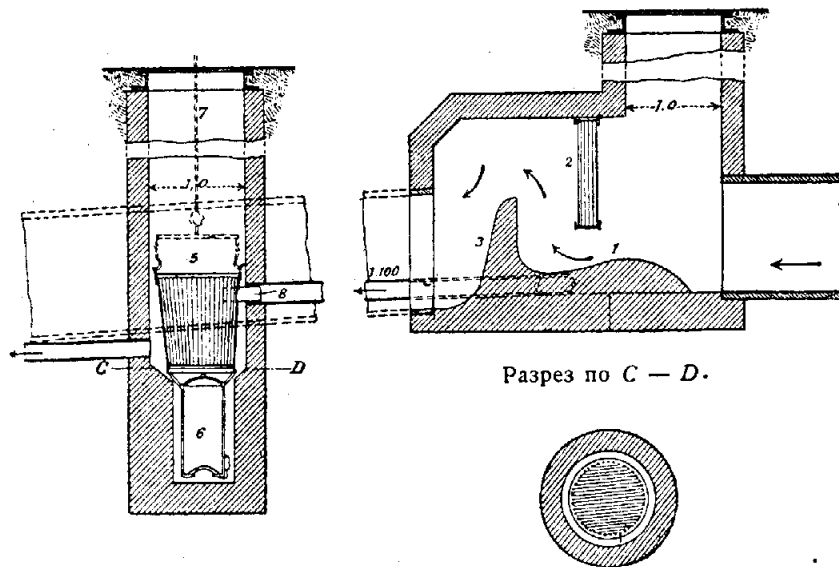


Черт. 52.

Потребная энергия для передвижения гамбургских решеток не превышает 2,5 НР, к которым следует прибавить еще 2,5 НР на передвижение граблей, для 2-х московских решеток 5 НР, для харьковской 3,4 НР. В случае надобности цепная решетка может быть поднята из воды.

Цепные решетки, кроме Гамбурга, применены еще в Крефельде, Шенеберге, Берлине (XI насосн. станция)<sup>1)</sup>, Харькове и пр.

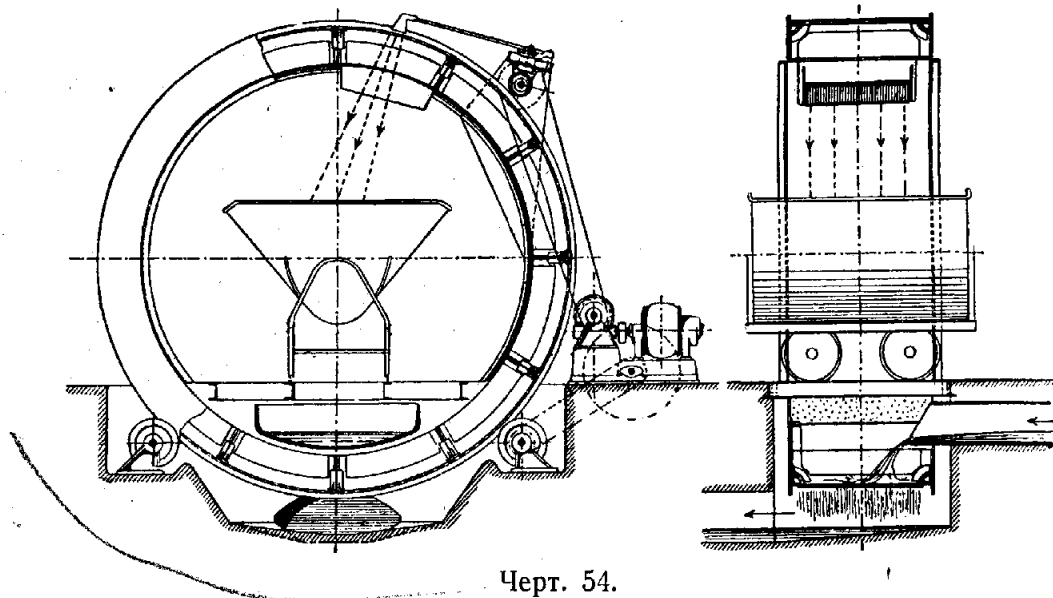
§ 6. **Подвижные сита.** Простейшей формой *подвижных сит* (bewegliche siebrechen, revolving screens, grilles tournantes) является подъемная *проволочная корзина*, примененная на очистной станции г. Бонна (черт. 53).



Разрез по C — D.

Черт. 53.

Этот тип является подходящим для маленьких установок и притом в тех случаях, если сточные воды во время ливней несут много крупных примесей (соломы, листьев). Но, для установок, в которых приходится очищать большие количества сточных вод, следует применять такие типы сит, в которых очистка их от осевших частиц совершалась бы *механически и притом вне воды*. Этим



Черт. 54.

условиям удовлетворяют лишь подвижные сита, поперечная ось вращения которых находится вне воды. К группе подвижных сит прежде всего следует отнести *барabanные сита*, у которых для задерживания осадков использована *внутренняя поверхность*.

<sup>1)</sup> Technisches Gemeindeblatt, 1908/9.

Типичную конструкцию представляет *цилиндрическое подвижное сито* (siebtrommel, trommelfilter, faseranfänger) сист. Виндшильда (Windschild), примененное в Нидершеневейде<sup>1)</sup> около Берлина, Бромберге и Трире<sup>2)</sup> (черт. 54).

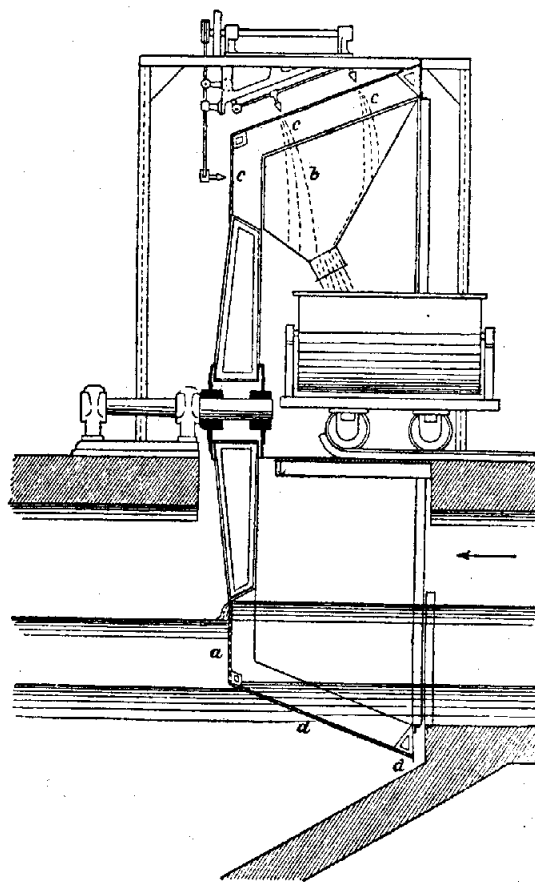
Барабанное сито в Нидершеневейде представляет собой проволочную медную сетку с отверстиями в 1 мм; сточные воды изливаются на внутреннюю поверхность вращающегося барабана. Сбрасывание осевших частиц в вагонетки производится сжатым воздухом из воздуходувки.

Использование сжатого воздуха для механической очистки решеток и сит, примененное Мецгером (Metzger), можно считать безусловно *прогрессом сравнительно с применением щеток и скребков*, которые вдавливают частицы в отверстия и вызывают их измельчивание, вследствие чего осадки могут пройти чрез сита.

Для увеличения поверхности осаждения Windschild в местечке Коссебауде (Kossebaude) вблизи Дрездена сконструировал вместо цилиндрического сита *коническое* с вертикальной надставкой, очистка коего от осадков также производилась сжатым воздухом из насадок *c* (черт. 55).

Вертикальные части сит вступают в работу лишь при притоке дождевых вод, как можно видеть из черт. 55; для сбрасывания осадков в вагонетки устроена воронка *b*; отверстия сита 1,5 мм.

К группе барабанных сит относится и сито сист. Weand (segregator, segregateur), примененное в г. Reading (Пенсильвания). Сито Weand представляет собой железный цилиндр, диам. 1,8 м, длиной 4,8 м, вращающийся вокруг горизонтальной оси (черт. 56 *a—c*). К ребрам этого цилиндра прикреплены последовательно два сита в виде металлических сеток: нижняя, сделанная из гальванизированного железа, имеет отверстия в 17,5 кв. мм, а верхняя медная — 16 отверстий в 1 кв. см. Сточные воды поступают по трубе, расположенной по оси сита, протекают чрез металлические сетки на дно колодца, откуда направляются к насосам для их перекачки. Осевшие на ситах примеси удаляются струйками напорной воды, изливаемой из серии насадок, прикрепленных к помещенной на наружной стороне барабана трубе (черт. 56 *c*). Эти осадки, падая после смывания на нижнюю часть сита, посредством червячной передачи передвигаются к лобовой поверхности сита, откуда падают чрез наклонный рукав в приемник, из которого они посредством норий передаются на транспортерные ленты.

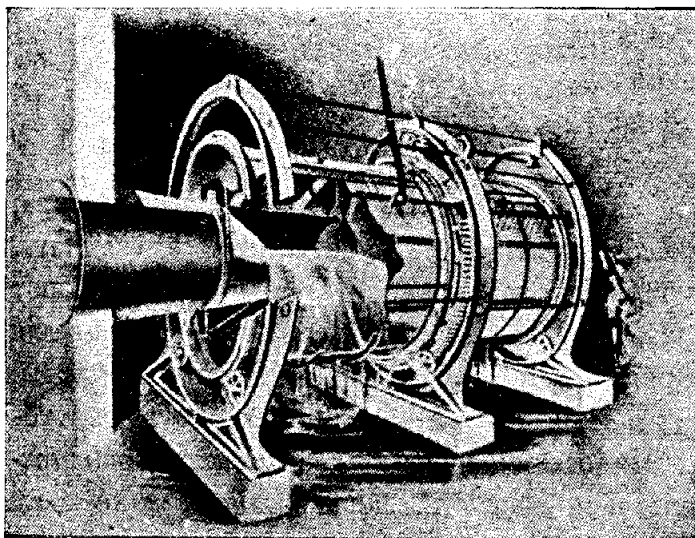
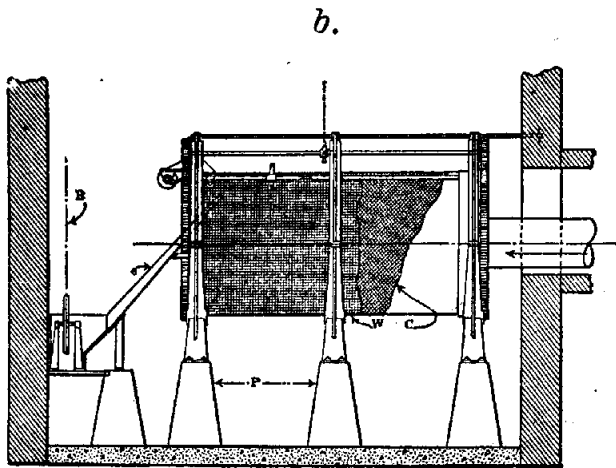
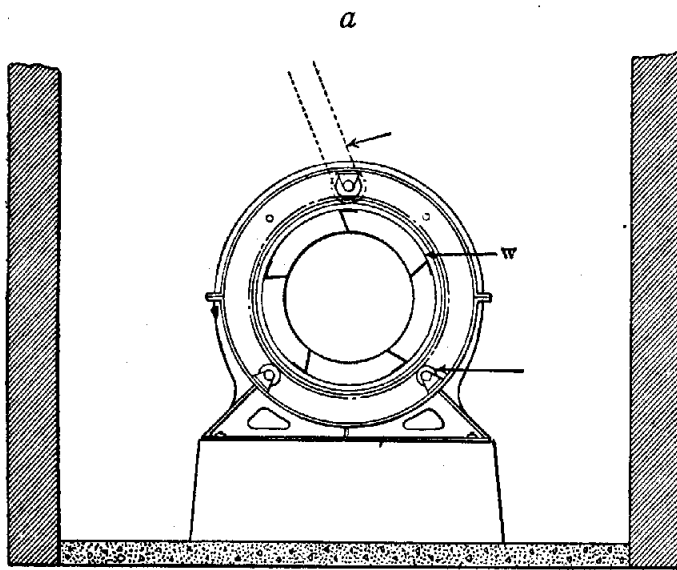


Черт. 55.

<sup>1)</sup> K. Reichle u. C. Zahn, Prüfung des Trommelfilters von A. u. A. Lehmann, A. g. in Niederschöneweide, Mitteilungen der Königl. Prüfungsanstalt, Heft 10.

<sup>2)</sup> Scharmann, Die neue Abwasserreinigungsanlage der Stadt Trier, Ges. Ing., 1913.

Сито Weand делает в среднем до 6 оборотов в минуту и получает необ-



Черт. 56.

ходимую для вращения энергию через сложную, показанную на чертежах 56 (a — c), передачу от поставленного наверху двигателя.

Благодаря применению сжатого воздуха, количество задержанных частиц на ситах возрастает почти на 20% сравнительно с выше описанными конструкциями решеток и сит (27 кг на жителя в год вместо 22). Из новейших конструкций барабанных сит представляет некоторый интерес американский тип сита Хэрда (Hurd), примененный в г. Индианополисе<sup>1)</sup> (чер. 57).

В этой конструкции барабанных сит А очистка задержанных ими частиц производится посредством промывной воды (в количестве 5%), которая является той же сточной водой, но осветленной в расположенном у решетки отстойнике В. Смытые с сита примеси сбрасываются в отстойник В, откуда извлекаются норией в вагонетки. Такое использование сточной воды для промывки сит является экономически выгодным сравнительно с применением для этой же цели сжатого воздуха.

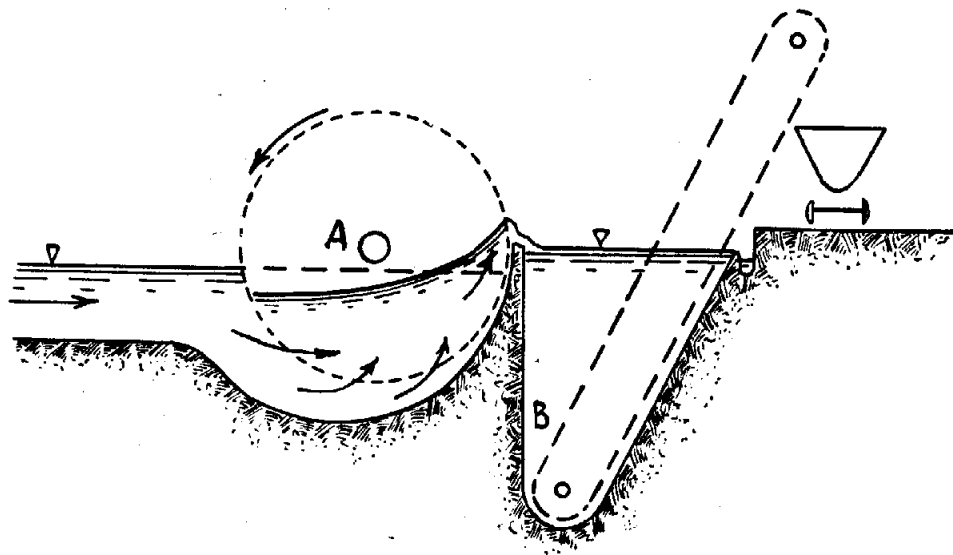
Сближая лобовые поверхности подвижных барабанных сит до полного их совмещения, мы естественно переходим к другой обширной группе подвижных сит — дисковых (siebscheiben, disc screens, tamis circulaires, черт. 58, a—b).

<sup>1)</sup> Imhoff, Neue Abwassersiebe in America, Techn. Gem. 1925/26;

Imhoff, Recent sewage treatment development in America, Eng. News Rec, 1925.

Дисковые сита подобной конструкции были еще в 1874 г. применены известным английским инженером *Latham*<sup>1)</sup> для полей орошения в г. Croydon и Rhyll; эти сита после небольших изменений работают и до настоящего времени.

*Cuma Latham'a*, названные им „sewage solid extractor“ (черт. 59, *a—c*) в Croydon'e установлены последовательно: первое служит для задерживания крупных частиц, а второе — мелких. Вращение сит производится посредством турбинки, приводимой в движение частью сточных вод; остальная часть беспре-



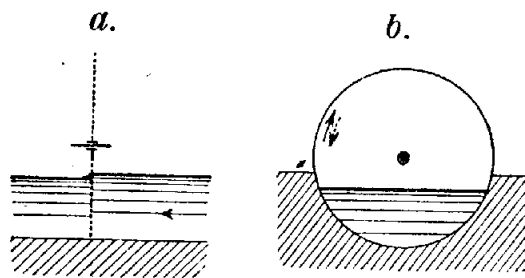
Черт. 57.

пятственно проходит через сита. Осевшие на дисковых ситах частицы сбрасываются архимедовым винтом в боковые резервуары для сбора осадков. Для смыывания осадков пользуются напорной водой, что ведет к увеличению в них воды, благодаря чему эта конструкция и не получила широкого распространения. Само собой разумеется, что для действия турбины необходимо иметь свободное падение.

Вместо плоских подвижных сит в новейших конструкциях для увеличения площади отложения осадков придают ситам очертание тел вращения (черт. 60), что несколько осложняет очистку их поверхности, в особенности при применении радиально установленных щеток.

В маленьких установках, при наличии свободного падения представляется возможным применять *дисковые сита с вертикальной осью* (черт. 61). В этой конструкции находится вся площадь сита в работе над водой, что естественно облегчает его очистку.

Если диск так велик, что только часть его площади используется для пропуска воды, то на другой части можно производить очистку сита от осадков, как это, например, могло бы быть сделано в *Patent-Flachsichter* фирмы *Friedrich und Cie*<sup>2)</sup>.

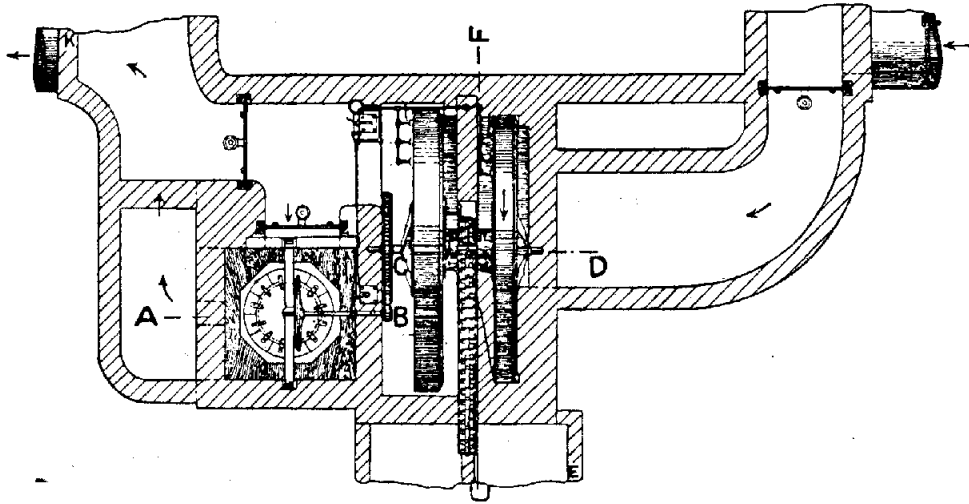


Черт. 58.

<sup>1)</sup> *Latham*, Sanitary Engineering, 1874.

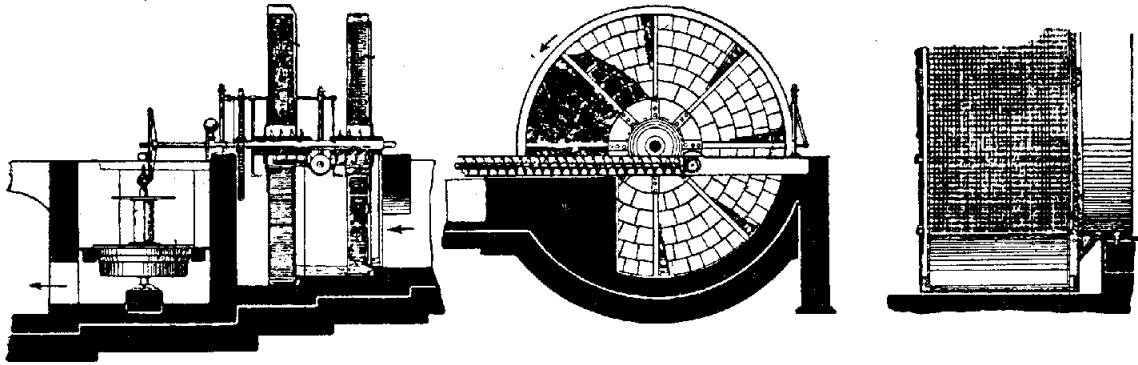
<sup>2)</sup> *Imbeaux*. Assainissement des villes, II, Paris 1903; prof. *Dunbar*, Leitfaden für die Abwasserreinigung, 1906.

*a* — поперечный разрез.

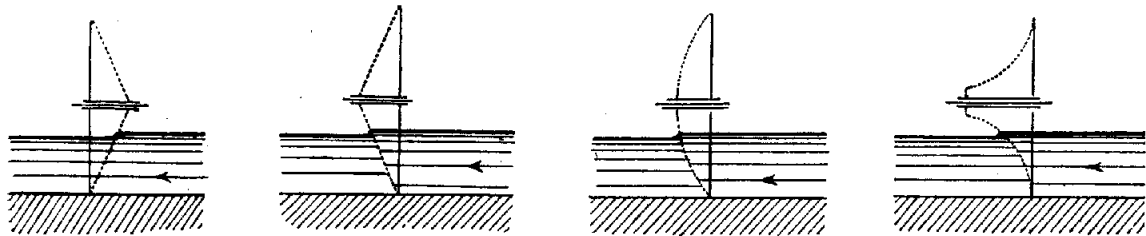


*b* — разрез по A — B = C — D.

*c* — разрез по E — F.

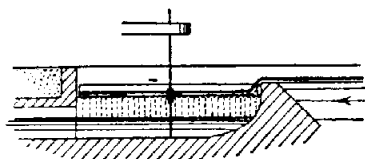
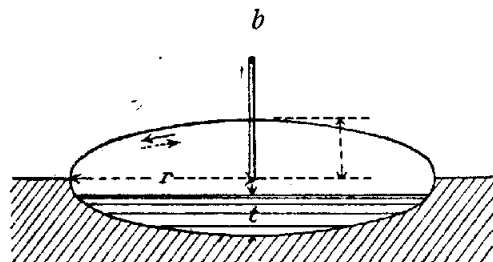
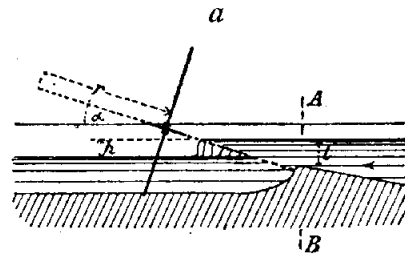


Черт. 59.



Черт. 60.

Можно достигнуть той же цели проще и вернее, если наклонить ось дисковой решетки к горизонту (черт. 62 *a* — *b*). При вращении этого сита через нижнюю часть протекают сточные воды, для чего необходимо иметь некоторый напор *h*; а в это время верхняя часть очищается щетками от осадков.



Черт. 61.

При выборе величины угла наклона сита к горизонту *a* следует сообразоваться с количеством пропускаемых через него сточных вод.

Черт. 62.

Чем меньше *a*, тем большая часть поверхности

будет в воде, и тем большее количество отверстий можно будет расположить на сите.

Для того, чтобы не было подпора при пользовании подобными ситами, необходимо, чтобы поперечное сечение канала в плоскости  $AB$  (черт. 62) равнялось бы рабочей площади сита. Примем, что площадь всех отверстий сита составляет  $\frac{1}{n}$  его площади и что в работе находятся  $\frac{2}{3}$  нижней части сита. Тогда для соблюдения вышеприведенного условия должно существовать следующее равенство:

$$\frac{2\pi r^2}{3 \times 2n} = \frac{\pi r t}{2} \dots \dots \dots (17),$$

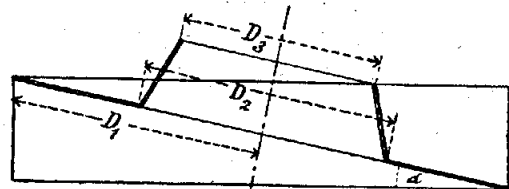
где  $r$  радиус сита и  $t$  глубина протока в сечении  $AB$ ; из уравнения (17)

$$t = \frac{2}{3} \cdot \frac{r}{n} r = \frac{2}{3} \frac{r^2}{n}; \quad \text{отсюда} \quad \frac{1}{n} = \frac{t}{\frac{2}{3} r^2} \dots \dots \dots (18).$$

Выражение (18) нам показывает, что при всех равных условиях *дисковое сито должно быть наклонено к горизонту тем круче, чем больше требуется расположить на нем отверстий.*

Идея этого сита была использована инженером Riensch в 1904 г. на очистной станции в Halle.

Но после ряда опытов, поставленных им и Klette<sup>1)</sup> в Дрездене, Riensch для увеличения поверхности отложения во время притока ливневых вод остановился на типе, показанном на черт. 63. Это новое сито Riensch'a (separatorscheibe) применено с успехом в ряде германских городов (Дрездене, Дюссельдорфе, Бремене и др.) в качестве самостоятельного метода очистки, могущего быть названным *машинным очищением.*



Черт. 63.

Фабрика Wurl, занимающаяся изготовлением сит Riensch'a, придает им следующие размеры:

- $\alpha = 15^\circ, 20^\circ, 22^\circ \text{ и } 25^\circ$
- $D_1 = 2, 3, 4, 5, 6, 7 \text{ и } 8 \text{ м.}$
- $D_2 = 0,6; 1,4; 2,3; 3,2; 4,2 \text{ и } 5 \text{ м.}$

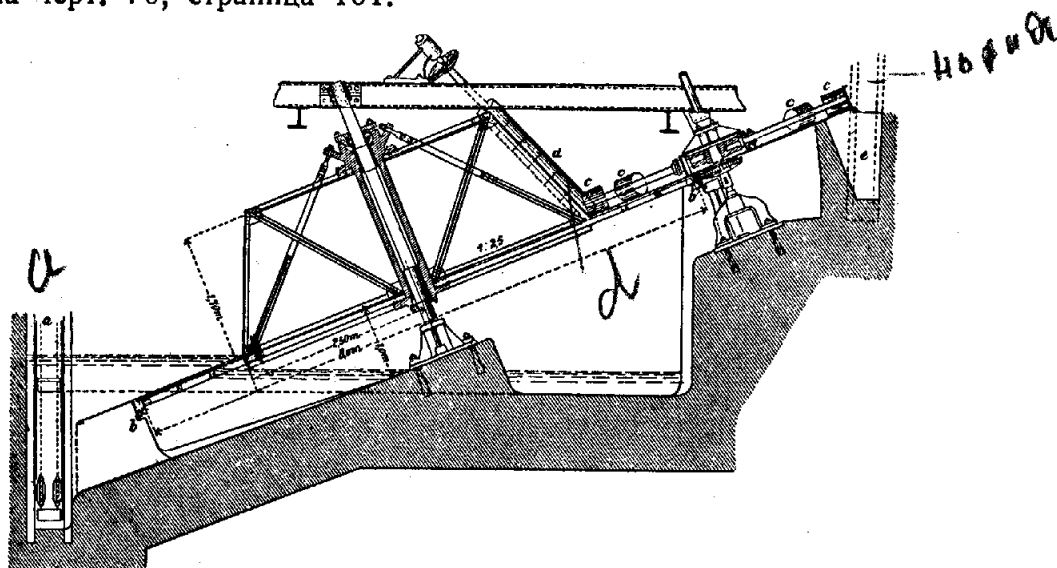
Скорость вращения сит Riensch'a берется в 0,2 — 0,3 м/сек., благодаря чему потеря напора настолько уменьшается, что практически она не имеет значения.

Конструкция сита Riensch'a с механическими очистителями будет ясна из следующего чертежа 64, представляющего собой дрезденское сито. Сточные воды, пройдя песколовку и решетки для задержания крупных веществ, посту-

<sup>1)</sup> Betriebsergebnisse der Versuchereinigungsanlage der Stadt Dresden, Gesundheit-1907, № 22.

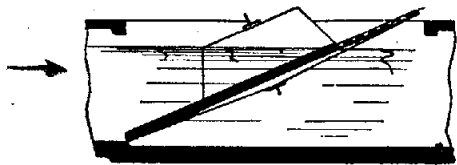


пают на сито Riensch'a. диаметром  $D_3$  — 8 м, с отверстиями в 2 мм. Удаление осадков с конической надставки производится щетками  $d$ , которые сбрасывают их на плоскую часть сита; отсюда эти осадки вместе с осадками на плоской части удаляются 8 звездообразно расположенными щетками  $c$ , вращающимися около своей оси, в углубление, из которого поднимаются норией  $e$ . Для удаления по временам осадков, которые могут сползть с подводной части сита, служит нория  $a$ . Сито при вращении катится по роликам  $b$ . Для лучшего ознакомления с конструкцией этого сита приводим его фотографию, изображенную на черт. 70, страница 101.



Черт. 64.

В современных установках с дисковыми ситами Ринша смачиваемая при максимальном проток сточных вод поверхность составляет  $\frac{4}{5}$  общей площади (черт. 65). Сита Ринша применены в гг. Дрездене, Дюссельдорфе, Граудене, Бремене, Страсбурге, Острове, Карлсруэ,<sup>1)</sup> Ленинграде (фекалепровод), Лонг Бич,<sup>2)</sup> Бруклине,<sup>3)</sup> Нью-Джерсей<sup>4)</sup> и др.



Черт. 65.

Некоторые упрощения в конструкции сит Riensch'a представляют собой конические сита сист. Schumann-Heerbrandt, изготовляемые той же фабрикой Würl (черт. 66 а — б). Здесь благодаря конической поверхности имеется всего одна система щеток, прикрепленная к бесконечной цепи и передвигающаяся в горизонтальном направлении, что обеспечивает их более продолжительную службу. В остальном конструкция сита, как можно видеть из чертежа, мало отличается от системы Riensch'a.

К группе подвижных сит следует отнести и ленточные сита (siebbänder, automatic sewage screens, tamis rotatifs). Их конструкция представляет собой бесконечную ленту, сделанную из твердой закаленной проволоки в виде сети

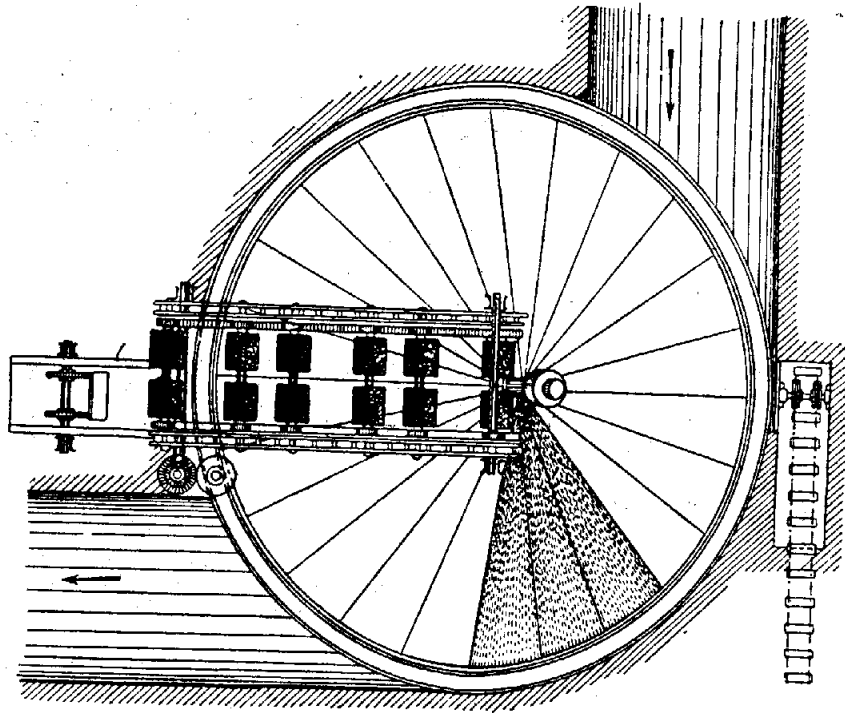
<sup>1)</sup> Cassinone, Verunreinigung der Gewässer, Ges. Ing., 1926.

<sup>2)</sup> Increase sewage screen capacity at Long Beach, Calif., Eng. News Rec., 1924.

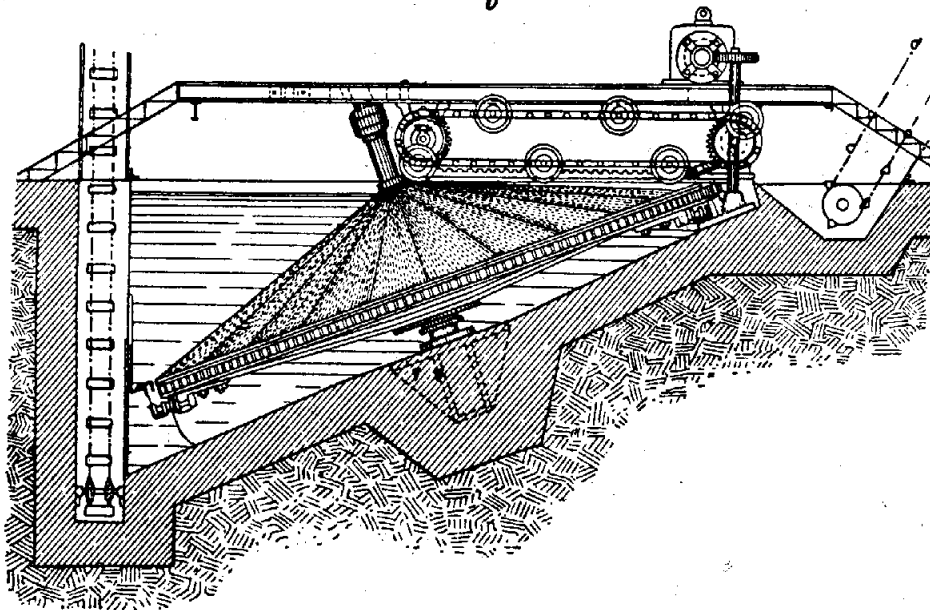
<sup>3)</sup> Rebuilding old sewage works in Borough of Brooklyn, Eng. News Rec., 1925.

<sup>4)</sup> Gaub William, A bacteriological study of a sewage disposal plant, New Jersey Agricult. etc., 1924.

a



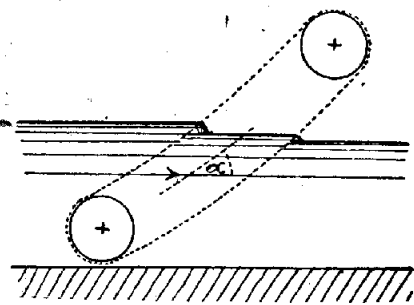
b



Черт. 66.

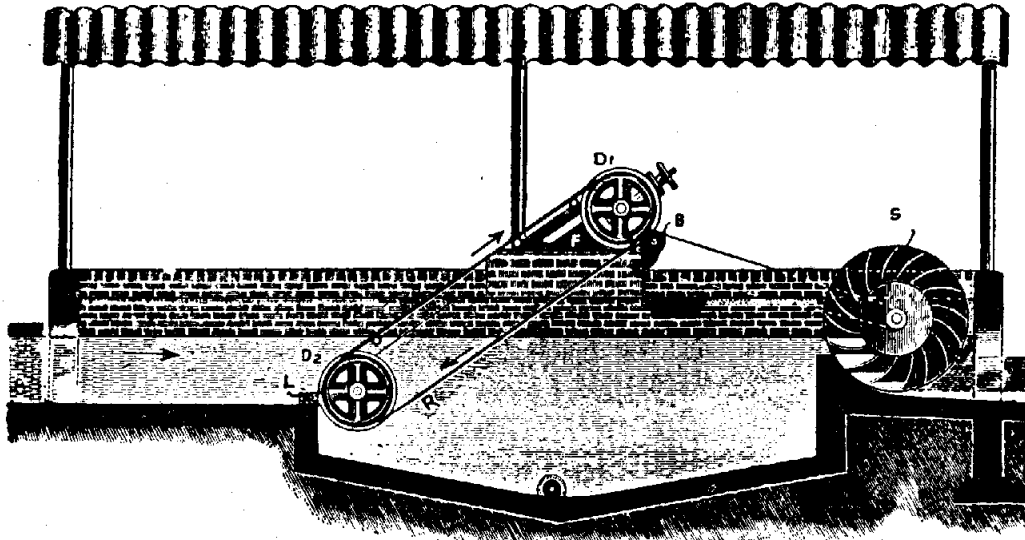
с мельчайшими отверстиями и перекинутую через два направляющих блока (черт. 67). Вследствие незначительного веса сравнительно с похожими на них по внешнему очертанию цепными решетками ленточные сита приводятся в движение самой сточной водой, для чего, разумеется, необходимо иметь свободное падение.

К таким конструкциям принадлежит ленточное сито системы John Smith and C<sup>ie</sup> (Carlshalton), черт. 68, примененное в городах Bradford, Birmin-



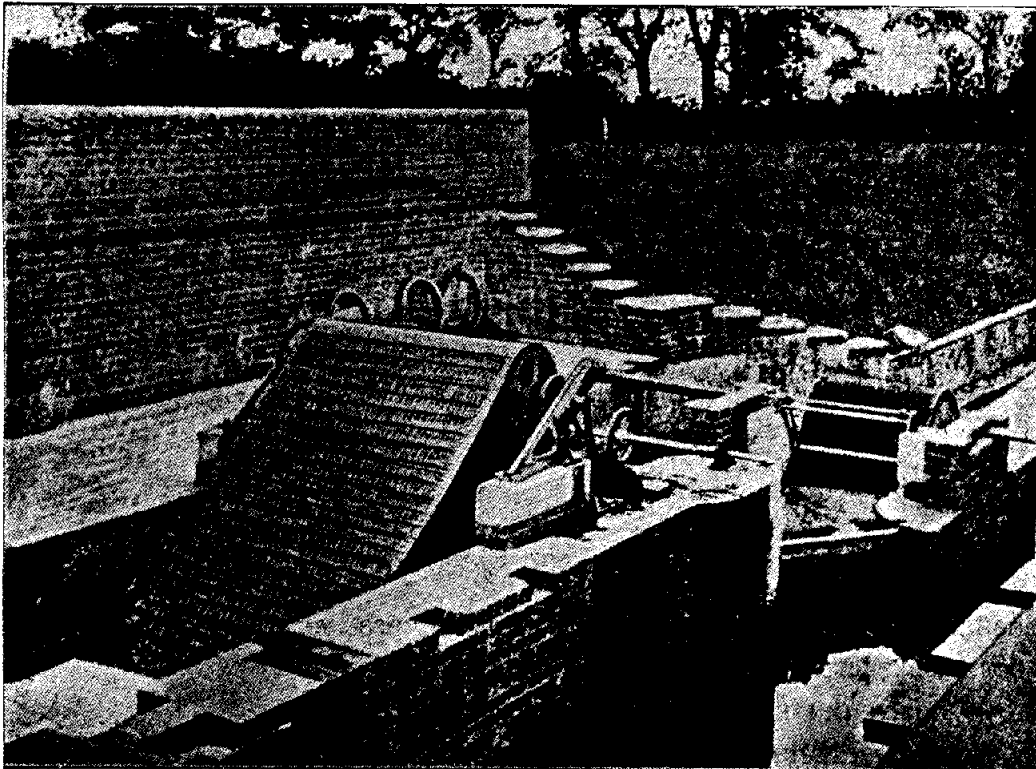
Черт. 67.

gham, Croydon, Guildford, Sutton и др. Ленточное сито этой системы представляет собой сетку из стальной проволоки с мелкими отверстиями, усиленную на определенных расстояниях продырявленными поперечными планками и пере-



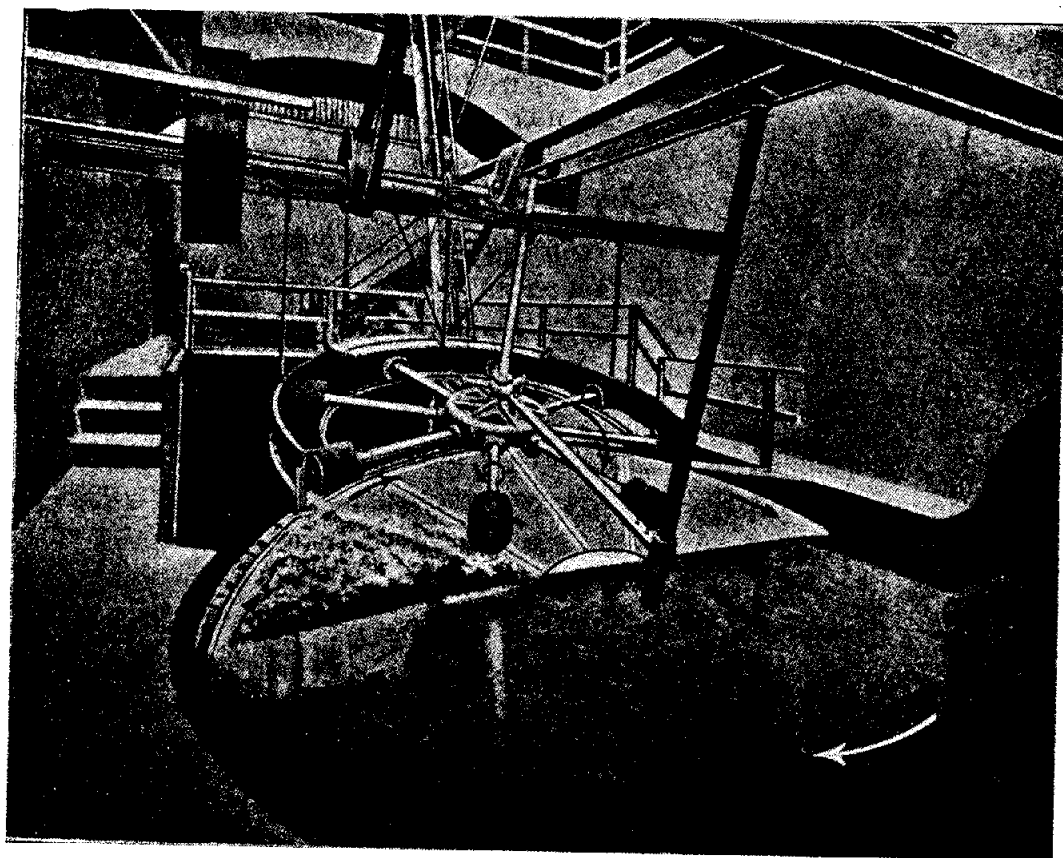
Черт. 68.

кинутую через два блока  $D_1$  и  $D_2$ . Очистка ленточного сита производится вращающейся щеткой  $B$  вне воды, которая сбрасывает задержанные частицы в желоб. Движение сита и щетки производится благодаря движению колеса Понселе  $S$  сточной водой, для чего достаточно напора в 10—20 см. Подобная



Черт. 69.

автоматическая работа сита очень удобна в ночное время, как не требующая надзора. Для наглядности приводим фотографию этого сита (черт. 69). В Германии имеется одна установка с применением ленточных сит из медной зака-

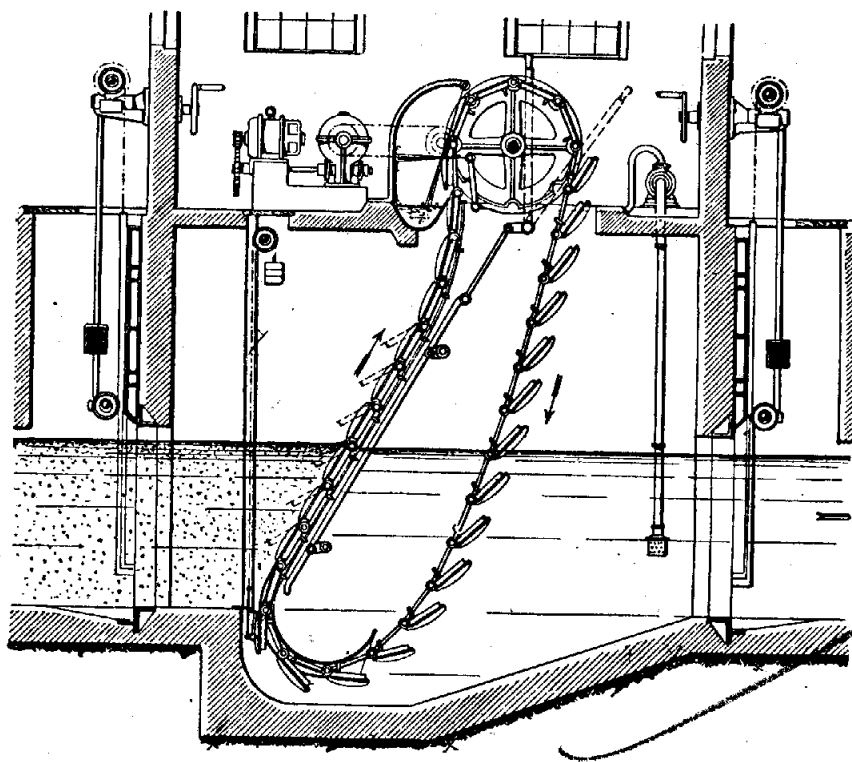


Черт. 70.

ленной проволоки диам. 1,5 мм с отверстиями в 10 мм в г. Геттингене<sup>1)</sup>. Для приведения в движение сит здесь применяют силовую энергию.

На черт. 70 изображена фотография сита Riensch'a.

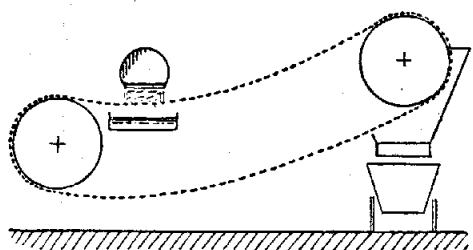
Оригинальную конструкцию представляет собой ленточное сито сист. Гейгера (черт. 71). Оно состоит из ряда небольших сит, сделанных из фосфоробронзовых проволочных прутьев (с отверстиями от 0,25 до 0,6 кв. мм) и представляющих собой ленту, вращающуюся на двух блоках. Эти небольшие сита со стороны



Черт. 71.

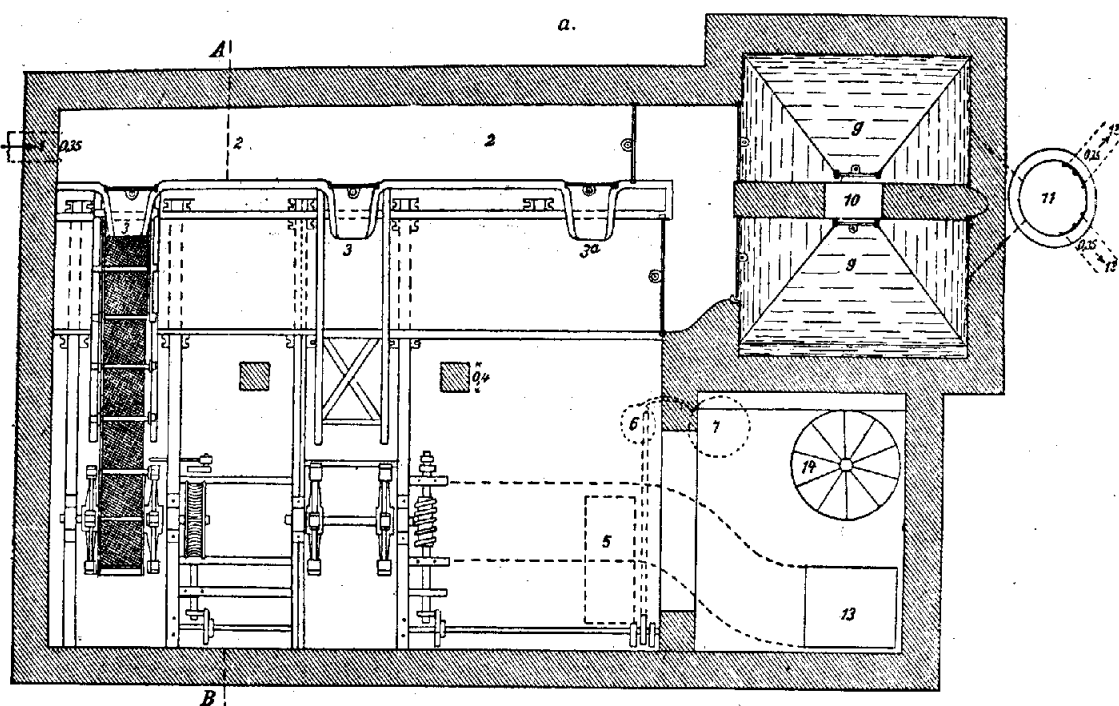
<sup>1)</sup> Zeit. für Arch. und Ing., 1905.

движения воды ею прижимаются, что обеспечивает их правильную работу. Когда же они перемещаются на противоположную сторону

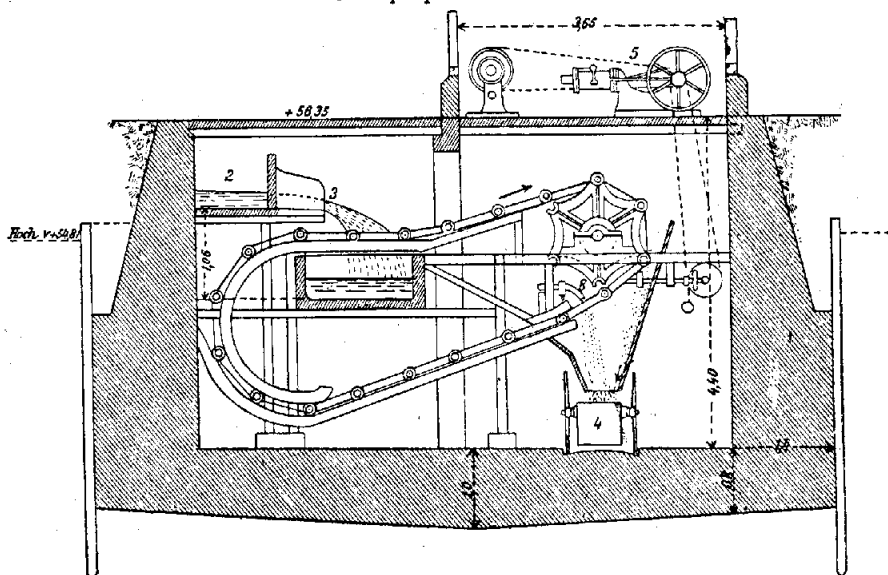


Черт. 72.

то под действием собственного веса они отклоняются от ленты, благодаря чему получается свободный пропуск сточных вод и уничтожается возможность нового осаждения примесей. После прохода через верхний блок сита принимают вертикальное положение, и задержанные ими частицы падают в желоб; при этом они обмываются напорной водой (около 0,5% от количества сточных вод), что способствует их интенсивной очистке. Таким образом, очистка сит от задержанных ими частиц производится так же, как и в ситах John Smith—вне воды. Попавшие в желоб частицы вместе



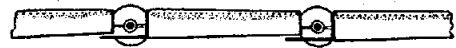
b — разрез по А — В.



Черт. 73.

с промывной водой стекают по нем в сторону. В целях равномерного распределения осадков на ленточном сите Гейгера вдувают снизу в сточную воду сжатый воздух.

Для обеспечения большей службы сит применяют также конструкции, где оба блока и самое сито находятся вне воды, для чего необходимо, чтобы в канале, приводящем сточные воды, был бы некоторый напор (черт. 72). Разумеется, при этих конструкциях не может быть и речи об автоматическом передвижении сит. Применение ленточных сит подобной конструкции сделано в г. Nakel в 1907 г. инж. Metzger'ом, внесшим в конструирование не мало интересных деталей. Как видно из чертежа 73 (a—b), сточные воды протекают по каналу (1) и затем проходят распределительные желоба (2), откуда уже через выпуски (3) изливаются через подвижное ленточное сито в канал. Ленточное сито в Накеле состоит из 20 открытых ящичков сечением  $50 \times 50$  см, дно которых представляет проволочное сито с квадратными отверстиями в 3 мм (черт. 74).



Черт. 74.

Ящички соединены между собой болтами, благодаря чему образуется бесконечная цепь; к ящичкам прикреплены планки, которые, закрывая болты, препятствуют прохождению неочищенной сточной воды. Ленточное сито изогнуто таким образом, что выпуск сточных вод происходит на плоской части сита, благодаря чему уничтожается измельчивание осаждающихся частиц. Осевшие на ситах частицы частью сами падают в вагонетки (4) (черт. 73), частью же выдуваются сжатым воздухом. Для добывания сжатого воздуха служит тот же бензиновый двигатель (5), который приводит в действие сито; с ним связан воздушный насос (6), который подает сжатый воздух в резервуар (7); из последнего сжатый воздух поступает в насадку (8), из которой уже непосредственно выходит на сито. Воздушная насадка движется перпендикулярно к направлению ящичков сита, вследствие чего любой пункт их дна получает одинаковое количество сжатого воздуха. После прохода через сита вода поступает в песколовку (9), осадки из которой поднимаются норией (10); из песколовки осветленная вода проходит через колодезь для взятия проб (11) в каналы (12). Вагонетки с осадками удаляются посредством подъемника; для спуска в нижнюю часть очистной станции устроена лестница (14).

§ 7. Количество энергии, потребное для работ подвижных решеток и сит. Как мы видели из предыдущего описания, почти все подвижные решетки и сита, за исключением некоторых английских конструкций (Latham, John Smith), требуют для своего передвижения механическую энергию.

Количество энергии, потребное для движения решеток и сит, зависит от ряда переменных факторов: типа решетки или сита, скорости их движения и тех вредных сопротивлений, которые проявляются при их работе.

Скорость движения решеток и сит незначительна и колеблется лишь в некоторых определенных границах, о чем можно судить по данным нижеследующей таблицы XVIII.

Таблица XVIII показывает, что скорость движения решеток и сит в существующих устройствах колеблется между 0,04 и 0,07 м/сек., вследствие чего она имеет незначительное влияние на количество энергии.

Таблица XVIII <sup>1)</sup>.

Название города	Тип решетки или сита	Скорость движения решетки или сита в м/сек.
Гамбург . . . . .	цепная решетка	0,04 — 0,05
Геттинген . . . . .	ленточное сито	0,04 — 0,06
Дрезден . . . . .	сито Ринша	0,07
Накель . . . . .	сито Метцгера	0,05

Те *сопротивления*, которые оказывают сточные воды на движение решеток и сит, и которые образуются благодаря трению движущихся частей решетки и сит, не могут быть точно определены *расчетом*, хотя они то и требуют значительной части затрачиваемой энергии. Затем потерю энергии вызывает и то обстоятельство, что при применении современных быстроходных двигателей приходится переходить от сравнительно большого числа оборотов к 0,5 — 0,25 оборота в минуту. Поэтому при теоретическом определении мощности двигателей, потребных для передвижения решеток и сит, всегда принимают ее для практики с значительным запасом в виду невозможности учесть все вредные сопротивления, руководствуясь, главным образом, теми опытными данными, которые имеются на существующих сооружениях. Чем сложнее и тяжелее решетки, тем более требуется энергии. Так, для барабанных сит достаточно 1,5 *HP*, геттингенское ленточное сито — 2 *HP*, сито Метцгера в Накеле — 1 *HP*, сито Ринша в Дрездене — 2 *HP*, а тяжелые гамбургские цепные решетки — 2,5 *HP* и для своих очистителей еще 2,5 *HP*, харьковские цепные решетки требуют 3,4 *HP*. Из этих данных можно сделать вывод, что для города в 200 000 жителей при установке одной решетки с механической очисткой будет достаточно двигателя в 2 — 2,5 *HP* и что в виду незначительной величины потребляемой энергии *расходы на установку решеток и сит с механической очисткой будут невелики*. Так, Jastrow исчисляет их в 0,035 коп. на 1 куб. м сточных вод по ценам 1908 г.

§ 8. Оценка типов решеток и сит. Работа решеток и сит. Для наилучшей оценки описанных выше различных конструкций решеток и сит нам необходимо сначала установить те основные требования, которым должны они удовлетворять для выполнения своей работы.

На *первом* плане следует поставить *видимость и доступность для осмотра* блоков, шкивов, зубчатых колес и всех движущихся частей, так как в противном случае смена износившихся частей будет затруднительна, а несвоевременная смена может повести к порче и остановке всего устройства. Таким образом, *все движущиеся части, равно и приспособления для их смазки, не должны находиться в сточной воде*.

*Второе* требование, обеспечивающее непрерывную эксплуатацию решеток и сит, заключается в постоянной возможности *проверить их очистительную способность*, для чего все очистительные устройства должны систематически *подниматься из воды и быть доступны для осмотра*.

<sup>1)</sup> Jastrow, Die maschinelle Abwasserreiniger, 1908.

Наконец, *третье требование* — *легкость очистки решеток и сит от задержанных ими частиц без непосредственного с ними соприкосновения рабочих.*

Сопоставляя эти требования, мы видим, что им совершенно *не удовлетворяют неподвижные решетки и сита с ручной очисткой*, так как эти приборы находятся *постоянно под водой*, вследствие чего совершенно недоступны осмотру и требуют в большинстве случаев для очистки прекращения впуска сточной воды в обслуживаемую ими часть очистной установки.

Некоторый шаг вперед представляют собой *подъемные двойные решетки*, которые позволяют делать их *очистку вне воды*, хотя при этом рабочие находятся долгое время в соприкосновении с осадками.

Улучшение *очистки с гигиенической точки зрения* дают нам решетки с механической очисткой (черт. 39, 40, 41 и др.), но самые решетки все же находятся *под водой* и недоступны осмотру.

*Цепные решетки* гамбургского типа представляют сравнительно с другими типами тяжелую конструкцию, требующую большого количества энергии для их движения. Они в общем удовлетворяют вышеставленным требованиям, но у них *нижний блок находится постоянно в сточной воде*, а сама конструкция обладает большим количеством болтовых соединений, легко разрушающихся от постоянного пребывания в сточной воде.

Таковыми же недостатками обладают и *ленточные сита John Smith'a и Geiger'a*, но их передвижение совершается автоматически.

Всем вышеставленным требованиям удовлетворяет *ленточное сито Метцгера*, примененное в Накеле (черт. 73—74), где все подвижные части лежат вне воды, и сама очистка производится механически, и *новое ленточное сито Гейгера* (черт. 71); к ним стоят довольно близко и барабанные сита *Виндшильда*. Также являются вполне удовлетворительными *крыльчатые решетки Ульфельдера* и *дисковые сита* (Ринша, Шумана и Геербрандта): неизменяемая форма, облегчающая точность сборки, простой подъем осевших частиц из воды, несложная очистка и видимость всех движущихся частей дают, по справедливости, *возможность поставить их на первое место*. Но большей простотой конструкции, сравнительно с подвижными ситами, обладают крыльчатые решетки, хотя, с другой стороны, у них во время пропуски сточных вод *только незначительная часть общей площади находится в работе*.

*Количество осадков*, задерживаемых решетками и ситами, зависит от, *размеров сделанных в них отверстий, от количества примесей, содержащихся в сточных водах, и от их назначения*. Если решетки обслуживают насосные станции, то их задача заключается лишь в защите насосов от засорений крупными примесями, что и ведет к выбору сравнительно больших отверстий для решеток в 15 — 25 мм, как об этом мы уже говорили выше. Наоборот, при применении машинного очищения (сита Ринша в Дрездене) размер отверстий сит понижается до 2 мм, вследствие чего, конечно, повышается количество осевших примесей.

К сожалению, до настоящего времени сделано мало опытов, по которым можно было бы дать определенные цифры для разнообразных конструкций решеток и сит.



В общем же можно указать, что *решетки задерживают от 8 до 10% примесей, содержащихся в сточных водах.*

Что же касается *сит*, то вследствие уменьшения размеров отверстий до 2 мм их *осветлительный эффект* повышается до 25—35%, каковой при дальнейшем понижении размеров отверстий до 1,5—1 мм может *доходить до 35—40%*. Такие высокие цифры позволяют при подходящих местных условиях обходиться установкой подобных сит без дальнейшего осветления сточных вод (г. Дрезден).

Осадки, получающиеся на решетках и ситах, имеют, в большинстве случаев, до 70—80% *воды*, что облегчает их обработку для сельскохозяйственных целей. Так как в этих осадках преобладают вещества *органического происхождения*, то они обладают способностью к быстрому загниванию. Данные о количестве осадков, задержанных на решетках и ситах в различных городах, приведены в следующей таблице XIX.

Таблица XIX.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Количество осадков в л		Конструкция решеток
	на 1000 куб. м	на 1000 жи- телей в сутки	
Leipzig . . . . .	13,5	—	решетки с крупн. отверстиями
Marburg . . . . .	—	17	решетки
Frankfurt am Main . . . . .	130	29	крыльч. решетки
Cöln . . . . .	183	—	решетки
Elberfeld . . . . .	129	28	решетки
Dresden . . . . .	101	17	сита Ринша с отвер. 2 мм
München-Gladbach . . . . .	75	58	решетки
Coventry (Англия) . . . . .	2,9—3,8	—	решет. с отв. 10 мм
Sutton . . . . .	13,5	—	" " " 6,3 мм
Göttingen . . . . .	4	—	сита " " 10 мм
Bromberg . . . . .	60	—	" " " 1,5 мм
Reading (Америка) . . . . .	36	—	сита
Leeds (Англия) . . . . .	108	—	сита с отв. 4 мм
Wiesbaden . . . . .	110	—	" " " 1,5 мм

## ГЛАВА VII.

### Механические способы очистки сточных вод. Осадочные бассейны

§ 1. Назначение осадочных бассейнов. Опыты Штейернагеля. *Осадочные бассейны* представляют собой резервуары определенной емкости, в которые напускаются *сточные воды* после прохода через песколовки, решетки и сита. *Сточные воды* могут протекать через осадочные бассейны непрерывно или же после заполнения оставаться в течение некоторого времени. В настоящее время употребляются на практике только *бассейны непрерывного действия*, так как долготное применение в Англии *бассейнов с перемежающимся отстаиванием* показало, что *отстаивание* протекает лучше при непрерывном пропуске *сточных вод* через бассейны независимо от объема *осадочных бассейнов*, при чем последние требуют для себя гораздо меньших размеров.

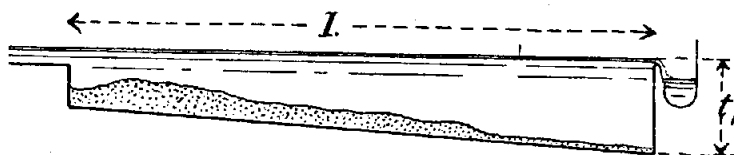
При поступлении *сточных вод* в осадочные бассейны, размеры которых значительно превышают размер сечений приводных каналов, резко уменьшается скорость их движения, вследствие чего взвешенные частицы теряют способность увлекаться движением *сточной воды* и под влиянием собственного веса падают на дно бассейнов — *осаждаются*.

*Осадочные бассейны* после полей орошения принадлежат к стариннейшим способам очистки, но в те времена для усиления эффекта осаднения употребляли при осветлении вод *химические реактивы*. Только в течение двадцатого века они стали применяться в Германии, как самостоятельные способы очистки вод.

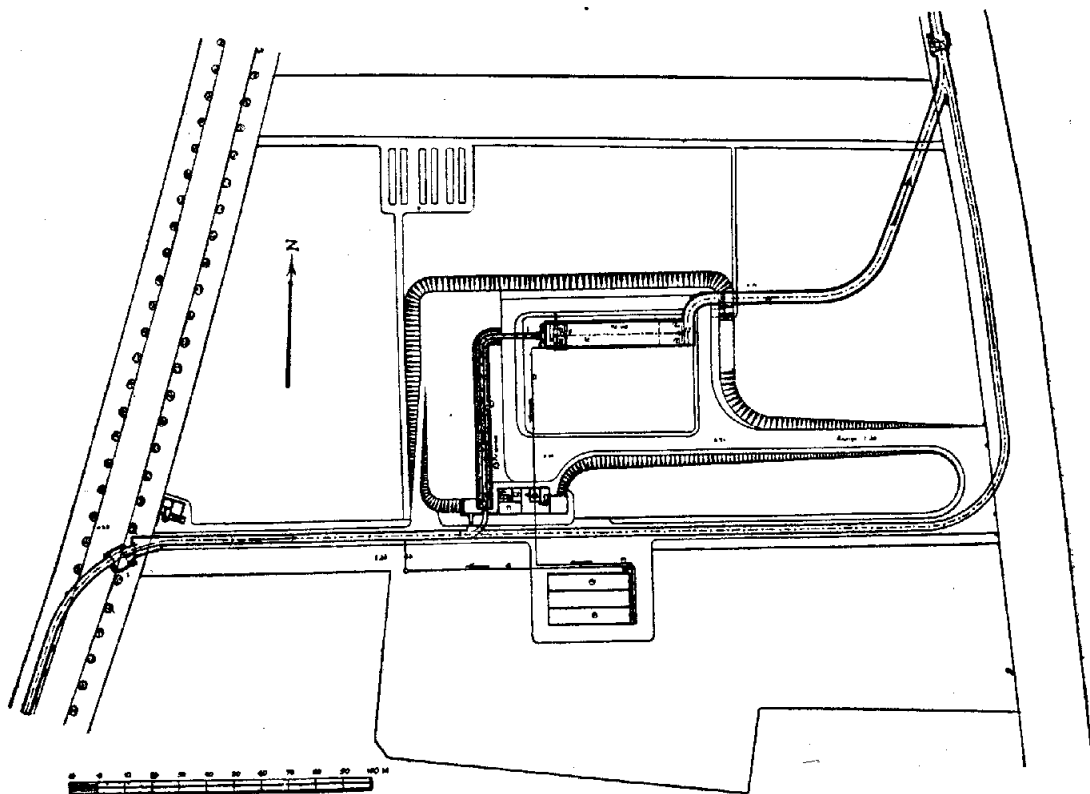
При конструировании *осадочных бассейнов*, начатом в Англии, сначала мало задавались рациональностью их очертания и придавали им форму обыкновенного резервуара с дном, имеющим уклон по направлению течения *жидкости*; для усиления процесса осаднения и для вылавливания плавающих веществ поперек бассейнов устраивали ряд поперечных стенок.

Длина бассейнов подобной конструкции делалась в 80—100 м. Английские

конструкции без значительных изменений перешли на континент и нашли себе первое применение во Франкфурте на Майне, где перед выпуском вод в бассейны к *сточным водам* примешивались химические реактивы. Франкфурт-



Черт. 75.



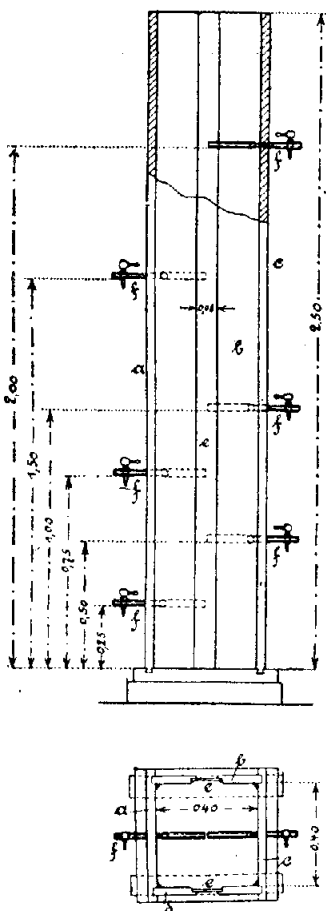
Черт. 76.

ские бассейны, устроенные инж. В. Г. Линдлеем, имели длину в 82 м, ширину в 6 м и уклон дна по направлению к выходу  $\approx 1:100$  (черт. 75).

Подобные конструкции были применены еще и в других германских городах (Лейпциг, Висбаден). Когда же были на опыте выяснены недостатки применения *механо-химической* очистки, и в Германии был поставлен вопрос о применимости чистой *механической* очистки для городов, стоящих на многоводных реках, явилась необходимость организовать такие опыты, которые, осветив процессы осаждения нерастворенных веществ, дали бы вполне определенные основания для проектирования осадочных бассейнов.

Такие опыты были поставлены в г. Кельне в 1900—1902 годах *Steuernagel*'ем<sup>1)</sup>, где до постройки очистной механической станции была устроена опытная станция (черт. 76), осмотренная автором во время первой заграничной командировки.

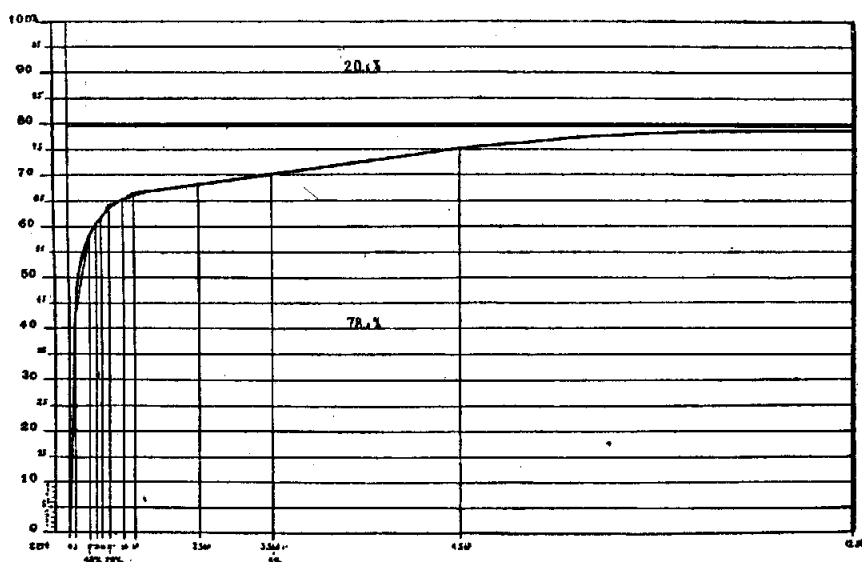
Для того, чтобы подойти к вопросу о *типе осадочного бассейна*, *Steuernagel* сначала ознакомился с характером осаждения опытным путем. Для этой цели он взял сосуд (черт. 77) сечением  $0,4 \times 0,4$  м, высотой 2,5 м, с кранами для взятия проб на раз-



Черт. 77.

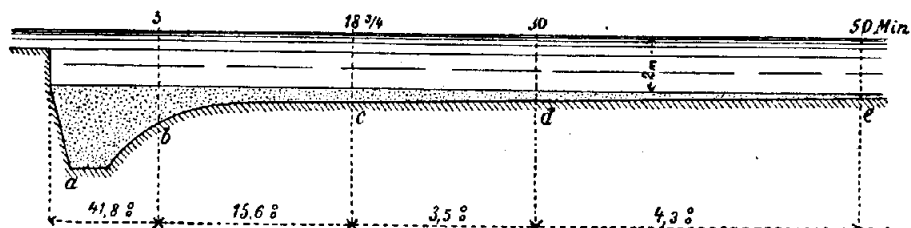
<sup>1)</sup> *Steuernagel*, Die Probekläranlage zu Cöln-Niehl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas. Heft 4, 1904.

личных глубинах сосуда<sup>2)</sup>. В этом сосуде он изучал ход осаждения сточных вод кельнского коллектора. Во время отстаивания он на различных глубинах от поверхности воды через некоторые промежутки времени брал пробы для определения в них количества нерастворенных веществ. Средние результаты его 7 опытов для глубины 2 м изображены нами в виде кривой, у которой абсциссами служат промежутки времени, чрез которые брались пробы, а ординатами — уменьшения содержания нерастворенных веществ в ‰ (черт. 78).



Черт. 78.

Изучая эту кривую, мы видим, что осаждение проявляется очень резко в течение незначительного промежутка времени (41,8‰ — в 5 минут), после чего в продолжение целых 12 часов выпадает еще 26,8‰. Руководствуясь результатами этих опытов, Steuernagel построил опытный бассейн, которому он придал уклон, обратный движению воды в бассейне, и в части, ближайшей к впуску вод в бассейн, сделал углубление для отложения осадков (черт. 79).



Черт. 79.

При такой конструкции взвешенные частицы, осаждаясь, совершенно не стесняли сечения осадочного бассейна, благодаря чему даже при полном заполнении нижней части бассейна, предназначенной для осадков, в бассейнах могла поддерживаться приблизительно одинаковая скорость. В этот опытный бассейн Steuernagel пускал сточные воды с различными скоростями, чтобы иметь возможность выяснить влияние увеличения скорости на уменьшение осадков.

<sup>2)</sup> Такой же опытный прибор устроен проф. П. С. Беловым для изучения вопроса об очистке сточных вод кожевенных заводов (доклад на I Всесоюз. В. и С. Т. Съезде — Сточные воды кожевенных заводов и различные методы очистки этих вод, 1925).

Результаты его опытов в бассейне приведены в XX таблице параллельно с опытами в сосуде.

Таблица XX.

$v$ —средняя скорость движения воды в мм	$t$ —продолжительность осаждения в минутах	Осветлительный эффект в %	
		в бассейне	в сосуде
4	187,5	72,3	70,1
20	37,5	69,08	64,1
40	18,75	58,9	57,4

Незначительная разница в эффекте осветления между бассейном и сосудом легко объясняется тем, что в бассейне только средняя глубина  $\frac{2,4 + 1,6}{2} = 2$  м.

Кроме того, из этой таблицы можно заключить, что ранее применявшиеся нормы для  $v$ —2—4 мм неправильны, так как даже при скорости в 10 раз большей—40 мм—эффект осветления ослабляется в весьма незначительной степени.

Далее Steuерpagel произвел ряд опытов с целью выяснить, каким образом влияет скорость на количество отлагающихся осадков и на содержание в них воды.

Эти опыты показали, что при применении малых скоростей получают большие количества осадков в бассейнах, но что содержание в них воды падает с увеличением скорости. Результаты этих опытов сведены в таблице XXI.

К подобным же результатам, приведенным в таблице XXI, пришли Bock и Schwarz<sup>1)</sup>, которые делали опыты в Ганновере с бассейнами в 50 и 75 м длины.

Таблица XXI.

$v$ в мм	Количество осадков в 1000 куб. м сточных вод		Содержание воды в %
	воды в куб. м	сухих в кг	
4	4,04	179	95,57
20	2,474	176,4	92,87
40	1,838	159,2	91,34

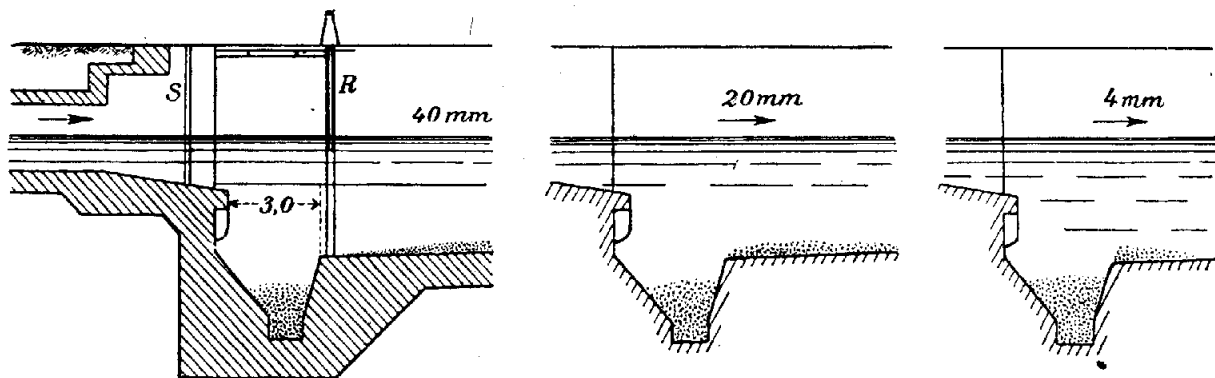
Таблица XXII.

$v$ в мм	4	6	8	10	15	19
Количество осадков в 1000 куб. м сточных вод	4,76	4,73	4,37	3,78	2,48	2,40

<sup>1)</sup> A. Bock und Dr. Schwarz, Versuche über mechanische Klärung der Abwässer der Stadt Hannover. Vierteljahrschrift f. gericht. Medizin und Öffentliches Sanitätswesen, 1901.

Некоторая разница в данных таблиц XXI и XXII объясняется тем, что в таблице XXII приведены данные опытов в более длинных бассейнах.

После разрешения вопросов о характере осаждения и о зависимости между скоростью, количеством осадков и содержанием в них воды оставалось разработать еще вопрос о *рациональной глубине бассейнов*. Для этой цели Steuernagel сначала измерил количество осадков в углублении (*грязеловке*) при различных скоростях и получил, что в грязеловке осаждается при  $v = 4$  мм — 70,7%,  $v = 20$  мм — 51%,  $v = 40$  мм — 44,9% общего количества осадков (черт. 80).



Черт. 80.

Так как по данным таблицы XX при данных скоростях осаждается по опытам в сосуде — 70,1; 64,1 и 57,4%, то в грязеловках соберется нерастворенных веществ:

$$\begin{aligned} \text{при } v = 4 \text{ мм} & - 70,1 \times 0,707 = 49,6\% \\ \text{„ } v = 20 \text{ мм} & - 64,1 \times 0,51 = 32,7 \text{ „} \\ \text{„ } v = 40 \text{ мм} & - 57,4 \times 0,449 = 25,8 \text{ „} \end{aligned}$$

Так как мы при этом расчете приняли данные опытов с сосудом, то полученные нами цифры будут несколько ниже действительных. Это особенно сказывается для  $v = 4$  мм, и в этом случае правильнее вместо 49,6% принять 52% ( $72,3 \times 0,707$ ).

Время  $t$ , в течение которого происходит *осаждение в грязеловке*, мы можем определить, если разделим длину грязеловки = 3 м (черт. 79) на  $v$ , т. е.

$$\begin{aligned} \text{при } v = 4 \text{ мм} & \quad t = 12,5 \text{ мин.} \\ \text{„ } v = 20 \text{ „} & \quad t = 2,5 \text{ „} \\ \text{„ } v = 40 \text{ „} & \quad t = 1,25 \text{ „} \end{aligned}$$

Вышеприведенные данные, в связи с таблицей XX, дают нам возможность путем несложных вычислений установить тот объем осадочного бассейна, в котором могут складываться осадки *без ухудшения процесса осаждения, т. е. при сохранении постоянной средней скорости*. При определении этого объема необходимо еще иметь в виду, что увеличение или сокращение его обуславливает собою редкую или частую очистку бассейна от осадков.

Данные для определения объема осадков, получающихся при протекании 1000 куб. м сточных вод в бассейне глубиной 2 м, приведены в следующей таблице XXIII.

Таблица XXIII. 2 м

Длина участков бассейна	в м	0—3	3—6	6—10	10—15	15—20	20—30	30—45	45—60	60—80
Количество осадков при $v = 4$ мм	в куб. м	2,97	0,486	0,183	0,166	0,034	0,063	0,103	0,103	0,139
	в %о-х	52	60,5	63,7	66,6	67,2	68,3	70,1	71,9	74,3
Количество осадков при $v = 20$ мм	в куб. м	1,262	0,351	0,2	0,193	0,154	0,174	0,069	0,085	0,163
	в %о-х	32,7	41,8	47	52	56	60,5	63	65,2	68,4
Количество осадков при $v = 40$ мм	в куб. м.	0,826	0,221	0,234	0,122	0,102	0,160	0,173	0,1	0,058
	в %о-х	25,8	32,7	40	43,8	47	52	57,4	60,5	62,3

Из рассмотрения этой таблицы можно ясно видеть, что осаждение проявляется резко в начальной части бассейнов, что с увеличением скорости эффект осаждения ослабляется в незначительной степени, и что при увеличении скорости сокращается объем грязеловки.

Далее Steuерpagel решил выяснить, каким образом влияет на ход осаждения уменьшение глубины осадочного бассейна. На основании опытов он пришел к заключению, что уменьшение глубины бассейна увеличивает эффект осаждения, так как здесь остающиеся частицы проходят до дна меньший слой воды.

Рассуждая аналогично предыдущему, можно составить таблицу (XXIV) для объема, занимаемого осадками, в бассейне глубиной 1 м, при пропуске чрез него 1000 куб. м сточных вод.

Таблица XXIV. 1 м

Длина участков бассейна	в м	0—3	3—6	6—10	10—15	15—20	20—30	30—45	45—60	60—80
Количество осадков при $v = 4$ мм	в куб. м	3,46	0,29	0,11	0,06	0,06	0,14	0,19	0,07	0,1
	в %о-х	60,5	65,2	67,2	68,3	69,4	71,8	75,1	76,4	78,1
Количество осадков при $v = 20$ мм	в куб. м	1,55	0,274	0,251	0,166	0,067	0,107	0,063	0,026	0,037
	в %о-х	41,8	49,2	56	60,5	62,3	65,2	66,9	67,6	68,6
Количество осадков при $v = 40$ мм	в куб. м	0,954	0,265	0,152	0,146	0,117	0,131	0,073	0,064	0,093
	в %о-х	32,7	41,8	47	52	56	60,5	63	65,2	68,4

Сравнивая данные таблиц XXIII и XXIV, мы видим, что в бассейне глубиной 1 м эффект осаждения проявляется скорее, чем в первом случае; напр.,

для  $v = 20$  мм в течение  $2\frac{1}{2}$  минут во втором бассейне эффект осаждения повышается с 32,7 до 41,8.

После опытов Штейернагеля в Кельне и Бока и Шварца в Ганновере прошел длительный период времени, когда специалисты, руководствуясь ими, стали применять различные конструкции осадочных бассейнов, значительно отличающиеся от кельнского и ганноверского типа (Бармен-Эльберфельд, Рейдт и др.). Эти опыты, построенные на изучении процессов осаждения сточных вод г. Кельна, разумеется, и не могли быть вполне справедливыми для сточных вод любого города, так как в городах применялись различные системы канализации<sup>1)</sup> (общесплавная, раздельная, полу-раздельная); кроме того, не могли оказывать большого влияния на состав сточных вод количество потребляемой воды (степень концентрации сточных вод), устройство мостовых, система удаления уличного мусора, привычки населения и др. факторы. Помимо этого, Штейернагель не обратил достаточного внимания на такой важный фактор, как на скорость падения взвешенных веществ на дно осадочного бассейна.

Вследствие этого становится понятным, почему в настоящее время вновь поднялся среди специалистов интерес к рациональному конструированию осадочных бассейнов, сохранивших за собой прежнее значение в деле очистки сточных вод, как сооружения для окончательной очистки (механическая очистка сточных вод) и как сооружения для предварительной обработки сточных вод при применении естественных и искусственных биологических способов очистки сточных вод.

Прежде, чем перейти к изложению содержания появившихся за последние годы работ, мы считаем нужным подчеркнуть, что примеси, подлежащие осаждению, имеют двойное стремление: одни примеси, имеющие зернистое строение, легко осаждаются в бассейнах, а другие, находясь в очень раздробленном состоянии, близком к коллоидальному, могут осаждаться только тогда, когда они образуют хлопья. Таким образом, для осаждения зернистых примесей нам можно руководствоваться опытами Штейернагеля, а для хлопьевидных необходимо учесть значение водной поверхности осадочных бассейнов<sup>2)</sup>.

Впрочем, на это различие в природе взвешенных веществ обратил внимание еще в 1917 г. Шульце (Schulze)<sup>3)</sup> при изучении вопроса об очистке сточных вод сахарных заводов. Важность этого, пока еще не разрешенного в окончательной форме вопроса, вызывает появление в специальной прессе статей, посвященных вопросу об осаждении взвешенных веществ в бассейнах. Шульце-Ферстер<sup>4)</sup> (Schulze-Förster) разработал теоретические основания для процессов осаждения зернистых веществ в бассейнах, положив за основание для своих построений равномерное распределение их в живом сечении потока сточных вод.

Эта теоретическая работа была легко опровергнута инж. Энертом<sup>5)</sup> (Ehnert),

1) Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

2) Imhoff. Zur Berechnung der Absetzbecken, Ges. Ing., 1925.

3) Zeit. d. Ver. der deutschen Zuckerindustrie, 1917.

4) Schulze-Förster, Formel für die Berechnung des Absetzvorganges körniger Stoffe mit verschiedenen Fallgeschwindigkeiten, Ges. Ing., 1927.

5) Dr.-ing. Ehnert, Zur Bestimmung des Absetzvorganges, 1927.



доказавшим неправильность ее построения с точки зрения законов Теоретической Механики; кроме того, он подкрепил свои выводы практическими наблюдениями над осаждением песка в главном коллекторе общесплавной канализации г. Дрездена. В своих опытах он установил, что даже при одинаковом расходе сточных вод в коллекторе распределение песка в живом сечении никогда не бывает равномерным, при чем он брал для своих наблюдений большие промежутки — в 25 часов. Эти же опыты дали указания, что резкие колебания в распределении песка свойственны песчинкам от 15 до 30 мм, каковые сглаживаются при увеличении размеров от 30 до 60 мм. Дальнейшая часть его работы посвящена теоретическому учету количества оседающих веществ зернистого строения.

Из других работ заслуживает внимания появившаяся несколько ранее статей Shulze-Förster'a и Ehnert'a диссертация инж. Фогеля<sup>1)</sup> (Vogel), в которой автор подробно рассматривает процессы осаждения в сооружениях для механической очистки, делая сначала обзор немецких опытов Штейернагеля, Бока и Шварца и Ульфельдера. В своей работе он выдвигает вполне правильное положение: при конструировании осадочного бассейна в любом городе, имеющем сточные воды определенного состава, необходимо в целях правильного разрешения вопроса ставить свои опыты по осаждению сточных вод и изучать при этом наиболее подходящие величины скорости осаждения примесей на дно бассейнов. Эти выводы Фогеля имеют важное значение для СССР, где при конструировании отстойников были использованы результаты опытов Штейернагеля без всякого учета особенностей состава сточных вод городов Союза (концентрация, система канализаций). Поэтому нужно отнестись с большим вниманием к постановке опытов по изучению процессов осаждения в вертикальных отстойниках, производимых инж. Н. Н. Пановым в Харькове<sup>2)</sup>.

§ 2. **Определение основных размеров бассейнов.** До производства Steuermagel'ем опытов в Кельне расчет основных размеров осадочных бассейнов велся очень просто, посредством тех же формул, которыми пользуются при расчете песколовок:

$$Q = bhv \dots (5),$$

$$L = vt \cdot 3600 \dots (6),$$

где  $Q$  — расчетный расход в секунду,  $b$  и  $h$  ширина и высота слоя протекающей воды,  $L$  — длина бассейна,  $v$  — скорость в мм/сек,  $t$  — время протекания воды через бассейны в часах. Расчет начинали с того, что задавались  $v$ , придавая ему значение от 2 до 4 мм и, выбрав  $h$  по строительным соображениям, определяли  $b$ . Для определения же  $L$  было достаточно задаться для  $t$  значениями от 4 до 6 часов. Затем, для построения полного очертания бассейнов придавали дну уклон от 1:50 до 1:100 по направлению к выходу и,

<sup>1)</sup> Dr.-ing. Vogel, Ueber die Dimensionierung der Absitz- und Schlammräume mechanischer Kläranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Sinkgeschwindigkeit und der Aufenthaltsdauer, Dissertation, Technische Hochschule, München, 1926.

<sup>2)</sup> К сожалению, данных об опытах инж. Н. Н. Панова в нашем распоряжении не имеется (инж. Н. Н. Панов, Вертикальные отстойники в деле очистки питьевых и сточных вод, Труды 2 Всесоюзн. (XIV) Водопр. и С. Т. Съезда, 1927).

сконструировав небольшое углубление в дне для более удобного удаления грязи, на этом заканчивали весь гидравлический расчет и переходили затем к статическому.

После же того, как опыты Steuernagel'я пролили некоторый свет на бывшие темными процессы осаждения, при проектировании осадочных бассейнов выставлялось определенное требование *получения заданного эффекта осаждения*, при выполнении которого уже нельзя было допускать тот произвол в выборе  $v$ ,  $h$  и  $t$ , который применялся раньше.

Для упрощения нижеприводимого расчета предположим, что *сточные воды* имеют приблизительно *состав, одинаковый с составом г. Кельна*.

Пусть нам задан наибольший расчетный секундный расход в сухую погоду  $Q$ , средний расчетный расход в сухую погоду  $Q_1$ , коэффициент разжижения  $m$ ; тогда расчетный секундный расход во время ливня будет  $Q_2 = (m+1)Q_1$ . Требуемый эффект осаждения пусть будет  $n\%$ .

Обращаясь к таблицам XXIII и XXIV, мы видим, что  $n\%$  осадков у нас при  $v = 4, 20$  и  $40$  мм и глубинах 1 и 2 м может нам дать 6 величин для  $L$ . Из этих значений для  $L$  мы остановимся на том, при котором  $b$  составит приблизительно  $\frac{1}{4} - \frac{1}{6} L$ . При выполнении этого требования конструкция входных затворов будет проще и дешевле. Но при применении общесплавной системы необходимо еще проверить, не будет ли во время ливня при пропуске  $(m+1)Q_1$  такая скорость, которая вынесет осадки из бассейна. Такой предельной скоростью является, по нашему мнению, 10 см.

Когда после последней проверки мы остановимся на определенном решении, мы будем иметь уже все основные размеры  $h$ ,  $L$ ,  $b$  и величину  $v$ , после чего перейдем к определению того объема бассейна, в котором будет складываться грязь.

Для этой цели сначала наибольший суточный расход в сухую погоду разделим на *ширину* бассейна и получим величину  $a$ . Затем помножим на отношение  $\frac{a}{1000} = a$  (коэффициент перевода) те цифры таблиц XXIII или XXIV, которые соответствуют полученной длине бассейна, и таким образом будем располагать величинами  $\beta_1 \dots \beta_n$ , выражающими собой количество осадков, отлагающееся в течение одного дня при наибольшем расходе. Далее, нам необходимо избрать *величину периода между 2 очистками бассейна*, которые на практике колеблются *между 3—5 днями*, и помножить на  $\beta_1 \dots \beta_n$ . Полученные цифры и представят нам *ординаты кривой дна*, необходимые для заданного эффекта осаждения. После этого мы можем уже приступить к вычерчиванию продольного разреза бассейна и сделать по конструктивным соображениям упрощение очертания дна бассейнов, придав ему равномерный уклон. Поясним сказанное примером.

**Численный пример.** Даны: средний суточный расход—4000 куб. м, наибольший суточный расход—6000 куб. м, средний часовой расход—275 куб. м, наибольший часовой расход—400 куб. м, коэф. разжижения (для общесплавной системы)—5, заданный эффект осаждения нерастворенных веществ для сточных вод кельнского состава—65% (после прохода чрез песколовку и решетки).

Сопоставляя данные таблиц XXIII и XXIV, мы видим, что заданный эффект осаждения может быть получен при шести очертаниях осадочного бассейна, а именно:

$$2 \text{ м глубины} \left\{ \begin{array}{l} 12 \text{ м длины} \\ 60 \text{ " " } \\ 80 \text{ " " } \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ мм скорость} \\ 20 \text{ " " } \\ 40 \text{ " " } \end{array} \right.$$

или

$$1 \text{ м глубины} \left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ " " } \\ 30 \text{ " " } \\ 60 \text{ " " } \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ " " } \\ 20 \text{ " " } \\ 40 \text{ " " } \end{array} \right.$$

Из рассмотрения этих цифр можно прийти к заключению, что бассейны с глубиной в 1 м являются наиболее подходящими, так как они имеют меньшие длины. Посмотрим теперь, какие получаются площади поперечного сечения и ширины бассейнов глубиной 1 м при  $v = 4, 20$  и  $40$  мм.

Наибольший расход сточных вод, протекающих чрез бассейн, в секунду

$$\frac{400 \times 1000}{60 \times 60} = \approx 110 \text{ л/сек.}$$

$$\text{при } v_1 = 4 \text{ мм; } \omega_1 = \frac{0,110}{0,004} = 27,5 \text{ кв. м, } b_1 = 27,5 \text{ м.}$$

$$\text{" } v_2 = 20 \text{ мм; } \omega_2 = \frac{0,100}{0,02} = 5,5 \text{ кв. м, } b_2 = 5,5 \text{ м.}$$

$$\text{" } v_3 = 20 \text{ мм; } \omega_3 = \frac{0,110}{0,04} = 2,75 \text{ кв. м, } b_3 = 2,75 \text{ м.}$$

Так как при  $v_1 = 4$  мм получается большая входная площадь бассейна, для которой потребуется много затворов, то это решение мы считаем неподходящим для нашей задачи. Остаются два других бассейна, где  $b_2 = 5,5$  м,  $l_2 = 30$  м,  $b_3 = 2,75$  м и  $l_3 = 60$  м. Проверим, какая скорость будет в этих бассейнах при протекании ливневых вод. Относя коэффициент разжижения к среднему годовому расходу, мы получим, что во время ливней будет протекать

$$\frac{275 \times 6 \times 1000}{60 \times 60} = \approx 460 \text{ л} = 0,460 \text{ куб. м. В этом случае}$$

$$v'_2 = \frac{0,460}{5,5} = 0,084; \quad v'_3 = \frac{0,460}{2,75} = 0,167 > \text{ скорости } 0,1 \text{ м.}$$

На основании этих подсчетов мы приходим к заключению, что для нашего случая удобнее остановиться на бассейне с шириной 5,5 м, глубиной в 1 м, длиной 30 м и скоростью в 20 мм, так как при таких размерах не будет протекания осадков во время ливня, и процесс очистки бассейна от осадков будет проще вследствие незначительной длины.

Установив основные размеры бассейна, перейдем к определению объема, который будет предназначен для отложения осадков. При установленной ширине

на каждый м ее будет протекать  $\frac{6000}{5,5} = \approx 1100$  куб. м. (6000 — макс Q/сек)

Пользуясь таблицей XXIV, мы получим для соответственных длин следующие данные, при чем коэффициент перевода  $\alpha = \frac{1100}{1000} = 1,1$ :

$$\begin{array}{l} \text{длина } 0 - 3 \text{ м} - \beta_1 = 1,1 \times 1,55 = 1,7 \text{ куб. м или} \\ \text{" } 3 - 6 \text{ м} - \beta_2 = 1,1 \times 0,274 = 0,3 \text{ " " " } \\ \text{" } 6 - 10 \text{ м} - \beta_3 = 1,1 \times 0,251 = 0,28 \text{ " " " } \\ \text{" } 10 - 15 \text{ м} - \beta_4 = 1,1 \times 0,166 = 0,18 \text{ " " " } \\ \text{" } 15 - 20 \text{ м} - \beta_5 = 1,1 \times 0,067 = 0,07 \text{ " " " } \\ \text{" } 20 - 30 \text{ м} - \beta_6 = 1,1 \times 0,103 = 0,11 \text{ " " " } \end{array}$$

Принимая, что период времени между двумя чистками бассейна равняется 5 дням, получим объем бассейна для осадков, а именно

$$8,2 + 1,5 + 1,4 + 0,9 + 0,35 + 0,55 = 13,2 \text{ куб. м.}$$

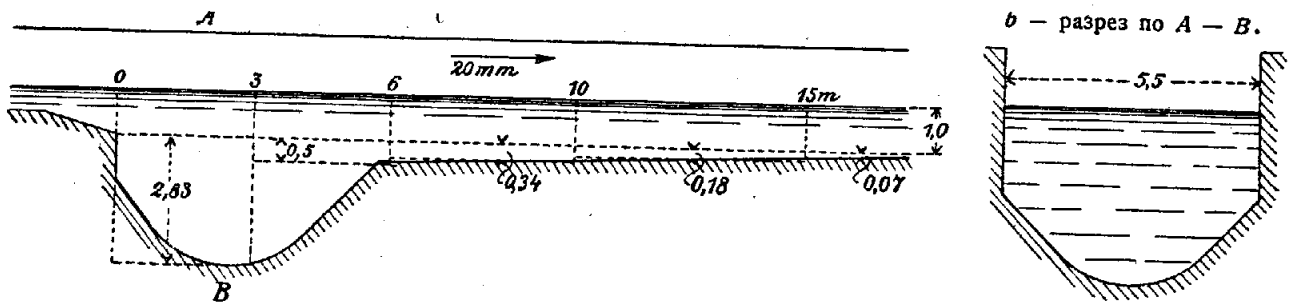
Глубины для построения этого объема получаются путем деления их на соответственные длины участков:

$$\frac{8,5}{3} = 2,83; \frac{1,5}{3} = 0,5; \frac{1,4}{4} = 0,35; \frac{0,9}{5} = 0,18; \frac{0,35}{5} = 0,07; \frac{0,55}{10} = 0,055.$$

На основании полученных данных мы можем построить очертание бассейна (черт. 81 *a—b*). Вместо кривой дна, которая показана на черт. 81 пунктиром, мы в целях более удобного производства работ проводим дно с равномерным уклоном, устанавливая его по нашим данным:

$$\frac{0,5 - 0,055}{27} = 1:54 \text{ или } \approx 1:50$$

Время пребывания сточных вод в нашем бассейне  $\frac{30 \text{ м}}{0,02} = 1500 \text{ сек.} = 25 \text{ мин.}$



Черт. 81.

Если же сточные воды по составу своему будут резко различаться от кельнских, то прежде чем приступить к проектированию осадочных бассейнов, будет лучше произвести опыты с отстаиванием сточных вод в сосуде (черт. 77) и построить кривую осадения, о чем мы уже упоминали в предыдущем параграфе. Также некоторую возможность ориентироваться в этом вопросе может дать путь изучения эффекта осадения в аналогичных устройствах.

Когда же приходится иметь дело с большим количеством сточных вод, то необходимо построить несколько бассейнов, число которых будет зависеть от расчетного расхода. Но и при возможности обойтись *одним бассейном* очистная станция должна состоять из *двух*, как так во время чистки или ремонта одного из них должен вступать в работу второй. Очевидно, что при необходимости иметь  $n$  бассейнов, число их должно быть не менее  $n + 1$ ; если же  $n$  будет так велико, что приходится очищать одновременно по два бассейна, то число бассейнов будет  $n + 2$ . Если бассейны имеют такую конструкцию, что очистка может происходить под водой без перерыва эксплуатации, то можно обойтись и без запасных бассейнов; но и в этом случае в целях возможного ремонта желательно иметь один запасный бассейн. При разделении осадочных устройств на несколько бассейнов естественно возникает вопрос о размерах каждого из них. Здесь, помимо вышеприведенного гидравлического расчета, вполне уместно проверить размеры их и по экономическим основаниям, подобно тому, как это принято при проектировании осадочных водопроводных бассейнов, фильтров etc.

Так, при числе  $n$  отделений, ширина которых обозначается нами чрез  $x$ , а длина чрез  $y$ , между  $x$  и  $y$  имеется такое соотношение:

$$x = \frac{n + 1}{2n} \cdot y \dots \dots \dots (19)$$

Впрочем, эта проверка *может нам только указать*, насколько в данном случае экономические требования расходятся с гидравлическими, так как последним следует всегда отдавать *предпочтение*, в противном случае *бассейны не дадут требуемого эффекта осаждения*.

§ 3. **Конструкция осадочных бассейнов.** *Осадочные бассейны* представляют собой резервуары установленного в предыдущих параграфах очертания, которые делаются из кирпичной кладки на цементном растворе, из бутовой кладки с цементной штукатуркой, из бетона и железобетона; при очистке фабричных и заводских сточных вод осадочные бассейны устраиваются и из земли. Наилучшим материалом с точки зрения сопротивления механическим и химическим действиям сточных вод является *кирпич<sup>1)</sup>*, но бетон и железобетон находят себе применение *по экономическим соображениям*. Представляется вполне целесообразным *бетонные резервуары* обкладывать для закрытия от разъедания сточными водами *кирпичем (клинкером)<sup>2)</sup>* или подвергать бетон железнению или обкладывать их стенки *метлахскими плитками*; при применении последнего материала возможно достигнуть лучшей очистки дна и стенок бассейнов. Для сокращения стоимости работ нет надобности при постройке бассейнов доводить стенки до поверхности земли; достаточно *их вывести на 0,20 — 0,30 см выше уровня наивысшего горизонта сточных вод*, а верхние части их сделать из земли, придав им соответственные откосы.

В большинстве случаев осадочные бассейны в Англии и Германии делаются *открытыми*, что сокращает расход на их устройство.

Наблюдения же над осадочными бассейнами в Ганновере показывают, что вытекающая из бассейнов сточная вода в зимнее время сохраняет температуру выше нуля ( $5^{\circ}$  —  $12^{\circ}\text{C}$ ). Подобные данные получились и для сточных вод осадочного бассейна опытной московской очистной станции, где во время суровой зимы 1906/7 года температура сточных вод колебалась от  $7,25$  до  $9,9^{\circ}\text{C}$ .<sup>3)</sup>

Тем не менее, с целью увеличить продолжительность службы бассейнов (в особенности, если они делаются из бетона и железобетона), их полезно *перекрывать* в местностях с суровым климатом и резкими колебаниями температур; в этих случаях *для предотвращения трещин полезно устраивать расширительные стыки*. Кроме того, *перекрытие* уничтожает тот запах, который издают осадочные бассейны, в особенности в теплые дни, когда усиливаются процессы разложения органических веществ.

Разумеется, *при перекрытии* бассейнов приходится принимать *меры для отвода зловонных газов от бассейнов вентиляционными трубами*, придавая последним высоту в 2 — 3 м.

Примером *кирпичных осадочных бассейнов* служат *кельнские бассейны* (чер. 82 а — с).

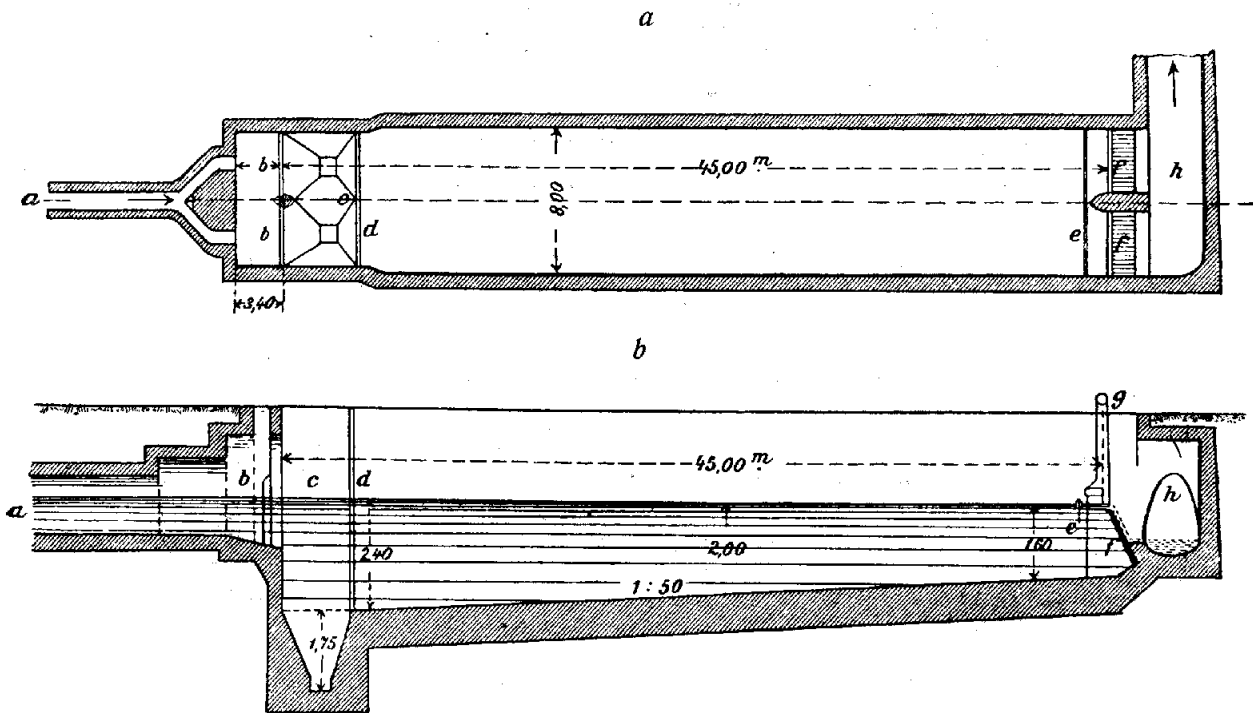
Они имеют у входа в бассейн две грязеловки глубиной 1,75 м; дно бассейнов сделано с обратным движению воды уклоном 1:50; глубина воды в

1) Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

2) Engineering Record, 1908, № 20.

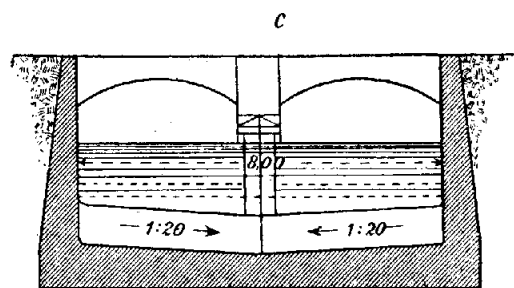
3) 2-ой Отчет комиссии по производству опытов биологической очистки сточных вод на полях орошения г. Москвы, Отд. I, том I, 1909 г.

начале бассейна 2,40 м, в конце 1,60 м; ширина бассейна 8 м и длина 45 м. Сточные воды поступают из песколовки в канал *a*, разветвляющийся на два канала, подводящие сточные воды в приводную галерею, в конце которой установлены затворы *b* для исключения бассейнов из действия. Затем, сточные воды, минуя грязеловку, проходят через затворы *d*, служащие для регулирования притока воды, и далее текут по бассейну до поворотных затворов *f*, чрез верх которых изливаются в отдельный канал *h*; наклонение затворов *f* регулируется винтом *g*; опущенный на небольшую глубину лист *e* служит для задерживания плавающих веществ, прошедших через решетки.



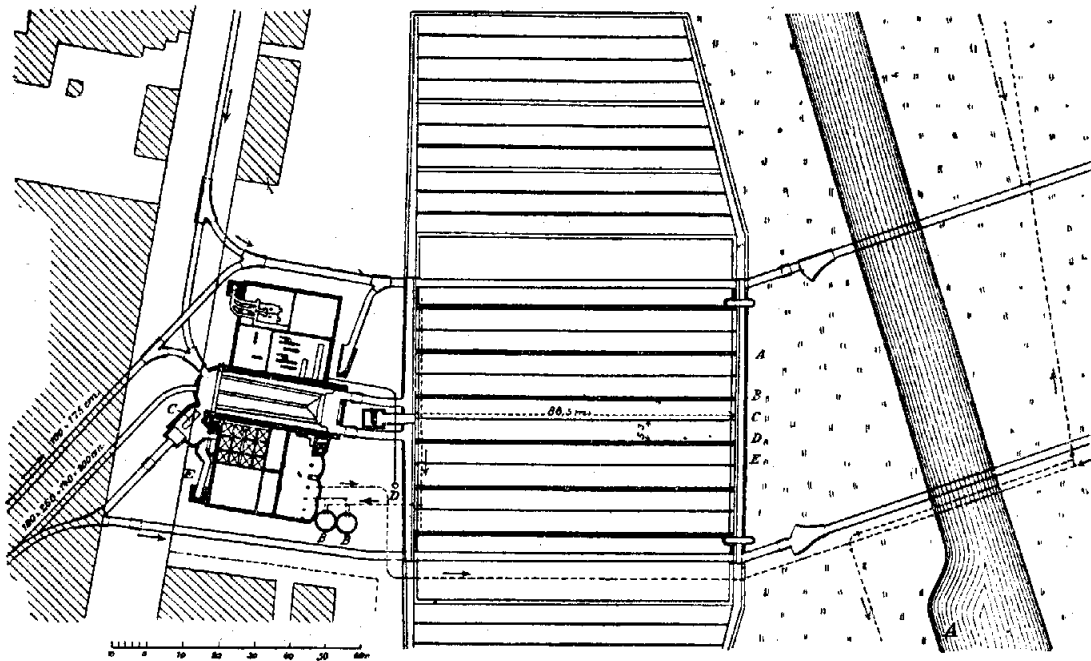
Осадочные бассейны из кирпича применены во многих городах Европы: Маннгейме, Франкфурте на Майне, Праге и др.

Пражские осадочные бассейны принадлежат к группе закрытых бассейнов (черт. 83 *a—e*). На их очертании отразились несколько результаты кельнских опытов, но в некоторых своих частях они сохранили те приемы, которые применялись при постройке старых бассейнов. Так, в бассейне имеется грязеловка со стороны входа, дну придан обратный уклон 1:320, но бассейн при ширине в 5,5 м имеет большую длину — 86,5 м. Кроме того, для впуска воды в бассейн устроена поперечная галерея *B* без регулирующих затворов, благодаря чему получается неравномерное движение воды в бассейнах. Выпуск воды производится чрез 4 отверстия *A*. Осадки удаляются по грязевому проводу *E* в особые шахты *B*, откуда перекачиваются стоящими в особом здании насосами на площадки для их обработки. Спуск воды из бассейна перед очисткой грязи производится по трубе *F* (83 *b*) при меженнем горизонте; во время же стояния высоких вод сточная жидкость из бассейна выкачивается насосами. Показанный

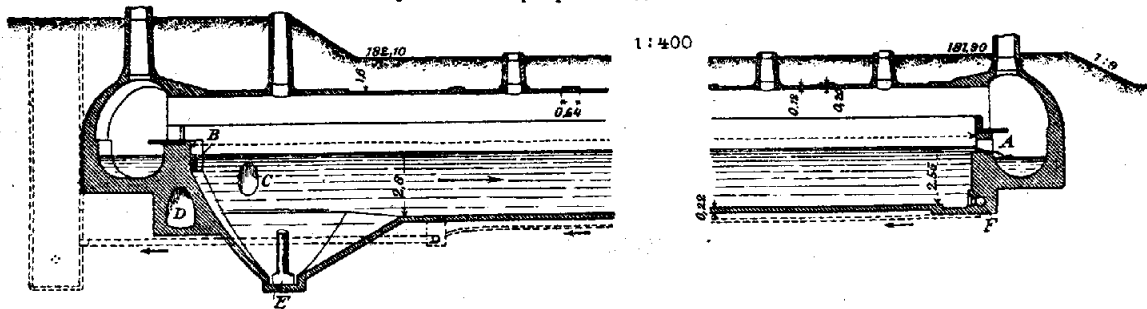


Черт. 82.

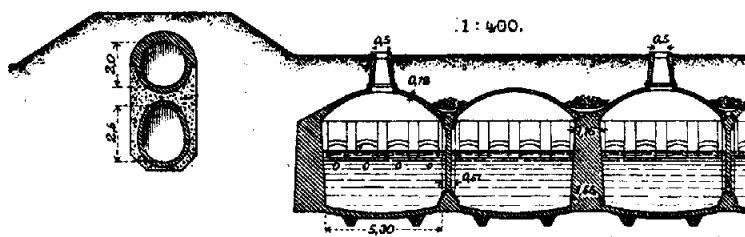
*a* — генеральный план.



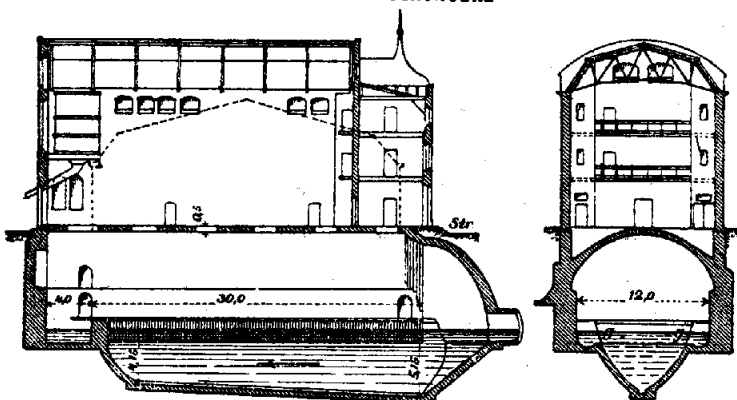
*b* — продольный разрез осадочного бассейна.



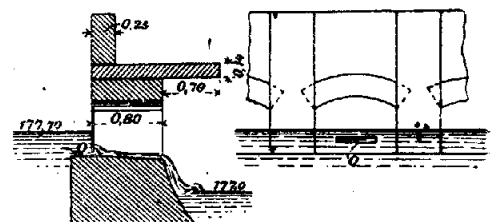
*c* — поперечный разрез осадочного бассейна



*d* — песколовка

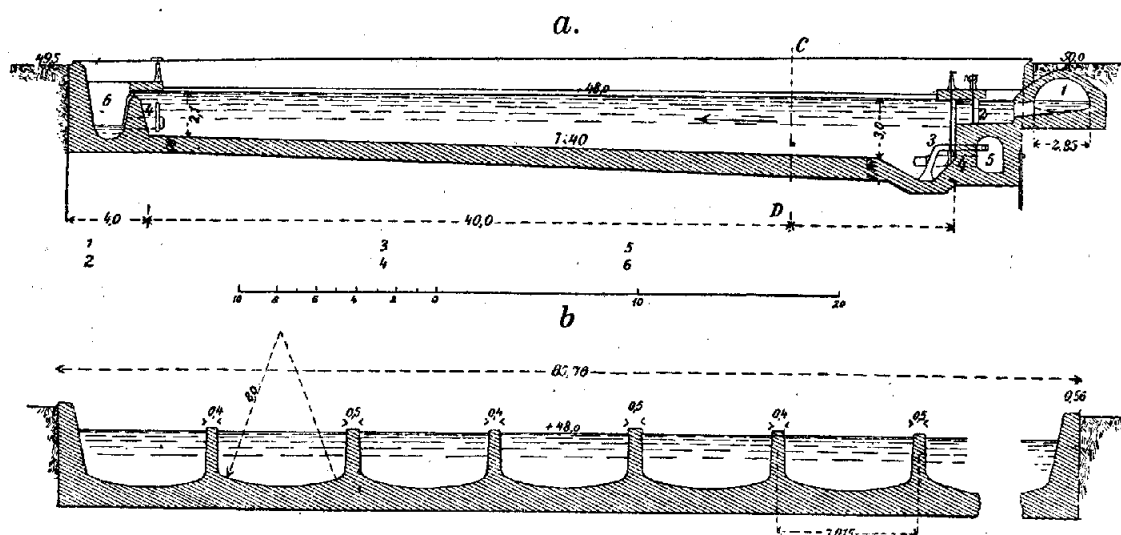


*e* — деталь выходного отверстия А.



на чертеже 83 *a* обводной канал служит для удаления избытка сточных вод во время ливней, благодаря чему предотвращается повышение скорости потока в бассейне. Бассейны перекрыты цилиндрическими сводами, в которых устроены вентиляционные отверстия диам. 0,5 м; для отвода дождевой воды уложены в углублениях, образуемых сводами, дренажные трубы с обсыпкой их щебнем.

Бетон нашел себе применение в осадочных бассейнах г. Ганновера (черт. 84 *a* — *b*).



Черт. 84.

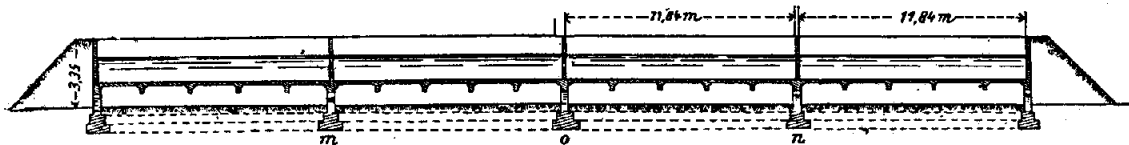
Осадочные бассейны имеют длину в 40 м и ширину 6,5 м; глубина слоя протекающей воды при входе 3 м, а при выходе 2,1 м, уклон подошвы 1:40, скорость движения — 3 мм/сек, что может быть признано слишком малой нормой. Сточные воды из канала 1 проходят в галерею 2, где установлены регулирующие затворы, пройдя которые, они протекают по бассейну и изливаются через глухой водослив в отводной канал 6. Осадки высасываются насосами по трубе 3 и подаются в особые приборы для их центрифугирования (которые будут описаны ниже, в главе XIV). Мутные воды перед очисткой бассейна спускаются по трубе 4, снабженной задвижкой, в канал 5. Близки по своей конструкции к кельнскому типу 3 открытых осадочных бассейна в Харькове, примененные здесь для предварительной обработки сточных вод, поступающих на две серии биологических капельных фильтров. Этим осадочным бассейнам приданы следующие размеры: длина 36,15 м, ширина — 10,65 м, глубина у впуска сточных вод до воронки — 4 м и у выпуска их — 2,95 м; уклон дна к воронкам для скопления осадков — 0,038. У входного конца на расстоянии 2,13 м, а у выходного на расстоянии 2 м от сливного порога устроены по всей ширине бассейнов перегородки, высотой 1,5 м.

Железобетон, как материал для устройства осадочных бассейнов, был применен в 1908 году инж. Fischer'ом в гор. Rheydt, Odenkirchen и Wicrath<sup>1)</sup>. Особенность конструкции бассейнов заключается в том, что здесь, во избежание закладки сооружения в пропитанном водой грунте вследствие высокого стояния уровня грунтовых вод, бассейны приподняты над поверхностью

<sup>1)</sup> Engineering Record, 1908.

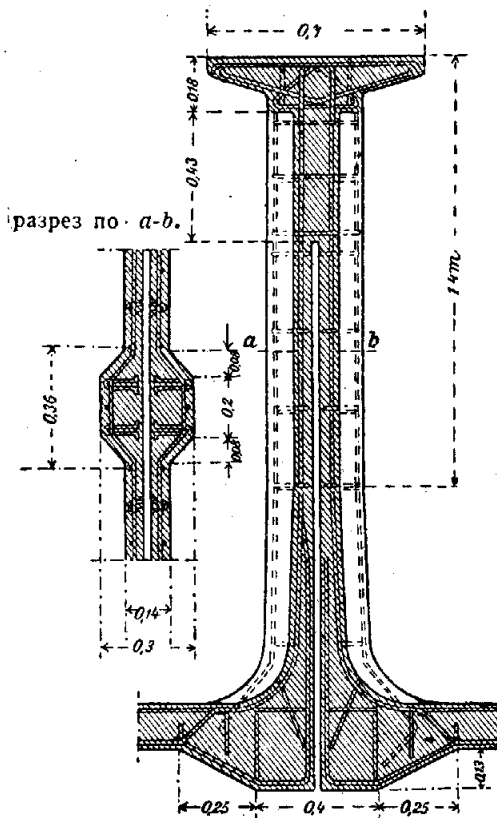


земли (черт. 85), благодаря чему, с одной стороны, выдвигается необходимость поднятия сточных вод на очистную станцию, а, с другой стороны, высокое положение бассейнов дает возможность спускать осветленные сточные воды самотеком в водные протоки даже при высоких горизонтах стояния воды. Во избежание выпирания среднего столбу *o* придана двойная толщина (черт. 86). Конструкция столбов *m* и *n* показана на черт. 87. Чтобы избежать продольных

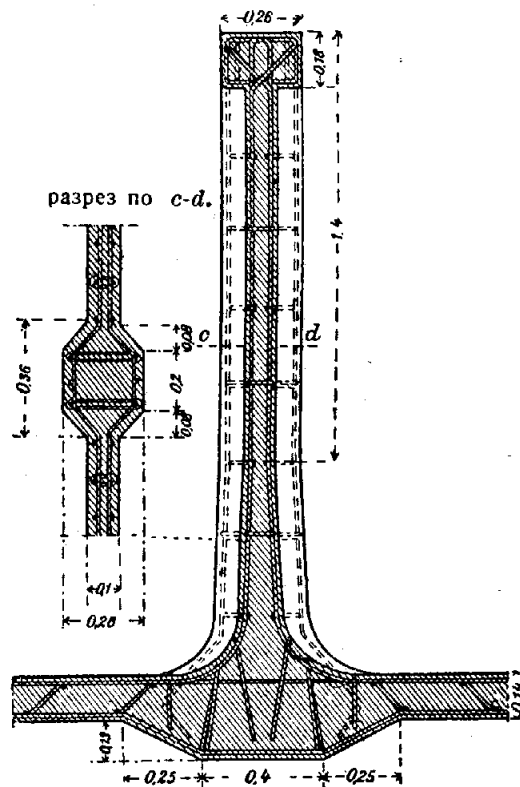


Черт. 85.

перемещений, в бассейнах, имеющих длину в 60 м, устраивают их из трех колец, при чем швы заливают бетоном. На дно и стенки бассейна для усиления его водонепроницаемости, помимо цементной смазки, еще нанесен защитный слой из сидеростена, люброзы и инерттола<sup>1)</sup>; вполне уместно в этом случае применить церезит и др. т. п. вещества.



Черт. 86.



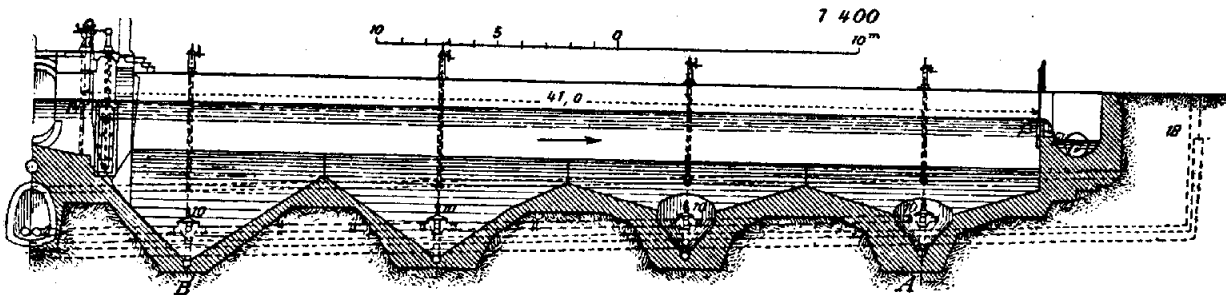
Черт. 87.

Особый интерес представляет собой конструкция осадочного бассейна для городов Бармена и Эльбельфельда (черт. 88), в которой удаление осадков из бассейна производится под водой без выключения его из работы.

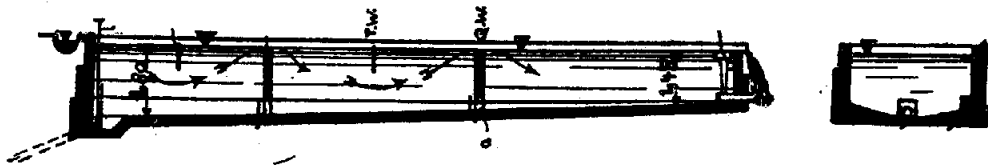
Бассейны имеют длину 41 м, ширину 6,5 м и глубину 3 м. Для возможности удалять осадки под водой дно бассейнов сделано из нескольких воро-

<sup>1)</sup> Deutsche Bauzeitung, 1908.

нок, из коих ближайшие к впуску в бассейны имеют бóльшие размеры, так как в них больше осаждаются нерастворенных частиц. Осадки выжимаются давлением воды чрез сделанные на дне воронок отверстия, запираемые вентилями (10); выжатые осадки по грязевым трубам попадают в галереи, а из них в

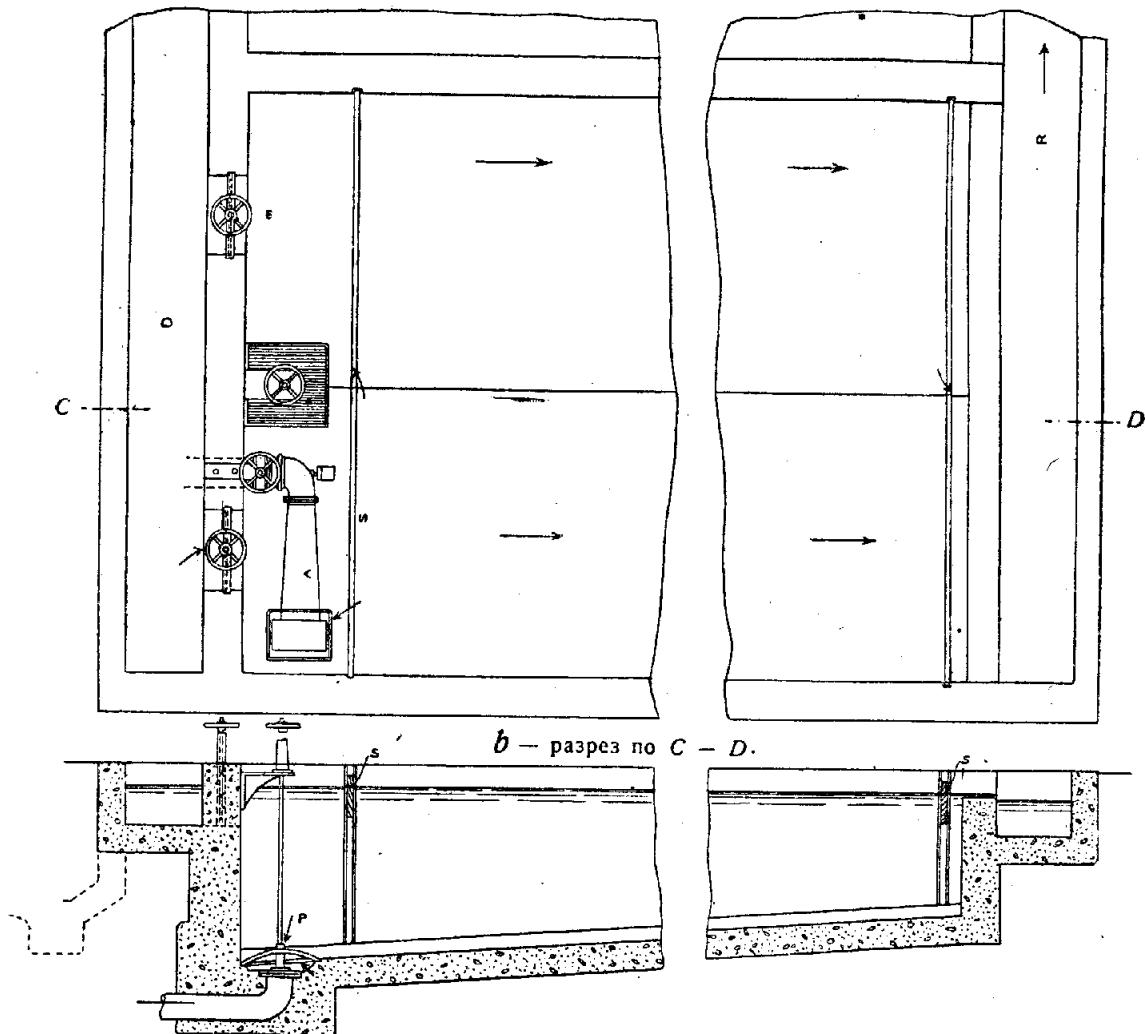


Черт. 88.



Черт. 89.

*a* — план.



Черт. 90.

особые шахты для скопления осадков, из коих они удаляются на грязевые площадки. В последних воронках, в которых осаждаются более мелкие частицы, уклон стенок сделан круче, чем в первых. Осветленные воды чрез затворы (13) попадают в отводной канал (12). Продольные и поперечные грязевые трубы уложены в особых ревизионных галереях. Для понижения уровня грунтовых вод устроена дренажная сеть, водами которой пользуются для хозяйственных нужд станции.

Чертеж 89 представляет собой тип старинного *английского осадочного бассейна*, который, впрочем, находил себе применение лишь в связи с добавлением реактивов.

Дно бассейна имеет обратный уклон 1 : 80 и очерчено в поперечном направлении по дуге круга; ширина составляет  $\frac{1}{4}$  длины. Бассейн по длине разделен поперечными стенками с отверстиями для пропуска осадков и короткими перегородками для задержания плавающих веществ. Выпуск воды производится посредством особой подвижной трубы, конструкция которой будет описана в следующем параграфе. В устроенных позднее осадочных бассейнах, примененных для предварительной обработки сточных вод в Англии, уничтожены *поперечные стенки и перегородки* (города Rochdale, Darweep и др.), как это можно видеть из черт. 90.

§ 4. **Приспособления для впуска и выпуска воды из осадочных бассейнов.** В ранее применявшихся конструкциях бассейнов устраивался поперечный желоб, из которого сточные воды изливались в бассейн. Путем наблюдений в Кельне и Ганновере было установлено, что сточные воды при протокe чрез бассейны движутся *с неодинаковой скоростью*. Эта неравномерность движения воды в бассейне зависит как от трения воды о стенки и дно его, так и от колебаний температур наружного воздуха и сточных вод. Зимой протекающая вода холоднее и поэтому стремится ко дну, летом же происходит обратное явление. Для того, чтобы парализовать влияние неравномерного движения сточных вод, могущего при резких колебаниях температур вызвать значительное увеличение скорости и изменение в расположении осадков на дне бассейнов, а следовательно, и стеснение живого сечения, прибегают к простым приспособлениям. Так, в рассмотренных в предыдущем параграфе конструкциях бассейнов сточные каналы везде примыкают к бассейну или непосредственно, или *чрез поперечную галерею*. Кроме того, при входе в каждый бассейн ставятся *регулирующие затворы*, поднимая или опуская которые мы можем заставить притекающие сточные воды двигаться вниз или вверх; эти же затворы служат и в случае надобности *для выключения бассейна*.

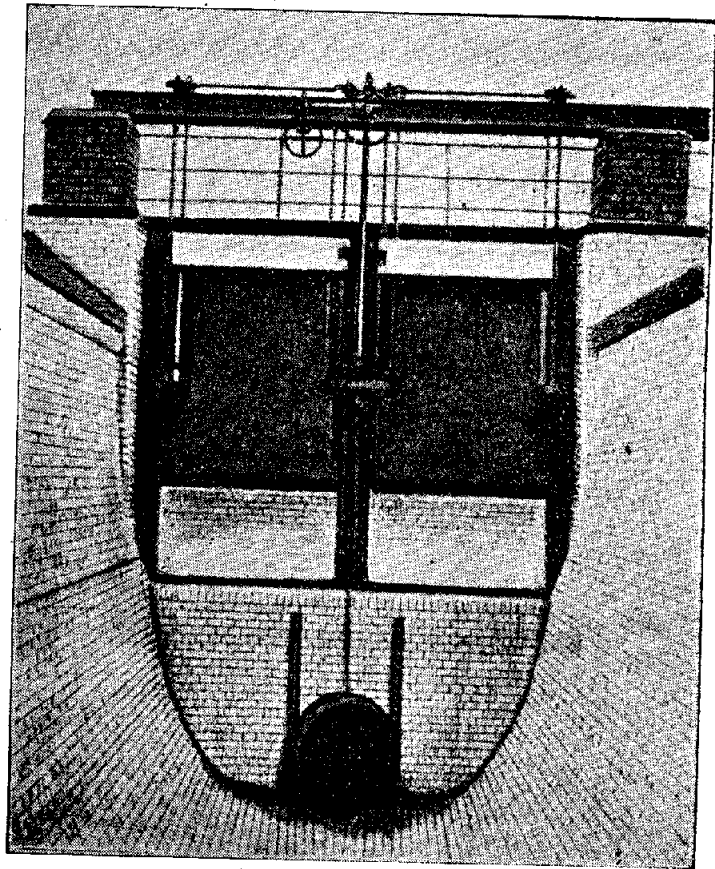
*Конструкция этих затворов* очень проста для нешироких бассейнов; в случае установки затворов в широких бассейнах число их увеличивается с таким расчетом, чтобы вес каждого из них был незначителен, в целях облегчения их подъемов и опусканий. В общем, их устройство напоминает собой обычную конструкцию промывных щитов.

На черт. 91 изображен тип *затвора Geiger'a* в осадочном бассейне шириной 4,3 м. Этот затвор вследствие большой ширины разделен на две самостоятельные части, при чем каждая часть для облегчения поднятия уравновешена противовесами. Показанный на этом же чертеже маленький затвор служит для выпуска осадков из бассейна.

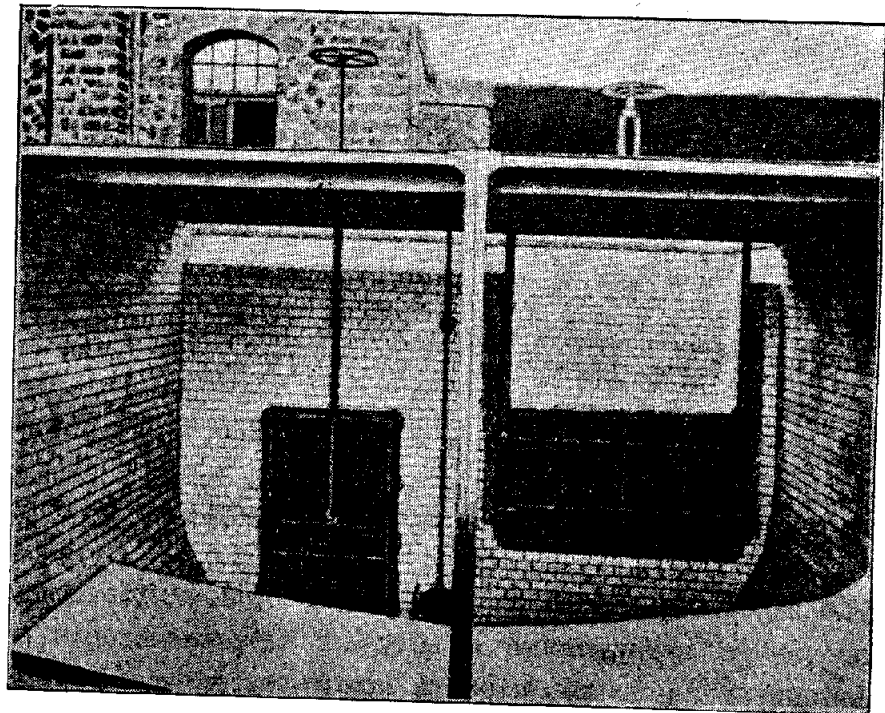
Если приводный желоб был признан вредным для правильной работы осадочных бассейнов, то он является весьма полезным для выпуска осветленной воды, так как, разумеется, эффект осветления проявляется лучше всего в верхних слоях воды. Выпуск наиболее осветленных верхних слоев сточных вод можно устроить различными способами. В гор. *Giessen* (черт. 92) это осуществлено посредством двух подъемных щитов, из которых правый служит для выпуска осветленной воды, а левый — для спуска перед очисткой бассейна грязной воды, которая насосами вновь подается в осадочные бассейны.

В гор. Кельне (черт. 82) для этой цели применен поворотный затвор, чрез который во время действия бассейна спускаются самые верхние осветленные слои сточных вод; перед очисткой же затвор поворачивается по круговому сектору, что дает возможность спустить все осветленные воды. Эта конструкция по своей простоте заслуживает предпочтения пред гиссенскими затворами. Все подъемные и поворотные затворы требуют для управления ими рабочей силы.

Для экономии в труде рабочих в Англии в большом ходу плавучие трубы с поплавками (*floatings arms*), посредством которых выпуск осветленных вод

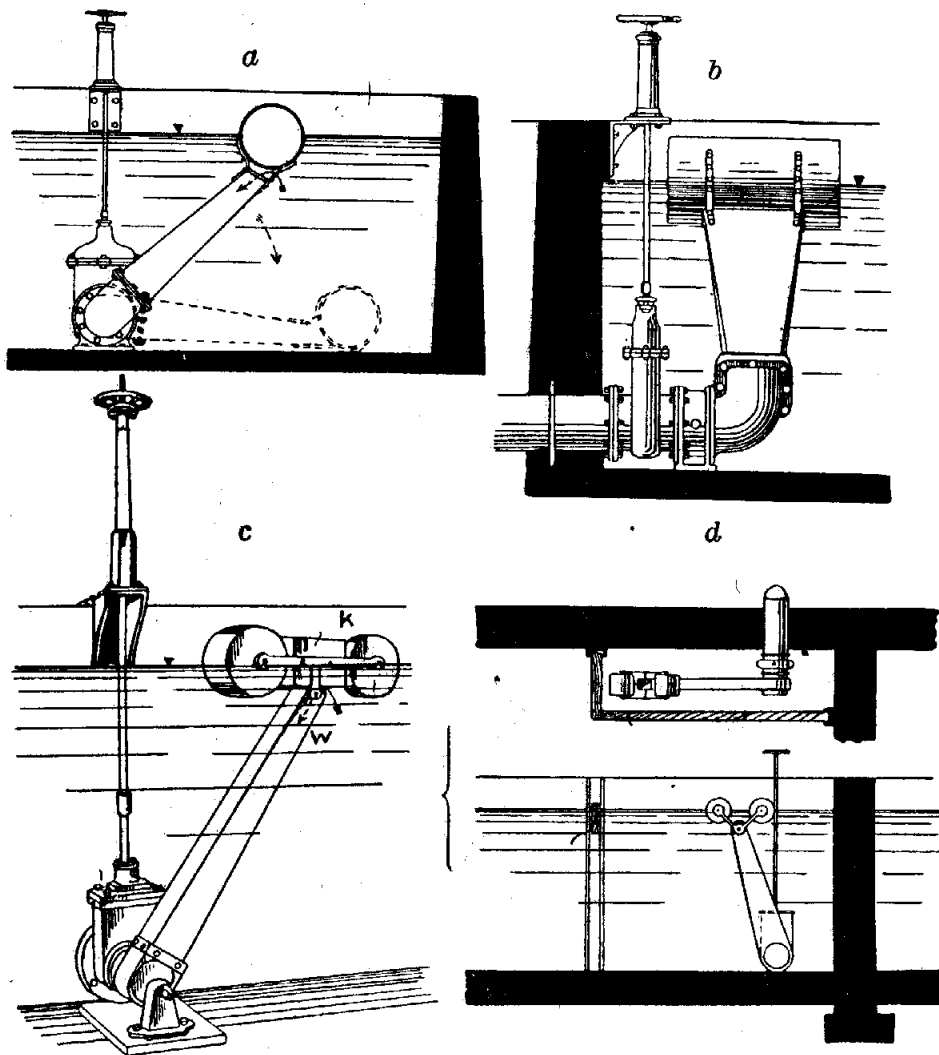


Черт. 91.



Черт. 92.

производится автоматически. Плавучие трубы прикрепляются к отводным, слегка наклоненным к горизонту, трубам, на которых установлена задвижка для регулирования количества вытекающей сточной воды (черт. 93 *a—d*). Поплавки устраиваются или в виде полых шаров (черт. 93 *a*), или полых цилиндров (черт. 93 *b*), или в виде двух цилиндров *k* (черт. 93 *c*), которые предохраняют трубы от засорения; верх плавающих труб поддерживается посредством поплавков на глубине 20—25 см под водой, что также делается для защиты труб от плавающих веществ. Для достижения последней цели идут иногда еще



Черт. 93.

далее и окружают место установки плавучей трубы короткими перегородками (черт. 93 *d*). Плавучие трубы применены в гг. Accrington-Church, Heywood и др. Для задержания плавающих веществ в осадочных бассейнах устанавливают *перегородки*, погруженные в воду на *незначительную* глубину 0,3—0,5 м. В Англии их применяют в обоих концах бассейна, на расстоянии 0,5 м от приводных и отводных каналов, а в Германии только перед выпуском сточных вод из бассейнов. У нас, в харьковских осадочных бассейнах также устроены перегородки, но на *большую* глубину 2—2,13 м. Перегородки устраиваются из деревянных досок или из железных листов, вставляемых в рамы, которые заделываются в стенки бассейнов (черт. 90).

§ 5. Работа осадочных бассейнов. Осадки, получающиеся в осадочных бассейнах, состоят по преимуществу из взвешенных веществ органического происхождения и поэтому подлежат дальнейшей обработке. Количество осадков, которое может быть получено в осадочных бассейнах кельнского типа, может колебаться между 60—65%; если прибавить к ним осадки, получающиеся в песколовках и решетках, то общее количество осадков будет 75—80%. Содержание воды в осадках подобных осадочных бассейнов составляет 90—95% их общего объема. Данные об эффекте осаждения в различных городах приводятся нами в таблице XXV.

Таблица XXV.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Количество осадков в осадочных бассейнах в куб. м.		Система канализации
	На 1000 куб. м сточных вод	На 1000 жителей в сутки	
Франкфурт на Майне . .	3,3	0,71	общеспл.
Шарлоттенбург . . . . .	—	0,74	"
Бремен . . . . .	2,2	0,50	"
Ганновер . . . . .	2,0	0,23	"
Мангейм-Тегель . . . . .	2,2	0,67	"
Мюнхен-Гладбах . . . . .	2,5	2,00	"
Кассель . . . . .	4,8 <sup>1)</sup>	0,48	"
Кульмзее . . . . .	2,5	0,67	разд.
Бирмингам . . . . .	6,9	—	общеспл.
Москва { поля орош. . . . .	—	0,20	разд.
{ биолог. стан. . . . .	—	0,40	"
Харьков . . . . .	3,0	—	—

Таким образом, количество осадков в бассейнах для средних и больших городов при общесплавной системе на 1000 куб. м сточных вод колеблется в пределах от 2 до 7 куб. м., а на 1000 жителей в сутки от 0,2 до 1 куб. м, а при неполной раздельной — по данным от 0,2 до 0,7 куб. м на 1000 жителей в сутки.

<sup>1)</sup> Без вычета осадков в песколовках и решетках.

## ГЛАВА VIII.

### Механическая очистка сточных вод. Осадочные колодцы и осветительные котлы

§ 1. Назначение осадочных колодцев и сравнение их действия с работой осадочных бассейнов. Действие *осадочных колодцев*, подобно работе *осадочных бассейнов*, основано на резком уменьшении скорости вследствие поступления сточных вод из трубы небольшого сечения в колодезь, диаметр которого исчисляется метрами. Разница в действии колодцев и бассейнов заключается в том, что в колодцах сточные воды движутся в *вертикальном направлении снизу вверх*, т. е. в направлении, обратном направлению силы *тяжести*. Из этого определения ясно, что для усиления эффекта осаждения необходимо, чтобы *скорость падения* частиц в воде на дно колодцев  $v_f$  была бы больше *скорости движения* сточных вод в вертикальном направлении. Так как, с другой стороны, *скорость падения* представляет собой *функцию высоты падения частиц*, то несомненно, что в связи с эффектом осаждения стоит *вопрос о глубине колодцев  $H$* .

К сожалению, в нашем распоряжении не имеется данных об опытах инженера Н. Н. Панова<sup>1)</sup>, которые могли бы более или менее уяснить нам связь между  $v_f$ ,  $v$  и  $H$ , как это было сделано Steuernagel'ем по отношению к осадочным бассейнам.

Поэтому нам остается лишь попытка объяснить процесс осаждения в колодцах тем, что во время движения частиц снизу вверх образуется „*подвижной фильтр*“ из *взвешенных частиц*, т. е. из таких, у которых скорость падения  $v_f$  равняется скорости подъема  $v$ . Этот *подвижной фильтр* задерживает падающие с известной скоростью частицы, вследствие чего увеличивается вес взвешенных веществ, и они, получая вследствие этого большую скорость падения, оседают вместе с задержанными частицами на дне колодца. Но все же при сделанных предположениях нам неясно, как *отражается* вследствие стеснения сечения подвижным фильтром *увеличение скорости подъема*, которая при известных условиях может прорвать этот фильтр и, наоборот, поднять *осевшие частицы наверх*. *Полезное действие фильтра* может, по нашему мнению, сказаться лишь во время прекращения *притока сточных вод в колодезь* или при очень малом притоке воды. Таким образом, гипотеза, основанная на

<sup>1)</sup> Инж. Н. Н. Панов, Вертикальные отстойники в деле очистки питьевых и сточных вод, Труды 2 Всесоюз. (XIV) Водопр. и С. Т. Съезда, 1927.

действии „фильтра“, не дает нам определенных указаний, как фильтр может образоваться, и как он в случае образования может существовать.

Для существования фильтра необходимо условие, чтобы колодезь имел *коническое* сечение в вертикальной плоскости, так как при существовании подвижного фильтра возрастание скорости не будет иметь места вследствие постепенного увеличения сечения колодца.

За отсутствием научно поставленных опытов для *установления величины  $v$*  нам приходится обратиться к существующим сооружениям и посмотреть, при каких  *$v$*  получается достаточный *эффект осаднения*.

Литературные указания в этом вопросе отличаются большим разнообразием. Проф. *Frühling* находит достаточным придавать  *$v$*  значение 1 мм, хотя попутно приводит, что в ряде немецких сооружений  $v = 0,20$  мм. Инж. *Schiele* указывает, что в Англии принимают для  *$v$*  — 2 мм. Инж. *Mairich*, изобретатель системы осадочных колодцев, дает для  *$v$*  0,2—0,33 мм.

Для того, чтобы уяснить себе примерный *эффект осаднения*, попробуем обратиться к данным кельнских опытов.

Из рассмотрения кривой осаднения, показанной на черт. 80, мы видим, что в течение 25 мин. осаждается 60,5% взвешенных веществ. Если мы примем, что падающие частицы должны пройти глубину *H* в 2 м, то получим, что скорость падения

$$\frac{2 \cdot 1000}{60 \times 25} = 1\frac{1}{3} \text{ мм}$$

Эта цифра приблизительно, так как только те взвешенные частицы, которые находятся на высоте 2 м, пройдут полный путь. Кроме того, условия падения взвешенных частиц в воде совершенно иные, чем падение тел в воздухе. Все это не дает нам уверенности, что при принятых данных можно в действительности рассчитывать на эффект осаднения в 60,5%.

Поэтому для уяснения *нормы для  $v$*  нам остается лишь подойти путем изучения конструкций существующих сооружений и получаемого в них осаднения. На основании этого материала, приведенного нами ниже, мы приходим к заключению, что как для *общесплавной системы* канализации при *стоке в сухую погоду*, так и для *неполной раздельной системы* можно остановиться на *норме для  $v = 1$  мм*, но при условии значений для *H = 4—5 м*, благодаря чему можно рассчитывать на больший коэффициент осаднения. Разумеется, во время *ливней* величина *v* будет повышаться в 2—5 раз, в зависимости от принятого коэффициента разжижения.

Сравнивая *осадочные колодцы с бассейнами*, нельзя не признать, что в *первых* удаление осадков может быть произведено *гораздо проще*, чем в *последних*, так как они занимают меньшую площадь. Кроме того, для облегчения удаления грязи нижней части колодцев придают *коническую или пирамидальную* форму с углом наклона не менее 45°. При решении вопроса о *выборе осадочных бассейнов и колодцев* необходимо считаться с *местными условиями*. Если на территории, на которой предполагается построить очистную станцию, *грунтовые воды залегают близко к поверхности*, то дешевле построить *осадочные колодцы опускным способом*, чем построить дорого стоящее основание для осадочных бассейнов.

Несмотря на некоторые выгоды, получающиеся при устройстве осадочных колодцев, устройство бассейнов требует меньшей строительной глубины, кото-



рая может быть еще понижена расположением бассейнов в полувыемке-полунасыпи, благодаря чему является возможность удалять из них осадки самоотемом на сооружения для обработки последних.

§ 2. **Определение основных размеров осадочных колодцев.** На основании вышеизложенных соображений определение основных размеров колодцев сводится к применению уже известных формул:

$$Q = v \cdot \omega \dots (5) \quad \text{и} \quad L = v t \cdot 60 \dots (6),$$

где  $t$  время пребывания сточной воды в осадочном колодце в минутах. Так как мы обыкновенно задаемся  $L$  и  $v$ , то определение  $\omega$  — из выражения (5) и  $t$  — из (6) не представит затруднений. После получения общей площади  $\omega$  следует разбить ее на отдельные площади для каждого колодца по конструктивным соображениям.

**Численные примеры.**

*Пример 1-й:*

Дано наибольшее количество сточных вод в сухую погоду  $Q = 0,1$  куб. м/сек; коэф. разжижения = 2. Требуется определить  $\omega$  и  $t$ .

Принимаем  $v = 0,001$  м и  $H = 4$  м; тогда  $\omega = \frac{0,1}{0,001} = 100$  кв. м;  $t = \frac{4}{0,001 \times 60} = 66$  мин. Принимая площадь для каждого колодца в 16 кв. м, получим их общее число  $\frac{100}{16} = 6,25$  или  $\approx 7$ , а с запасным 8. Во время ливня  $v = \frac{0,1(1+2)}{7 \times 16} = \frac{0,3}{112} = 0,0027$ . Окончательная площадь колодцев  $16 \times 8 = 128$  кв. м.

*Пример 2-й:*

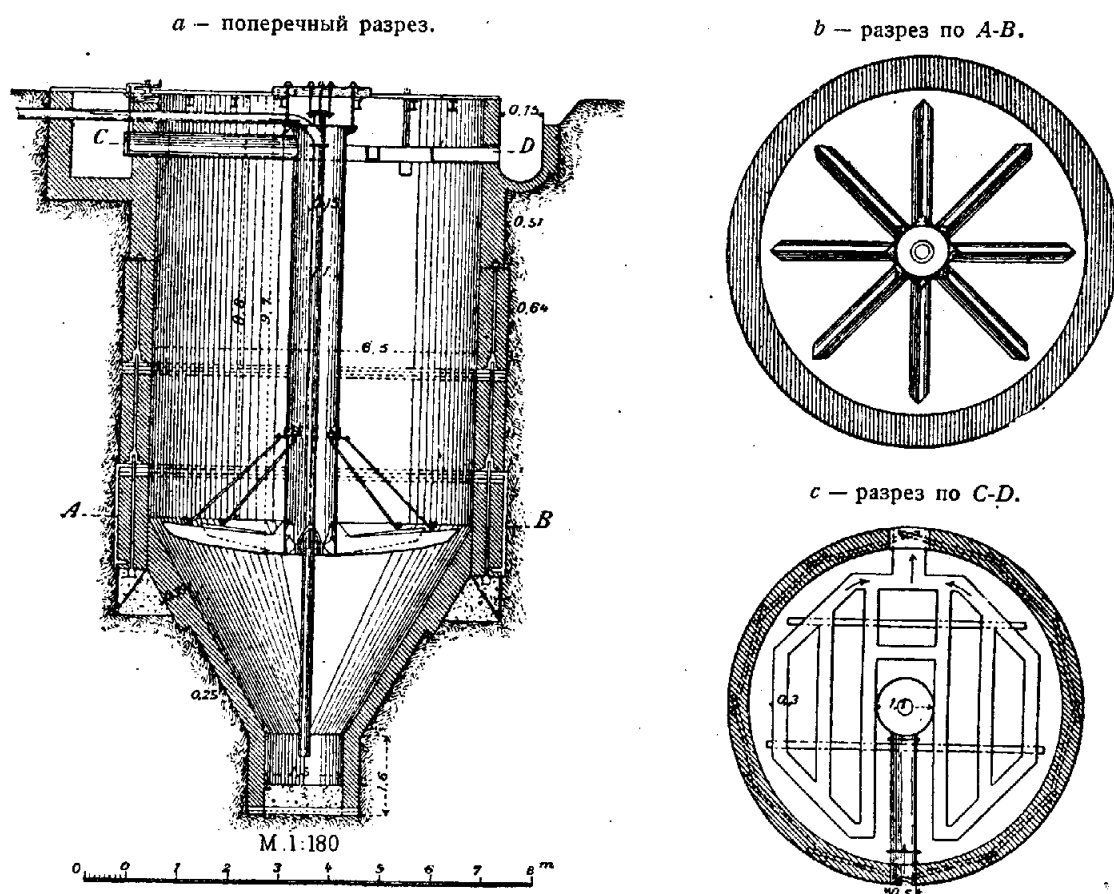
Дано  $Q = 0,1$ . Требуется установить, что выгоднее устраивать для достижения осаждения в 60,5%: осадочные колодцы или осадочные бассейны (если пользоваться данными Штейернагеля).

Для бассейнов при глубине их в 1 м и  $v = 0,02$ ,  $\omega = \frac{0,1}{0,02} = 5$  кв. м.; при  $h = 1$ ,  $b = 5$  м,  $L$  для осадочного бассейна по данным таблицы XXIV = 15 м; следовательно, общая площадь, занимаемая бассейном, равняется  $15 \times 5 = 75$  кв. м, а при необходимости иметь запасный бассейн  $2 \times 75 = 150$  кв. м. > 128 кв. м. Если принять во внимание, что колодцы имеют круглое сечение, и для сооружения их потребуется больше стенок, то для данного случая безразлично — устраивать колодцы или бассейны.

§ 3. **Типы осадочных колодцев.** *Осадочные колодцы* делаются из кирпича, тесовой кладки, бетона и железобетона. С точки зрения *сопротивления механическим и химическим воздействиям сточных вод* наилучшим материалом является кирпич. С *экономической* же точки зрения, в особенности при устройстве опускаемых колодцев, предпочтительнее *бетон и железобетон*. Последний материал является особенно удобным для опускания, так как закладываемая в него арматура создает из колодца монолит, что предохраняет колодезь от разрыва во время производства работ.

Одним из наиболее употребительных типов осадочных колодцев в Германии и Англии является тип, созданный в 1887 году Кнеибühлер'ом в г. Дортмунде. *Дортмундский колодезь* (Dortmund klärbrunnen, Dortmund tank, decanteur Dortmund) представляет собой кирпичный колодезь, состоящий из *цилиндра* диамет. 6,5 м и высотой 8,8 м и *конуса*, у нижнего основания которого устроен цилиндр, диам. 1,5 м, высотой 1,6 м, для лучшего собирания осадков (черт. 94 а — с); полная глубина дортмундского колодца 13,5 м. Сточные

воды притекают по трубе *C*, откуда по вертикальной трубе, подвешенной к крыше колодца, попадают в коническую часть колодца; по вытекании из трубы они стремятся подняться вверх, при чем по пути, встречают звездообразно расположенные ножи, которые способствуют более энергичному выпадению взвешенных веществ (ч. 94 *b*). Далее сточные воды, пройдя глубину в 8 м, изливаются через ряд корытообразных желобов (черт. 94 *c*) в отводной канал *D*. Осадки из углубления колодца удаляются посредством всасывающей трубы, проходящей через висячую трубу.



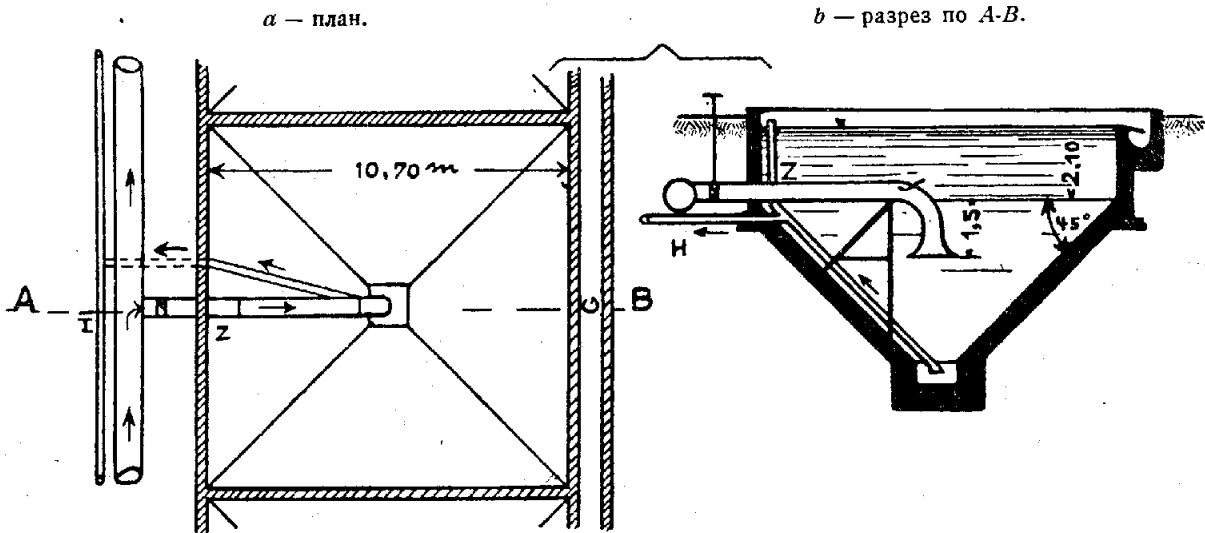
Черт. 94.

По типу *дортмундского колодца* инж. *Watson* построил в Бирмингеме осадочные колодцы (*Birmingham separators*) слегка видоизмененной сравнительно с типом *Книбюлера* конструкции (черт. 95 *a* — *b*). Сечение колодца прямоугольное, а конус заменен пирамидой со стенками под углом в  $45^\circ$ . Прямоугольная часть имеет высоту всего 2,1 м, так как по наблюдениям *Watson'a* процессы осаждения развиваются, главным образом, в пирамидальной части колодца. Сточные воды притекают со скоростью 0,3 — 0,6 м по трубе с вертикальным отростком, укрепленной на консоли. Удаление осадков производится давлением воды по наклонной трубе, опущенной в углубление. Бирмингамские сепараторы применены в ряде английских и американских городов: *Longborough*, *Skegness*<sup>1)</sup>, *Durham*, *Horfield*, *Toronto*<sup>2)</sup> и др. Кроме *дортмундского* типа, в Англии применяют цилиндрические колодцы системы *Кэнди* (*Candy upward*

<sup>1)</sup> *Ing. Schiele*, Neuartige Bau und Betriebsweise einer biologischen Kläranlage in Skegness, Was. und Abw., 1909.

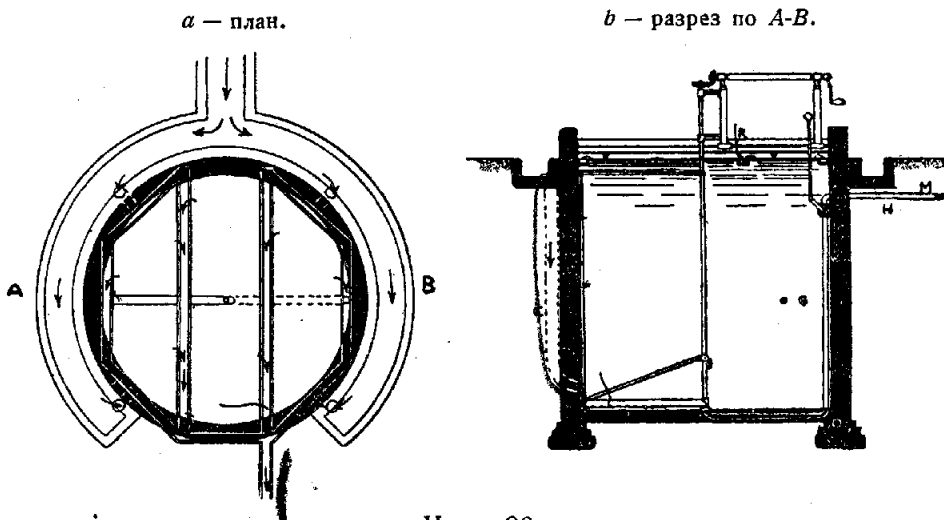
<sup>2)</sup> *Sewage disposal at Toronto*, The Sanit. Rec., 1909.

flow tank, черт. 96 *a—b*). Сточные воды поступают в круговой желоб, из которого спускаются по 4 вертикальным трубам на незначительном расстоянии от дна. Затем, протекая снизу в верхнюю часть колодца, они осаждают часть взвешенных веществ и вытекают по корытообразным желобам в отводной канал (ч. 96 *b*). При этой системе применяются особые приспособления для удаления осадков, которые будут нами описаны ниже, в главе XIII.



Черт. 95.

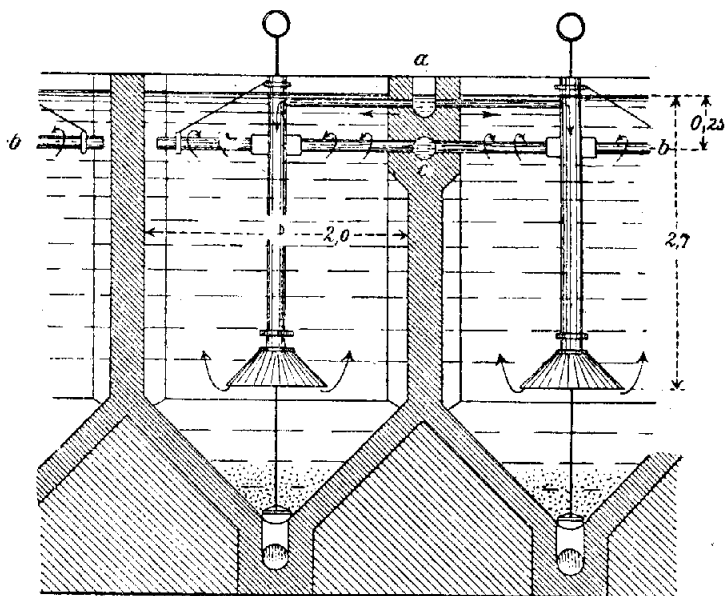
Сравнительно незначительный эффект осаждения, достигаемый в дортмундских колодцах, не мог не препятствовать дальнейшему применению их в Германии, и на некоторое время эти колодцы были забыты. Возродить применение осадочных колодцев суждено было инж. *Mairich*, который в 1893 году построил осадочные колодцы в г. *Neustadt in Ober-Schlesien* диамет. 5,5 м,



Черт. 96.

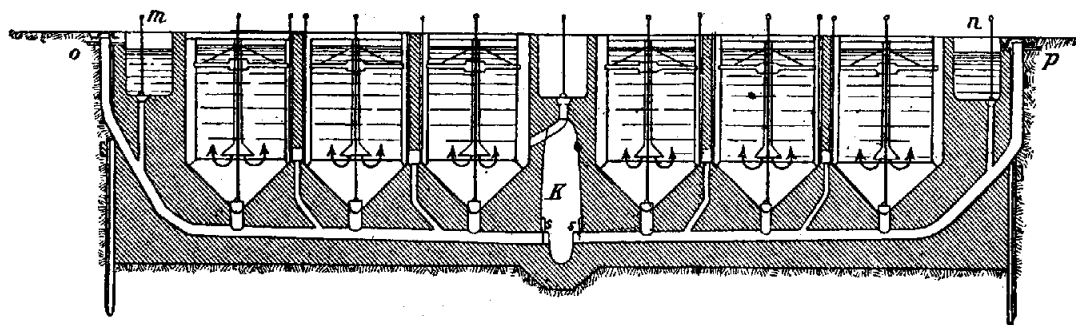
где им была значительно уменьшена емкость осадочной части. Затем, видоизменяя тип колодца, *Mairich* построил последовательно осадочные колодцы в городах *Stargard in Pommern*, *Ohrdruf*, *Langensalza* и *Guben*. Начав с колодцев большого диаметра 5,5—6 м в гг. *Neustadt* и *Stargard*, он постепенно уменьшал их диаметр и довел в *Guben* площадь сечения до 4—5 кв. м, благодаря чему увеличивалось число колодцев. Так, в *Ohrdruf* им было построено 28

колодцев, в Langensalza — 40, в Königshütte 54<sup>1)</sup> и в Guben — 84. Для ознакомления с колодцами Mairich'a приведем тип осадочного колодца в г. Ohrdruf (черт. 97). — 4 или 6 колодцев показанного на черт. 97 типа составляют группу, которая получает сточные воды из канала *a*; из этого канала вода поступает в вертикальные трубы с воронками на концах, из которых сточные воды поступают в колодцы и движутся к верхней части их, осаждая взвешенные частицы в пирамидальной части. Дойдя до верха колодцев, сточные воды по желобам *b*, лежащим на 0,25 м ниже уровня воды, попадают в общую для группы отводную трубу *c*. Чтобы в канале *a* не образовалось осадков, вдувают в него по временам *сжатый воздух*, который приводит сточные воды во вращательное движение, что мешает частицам прилипнуть ко дну и стенкам канала. В этом приеме можно видеть предугаданную строителем современную конструкцию сооружений для очистки сточных вод активным илом<sup>2)</sup>. В случае надобности можно в этих колодцах устроить обратное движение, т. е. заставить посредством установки простых щитков поступать сточные воды из трубы *c* и выходить через канал *a*. Это дает возможность в случае надобности подвергнуть дополнительному осветлению воду, уже освобожденную от части взвешенных веществ. Осадки удаляются путем открытия вентиля без



Черт. 97.

открытием вентиля без перерыва эксплуатации в грязевую трубу (черт. 98); грязевые трубы входят в ревизионный канал *K*, при чем их входные отверстия запираются задвижками *s*; для промывки водой грязевых труб служат каналы *m* и *n*, вода из которых выпускается по открытию затворов. Сжатый воздух нагнетается через отверстия *o* и *p*.



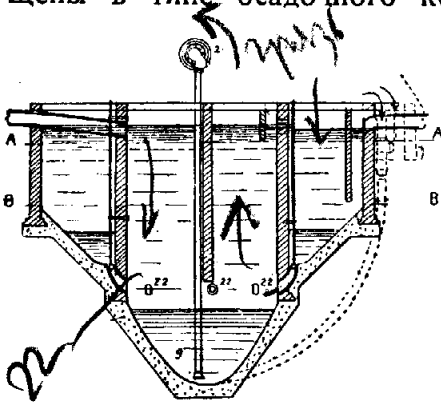
Черт. 98.

перерыва эксплуатации в грязевую трубу (черт. 98); грязевые трубы входят в ревизионный канал *K*, при чем их входные отверстия запираются задвижками *s*; для промывки водой грязевых труб служат каналы *m* и *n*, вода из которых выпускается по открытию затворов. Сжатый воздух нагнетается через отверстия *o* и *p*.

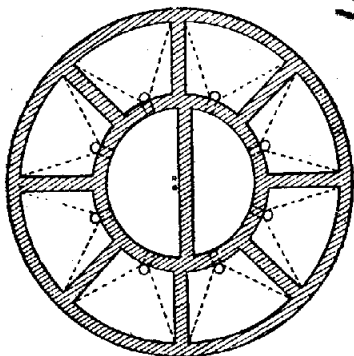
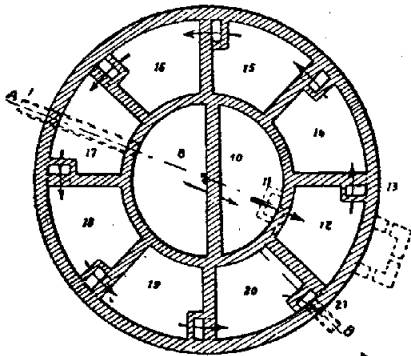
<sup>1)</sup> Projekt der Kanalisation, Abwasserreinigung und Müllverbrennung für die Stadt Königshütte, Leipzig, 1909.

<sup>2)</sup> Prof. Weldert, Eine alte, nach neuzeitlichen Grundsätzen erbaute Kläranlage, Ges. Ing., 1927

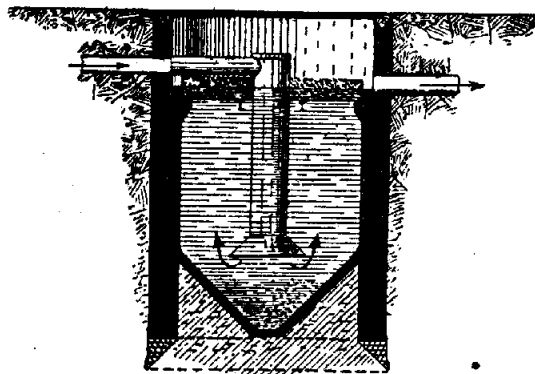
Для увеличения эффекта осаждения прежде считали полезным заставить сточные воды подниматься и опускаться несколько раз. Эти идеи были воплощены в типе осадочного колодца в английском городе *Cosham* (the natural purification company, черт. 99). Сточные воды,



пройдя песколовку, поступают по каналу (7) в камеру (8) сверху вниз, вытекают из нее в камеру (10), поднимаясь в ней снизу вверх, далее сточные воды из этой камеры поступают чрез водослив (11) в камеры (12), где опять меняют свое направление движения и переходят в камеру (14); подобные перемены направления движения воды происходят до тех пор, пока сточные воды не попадут в камеру (20), откуда чрез водослив (21) поступают в отводной канал. Осадки по открытии затворов (22) спускаются в центральный колодезь, откуда удаляются чрез всасывающую трубу грязевыми насосами. Колодцы этой системы применялись лишь в связи с добавлением химических реактивов (железных квасцов) в ряде английских городов Nuneaton, Kimberley, Tishelf и др.



Черт. 99.



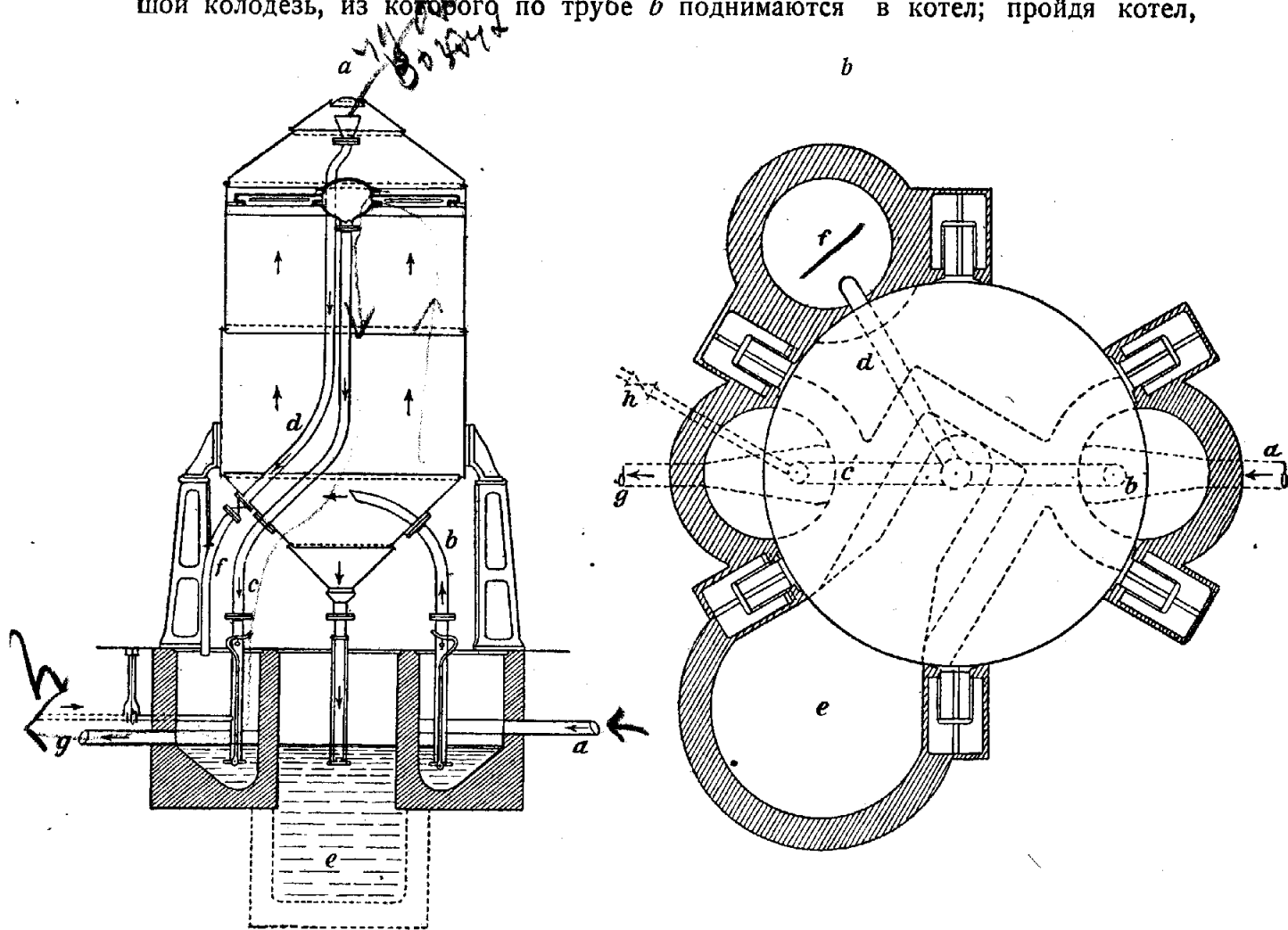
Черт. 100.

Для усиления эффекта осветления немецкая фирма Фридрих пыталась соединить осадочные колодцы с фильтром из кокса (черт. 100). Колодцы Фридриха получили некоторое применение лишь для очистки небольших количеств фабричных вод, так как необходимость в частой смене кокса делала эту систему неудобной для практики.

§ 3. Осветлительные котлы. В тех случаях, когда грунтовые воды стоят высоко, возможно вместо осадочных колодцев применять осветлительные котлы. Принцип действия котлов тот же, что и колодцев: сточные воды движутся снизу вверх в котел, где поддерживается разрежение воздушным насосом; вследствие того, что в котлах сильно уменьшается скорость движения воды, а самое движение происходит в направлении, обратном направлению силы тяжести, происходит выпадение взвешенных веществ, чему еще способствует и усиление газообразования, вызываемое понижением давления в котле. Котлы вследствие своей доступности для осмотра удобнее для эксплуатации, чем колодцы; кроме

того, при их применении достигается *полное уничтожение дурных запахов от пахучих газов.*

Котлы находят более широкое применение при механо-химической очистке, как мы увидим в главе IX. Для представления об их устройстве дадим описание конструкции *котлов сист. Merten'a*<sup>1)</sup> (черт. 101 *a—b*). Котел представляет собой клепаный железный цилиндр с коническими надставками, прикрепленный к чугунным опорам. Сточные воды притекают по каналу *a* в небольшой колодезь, из которого по трубе *b* поднимаются в котел; пройдя котел,



Черт. 101.

они изливаются по системе желобов через трубу *c* в колодезь и отводную трубу *g*. Труба *a* лежит на 5—10 см выше трубы *g*. Взвешенные частицы, выделяясь в котле, падают через вертикальную трубу в колодезь *e*. При пуске котлов в работу все связанные с ним три трубы и самый котел заливаются водой через напорную трубу *h*, которая соединена с трубой *c* и снабжена задвижкой; при этом все нижние клапанные затворы труб должны быть закрыты. Затем, по удалении воздуха из котла по трубе *d* задвижки труб открываются, и котел начинает работать. Во время эксплуатации плавающие вещества и жир скопляются в верхней части котла, откуда они периодически (через 10—14 дней) удаляются по трубе *d* в колодезь *f*; во время этого удаления доступ сточных

<sup>1)</sup> Zur Frage der Abwasserreinigung. Ein automatisch wirkender Abwasserklärkessel Haustechnische Rundschau, 1910.

вод в котел прекращается. Вода из шахты *e*, попадающая в нее вместе с осадками, вновь нагнетается в котел для дальнейшей очистки.

В осветлительных котлах притекающие сточные воды не находятся в постоянном соприкосновении с осадками, как это имеет место в осадочных бассейнах и колодцах, так как нагнетаемая в котел грязная вода (из колодца *e*) составляет 0,4% всего количества протекающих сточных вод.

Котлы системы Merten могут быть построены с производительностью от 3 до 250 куб. м в час.

§ 5. Работа осадочных колодцев и осветлительных котлов. Осадки, получающиеся в осадочных колодцах и осветлительных котлах, по своему составу тождественны с осадками, извлекаемыми из осадочных бассейнов.

Количество осадков, которое может быть получено в осадочных колодцах при рациональном их конструировании, точно также не превышает 60—65%, а вместе с осадками из песколовков и решеток составит до 70—80% общего содержания взвешенных веществ. Содержание воды в осадках колодцев от 90 до 97%. Данные об эффекте осаждения в колодцах приводятся нами в XXVI таблице.

Таблица XXVI.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Количество осадков в куб. м в колодцах	
	На 1000 куб. м сточных вод	на 1000 жителей в сутки
Штаргарт . . . . .	7,5	0,45
Бриг . . . . .	3,6	0,38
Лангензальца . . . . .	25	1,67

Что же касается осветлительных котлов сист. Merten, то в них достигается более высокий эффект выделения нерастворенных веществ, чем в бассейнах, на величину которого оказывает большое влияние скорость движения воды *v*. Так, при  $v = 0,5$  мм — получаемый эффект 83,5 — 86%, при  $v = 1$  мм — 81 — 83%, а при  $v = 10$  мм — 70%. Столь высокий эффект работы котлов объясняется быстрым выделением из них осадков, благодаря чему устраняется влияние процессов их разложения на ход осветления.

## ГЛАВА IX.

### Механо-химические и физические способы очистки сточных вод

§ 1. Значение механо-химической очистки прежде и теперь. *Механо-химические способы* очистки сточных вод принадлежат к стариннейшим способам, родиной которых является Англия (подробнее см. I главу).

Сущность механо-химических способов заключается в том, что после прохода сточных вод через песколовку к ним примешиваются реактивы, которые после этого поступают в особый бассейн, где и происходит энергичное смешивание их со сточными водами. Из этого бассейна, называемого *камерой смешения*, сточные воды поступают в *осадочные бассейны*, или *колодцы*, или *котлы (башни)*. Прибавление реактивов, вступающих в соединение с находящимися в сточных водах веществами, вызывает образование хлопьев, которые, осаждаваясь на дне отстойников, увлекают за собой и нерастворенные вещества. В результате повышается эффект осаждения нерастворенных веществ до 85—90% и происходит выделение растворенных веществ в количестве 20—30%. Вместе с растворенными веществами выпадает и часть бактерий, содержащихся в сточных водах, так как некоторые реактивы обладают бактерицидным действием.

По мере эксплуатации этого способа в различных государствах выяснились такие его недостатки, что в настоящее время механо-химическая очистка сохранилась только в некоторых городах Германии (Потсдам и др.). На родине же его — Англии — метод механо-химической очистки стал играть роль лишь одного из предварительных способов очистки сточных вод. При применении механо-химических способов очистки сточных вод возникают затруднения следующего характера:

1) вследствие переменного состава сточных вод (см. главу II) весьма трудно дозировать необходимое количество реактивов; этого особенно трудно достигнуть при применении общесплавной системы, где колебания расхода в дождливые дни очень велики;

2) количество осадков увеличивается вследствие прибавления реактивов на 30% и вместе с тем понижается их способность к использованию для сельскохозяйственных целей; увеличение же количества осадков, которые не берутся земледельцами для удобрения, требует расширения площади для скопления и обработки осадков и затрудняет их транспорт;

3) сточные воды, оставляя около  $\frac{1}{3}$  растворенных веществ в осадочных устройствах, не теряют своей способности к загниванию; таким образом, и в этом случае достигается не очищение, а лишь осветление сточных вод;



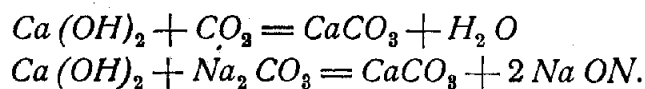
4) *строительные расходы по постройке* очистных станций увеличиваются вследствие необходимости иметь в своем составе *камеру смешения и помещение для растворения реактивов*;

5) *стоимость эксплуатационных расходов* также увеличивается вследствие постоянного употребления дорого стоящих реактивов и усложнения надзора за работой сооружений.

Сферой их применения осталась лишь *очистка фабричных и заводских сточных вод*, где приходится иметь дело с водами более или менее определенного состава и концентрации, и где поэтому дозировка нужных реактивов не представляет затруднений. Также механо-химическая очистка, в качестве способа предварительной обработки сточных вод, может быть полезна и для тех случаев, когда *сточные воды различных производств* спускаются в *городскую канализационную сеть, превышая при этом значительно количество сточных вод домашнего характера*<sup>1)</sup>. При малом же содержании промышленных вод в составе канализационных вод в механо-химической очистке нет надобности.

§ 2. Реактивы и сооружения для примешивания их к сточным водам. Количество составов, которые употреблялись для очистки сточных вод, было очень велико. Так, напр., в период от 1856—1876 гг. в одной Англии было заявлено более 400 патентов на смеси для механо-химической очистки сточных вод. Тем не менее из всей массы применявшихся реактивов можно выделить известь в виде молока и сернокислые соли глинозема, железа и магнезии, которые нашли себе применение на многих очистных станциях.

Из этих реактивов, вследствие своей дешевизны, чаще всего применяется *известь*  $[Ca(OH)_2]$ . Ее *осаждающее действие* основано на том, что она *вступает в соединение с жирными кислотами и углекислотой, находящейся в органических соединениях и карбонатах аммиака*, вследствие чего образуются *хлопьевидные осадки, которые падают на дно*.



Если к сточным водам прибавлена известь в избытке, то они теряют способность разлагаться, но только до тех пор, пока все лишнее количество извести не будет переведено в углекислую известь ( $CaCO_3$ ). К неудобствам, возникающим при применении извести, следует отнести ее способность переводить в раствор белковые вещества и освобождать аммиак.

Из других реактивов распространены также *сернокислый глинозем* —  $Al_2(SO_4)_3$ , *железные квасцы* —  $FeSO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O$ , *железный купорос* ( $FeSO_4$ ) и др. Так как эти реактивы содержат в себе серную кислоту, то при примешивании их к сточным водам серная кислота соединяется с находящимися в них щелочами  $Al_2(SO_4)_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = Al_2(OH)_6 + 3Na_2SO_4 + 3CO_2$ . Кроме этих реактивов, употребляют еще патентованные смеси:

<sup>1)</sup> Инж. А. М. Архангельский и П. Ф. Богомолов, О задачах оздоровления Твери в связи с возможными методами очистки и отвода фабричных текстильных и городских фекальных вод с весьма значительным преобладанием фабричных вод. Труды X Всесоюзной Вод. и С. Т. Съезда, 1925;

East Ham municipal engineering work, Surv., 1925.

смесь *сульфата алюминия с кровью и угольным порошком*, известную в Англии под именем *A-B-C process (Alum, Blood and Coal)*, смесь из *сернокислого глинозема, железного купороса и углерода*, называемая *феррозоном (The International process)* и др. Все эти патентованные средства достигают такого же действия, как известь и сернокислый глинозем, но вследствие своей дороговизны не имеют широкого распространения.

Так как известь оказывает дезинфецирующее действие на сточные воды, то она нередко прибавляется к другим реактивам — сернокислому глинозему и солям железа.

*Количество реактивов, потребное для сточных вод, весьма переменено и зависит от состава сточных вод, от их концентрации и от характера действия самого реактива.*

Вообще же можно лишь сказать, что чем больше содержится в сточных водах примесей, тем более требуется и реактивов.

Так, напр., по данным проф. Frühling'a количество потребляемой извести на германских очистных станциях колеблется от 100 до 300 г на 1 куб. м сточных вод. Инж. Schiele указывает, что для английских очистных станций, где к домовым водам сильно примешаны фабричные и заводские сточные воды, необходимы большие количества извести — от 43 до 800 г на 1 куб. м сточных вод. Инж. Kershaw<sup>1)</sup> считает для извести обычной дозой 4 г на галлон сточных вод, что соответствует 56 г на 1 куб. м сточных вод, Kinnicut, Winslow и Pratt<sup>2)</sup> считают для сточных вод американских городов достаточной дозу извести в 5—10 г на галлон, что соответствует 70—140 г на 1 куб. м сточных вод<sup>3)</sup>.

Количество *сернокислого глинозема* для химической очистки сточных вод требуется в два раза меньше, чем извести. Kershaw дает норму 2 г на галлон (28 г на 1 куб. м).

*Железные квасцы* в английских городах по данным Schiele требуются в количестве от 60 до 950 г в 1 куб. м, а *феррозон* в количестве 140—150 г на галлон.

Эти колебания в дозах для реактивов легко объясняются различным составом сточных вод и дают нам ясное указание, что в целях наилучшего осветления сточной воды добавлением реактивов *необходимо произвести предварительные опыты.*

Более подробные сведения о количестве реактивов, употребляющихся на различных очистных станциях, будут приведены ниже, в 4-м параграфе этой же главы.

При решении вопроса о *выборе реактива*, помимо его осаждающего действия, необходимо принимать во внимание *его стоимость*, учитывая при этом и стоимость подвоза реактивов к очистной станции. *Реактивы примешиваются* к сточным водам или *в растворе*, или *в твердом состоянии* (в кусках), при чем первый способ употребляется на больших установках, а второй пригоден лишь для маленьких станций.

<sup>1)</sup> Kershaw, Modern methods of sewage purification, 1911.

<sup>2)</sup> Kinnicut, Winslow and Pratt, Sewage disposal, 1911.

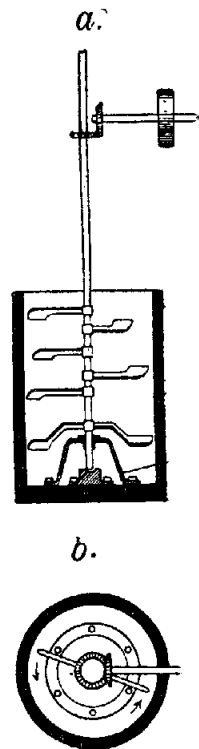
<sup>3)</sup> Snook, Sludge disposal in the Surbiton, Surrey, the Surv., 1924.

Растворение реактивов производится в цилиндрических сосудах, в центре которых установлена ось с мешалками, приводимая в движение посредством зубчатой передачи. Простейшая форма сосуда для перемешивания показана на черт. 102 (а—б). Здесь мешалки имеют уширения на своих концах и насажены на вращающуюся вертикальную ось, нижняя опора которой защищена железным колпаком от действия реактивов. Вариант этого типа показан на черт. 103 (а—б), который отличается от предыдущего устройством добавочных неподвижных лопастей, прикрепленных к стенке цилиндра, благодаря чему несколько ускоряется измельчивание реактива. Этот тип применен в гор. Ohrdruf (Германия).

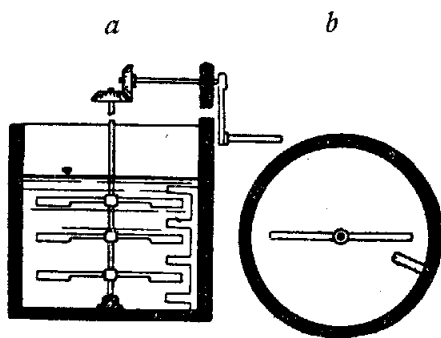
Реактивы после растворения их в сосудах с мешалками или поступают в приводные каналы на некотором расстоянии от выпуска сточных вод в очистные сооружения, или же вливаются в специально устроенные сооружения, называемые камерами смешения (черт. 104 а—б). В первом случае смешение реактивов с водой достигается тем, что сточные воды проходят сравнительно длинный путь, а во втором — благодаря поставленным поперечным или продольным перегородкам, которые заставляют воду проходить более длинный путь в камере смешения.

Для впуска реактивов в каналы или камеры смешения прибегают к различным приспособлениям.

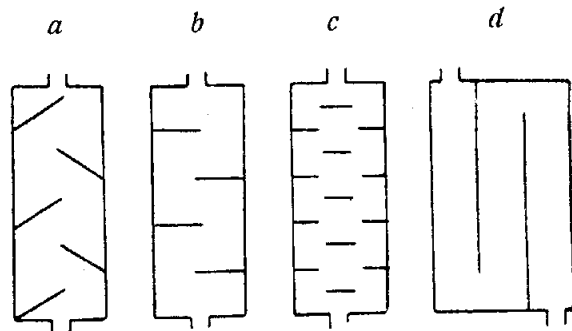
На станции *Barking (London)* струя известкового молока, вытекая из наклонно уложенной трубы, ударяется в каменный столб, благодаря чему получается разбрызгивание реактива, что и обуславливает энергичное перемешивание его со сточными водами, протекающими по каналу (черт. 105 а). На 400 м ниже впуска известкового молока впускают растворенный в чистой горячей воде железный купорос, после чего сточные воды, смешанные с обоими реактивами, проходят еще путь в 200 м до вступления на очистные сооружения. Той же цели достигают и вдуванием в каналы после впуска реактивов сжатого воздуха с давлением, немного превышающим атмосферное (черт. 105 б).



Черт. 102.



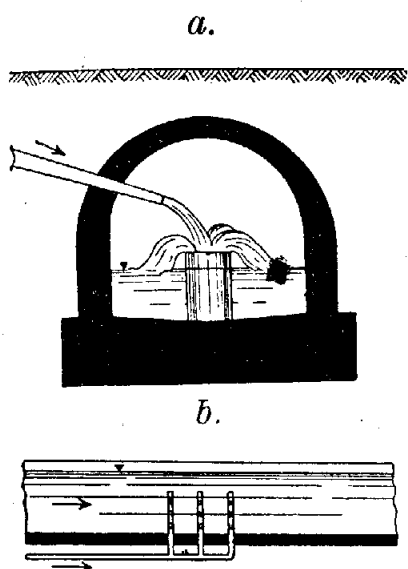
Черт. 103.



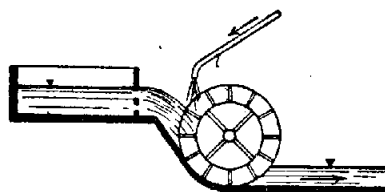
Черт. 104.

Особую группу приборов для смешения растворенных реактивов со сточными водами представляют собой *водяные колеса*, которые вращаются под действием текущей воды, и на которые изливаются из труб реактивы (черт. 106). Так как вращение колес зависит от количества протекающей воды, то этим

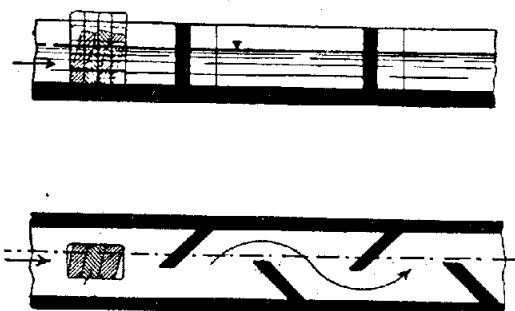
можно воспользоваться для дозирования реактивов в зависимости от расхода сточных вод. Дозировку реактива можно также связать с действием поплавка—шарового крана, который при известной высоте стояния воды будет открывать запорный кран трубы, по которой протекают растворенные реактивы. Но в сущности этими способами задача о дозировке реактива разрешается только приблизительно, так как количество реактивов зависит еще и от концентрации сточной воды, которая подвержена сильным колебаниям. Поэтому в большинстве английских очистных станций выпуск реактивов производится от руки путем большего или меньшего открытия кранов.



Черт. 105.

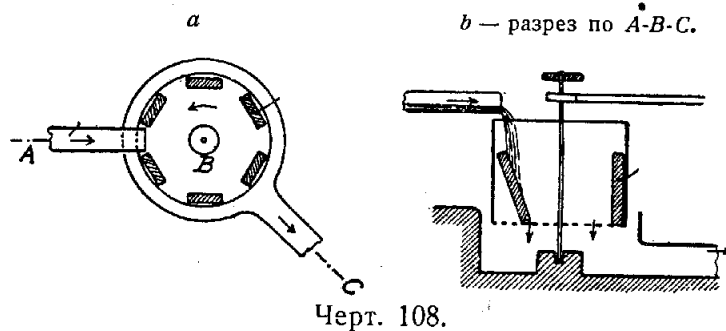


Черт. 106.



Черт. 107.

На *небольших очистных станциях* растворение реактивов производится в самих сточных водах. Простейшим примером может служить установка, изображенная на черт. 107 *a—b*. Здесь *реактивы в кусках* помещены в *проволочной корзине* в приводном канале по пути движения сточных вод, после чего сточные воды проходят через *камеру смешения*. Но при подобном устройстве куски реактива могут постепенно размываться сточной водой, не растворяясь. Поэтому в г. Chogley применили такую конструкцию, где *растворение реактивов усиливается вращательным движением барабана*, в котором укладываются *куски реактива* (черт. 108 *a—b*). В этом устройстве сточные воды из приводного желоба падают на положенные в барабане куски реактива и затем проходят через дно барабана, устроенное в виде сита, в канал. Барабан вращается благодаря *ременной передаче от водяного колеса*, приводимого в действие движением сточных вод. Для действия подобных установок необходимо затратить часть свободного падения местности. Если прибавля-



Черт. 108.

ются к сточным водам *два реактива*, то при их впуске в сточные воды необходимо иметь в виду, что для тесного смешивания некоторых реактивов необходимо сточным водам пройти длинный путь до перехода в очистные сооружения. К таким реактивам принадлежит известь, которая требует для этой цели 60 м (Salford)—400 м (London-Barking). Наоборот, соли железа (железный купорос и железные квасцы) очень быстро смешиваются *со сточными водами*, так что самое смешение их может быть устроено непосредственно у осадочных устройств, что представляет *несомненное преимущество для эксплуатации*.

§ 3: Типы сооружений для механо-химической очистки. Сооружения для механо-химической очистки подобны тем же осадочным бассейнам и колодцам и осветлительным башням, которыми пользуются для чисто механической очистки. Для наилучшего осаждающего действия реактивов здесь также необходимо устраивать песколовки с решетками или ситами до впуска реактивов в сточные воды.

Так как сооружения для механо-химической очистки появились раньше сооружений для механической очистки, то на их конструкции и расчете отразились все те старые воззрения, о которых мы упоминали в главе VII.

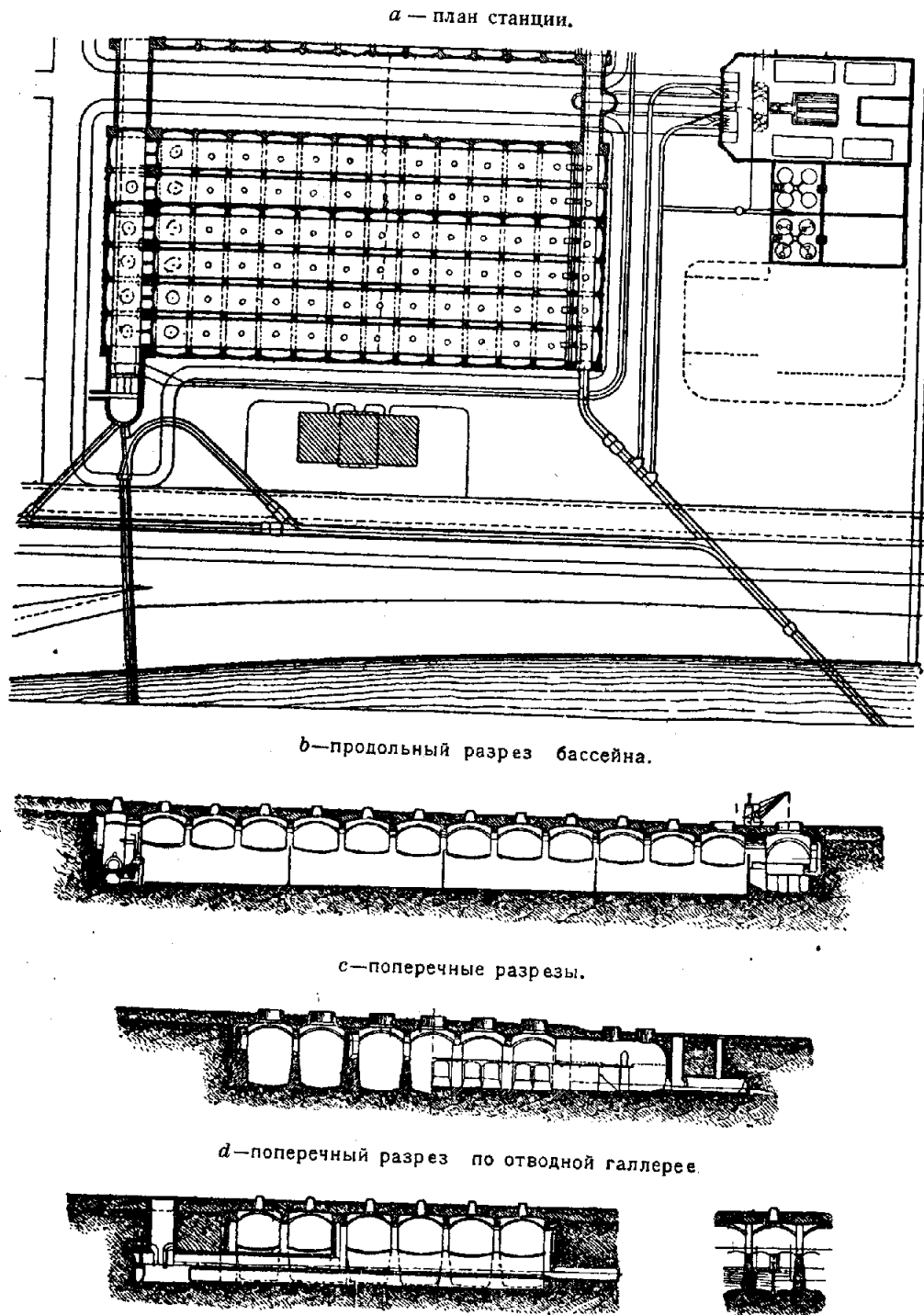
Одним из типичных сооружений для химической очистки в осадочных бассейнах являлись бассейны очистной станции во Франкфурте на Майне, перестроенные в 1902 г. для механической очистки. Старые франкфуртские бассейны (чер. 109 а—d, стр. 143) имели длину в 82,4 м, ширину—6 м и глубину воды в 2 м при входе и 3 м при выпуске из бассейна; дно бассейна имело уклон  $\approx 1:80$ , направленный по движению сточных вод. Реактивы—известковое молоко в количестве 40—45 г и сульфат глинозема в количестве 165—170 г на 1 куб. м—поступали по трубам в камеру смешения, устроенную за песколовками и решетками. Емкость франкфуртских осадочных бассейнов составляла около 1100 куб. м. Сточные воды протекали через них в течение шести часов, что соответствовало скорости в 4 мм при расходе сточных вод в сухую погоду.

По своей конструкции были близки к старым франкфуртским бассейнам осадочные бассейны на очистных станциях Лондона (Barking и Crossness), где в качестве реактивов пользовались известковым молоком (60 г на 1 куб. м) и железным купоросом (14 г на 1 куб. м). Время протекания сточных вод через эти бассейны—5 часов.

Из других конструкций бассейнов для механо-химической очистки сточных вод представляет некоторые особенности система Cosham (The natural purification company), где сточные воды протекают последовательно из одного бассейна в другой бассейн по направлению, показанному стрелками; дно всех бассейнов не имеет уклона (черт. 110). Реактивы, которыми пользуются для бассейнов Cosham'a, *известь и железные квасцы*. К недостаткам этой системы следует отнести, что часть сточных вод, помещающихся в углах бассейнов, не принимает участия в движении сточных вод и потому может легко загнить.

Из других конструкций осадочных бассейнов для механо-химической очистки следует упомянуть о бассейнах системы Виаля (Vial), примененных

в курорте Остенде. Бассейны системы Vial<sup>1)</sup> состоят из двух бассейнов, осадочного и осветлительного (черт. 111). Сточные воды после прибавления реактива (известкового молока) проходят канал В для энергичного смешивания его с сточными водами и поступают в осадочный бассейн С, где для усиления



Черт. 109.

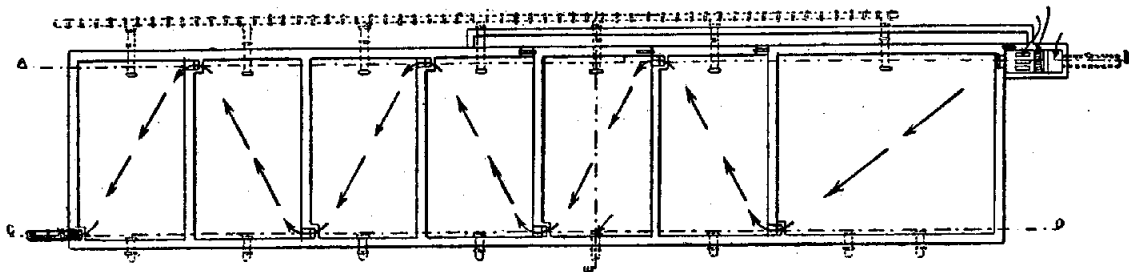
осаждения взвешенных веществ установлены две вертикальные перегородки. Из бассейна С они протекают тонким слоем в осветлительный бассейн Р, дну

<sup>1)</sup> Van Meener, L'usine d'épuration des eaux résiduaires d'Ostende par le procédé physico-chimique Vial, La Technique Sanitaire, № 10, 1910;

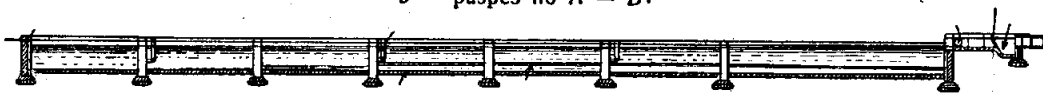
Bousquet, L'épuration des eaux d'égout et le procédé physico-chimique Vial, L'Ingenieur-Constructeur des travaux publics, 1909.

которого по современным воззрениям придан обратный уклон; из бассейна *P* они непосредственно изливаются в отводной канал. Осадки из бассейна *Vial* удаляются по заложенным в пониженных точках грязевым трубам в особый резервуар *g*, из которого поступают для дальнейшей обработки. Несмотря

*a* — план.



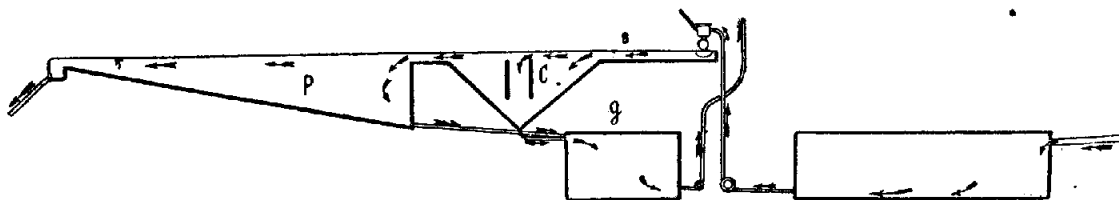
*b* — разрез по *A — B*.



*c* — разрез по *C — D*



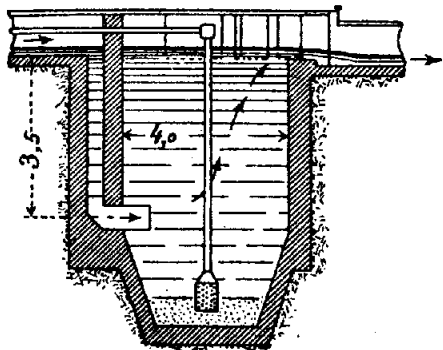
Черт. 110.



Черт. 111.

на широкую рекламу, „физико-химический“ способ Виалю не лишен всех тех недостатков, которые присущи механо-химическим способам. Сферой применения и этого способа по вышесказанным основаниям—остается очистка фабричных и заводских сточных вод.

Конструкции осадочных колодцев для механо-химической очистки отличаются от только что описанных в предыдущей главе типов (дортмундских, Майриха, Косхэм и др.), добавлением труб, приводящих реактивы к сточным водам. Но к ним следует присоединить еще описание колодцев системы Müller-Nahnsen, получившей применение в нескольких городах Германии (черт. 112). После прохода через песколовку и камеру для примешивания реактивов сточные воды поступают в колодцы системы Müller-Nahnsen (диам. 4 м, глуб. 6 м) сбоку на высоте 2,5 м от дна. Благодаря перемене направления движения и уменьшению скорости происходит осаждение взвешенных веществ. Осадки из колодцев удаляются по всасывающим трубам насосами.



Черт. 112.

Осветлительные котлы также употребляются для механо-химической очистки, из коих особого внимания заслуживают котлы системы Роте (Rothe), где усиление осаждения вызывается употреблением реактивов, предложенных Дегенером (Degehner).

Дегенер, наблюдая за работой полей орошения, пришел к заключению, что ~~задержание~~ ~~на них растворенных веществ обусловливается гумусовыми свойствами почвы~~. На основании своих наблюдений он решил прибавлять к сточным водам для поглощения растворенных веществ гумусовые вещества (порошок из бурого угля или торфяную кашичу), а для усиления осаждения взвешенных веществ сульфат глинозема или железа. Устройство осветлительных котлов или башен по системе Дегенер-Роте заключается в следующем (черт. 113). Сточные воды из непоказанной на чертеже камеры смешения поступают в идущий вокруг котла канал, из которого по 8 наклонным трубам спускаются в колодезь и начинают медленно подниматься вверх. При этом движении сточные воды встречают на своем пути коническую воронку *п*, которая способствует процессу осаждения, и затем благодаря разрежению воздуха в котле поднимаются до их верха, откуда по желобам *т* и трубе *г* изливаются в отводной канал. Осадки со дна колодца выкачиваются насосами по грязевым трубам. Скорость движения сточной воды в котлах Роте очень незначительна и не превосходит 0,4—0,5 мм/сек. При применении способа Дегенер-Роте требуется от 1 до 2 кг бурого угля, от 2,5 до 4 кг торфа и от 100 до 300 кг солей железа или алюминия.

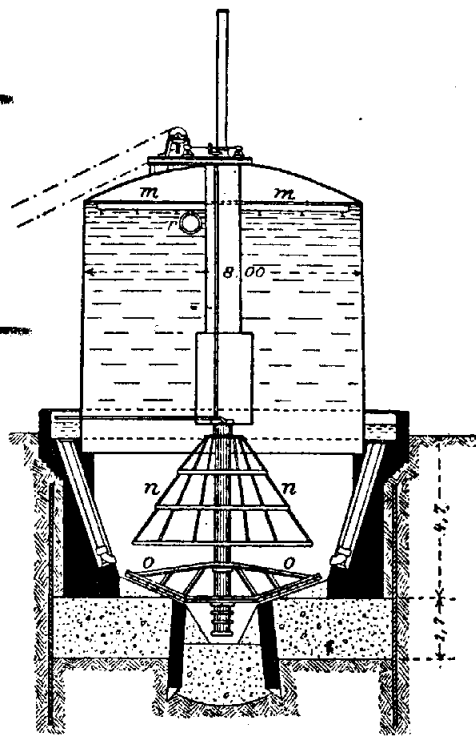
Способ Дегенер-Роте был применен в ряде небольших немецких городов: Потсламе, Шпандау, Тегеле, Обершеневейде, Кепенике и др.

К недостаткам этого способа нужно отнести его высокую стоимость, что, несмотря на значительные его достоинства, препятствует применению его в большом масштабе.

§ 4. Работа сооружений для механо-химической очистки сточных вод. Осадки, получающиеся при применении механо-химической очистки, по своему составу отличаются от осадков, получающихся при механической очистке, содержанием введенных в них реактивов.

Количество осадков в сооружениях механо-химического типа превышает значительно количество осадков при механическом осаждении, как вследствие более высокого эффекта действия их, достигающего 80—90% взвешенных веществ и 20—30% растворенных веществ, так и вследствие введения реактивов, которые при соединении с водой увеличиваются значительно в своем объеме. Так, напр., добавление 250 г извести к 1 куб. м сточных вод при 90% содержании воды дает 2500 г осадков.

Содержание воды в осадках колеблется от 90 до 95%, при чем наивыс-



Черт. 113.



шая цифра получается при эксплуатации способа Дегенер-Роте, где вследствие незначительной скорости получается долгое соприкосновение осадков со сточной водой.

Для суждения о количестве осадков, получающихся при применении механо-химической очистки, приводим таблицу XXVII.

Таблица XXVII.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Суточное количество вод в сухую погоду в куб. м	Процентное содержание промышленных вод	Род реактива	Суточное количество осадков в куб. м		Содержание воды в осадках в %	Примечания
				На 1000 куб. м сточных вод	На 1000 жителей		
Blackburn . . .	23 000	20	железные квасцы	—	—	80	
Bury . . . . .	6 800	—	• •	14,7	1,66	90	
Bradford . . .	55 000	50	сер. кислота	7,2	1,7	80	
Leeds-Knostrop	68 000	32	известь	4,4	0,7	90	
Salford . . . .	54 500	21	известь и сульфат железа	7,1	1,54	75	
Chorley . . . .	3 000	незначительное оч. большое	жел. квасцы	16,0	2,77	90	
Hendon . . . .	3 600		соли железа	14,0	2,27	80	
Lichfield . . .	1 350	55	известь и жел. квасцы	6,0	1,0	90	
Leipzig . . . .	65 000	—	соли железа	4	—	—	в сточной воде не имеется клозетных вод
London . . . .	900 000	—	известь и железный купорос	6,7	—	—	
Glasgow . . . .	—	—	известь и сернокисл. глинозем	8,5	—	90	

Таким образом, из этой таблицы можно видеть, что количество осадков, получающихся при применении механо-химических способов, колеблется от 4 до 16 куб. м на 1000 куб. м сточных вод и от 0,7 до 2,77 куб. м на 1000 жителей.

Для характеристики работ механо-химических станций приводим две таблицы: XXVIII, относящуюся к немецким установкам, и XXIX (стр. 147 и 148) — к английским.

§ 5. Физические способы очистки сточных вод. В конце прошлого столетия был сделан ряд попыток к применению физических агентов—теплоты и электричества к очистке сточных вод.

Физические способы, основанные на кипячении, дистилляции или выпаривании сточных вод, не могли получить распространения, так как для получе-



Таблица XXIX 1).

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Род реактивов	Год	Расход 2) сточных вод в сухую по- году в куб. м	Степень концен- трации сточных вод	Количество реактивов 2) в мг на 1 л	Процентное уменьше- ние взвешенных ве- ществ после механо- химической очистки	
Withnell . .	железн. квасцы	1903	45	очень концен- триро- ванная	225	—	
Radcliffe . .		1902—1905	3637		114	—	
Carverley . .		1904	55		250	—	
Heywood . .	жел. квасцы и феррозон	—	2865 2865	сред. конц.	114 114	82	
Guildford . .	железные квасцы	1905	1365	очень конц.	114	75	
Horfield . .		1905	180	сред. конц.	72	93	
Normanton . .		1902—1905	800	очень конц.	96	67	
Hendon . .		1906	4329	" "	79	80	
Chorley . .		1902	4090	средне концентриро- ванная	129	90	
Royton . .		1906	1670		32	—	
Buxton . .		железист. вода и из- вест. молоко	1906	3410	средне концентриро- ванная	{ 86—100 } { 100 } { 186—200	—
Dorking . .		Известковое молоко и железные квасцы	1902—1904	910		{ 80 } { 44 } { 124	82
Friern Barnett	—		1590	{ 58 } { 19 } { 87	—		
York . . . .	1904—1905		1705	{ 83 } { 62 } { 145	64		
Willesden . .	—		8780	средне концен- трированная и ниже	{ 55 } { 78 } { 133	—	
Ealing . . . .	1903—1906	4545	{ 58 } { 29 } { 87		—		
Leyton . .	известь и сернистый порошок Hanson	1905—1906	13640	средне концен- трированная и ниже	{ 214 } { 100 } { 314	—	
Kingston . .	железные квасцы и ABC process	1902—1904	12500		сред. конц.	{ 715 } { —	94
Rochdale . .	жел. квасцы и серная кислота	1904—1905	9090	очень конц.	{ 104 } { 63 } { 172	79	

1) Таблица XXIX взята нами из 5-го Доклада Английской Королевской Комиссии по очистке сточных вод.

2) Цифры получены путем перевода с английских мер на метрические.

ния необходимой тепловой энергии требовались огромные расходы. Сферой применения таких способов осталась та область очистки сточных вод, где необходимо уничтожение всех болезнетворных микроорганизмов. Поэтому подобные способы находили себе применение лишь *при стерилизации заразных сточных вод*, описание каковых выходит за рамки настоящего сочинения.

Гораздо больше надежды возлагалось техниками на ту группу способов, где для очистки сточных вод требовалось *воздействие электрического тока*. Предполагалось, что применение тока может *уничтожить все микроорганизмы в сточных водах*, т. е. произвести их полную стерилизацию, и что эксплуатация этих способов не будет дорогой.

Испробованные на практике *физические способы очистки сточных вод* основаны на *электролизе жидкости* и потому могут быть названы *электролитическими*, к каковым принадлежат способы Вульфа (Woolf), Эрмита (Hermite) и Уэбстера (Webster).

*Способ Вульфа* нашел себе применение в 1886 г. в Америке в гор. Brewsters и Danbury. При его применении в Brewsters вводили 16 кг *поваренной соли* в 1 куб. м сточных вод и чрез эту смесь пропускали *ток 800 А и 5 V*, при чем положительным электродом была медь, одетая платиной, а отрицательным — уголь; полученная таким образом жидкость, названная изобретателем „*электрозоном*“, вводилась непосредственно в канализационный канал.

В результате число бактерий падало в ~~32 000—20 000~~ до 8—40 в 1 куб. см благодаря воздействию хлора, выделяемого электролизом из поваренной соли.

*Эрмит* в своем способе пропускает морскую воду или специально приготовленный для этой цели раствор чрез особый прибор, названный им *электролизатором*, и эту жидкость после электролиза добавляет к сточным водам.

По опытам в Уортинге (Worthing), описанным Коечлинг'ом, применяли для электролиза ток в 300 А и 6 V, вследствие чего чрез  $2\frac{1}{2}$  часа в 1000 л морской воды получалось 0,5 г, а чрез 5 часов—0,75 г активного хлора на 1 л. Этот способ был испытан в ряде городов (Havre, Brest, Nice) и в результате не дал полной *стерилизации*, а лишь *дезодоризацию*.

Способ Webster'a заключается в применении другого электролитического процесса, в результате которого получается *гидрат глинозема* благодаря действию тока на *алюминиевые электроды*. Этот способ был испытан Рехлингом (Roehling) в Лондоне на станции Crossness и Сальфорде. В лондонских сточных водах содержание органических веществ уменьшилось на 70%, в Сальфорде с добавочной фильтрацией на 73,6%, при чем осветленная сточная жидкость не гнивала. Число бактерий падало с 5 000 000 до 600 в 1 куб. см. Сравнительно недавно в сев.-американском городе Oklahoma<sup>1)</sup> для очистки сточных вод нашел себе применение *электролиз*. В этом случае электродами служили *железо и медь*. Благодаря пропусканию тока значительной силы и слабого напряжения чрез электроды выделялось железо и, будучи растворено в воде, оказывало обычное осаждающее действие на осветленные в песколовках

<sup>1)</sup> Hinkley, Electrolytic sewage purification, Eng. News, 1912.

сточные воды. Для осветления сточных вод электролитическим путем в Оклахома требовалось 60 kWh, что вызвало значительные расходы (около 4 р. 50 к. на 1000 куб. м сточных вод)<sup>1)</sup>.

Из краткого описания этих способов легко можно заключить, что они по своему характеру похожи на механо-химические способы, отличаются же от них только тем, что реактивы (хлор, гидрат алюминия, железо) подготавливается электролитическим путем. Такая подготовка вследствие необходимости пользоваться электрическим током всегда обходится дороже, чем растворение реактивов обычным путем, если только для добывания электричества не пользуются силами природы или энергией, получаемой из мусоросжигательных станций. Поэтому в большинстве случаев физические способы очистки сточных вод не находят в настоящее время себе применения<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Collier, The electrolytic treatment of sewage, Eng. Record, 1912.

<sup>2)</sup> Martin, Some present day aspects of sewage disposal, Surv., 1925.

## ГЛАВА X.

### Механические и механо-химические очистные станции

§ 1. Общие основания для устройства механических и механо-химических станций. При практическом разрешении вопроса о *выборе места для очистных станций* возникает естественно вопрос о *расстоянии очистной станции до канализируемого района*. Этот вопрос находится в тесной связи с необходимостью найти *подходящий для устройства очистной станции данного типа участок земли*, размеры которого зависят от системы очистки. Выбор такого участка, помимо удовлетворения своему назначению, диктуется совокупностью требований *технического и экономического* характера. Наиболее трудным с *практической точки зрения* является отыскание участка земли, как мы увидим ниже, в случае *устройства полей орошения*, где, кроме *огромной* сравнительно с любым из применяющихся в настоящее время способов очистки *площади*, необходимо, чтобы почва на этом участке была бы *пригодна для очистки сточной воды*. Этим легко объясняется, что поля орошения многих городов лежат довольно далеко от канализируемых центров. Так, парижские поля орошения лежат на расстоянии от города от 28 до 30 км, берлинские—от 4 до 12 км, московские—от 10,5 до 17,9 км, киевские—около 10 км<sup>1)</sup>; только одесские поля орошения находятся в пределах современной черты города. Вообще же очистные станции лежат гораздо ближе. Так, напр., в гор. Leeds—расстояние очистной станции до центра канализируемого района—5 км, в Hendon—4 км, в Leicester, Salford, Chorley—3 км, в Харькове—2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> км, в Accrington—2 км, в Düsseldorf же очистная станция лежит у границы города.

Хотя с *экономической точки зрения* и выгодно *приблизить* по возможности очистную станцию к канализируемому району, тем не менее, в *целях лучшей очистки*, большая длина каналов или труб, приводящих сточную воду к очистным станциям, является *вполне целесообразной*. В самом деле, очистка сточных вод идет всегда успешнее, если сточные воды имеют более или менее постоянный состав, что и достигается при большой длине каналов вследствие постепенного измельчивания примесей, обусловливаемого их *трением* о стенки каналов и между собой во время движения, и *перемешиванием* разнородных заводских и фабричных вод с домовыми сточными водами. Тем не менее, длина каналов не должна иметь такой величины, при которой до поступления

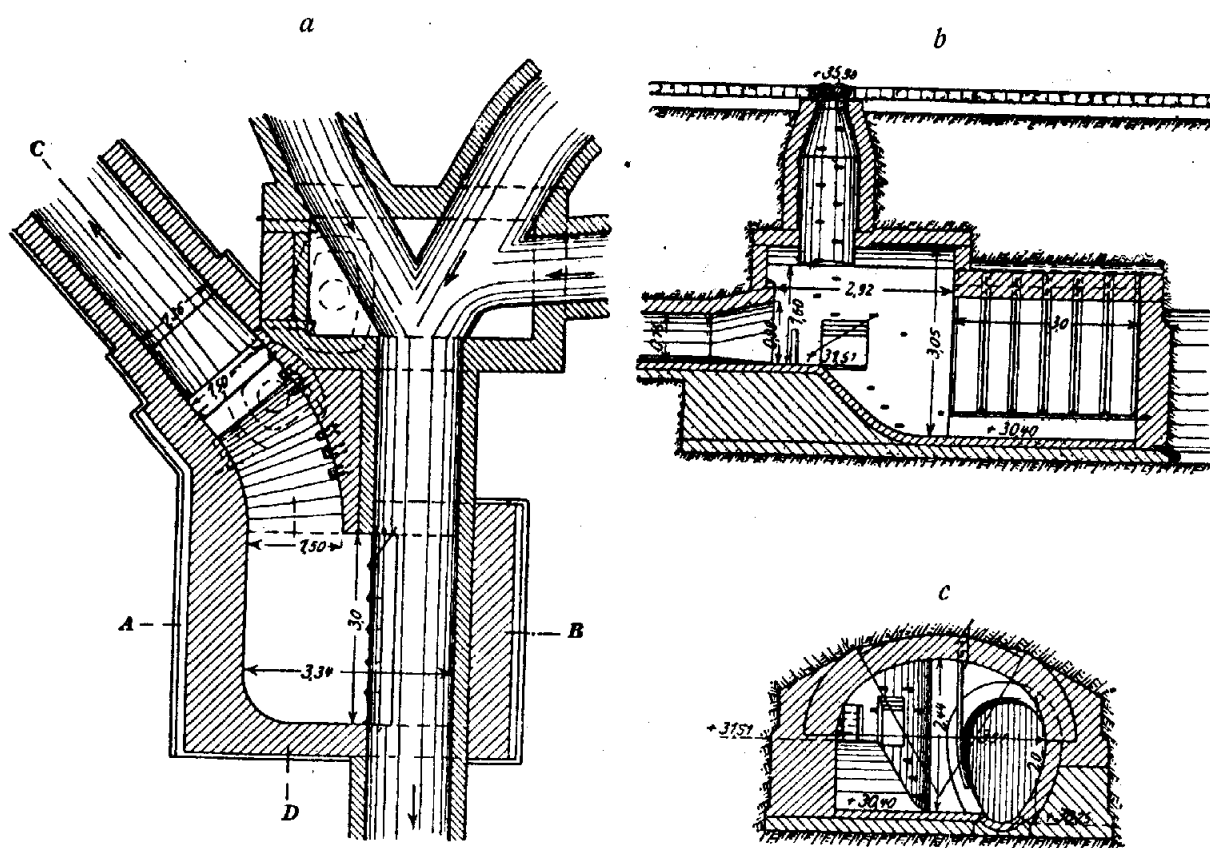
<sup>1)</sup> В настоящее время это расстояние уменьшилось вследствие роста города.

на очистную станцию начались бы *процессы загнивания и разложения* сточных вод, так как *загнившие* воды очищаются хуже, чем *свежие*. Предельным значением для длины может быть то, при котором сточные воды совершают свой путь от городской черты до очистной станции в течение 1—2 часов, что и является выполнимым при средней скорости движения воды в каналах в 0,6—1 м/с; более высокая норма является предпочтительнее, если к домовым сточным водам примешиваются в большой пропорции промышленные воды. При установлении расстояния очистной станции от города необходимо еще иметь в виду *направление господствующих ветров*, чтобы *запахи* от очистной станции не приносились к городу, и чтобы развивающиеся на очистных сооружениях *мухи*, являющиеся разносителями различных эпидемических болезней, не появлялись бы на городской территории. Наконец, при выборе участка земли для очистной станции необходимо еще учесть, *в каком направлении канализуемый город будет развиваться*: в случае роста города по направлению к очистной станции следует выбрать из нескольких подходящих участков более далекий.

Но помимо всех этих *гигиенических и технических* требований огромное значение имеет и *экономическая сторона* вопроса. Тут приходится разрешать два связанных между собой вопроса: *стоимость необходимой площади земли и способ доставки сточных вод на намеченную территорию*. При решении вопроса о *стоимости земельного участка* не следует решать его абсолютно, но необходимо принимать во внимание и эксплуатационные требования. Так, напр., при выборе участка, *близкого к реке*, разрешается выгодно вопрос о доставке топлива и строительных материалов для постройки станции, а также о вывозе осадков, неизбежных для любой очистной станции. Далее, при выборе участка необходимо учесть и способ доставки к нему сточной воды. Несомненно, что *при всех равных условиях*, выгоднее выбрать тот участок земли, куда сточные воды могут попасть *самотеком*. Но если самотечный участок находился бы дальше другого участка, на который пришлось бы подавать воды насосами, то для правильного решения вопроса необходимо сравнение обоих вариантов *со строительной и эксплуатационной точек зрения и выбор наивыгоднейшего варианта*. При этом следует иметь в виду, что в большинстве случаев трудно отыскать территорию, на которую бы воды передавались без их подъема насосами. Трудность здесь зависит от того, что приходится одновременно заботиться о расположении станции выше уровня высоких вод в протоке, для чего в некоторых случаях окружают их дамбами или поднимают всю территорию на известную высоту. После этих соображений общего характера, имеющих значение для очистной станции любого типа, мы перейдем к изложению тех приемов, которых следует, по нашему мнению, держаться при проектировании механических и механо-химических очистных станций.

Современные станции для механической очистки должны состоять из сооружений для выделения плавающих и крупных взвешенных веществ—*решеток или сит*, и сооружений для выделения мелких взвешенных веществ—*осадочных бассейнов или колодцев или осветлительных котлов*. В случае применения сит для задержания мелких взвешенных веществ (система Ринша) в постройке

осадочных сооружений нет надобности; в случае же устройства песколовков и решеток при насосных станциях, подающих сточные воды на очистные сооружения, они могут быть исключены из схем очистных станций. При необходимости дезинфекции осветленных сточных вод во время эпидемий к этим сооружениям необходимо присоединить еще *специальные бассейны или колодцы для дезинфекции*. При применении общесплавной системы необходимо устройство *ливнеспуска с ливнеотводным каналом*, который, в зависимости от принятого коэффициента разжижения (1—6), устанавливает предельную работу очистных сооружений. По своей конструкции ливнеспуски не отличаются от тех, которые применяются при постройке канализационной сети<sup>1)</sup>, но в настоящее время для предотвращения загрязнения водных протоков снабжаются решетками или перегородками, не доходящими до дна каналов. На черт. 114 (a—c) показана



Черт. 114.

конструкция одного из новых ливнеспусков в г. Берлине. Далее, при проектировании станции для механической очистки, равно как и для очистных станций любого типа, необходимо подробно остановиться на *способе удаления и обработки осадков*, и в зависимости от избранного метода обработки *оставить необходимую для их устройства площадь* или предвидеть *особое помещение* (методы удаления и обработки осадков будут изложены нами подробно ниже, в главах XIII и XIV). Главное отличие *механо-химических станций* от *механических* заключается в добавлении к последним *камеры смешения*, которая устраивается после осаждения тяжелых веществ в песколовках, и *помещения для растворения реактивов*, откуда они по трубам должны быть направлены в камеру

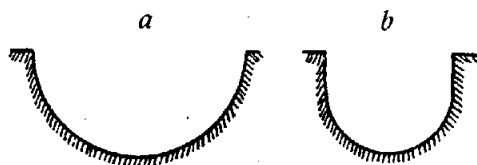
<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, глава XIV.



смешения. Здесь заблаговременное разрешение вопроса об обработке осадков имеет еще большее значение, так как при эксплуатации этого метода получается большее количество осадков, чем при любом методе очистки сточных вод.

Все основные сооружения, входящие в состав очистных станций, должны быть сделаны по крайней мере *двойными*, чем достигается возможность исключения из работы любой части станции на случай очистки или ремонта. При *больших количествах* сточных вод, подлежащих очищению, очистная станция распадается на несколько *параллельных частей*. В этом случае сооружения, входящие в состав механической очистки, комбинируются следующим образом: пред входом на станцию в приводном канале располагается ливнепуск с ливнеотводным каналом, затем приводный канал разветвляется по числу параллельных частей установки на более мелкие каналы, из коих каждый приводит сточные воды в песколовку; после прохода через песколовку сточные воды проходят через решетки или сита, из коих уже поступают в осадочные устройства или осветлительные котлы; из этих же сооружений сточные воды удаляются по главному отводному каналу в водные протоки или же в случае устройства бассейнов для дезинфекции во время эпидемий напускаются в них до выпуска в водные протоки. Видоизменение этой схемы для механо-химической очистки определяется легко из перечня вышеприведенных сооружений.

Каналы, чрез которые протекают сточные воды при переходе из одного сооружения в другое, желательно делать или полукруглыми, или прямоуголь-



Черт. 115.

ными с круговым основанием (черт. 115 *a—b*) и придавать им такие уклоны, чтобы даже при маленьких расходах не отлагались бы на дне их осадки. По этой же причине все перемены поперечных профилей сечений каналов должны делаться плавно, без резких переходов. Определение их сечений ведется

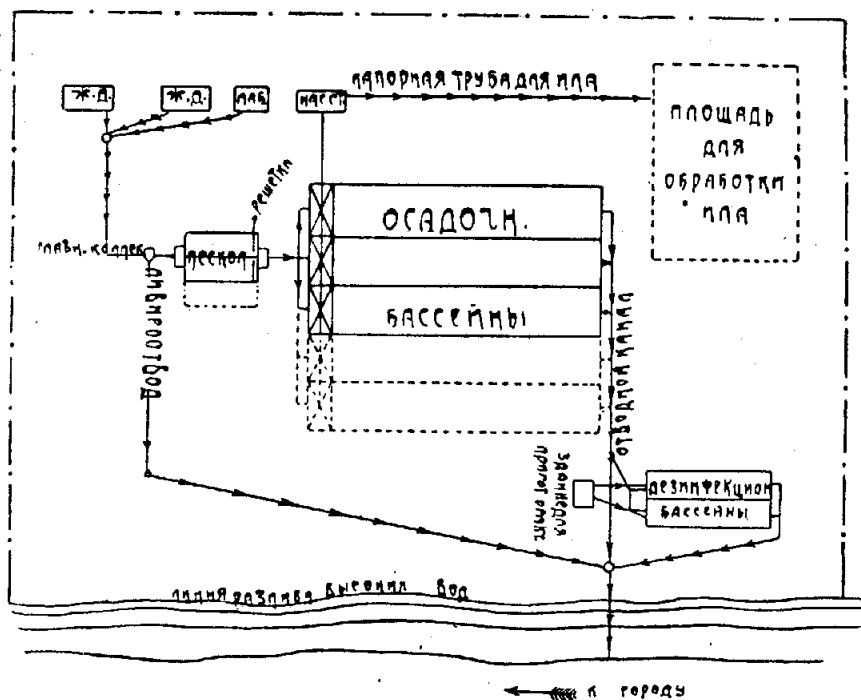
по известной формуле Гангиллье и Куттера, при чем для осветленных сточных вод коэффициент шероховатости может быть понижен с 0,35 на 0,30.

Так как в настоящее время применяется повсюду на очистных станциях механическая очистка песколовки, решеток и сит, за исключением очень малых установок, то для этой цели над песколовками с решетками строят здание, где устанавливаются двигатели для передвижения норий и решеток, и где сосредоточивается передача осадков на вагонетки. В этих же зданиях обыкновенно и устанавливаются в случае надобности насосы для перекачивания осадков. На механо-химических станциях насосы для перекачки осадков могут быть помещены в том же здании, где происходит растворение реактивов и обработка осадков по какому либо машинному способу (фильтро-прессование, центрофугирование).

Так как находящиеся в этом здании механические установки подвергаются постоянному соприкосанию с газами и водяными парами, то для их защиты необходимо заботиться об устройстве в машинных зданиях рациональной *вентиляции*, а все незащищенные части оцинковывать или окрашивать. Некоторые же части, которые подвергаются изнашиванию во время эксплуатации, делают из бронзы или меди.

Помимо этого, на станции устраивается *лаборатория для производства ана-*

лизов с квартирой для заведующего лабораторией; на английских же очистных станциях устраивается в этом же здании и зал для заседаний, в котором обсуждаются вопросы, связанные с эксплуатацией очистных станций. На станции устраиваются также квартиры для рабочих и квартира для заведующего станцией, что является особенно важным при значительном расстоянии станции от города.



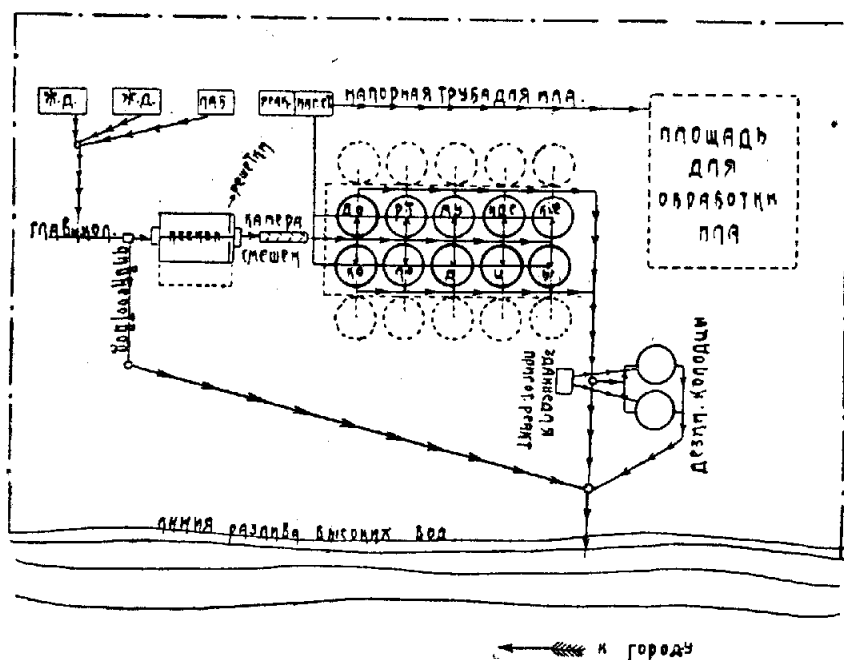
Черт. 116.

Для сокращения *строительных расходов на сооружение станции и оплаты процентов на затраченный капитал* сначала следует построить ее в таком размере, чтобы она могла работать на расход данного момента, увеличенный количеством воды, которое будет изливаться в канализационную сеть *через 5—6 лет*. Но для тех частей станции, которые постепенно, по мере роста расхода сточных вод, должны быть присоединены к проектируемой, должна быть оставлена *достаточная площадь* и притом с таким расчетом, чтобы расширение не вызвало коренной ломки существующих сооружений. Если механической или механо-химической очисткой довольствуются только в первый момент за неимением средств или из-за желания испытать ее при данных местных условиях, то необходимо оставить достаточную площадь для развития будущих сооружений. С *экономической* точки зрения всегда выгоднее сразу отчуждить нужное, хотя бы и не в данный момент, количество земли.

Для вывоза осадков или сделанных из них брикетов со станционной территории в соответственных местах прокладываются *рельсовые пути*, кроме того, для сообщения между отдельными частями станции устраиваются *дороги и тротуары*.

Как сооружения, входящие в состав очистных станций, так и другие здания и дороги желательно освещать *электричеством*. Установка динамо-машины делается в том же здании, где сконцентрированы и другие механические двигатели. При близком расстоянии станции от города электричество получается из городской кабельной сети.

В некоторых случаях станции во время поднятия высоких вод не могут выпускать сточные воды самотеком. Тогда для подъема воды на станционной территории устраивается специальная *насосная станция*, которая работает лишь во время стояния высоких вод и паводков (гор. Напаи). Во время этой работы приток сточных вод на станцию прекращается, и сточные воды направляются



Черт. 117.

в обводной канал, из коего уже поступают в сборный резервуар насосной станции. Таким образом, в этом случае сточные воды спускаются в реки безо всякой очистки.

На основании вышеизложенных соображений схемы механических и механо-химических станций могут быть представлены в следующем виде (черт. 116 и 117).

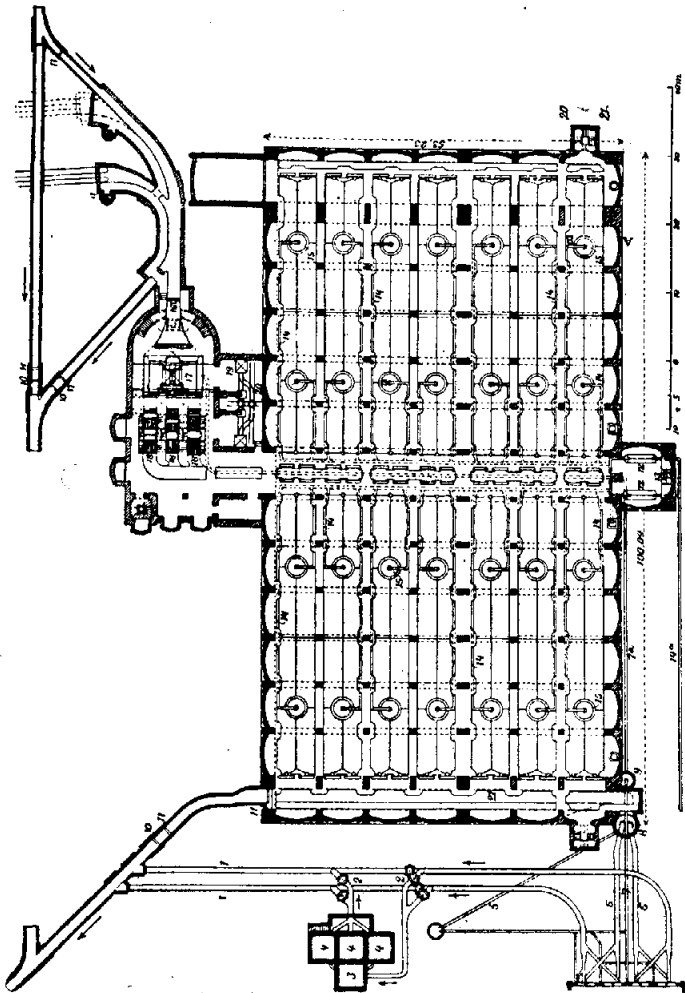
§ 2. Описание станций для механической очистки сточных вод. Переходя к описанию станций для механической очистки, мы дадим сначала 3 примера станций с осадочными бассейнами, затем один пример станции с осадочными колодцами и один пример станции с ситами Ринша.

Одной из старинных установок является построенная в 1887 г. инж. Линдлей очистная станция во Франкфурте на Майне<sup>1)</sup>, канализационная сеть которого устроена по общесплавной системе. Эта станция была сначала построена для механо-химической очистки в осадочных бассейнах длиной 82,4 м и в таком виде просуществовала до 1903—4 года, когда уже было признано нужным перестроить ее для чисто механической очистки (черт. 109). При этой перестройке длина бассейнов согласно опытам Штейернагеля была уменьшена вдвое, вследствие чего вся перестройка обошлась сравнительно недорого (около полу-миллиона рублей).

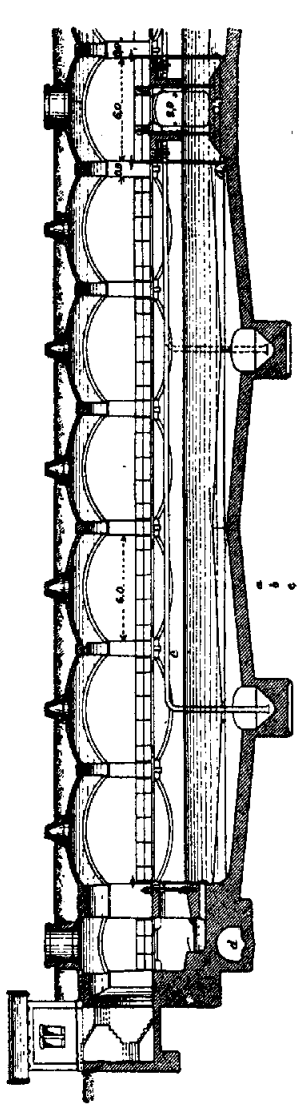
Современная механическая очистная станция во Франкфурте на Майне состоит из 8 осадочных закрытых бассейнов длиной 41 м (черт. 118 a—f), к которым предполагено присоединить в будущем еще 6 новых бассейнов.

<sup>1)</sup> Uhlfelder u Tillmans, Die Frankfurter Kläranlage, Mitt. der Königl. Prüf. für Wasser- vers. und Abwässerbeseit., Heft 10, 1908.

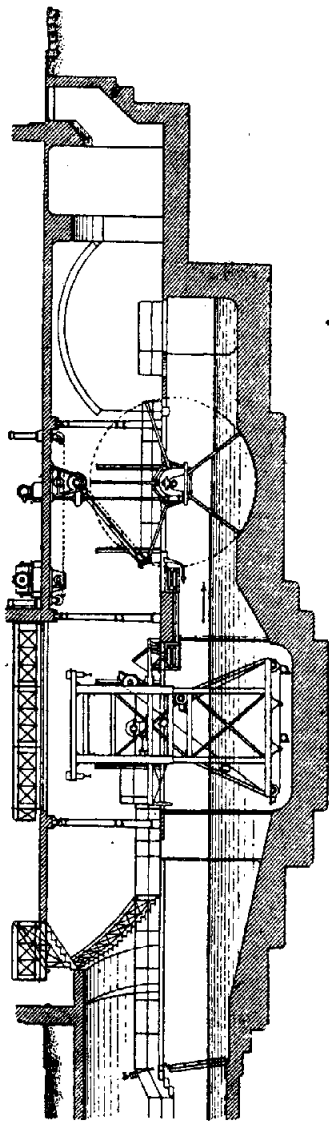
а — план бассейнов.



д — продольный разрез осадочного бассейна.

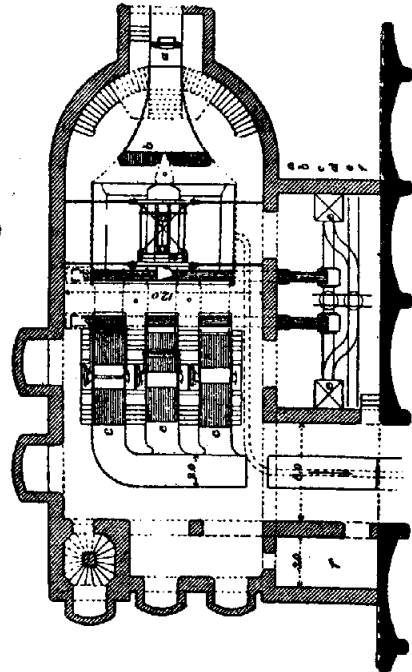


е — продольный разрез песколовки.

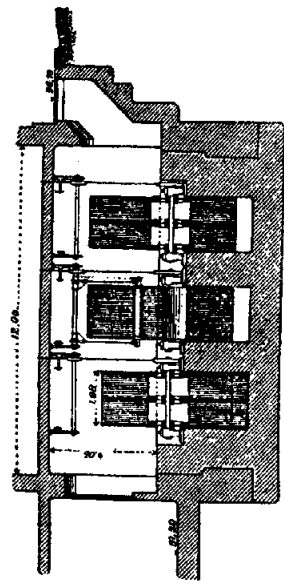


1 — нагнетательные трубы, работающие при высоком горизонте вод в Майне; 2 — задвижки; 3 — распределительная камера; 4 — дезинфекционные фильтры; 5 — нагнетательные трубы; 6 — всасывающие трубы, работающие при выс. гориз. вод в Майне; 7 — всасывающая труба для опорожнения бассейнов от осадков; 8 — колодезь для скопления сточной воды во время выс. вод в Майне; 9 — колодезь для опорожнения бассейнов; 10-11 — затворы; 12 — уащип-котлы; 13 — компрессор; 14 — осадочные бассейны; 15 — воронки для осадков; 16 — промывной затвор; 17 — неподвижные решетки; 18 — крыльчатые решетки; 19 — помещение для перегрузки осадков; 20 — вход в бассейн.

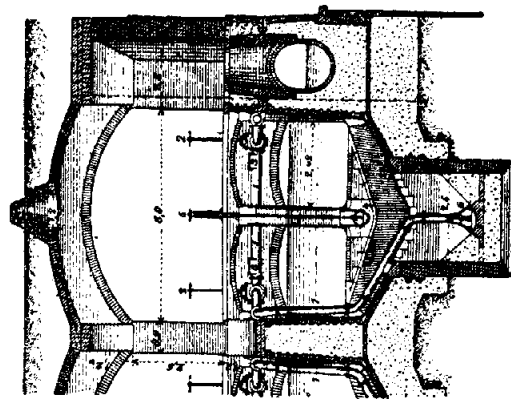
б — план песколовки.



с — поперечный разрез песколовки.



г — поперечный разрез бассейна.



Сточные воды из города Франкфурта протекают в двух коллекторах, заложенных по обоим берегам р. Майна. Соединение их устроено у самой очистной станции, где правобережный коллектор переводится через реку дюкером из двух труб. Левобережный коллектор имеет перед соединением ливнеспуск с ливнеотводным каналом, связанным с главным выводным каналом всей очистной станции. После соединения коллекторов устроен второй ливнеспуск с ливнеотводным каналом, вливающимся в первый ливнеотводный канал. На случай расширения канализации города оставлено место для присоединения второго дюкера. После второго ливнеспуска сточные воды проходят через 2 неподвижные полосовые решетки *b*, поступают в песколовку (черт. 118 *b*, *c* и *e*), из которой тяжелые осадки поднимаются норией на транспортную ленту *d*; осадки по ленте доставляются в перегрузочное помещение, примыкающее к песколовке, откуда удаляются посредством двух подъемников *e*. Движение решеток и норий производится посредством электромоторов, установленных в помещении, устроенном над бассейнами. Далее сточные воды, оставляя песколовку, проходят через 3 решетки сист. Шнеппендаля (черт. 118 *e*) и поступают в расположенную посреди осадочных бассейнов приемную галерею, из которой непосредственно поступают в любой из бассейнов путем открытия соответственного входного затвора. Пройдя бассейны, сточные воды изливаются в выходную галерею чрез отверстия, также управляемые затворами. Из выходной галереи сточные воды при меженном уровне высоких вод стекают по главному отводному каналу в Майн. В целях облегчения удаления осадков из бассейнов в каждом из них сделано специальное углубление, куда они легко стекают благодаря продольному (1 : 10) и поперечному (1 : 3) уклонам, сделанным в дне бассейнов; дно и стенки бассейнов также в целях лучшей очистки их от осадков выложены глазурированными плитками. Самое же удаление осадков производится посредством системы грязевых труб (черт. 118 *d* и *f*), связанных с вакуумкотлами (12, черт. 118 *a*), откуда они выжимаются сжатым воздухом, вырабатываемым компрессором (13), в помещения для обработки осадков. Спуск воды перед удалением осадков производится по трубе *b* с отрезками диам. 300 мм, запираемыми щитками *a* (черт. 118 *d*), которые приводят эти воды в недавно очищавшийся бассейн. В случае поднятия высоких вод в р. Майне спуск осветленных сточных вод самотеком прекращается путем закрытия затвора (11); тогда сточные воды направляются в сборный колодезь, откуда по трубам (7) высасываются насосами, помещенными в отдельно стоящем машинном здании, и нагнетаются в реку по трубам (1). Во время эпидемий к сточным водам в отводном канале прибавляется для дезинфекции хлористая известь, после чего сточные воды не стекают беспрепятственно в реку, а поднимаются насосами прямо на фильтры (4), в целях освобождения от вредного действия для жизни рыб дезинфектанта, откуда по трубам (1) стекают в реку. Над песколовкой установлен резервуар для обмывания водой dna и стенок бассейна после опорожнения.

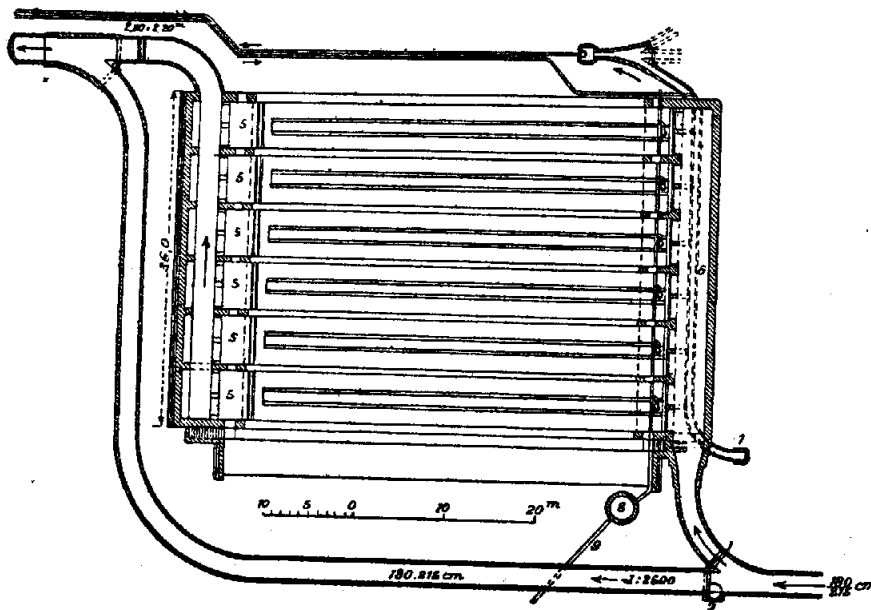
В 1905 году была построена станция для механической очистки сточных вод в г. Маннгейме<sup>1)</sup>. Так как сточные воды поднимаются на очистную станцию насосами, установленными в городской насосной станции, снабженной песколовкой с решетками, то на маннгеймской очистной станции этих сооружений не имеется. Гор. Маннгейм канализован по общесплавной системе.

Маннгеймская очистная станция состоит из 6 открытых осадочных бассейнов, длиной 48 м и шириной 5 м, дно которых сделано с уклоном в 1 : 100, обратным движению жидкости (черт. 119 *a—d*). Сточные воды поступают из приводного яйцевидного канала (разм. 180×215 см) в приемную галерею шириной 3 м, откуда чрез входные отверстия изливаются в бассейны, напоминающие собой по очертанию кельнские бассейны. После протекания чрез бассейны сточные воды при меженном горизонте изливаются в р. Рейн. Входные и выходные отверстия бассейнов снабжены затворами (3 и 4); глубина бассейнов в верхнем конце 2 м, в нижнем 1,5 м. Перед выходными отверстиями бассейнов установлены сита с отверстиями в 3 мм (5). При высоком уровне

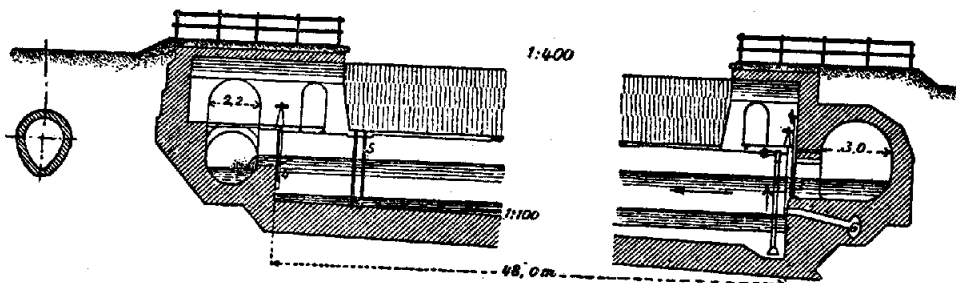
<sup>1)</sup> Mannheim und seine Bauten, 1906.

воды вытекание осветленной сточной воды самотеком прекращается, взамен чего вступают в работу особые насосы и перекачивают сточные воды. При опорожнении бассейнов для очистки сточные воды спускаются по каналу (6) в один из недавно очищавшихся бассейнов; осадки удаляются грязевыми насосами (8) по напорной трубе, диам. 15 см на площадь для их обработки (в размере 31 га). На случай исключения из работы станции, вследствие необходимости произвести капитальный ремонт, устроен особый обводной канал, в пунктах соединения которого с приводным выходным каналом установлены задвижки (1,2).

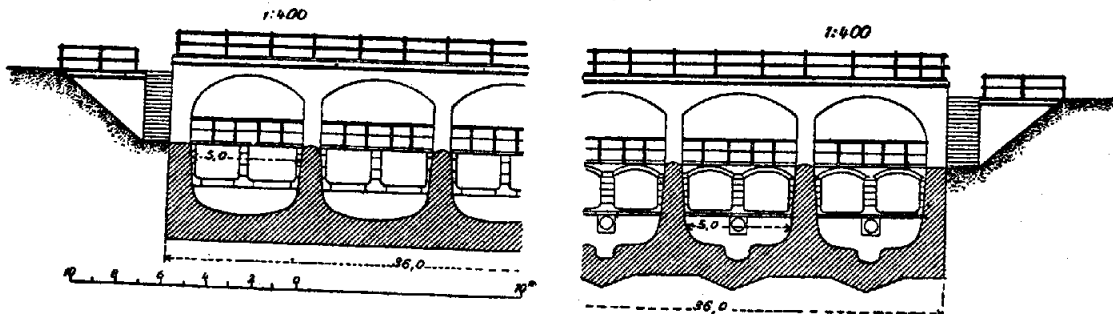
а—план бассейнов.



б—продольный разрез бассейна



в—поперечные разрезы



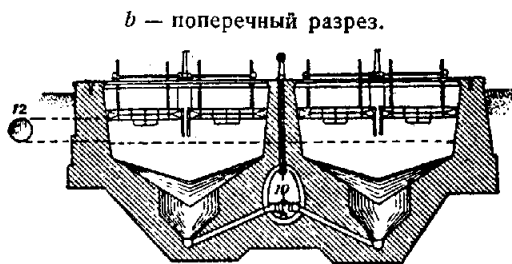
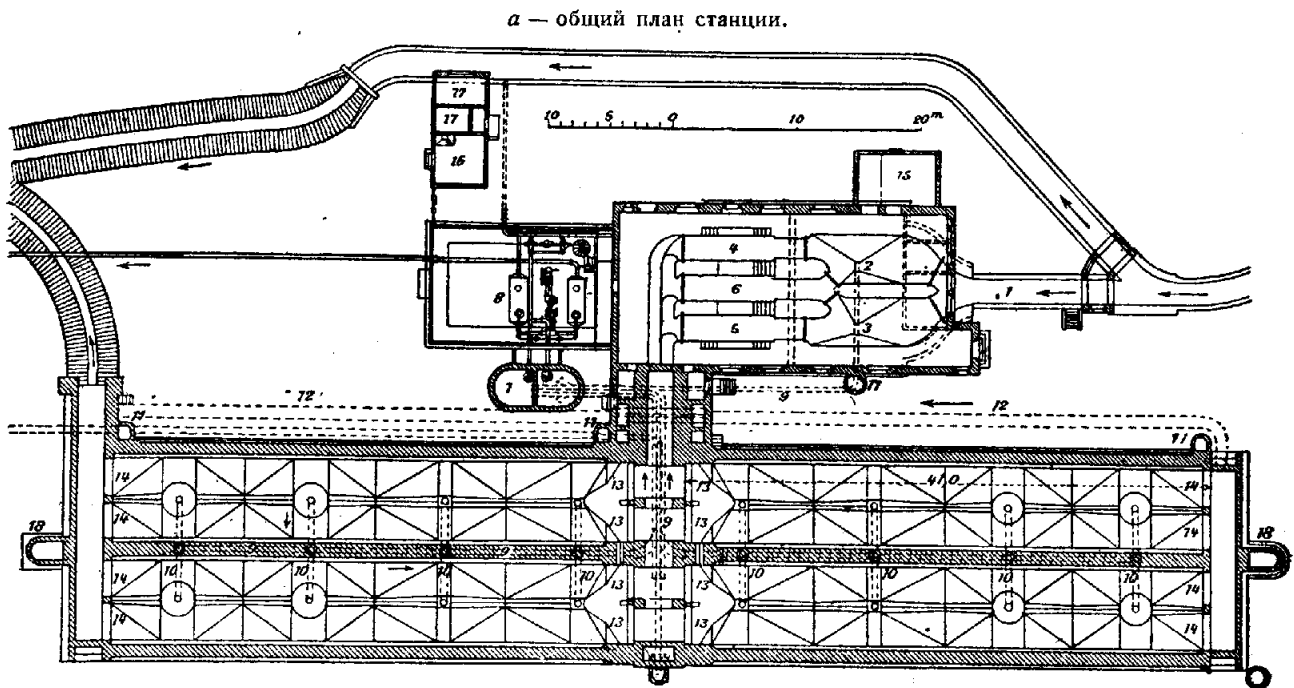
Черт. 119.

Пример станции с осадочными бассейнами для полной раздельной системы, в которой очистка отстойников от осадков производится под водой, представляет собой очистная станция, устроенная в 1906 г. для городов Бармен и Эльберфельд<sup>2)</sup>.

<sup>2)</sup> Schönfelder, Die städtische Abwässerkläranlage von Elberfeld—Barmen, Mitt. der Kbn. Prüfungsanstalt, Heft 8, 1907.

Очистная станция городов Бармена и Эльберфельда состоит из 4 открытых осадочных бассейнов длиной 41 м, шириной 6,5 м и 3-м средней глубиной (черт. 120 а—б).

Сточные воды городов Бармена и Эльберфельда поступают из приводного канала (1) в двойную песколовку (2,3), снабженную норией, из которой, пройдя через две крыльчатые решетки (4,5), поступают в приемную галерею. Из галереи сточные воды протекают через осадочные бассейны в отводные галереи, из которых уже стекают в р. Вуппер. Производительность бассейнов в сутки при скорости в 4 мм достигает 20 000 куб. м, каковая может быть повышена вдвое при увеличении скорости до 8 мм, втрое — при  $v = 12$  мм и т. д. Бассейны снабжены парными входными и выходными затворами



Черт. 120.

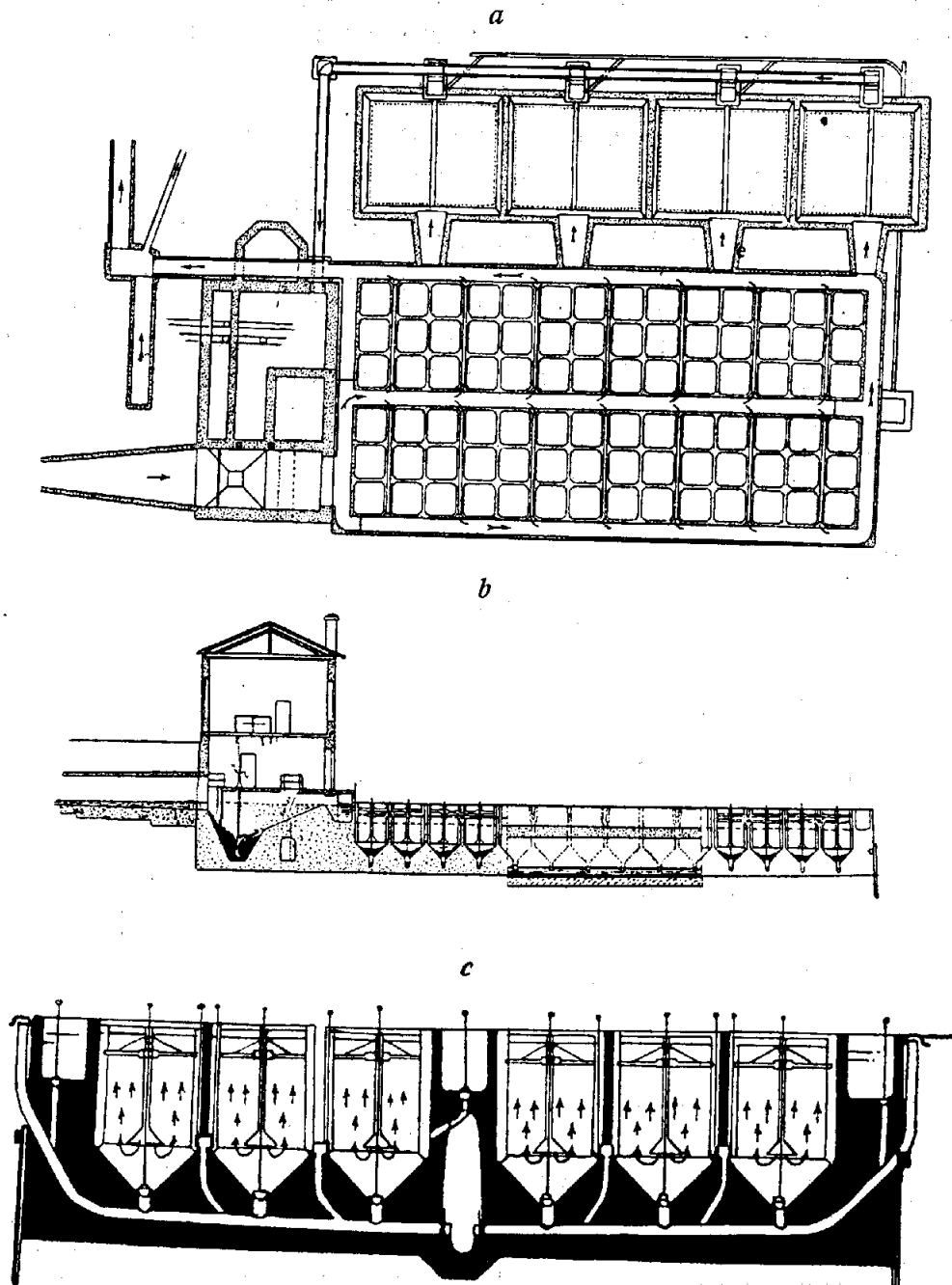
(14 и 13). Особенностью бассейнов этой очистной станции следует признать устройство дна в виде 4 воронок (черт. 88) в которых заложены грязевые трубы с приемными отверстиями, закрытыми вентилями (10). Емкость воронок по мере удаления от входа согласно данным кельнских опытов уменьшается, так как в последних воронках отлагается меньше взвешенных веществ; по этим же данным стенкам двух последних воронок придан более крутой уклон.

Удаление осадков из любой воронки делается после открытия сверху вентиля (10) давлением воды, вследствие чего осадки выжимаются в грязевую трубу (9), проложенную в галерее; из грязевой трубы осадки попадают в двойной колодезь (7), где более мелкие частицы (жир) всплывают в первом отделении. Из колодца осадки высасываются и нагнетаются в пруды для подсушки грязи посредством 2 вакуум-котлов, установленных в машинном здании. Станция, подобно предыдущей, имеет обводной канал. Бассейны построены из бетона, но их поверхность выложена кирпичем. Для промывки установлен резервуар в машинном здании, куда нагнетается дренажная вода. Общая строительная стоимость очистной станции составляет около 270 000 рублей.

Примером очистной станции с осадочными колодцами может служить построенная в 1905 году очистная станция гор. Губен<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Dr. Salomon, Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland, 1907.

Очистная станция гор. Губена, канализированного по общесплавной системе, обрабатывает ежедневно до 9000 куб. м сточных вод, из коих на долю домовых вод приходится до 3000 куб. м. Устройство этой станции состоит в следующем (черт. 121 а—с). Сточные воды, притекая по главному коллектору, размерами  $1,20 \times 1,80$  м, и ударяясь о перегородку, не доходящую до дна канала, поступают в песколовку, откуда, пройдя через решетку с отверстиями в 25 мм, изливаются в главный распределительный канал. Из этого канала сточные воды протекают в 84 колодца системы Mairich'a площадью



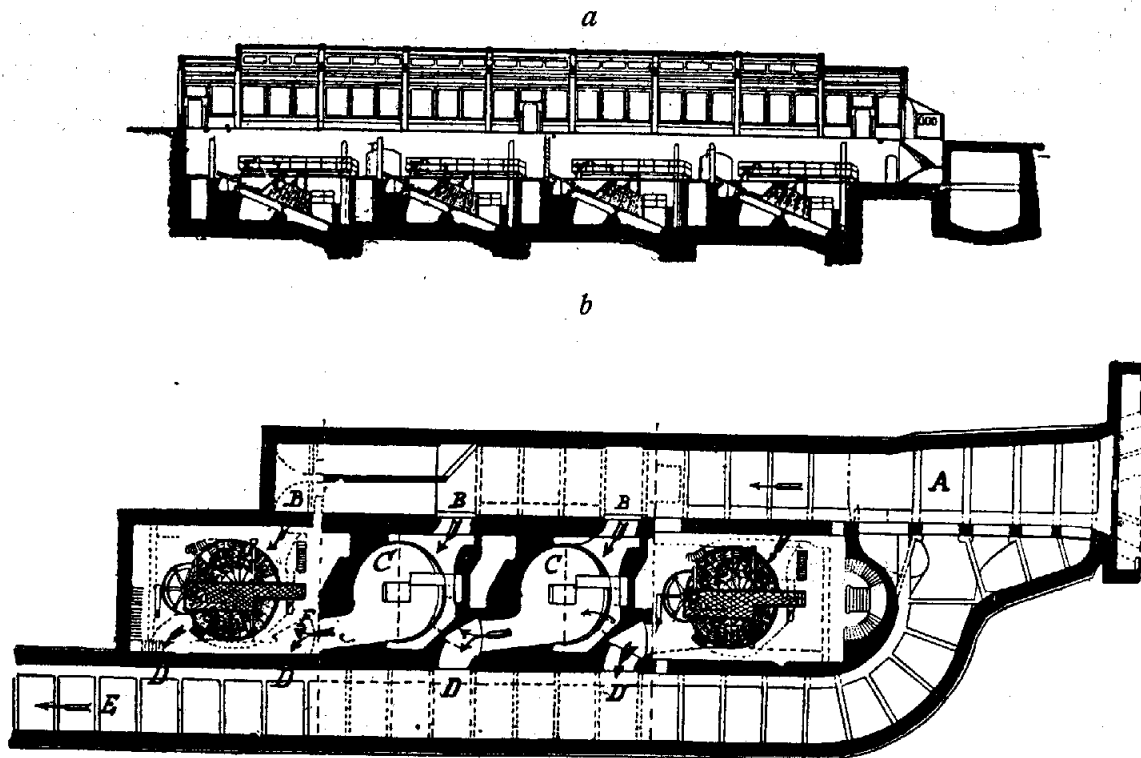
Черт. 121.

5 кв. м, откуда по осветлению стекают в два отводных канала, которые соединяются и отводят воды в р. Neisse. Чтобы избежать отложения осадков в главном распределительном канале, в машинном здании, устроенном над песколовкой, установлена воздуходувка, нагнетающая воздух в этот канал, благодаря чему взвешенные частицы начинают вращаться и легко проносятся далее движением сточных вод. Воздуходувка работает ежедневно в течение 10 минут. Удаление осадков из колодцев производится давлением воды по грязевым трубам, которые впадают в особую сборную шахту. Из этой шахты осадки





сточные воды можно в случае надобности подвергать двойному осветлению через сита. Каждое сито пропускает 4 куб. м сточных вод в секунду и делает один оборот в 2—3 минуты. Электрическая насосная станция имеет 11 насосов, могущих подавать от 800 до 5000 л/сек.; количество насосов, пускаемых в работу, сообразуется с высотой подъема и расходом сточной воды, который во время ливня достигает 16 куб. м/сек. Помимо



Черт. 123.

очистных и подъемных сооружений на территории дрезденской станции устроены здания для администрации, квартиры для служащих, помещения для отдыха и мытья рабочих, установка для парового отопления зданий и площадки для складывания осадков. В целях передвижения на территории станции уложены узкоколейные пути. Стоимость дрезденской очистной станции исчисляется в миллион рублей по довоенным ценам.

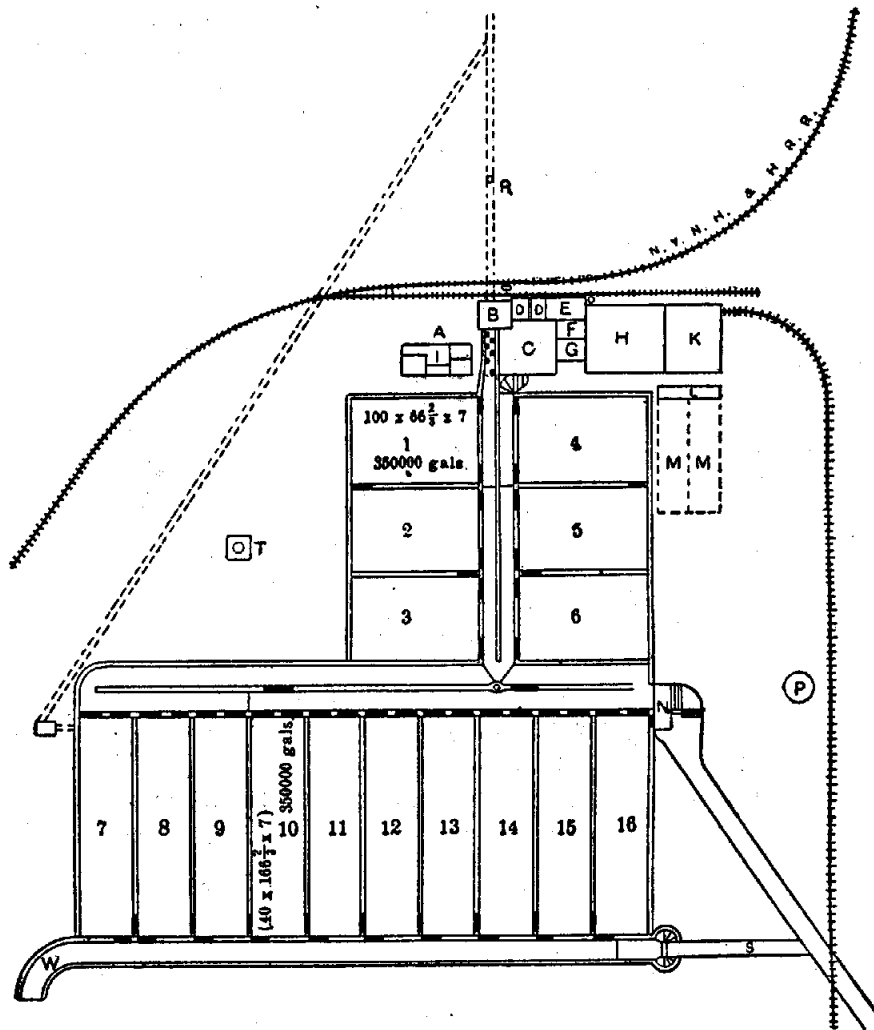
§ 3. Описание механо-химических станций для очистки сточных вод. Одной из старинных механо-химических очистных станций является установка в американском городе Worcester<sup>1)</sup>, устроенная для обработки 13 600 куб. м в сутки в 1890 году. Эта станция была расширена вследствие необходимости обрабатывать до 54 500 куб. м в сутки, из коих 45 415 куб. м обрабатывается механо-химическим путем, а 9085 куб. м посредством метода перемежающейся фильтрации. Та часть Уорчестерской очистной станции, где сохранилась еще химическая очистка, имеет следующее устройство (черт. 124, стр. 164).

Сточные воды гор. Worcester'a проходят через песколовку, после чего они выходят в виде двух каналов, из которых один направляется к фильтрационным полям, а другой идет к механо-химической станции. За 15 м до вступления на очистные сооружения в канал в точке R вливается известковое молоко, которое таким образом перемешивается на этом протяжении со сточными водами. Из этого канала сточные воды сначала протекают через бассейны № 1—6, а из них уже по осветлению во вторую серию бассейнов №№ 7—16, откуда уже стекают по каналу S в р. Blakstone. Удаление осадков после спуска плавучими трубами осветленной воды в соседние бассейны производится самоте-

<sup>1)</sup> Kinnicut, Winslow and Pratt, Sewage disposal, 1911.

ком к сборному колодцу *P*. Из этого колодца осадки посредством эжектора сист. Шона<sup>1)</sup>, получающего сжатый воздух из установленного в здании *N* компрессора, выжимаются в резервуары *M*, в которых к ним прибавляется известковое молоко. После осаждения осветленные воды из бассейнов *M* направляются на фильтрационные поля, а грязь после прохода через решетки *L* накачивается плунжерными насосами в фильтр-прессное здание *K*.

К сохранившимся перед войной 1914 г. механо-химическим станциям следует причислить устроенную в 1886 году станцию с осадочными колодцами по системе Müller-Nahnsen в немецком городе Halle<sup>2)</sup>. Эта станция обслужи-



Черт. 124.

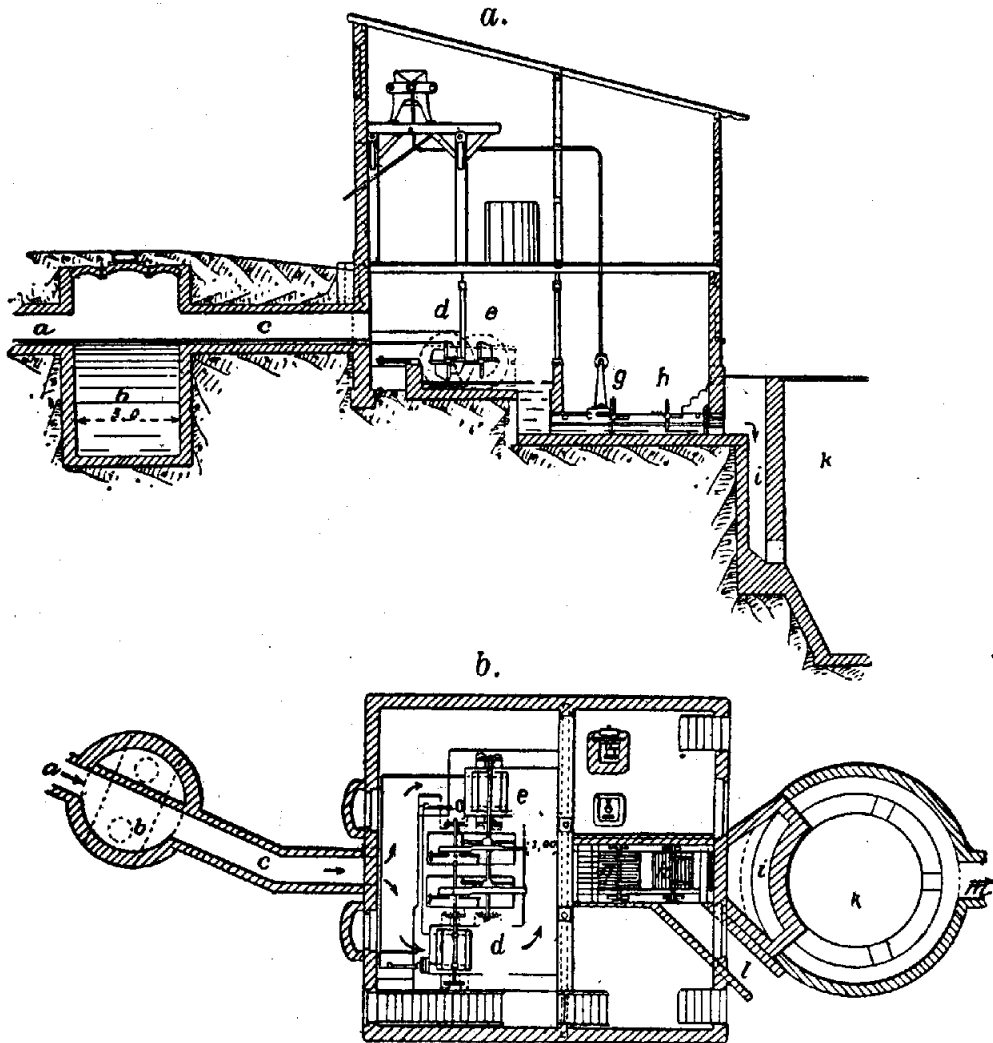
вает не весь город, а только часть его с населением в 20 000 человек, что соответствует расходу сточных вод около 2000 куб. м. Очистная станция в Halle имеет следующее устройство (черт. 126 *a—b*).

Сточные воды из приводного канала *a* сначала поступают в песколовку примитивного устройства *b*, из которой притекают к гидравлическим колесам *d* и *e* и производят их вращение. На одной оси с колесами насажены приемники с реактивами (известковое молоко и смесь из сернокислого глинозема и кремневой кислоты), которые изливаются в канал по мере вращения колес (см. главу IX). Так как скорость вращения колес зависит от количества притекающей воды, то здесь осуществлена дозировка реактивов по количеству обрабатываемой воды. После смешения с реактивами сточные воды проходят через две крыльчатые решетки *g* и *h* и изливаются последовательно в два колодца

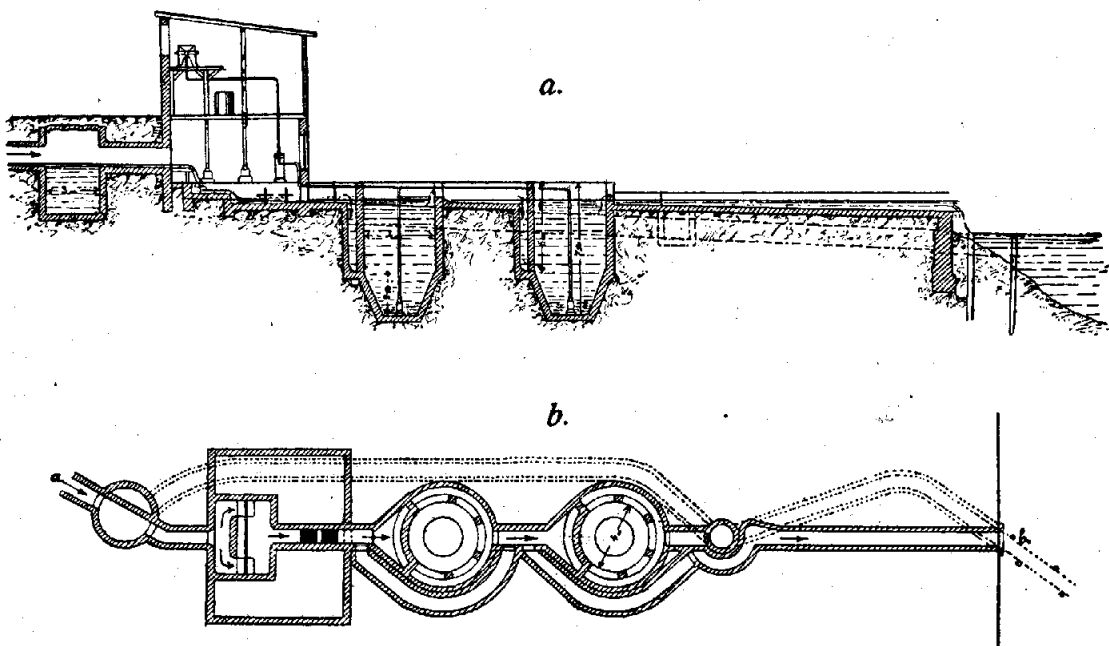
<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

системы Мюллер-Нансен, из которых по открытому отводному каналу вытекают в р. Saale (черт. 126 *a — b*). Осадки из колодцев высасываются по грязевым трубам насосами и передаются на фильтр-прессы. Над камерой смешения устроено здание, где установлены насосы и фильтр-прессы и производится растворение реактивов; кроме того, здесь

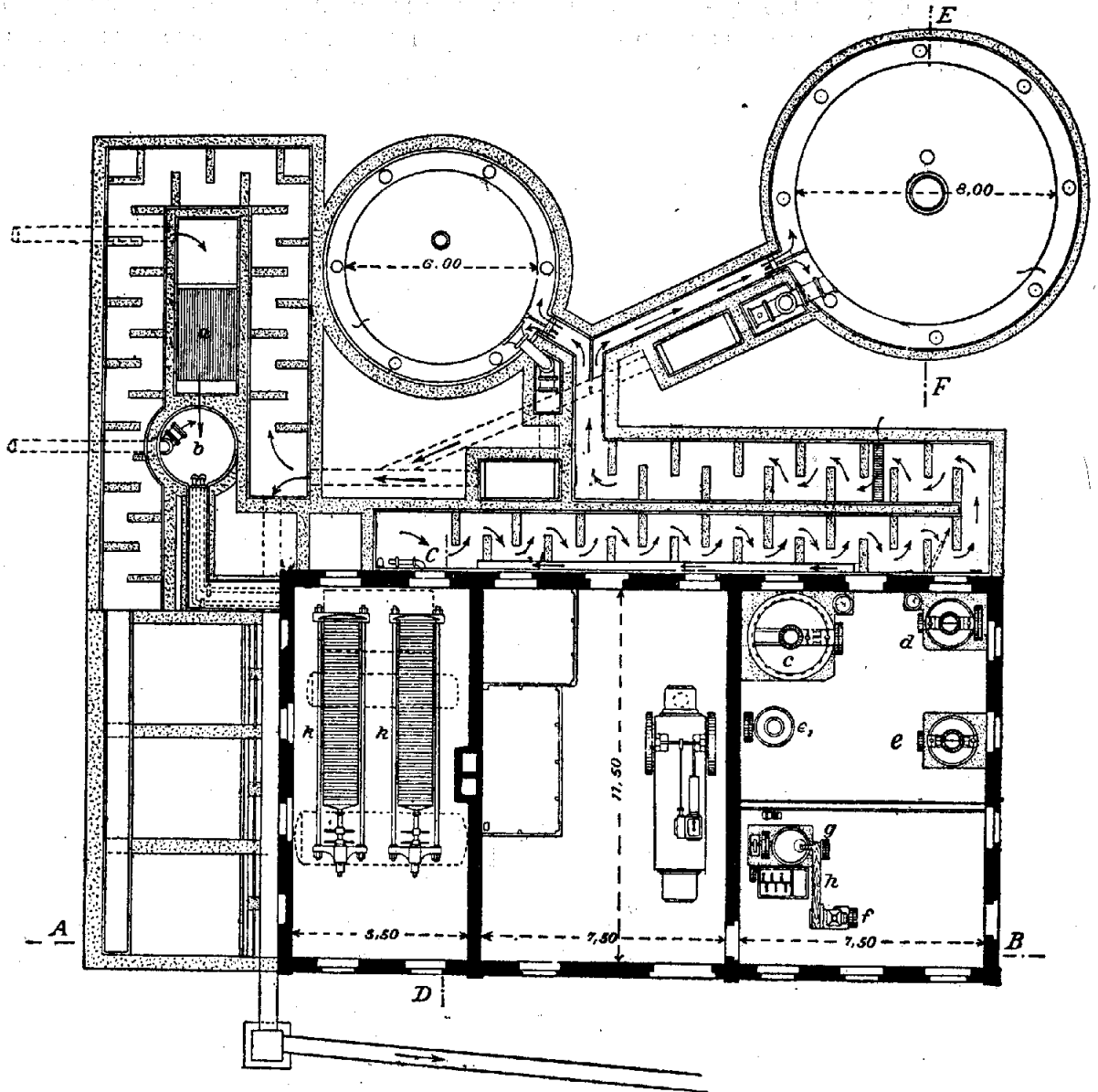


Черт. 125.



Черт. 126.

а — план.

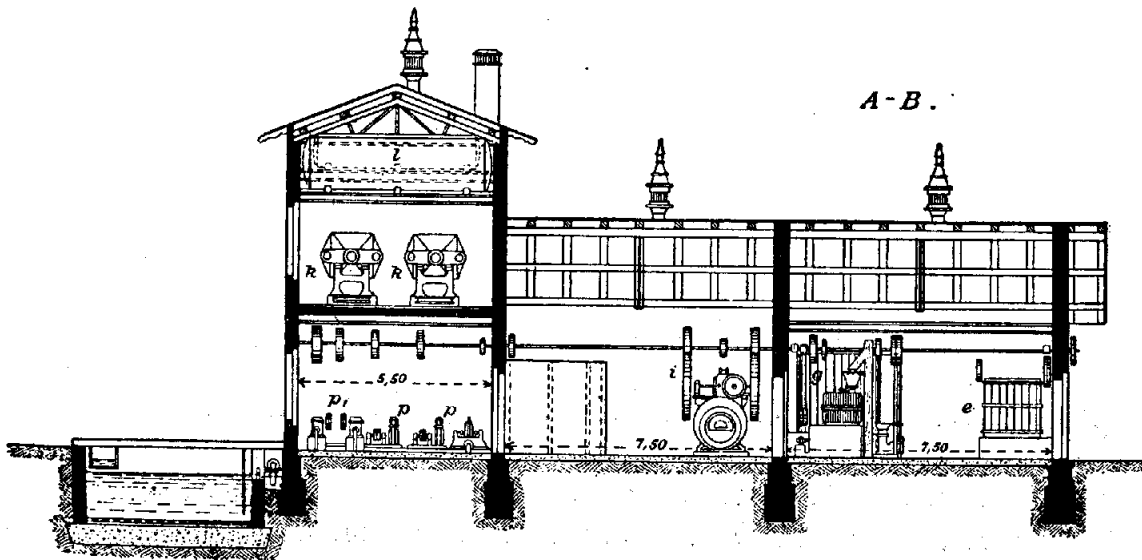
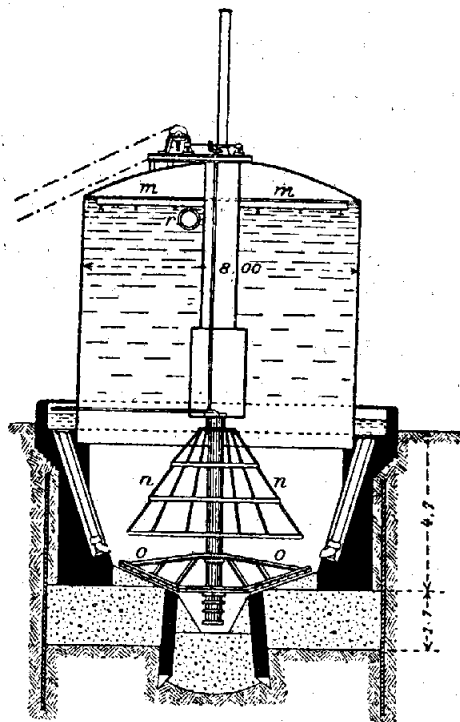
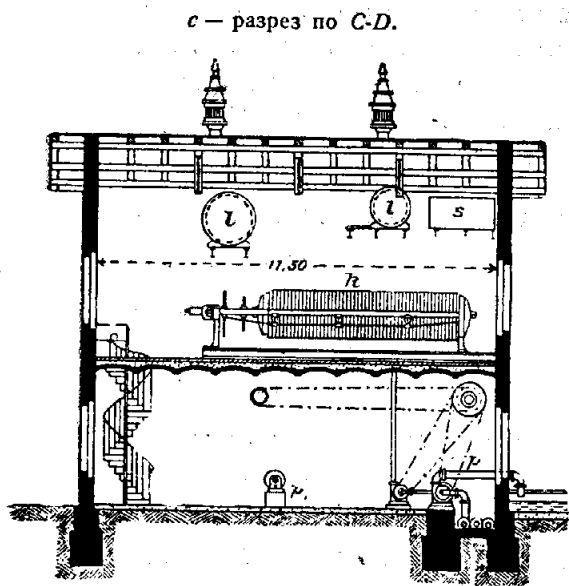


Черт. 127.

же имеется вентилятор для удаления пахучих газов. На случай капитального ремонта или перестройки станции имеется обводной канал, показанный на черт. 126 *b* пунктиром. Стоимость постройки этой станции около 15 000 рублей.

Примером установки с осветлительными котлами сист. Дегенер-Роте является очистная станция м. Тегель (Tegel bei Berlin), канализированного по отдельной системе. На этой станции обрабатывается ежедневно от 1500 до 1700 куб. м сточных вод, из коих половина относится к фабричным водам. Тегельская очистная станция имеет следующее устройство (черт. 127 *a—d*, стр. 166 и 167).

Сточные воды поступают по каналу и сифону в колодезь (глуб. 6 м) *b*, откуда поднимаются насосами *pp* в камеру смешения, где в точке *C* производится добавление измолотого бурого угля (в количестве 2 кг на 1 куб. м), тогда как добавление смеси из сульфатов глинозема и железа в количестве от 300 до 350 г производится несколько ниже; в камере смешения на пути движения сточных вод установлена решетка. Из камеры смешения сточные воды проходят через котлы Роте и затем по осветлению стекают по отводному каналу в озеро Тегель. Во время эпидемии сточные воды подвергаются дезинфекции хлористой известью, проходят через новую камеру смешения, из которой чрез

*b* — разрез по *A-B*.*d* — разрез по *E-F*.

Черт. 127.

угольные фильтры стекают в главный отводной канал. Осадки из воронок осветлительных котлов высасываются посредством одного из насосов *p* и поднимаются в грязевые котлы *l*, из которых по мере надобности поступают в фильтр-прессы *к*. Приготовление реактивов производится в правой части здания. Здесь в переднем помещении установлена дробилка для угля *f*, откуда раздробленные куски посредством подъемника поступают в мельницу *g* для размалывания угля на мельчайшие частицы и прибавления необходимого количества воды; получающаяся таким образом угольная каша поступает в сосуд с мешалками *с*. В заднем помещении производится растворение порошкообразных реактивов (сульфатов глинозема и железа) в сосуде *e*, а перемешивание их в сосуде с мешалками *d*; растворение хлористой извести делается в сосуде *e*<sub>1</sub>. Источником энергии для передвижения различных машин и орудий служит локомобиль мощностью 33–50 HP, для которого топливом служат брикеты, выделанные из осадков. Станция занимает площадь в 0,38 га. Строительная стоимость станции исчисляется в 100 000 рублей.

## ГЛАВА XI.

### Способы предварительной обработки сточных вод. Загниватели

§ 1. Значение загнивателей. Процессы гниения. Кроме описанных нами в главах VI—X *механических и механо-химических* способов очистки сточных вод, которые, помимо самостоятельного их применения, употребляются для *предварительной обработки сточных вод*, в конце прошлого столетия получили широкое распространение *загниватели* (септики, septic tanks, fosses septiques, faulkammer).

До применения загнивателей к очистке городских сточных вод, сделанных впервые Сатерн'ом в 1895 г. в гор. Exeter, они были предложены Моигас вместо выгребов для скопления нечистот в домах <sup>1)</sup>. Несколько усовершенствованные Моигеан септические выгреба Моигас быстро распространились по Западной Европе и у нас в С.С.С.Р., где получили название по имени представителя *„выгребов Шамбо“*.

*Загниватели* представляют собой бассейны известной конструкции, в которых выделившиеся осадки вследствие долгого пребывания их в бассейнах подвергаются *процессам гниения и разложения*. Из этого определения явствует, что *загниватели* по своей конструкции *подобны осадочным бассейнам* и отличаются от них, главным образом, *в объемном отношении*, как вследствие *меньшей скорости движения сточных вод*, так и вследствие необходимости иметь *большой объем для скопления осадков*, которые лежат в загнивателях *по несколько месяцев*. *Процессы гниения и разложения осевших на дне загнивателей взвешенных веществ органического происхождения развиваются* благодаря деятельности *живущих в отсутствии воздуха (анаэробных) микроорганизмов и их энзимов, растворенных в их клеточном соку* <sup>2)</sup>. *Анаэробные микроорганизмы* для своего питания заимствуют *кислород* из сложных органических соединений и тем способствуют их распаду на более простые соединения. В результате сложных *анаэробных* процессов распада органических веществ получаются известные количества *водорода, метана, азота, углекислоты, сероводорода и аммиака*. Напр., процесс разложения альбумина ( $C_8H_{13}N_2O_5$ ) происходит так:  $4C_8H_{13}N_2O_5 + 14H_2O = 4N_2 + 19CH_4 + 13CO_2 + 2H_2$ , т. е. альбумин разлагается на азот, метан, углекислоту и водород.

Вследствие развития процессов гниения в лежащих на дне загнивателей осадках появляющиеся при этом *газы* естественно стремятся пройти чрез находящийся над осадками слой сточной воды в верхнюю часть загнивателей и

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

<sup>2)</sup> Подробнее см. В. Л. Омелянский, Основы Микробиологии, 1909.

увлекают за собой вверх уже осевшие частицы. В результате этого движения газов на поверхности сточной воды в загнивателе образуется плавающий слой — корка. Если до поступления сточной воды в загниватель не имеется приспособлений для выделения плавающих веществ (решеток или сит), то и они входят в состав корки. В этой корке, образующей более или менее плотную массу черно-коричневого цвета, сильно развиваются плесневые и дрожжевые грибки и размножаются дождевые черви, личинки насекомых, мухи и т. п. Поверхностные слои корки с течением времени приобретают ломкий, землистый характер, и на них показываются островки, поросшие травой и другими растениями. Так как процессы гниения органических веществ протекают интенсивнее летом, вследствие более высокой температуры воздуха, чем зимой, то и толщина корки летом меньше, чем в зимнее время. Толщина корки зависит, главным образом, от состава сточных вод и от времени их пребывания в загнивателе, вследствие чего и колеблется в пределах от 0,25 до 0,50 м, доходя при благоприятных условиях даже до 1 м. Корка образуется как в закрытых загнивателях, так и в открытых, при чем разница в работе обоих типов загнивателей с практической точки зрения невелика<sup>1)</sup>. Только ветры оказывают некоторое влияние на толщину корки в открытых загнивателях, сгоняя ее к их стенкам и тем самым способствуя более интенсивному выделению в воздух газов и осаждению частиц на дне загнивателей. Корка, по мере ее роста, несомненно уменьшает полезную емкость загнивателей и может увеличиться до такой степени, что закроет отверстия входной и выходной труб, благодаря чему образуется подпор в приводном канале. Для предотвращения подобного явления выгнившую корку необходимо удалять чрез известные устанавливаемые практикой промежутки времени. В Англии считают, что образование корки требует увеличения объема загнивателей, и поэтому ее систематически удаляют по мере ее образования чрез незначительные промежутки времени.

Количество выделяющихся в загнивателях газов весьма различно и зависит как от состава сточных вод, так, в особенности, от температуры. По опытам, сделанным в гор. Leeds<sup>2)</sup>, количество газов в загнивателях не превышало 10% всего количества обработанной воды. Fowler находит, что в манчестерских загнивателях количество выделяющихся газов составляет 7,5%; такие же результаты получены и Clark'ом. Проф. Frühling дает для объема газов норму в 2—4%. К его норме подходят данные, полученные Kinnicut и Eddy в загнивателе американского города Worcester, а именно 3,9%. На этой же очистной станции получены интересные данные о влиянии температуры на количество выделяющихся в загнивателях газов, которые изображены на нижеследующем графике (черт. 128), где верхняя кривая показывает изменение температуры, а нижняя — количество выделяющихся газов. По данным Sierp<sup>3)</sup> выделение газов в загнивателях не может иметь места при температуре ниже 6°. Наиболее выгодной для газообразования температурой, по его мнению, будет

<sup>1)</sup> Brouardel et Mosny, Traité d'Hygiène, vol. XV, 1913.

<sup>2)</sup> Harding and Harrison, Report on experiments in sewage disposals, Leeds, 1905.

<sup>3)</sup> Sierp, Einfluss der Temperatur auf die Zersetzungs Vorgänge in den Schlammfäulräumen, Techn. Gem., 1925.



25<sup>0</sup>. По новому исследованию Blunk'a <sup>1)</sup> годовое количество газов, отнесенное к 1 жителю, возрастает по мере скопления осадков в загнивателях и достигает чрез 6 месяцев—12 куб. м в сутки. В общем же для немецких загнивателей можно принимать 3 куб. м газа в год на 1 жителя или в среднем 8 л на человека в сутки. Но, если прибегнуть к искусственному подогрева-



Черт. 128.

нию загнивателей в целях поддержания в них постоянной температуры в 25<sup>0</sup>—30<sup>0</sup>, то количество выделяющихся в них газов, согласно опытам Strassburger'a <sup>2)</sup> в Эрфурте, достигает 6—10 куб. м газа на человека в сутки. Из смеси выделяющихся газов следует признать наиболее важным болотный газ (метан), большее или меньшее содержание которого обуславливает горючесть смеси. По данным проф. Calmette, полученным на его очистной станции в Madeleine (близ г. Lille), содержание метана составляет от 37,5% до 59,3% смеси (в среднем 47,8%). Поэтому на некоторых установках (Exeter, опытная станция Гамбурга) прибегали к сжиганию этой смеси газов в осветительных фонарях. Так, в Новом Южном Уэльсе (Америка) <sup>3)</sup> была устроена установка с использованием газов из загнивателей для двигателей сист. Hornsby, в которых получилась мощность в 10 HP, достаточная для приведения в движение динамомшины для 85 ламп. Но, в общем случае, по мнению Fowler'a <sup>4)</sup>, утилизация газов загнивателей не представляется выгодной с экономической точки зрения в странах с умеренным климатом. Наоборот, это является вполне целесообразным в тропических странах, где вследствие высокой температуры воздуха и большей концентрации органических веществ в сточных водах процессы гниения протекают интенсивнее, что естественно сопровождается увеличением количества выделяющихся газов. Вследствие долгого пребывания в загнивателях осадки уплотняются под давлением слоя протекающей воды, в результате чего в них уменьшается содержание воды до 80% в то время, как осадки в бассейнах, колодцах и котлах имеют 90—95% воды.

<sup>1)</sup> Blunk, Beitrag zur Berechnung von Faulräumen, Ges. Ing., 1925.

<sup>2)</sup> Strassburger, Leuchtgas aus dem Klärschlamm von Abwässerkläranlagen, Ges. Ing., 1924.

<sup>3)</sup> Wade, Utiliting Gas from septic tank for production of power, Eng. Rec., 1912.

<sup>4)</sup> Fowler, Die Behandlung des Abwassers unter tropischen Verhältnissen, XIV Internationale Kongress für Hygiene und Demographie, 1907.

Благодаря такому уменьшению содержания воды осадки загнивателей требуют для себя места в 2—4 раза меньше, чем осадки, получающиеся при применении механических способов очистки сточных вод.

Уплотнение осадков в загнивателях создало возможность для ряда исследователей утверждать, что *количество осадков в загнивателях сильно уменьшается*. Уменьшение это имеет место отчасти благодаря образованию газов, но в общем, как мы уже видели выше, незначительно. Если принять во внимание, что общий вес известного объема газов в 800 раз меньше такого же объема осадков, то потеря их на газообразование будет составлять всего 8—12%. Кроме того, *уменьшение количества осадков* может зависеть и от растворения и разложения в них содержащихся *органических веществ*. В первые годы появления септиков *разведанию осадков* (Schlammverzehrung) придавалось несколько преувеличенное значение: ряд исследователей доказывал, что количество осадков уменьшается на 70—90%, благодаря чему загниватели будто бы почти совершенно не требуют очистки в течение многих лет. В действительности же оказалось, что в большинстве городов *осадки в загнивателях* уменьшаются *от 25 до 50%*, как это можно видеть из следующей таблицы XXX.

Таблица XXX.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Уменьшение осадков в загнивателях в %	НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Уменьшение осадков в загнивателях в %
Hamilton . . . . .	58	Manchester . . . . .	25
Glasgow . . . . .	50	Exeter . . . . .	25
Huddersfield . . . . .	38	Birmingham . . . . .	10
Accrington . . . . .	35	Worcester (С. Ам.) . . . . .	39
Scheffield . . . . .	32,9	Boston . . . . .	42
Leeds . . . . .	30	Saratoga . . . . .	69
Iford . . . . .	30		

Разнообразие в цифрах таблицы XXX легко объясняется различиями как в составе сточных вод, так и в способе обработки их до впуска в загниватели.

Вследствие задержания растворения и разрушения органических веществ в загнивателях *состав вытекающей из них воды* подвергается *значительным изменениям*. Дунбар<sup>1)</sup> констатирует, что на гамбургской опытной станции в стоках из загнивателей наблюдалось *понижение окисляемости на 33%* и *уменьшение органического азота на 37%*, *органического углерода на 40%* и *альбуминоидного аммиака на 23%*. Проф. Кальметт<sup>2)</sup> приводит в своих

<sup>1)</sup> Prof. Dunbar, Leitfaden für Abwasserreinigung.

<sup>2)</sup> Prof. Calmette, Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout. Vol. I—IX.

сочинениях результаты своих опытов о работе загнивателей на станции de la Madeleine, по которым устанавливается уменьшение в стоках из загнивателей органического углерода на 46<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и органического азота на 36<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Подобные данные получились и на многочисленных английских и американских очистных станциях. Так, напр., понижение окисляемости в Лидсе достигало 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, в Лейчестере 30—60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, в Плэнфильде 29—31<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, в Бирмингеме 29<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; количество альбуминоидного аммиака уменьшилось в Эксетере на 38—54<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, Лейчестере на 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, в Бирмингеме на 36<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Параллельно с этими изменениями, характеризующими осветление сточной воды, стоки из загнивателей обогащаются за счет продуктов распада органических веществ (аммиака и сероводорода). Так, напр., увеличение аммиачного азота за счет органического равняется в Гамбурге—13<sup>1</sup>/<sub>2</sub><sup>0</sup>/<sub>0</sub>, Манчестере—15,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, Бирмингеме—22,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, Лилле—28<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, Эксетере—36,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и т. д.; увеличение в стоках из загнивателей сероводорода достигает в Гамбурге 15 мг в 1 л, в Москве 15—21 мг и т. д.

Так как загниватели представляют собой одну из ряда конструкций, применяемых лишь для предварительной обработки сточных вод, то является весьма важным для их оценки выяснить, насколько осветленная на загнивателях вода является пригодной для последующей обработки на биологических фильтрах. Опытами проф. Дунбара на гамбургской станции установлено, что свежие незагнившие сточные воды очищаются на окислителях лучше, чем стоки из загнивателей. Подобные же результаты получились и в Москве на опытной станции, где осветленные в осадочных бассейнах воды очищались лучше на фильтрах, чем воды из загнивателей. Между тем, английские исследователи находили, что подготовка сточных вод для биологической очистки только и возможна в загнивателях. Это противоречие легко объяснить тем, что опыты в Гамбурге и в Москве делались со свежими сточными водами, но освобожденными от нерастворенных веществ в осадочных бассейнах, тогда как английские гигиенисты и инженеры делали наблюдения над свежими сточными водами, напускаемыми непосредственно из водосточных каналов. Едва ли нужно доказывать, что напуск подобных сточных вод может повести лишь к быстрому заилению биологических фильтров, и что поэтому в количественном отношении загниватель защищает биологические фильтры от заиления наравне с простым осадочным бассейном. Но с качественной точки зрения, благодаря развитию при процессах гниения некоторых кислот (молочной, муравьиной, уксусной и т. д.), вредных для жизнедеятельности микроорганизмов, биологическая очистка должна ухудшаться, если придерживаться ниже излагаемой адсорбционной теории Дунбара.

На основании вышеприведенного материала можно придти к определенному заключению относительно значения загнивателей в деле очистки сточных вод.

1) Загниватели, подобно осадочным бассейнам и другим механическим конструкциям, уравнивая колебания в количестве притекающей к ним сточной воды вследствие своей значительной емкости, уравнивают и состав воды, делая его более постоянным, а следовательно, и более удобным для последующей обработки.

2) Загниватели задерживают в среднем до 70% нерастворенных взвешенных веществ в виде осадков, содержащие воды в которых падает до

80% и ниже; задержанные осадки частью превращаются в газы (от 4 до 10%), частью же растворяются и разлагаются, при чем получающееся вследствие этого уменьшение осадков составляет от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  всего их количества.

3) Осветленные в загнивателях воды хуже очищаются, чем воды из сооружений для механической обработки сточных вод; при выпуске сточных вод из загнивателей на окислители происходит выделение содержащихся в них газов (сероводорода и аммиака), что обуславливает собой неприятный для соседних местностей запах.

4) Загниватели не только не задерживают коллоидальных и растворенных веществ, но, наоборот, количество коллоидальных веществ после пребывания в них возрастает, что, однако, является очень важным для последующей обработки сточной воды.

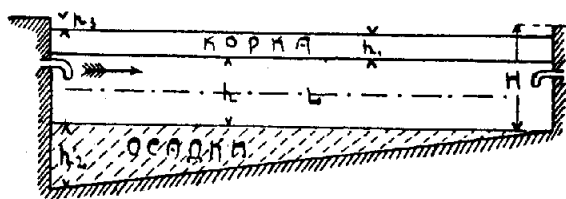
5) Осадки из загнивателей легко подвергаются обработке вследствие отсутствия в их составе коллоидальных веществ, с трудом отдающих воду при их подсушивании.

§ 2. Определение основных размеров загнивателей. Конструкция открытых загнивателей, как мы уже упоминали в предыдущем параграфе, подобна конструкции осадочных бассейнов (черт. 129). Поэтому и определение основных размеров загнивателей совершается по тем же формулам:

$$Q = v\omega \dots (5); \quad L = 60 vt \dots (6) \quad \text{и} \quad \omega = bh.$$

При пользовании этими формулами нам следует установить значение для времени пребывания  $t$  и скорости  $v$ . К вопросу об установлении численной величины для  $t$  пришли после долголетних опытов.

В первоначальных конструкциях загнивателей им придавались большие объемы, рассчитываемые на двух-трех суточный расход, так как надеялись этим путем повысить эффект задержания и последующего разложения взвешенных веществ. Это преувеличение достигло своего апогея в многочисленных патентованных загнивателях для очистки сточных вод отдельных зданий и учреждений, где емкость в целях получения однообразного состава сточных вод делалась на 20—25 дневной суточный расход<sup>1)</sup>. Из опытов, проливших свет на этот вопрос, следует упомянуть об опытах, поставленных в 1905 г. в г. Leeds<sup>2)</sup> для изучения вопроса об увеличении осадков в загнивателях в зависимости от времени пребывания в них сточных вод. В загнивателях Лидса в течение 12 часов осадилось 51% взвешенных веществ, в течение 24 часов—71%, 48 часов—73% и 72 часов—76%. Таким образом, для Лидса оказалось наиболее выгодным  $t = 24$  часа. Stoddart в г. Horfield также опытами установил, что  $t = 12$  часов.



Черт. 129.

Английская Королевская Комиссия по очистке сточных вод в V докладе<sup>3)</sup> устанавливает для 1-12—24 часов. Эта последняя норма является в настоящее время общепризнанной при устройстве установок для очистки

1) Besault, Sur la question des fosses septiques, La Technique Sanit., 1910.

2) Harding and Harrison, Report on experiments in sewage disposals, Leeds, 1905.

3) Fifth Report of Royal Commission on sewage disposal.

городских сточных вод, при чем верхний предел назначается для вод с домовым характером, а нижний—для вод со значительной примесью промышленных вод. Тем не менее, на практике является возможным иногда понизить эту норму до 8 часов, как это, напр., было доказано опытами на очистной станции американского гор. Columbus<sup>1)</sup>, вследствие чего в Америке пользуются этой нормой сравнительно широко.

Вопрос о времени пребывания сточной воды в загнивателях, помимо серьезного экономического значения, так как благодаря этому сокращаются расходы по их сооружению, связан с продуктивностью их работы. При очень продолжительном пребывании сточной воды в загнивателях будут скопляться продукты выделения микроорганизмов, которые вследствие этого будут вредить дальнейшей работе микроорганизмов, чего не бывает при суточном обмене сточной жидкости. Правильность этих соображений блестяще доказана опытами в г. Lawtense и исследованиями Clark и Gage<sup>2)</sup>.

Установив для  $t$  значение 12—24 часов, перейдем к вопросу о значении для скорости  $v$ . Эта величина ~~будет зависеть~~ из формулы (6) от длины загнивателя  $L$ . Если же для  $L$  принимать то же значение, которое практикой установилось для осадочных бассейнов, —40—50 м, то для  $v$  получится величина в 0,25 мм—1 мм; в американских установках встречаются для  $v$  значения в 0,15 мм, но это по опытам Фавра и Шпилльнера является нежелательным в целях более интенсивного разложения органических веществ<sup>3)</sup>. Возвращаясь теперь к расчету, мы должны для  $\omega$  брать не всю величину поперечного сечения, а лишь свободную от корки и осадков (черт. 129). Для толщины корки  $h$  мы можем принять 0,25—0,5 м, не допуская ее увеличения выше этой нормы. Для  $h$  можно брать от 1 до 2 м. Что же касается переменной высоты слоя осадков  $h$ , то величина ее будет зависеть как от среднего отлагающегося за сутки слоя осадков, так и от времени между двумя чистками загнивателя.

Промежуток времени между двумя чистками загнивателя колеблется на различных установках от нескольких недель до нескольких месяцев. Так, напр., в Colne он равняется 3—4 неделям, в Wakefield—6 недель, в Reigate—3 месяцам, в Манчестере 3—6 месяцам и т. д. Эти различные цифры объясняются тем, что на многих английских станциях загниватели были переделаны из старых бассейнов для механической и механо-химической очистки, в которых запас для отложения осадков был невелик. В целях же наилучшего выгнивания осадков, благодаря чему они превращаются в гумусовую массу, является необходимым очищать их через 3—6 месяцев, так как дальнейшее слеживание грязи затрудняет ее удаление. Но при производстве очистки загнивателей от осадков необходимо иметь в виду, что при новом пуске загнивателя в ход для полного развития анаэробных процессов потребуются не меньше месяца. Поэтому в целях ускорения процессов гниения или оставляют часть осадков в загнивателях (Leeds, Birmingham), или спускают загнившую воду из соседнего

<sup>1)</sup> Johnson, Report on sewage purification, Columbus, 1905.

<sup>2)</sup> Clark and Gage, The function of various types of bacteria in the purification of sewage, with some methods for their quantitative determination, Engineer. News, LIII.

<sup>3)</sup> Spillner, Zur Frage der Schlammverzehrung in Faulkammern, Ges. Ing. 1909.

загнивателя (Rochdale), или же первую порцию сточных вод не выпускают в течение некоторого времени из загнивателя<sup>1)</sup>.

Если мы для данного случая установим время для скопления осадков в загнивателях, то, зная норму осадков на 1 куб. м обрабатываемых сточных вод, мы без труда определим общую емкость загнивателя, необходимую для осадков. Такой нормой, как мы увидим ниже, можно считать от 1,5 до 2,5 л на 1 куб. м, которая повышается при значительной примеси промышленных вод до 3,5 л. Зная общую емкость, мы распределим ее по длине загнивателя и получим глубину слоя осадков у входа в загниватель  $h_2$ . Величина  $h_2$  определяется по конструктивным соображениям и не превышает 0,10—0,20 м. Таким образом, полная высота загнивателя у его входа  $H_1 = h + h_1 + h_2 + h_3$ , а у выхода  $H_2 = h + h_1 + h_3$ . На практике  $H_1$  делается равным 3—2,5 м, а  $H_2$ —2,5—2 м, что при  $L = 50$  м образует уклон дна в 1:100. Ширина загнивателя, составляя от  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{6}$  длины, определится из выражения  $b = \frac{\omega}{h}$ .

В случае постройки закрытого загнивателя величина  $h_2$  возрастает, так как необходимо дать достаточный объем для выделяющихся газов, чтобы избежать как поглощения их сточной жидкостью, так и чрезмерного повышения давления, могущего вызвать взрыв (Exeter, Ilford, Харьков). Величина эта на практике не превышает 0,50—0,80 м. Впрочем, для борьбы с последним явлением необходимо при постройке закрытых загнивателей устраивать рациональную вентиляцию. При устройстве загнивателей необходимо иметь в виду, чтобы число их было бы не менее двух. Если же сточные воды приходится обрабатывать в  $n$  отделениях, то по экономическим соображениям между  $b$  и  $L$  должно существовать отношение  $b = \frac{n+1}{2n} L$ . Но этот прием пригоден лишь при удовлетворении гидравлических требований. На некоторых очистных станциях вместо параллельной работы загнивателей прибегают к их последовательной установке, т. е. ставят один за другим. Подобные установки имеются: в г. Ассингтон<sup>е</sup>, где были установлены две системы загнивателей, состоявших из трех последовательных загнивателей каждая, в г. Наумбург<sup>2)</sup>, где установлена одна система из трех последовательно включенных загнивателей и т. п. При применении последовательной работы загнивателей допускается увеличение скорости в 2—3 раза в зависимости от их числа. Разумеется, что при таком устройстве первый загниватель быстрее очищается от осадков, чем второй и третий, так как в нем скопляется больше осадков: Так, напр., в Ассингтон<sup>е</sup> первый загниватель опорожнялся через 6, второй через 9 и третий чрез 12 месяцев.

Теперь нам остается только рассмотреть, на какой расход  $Q$  мы должны рассчитывать наши загниватели. При неполной отдельной системе этот вопрос разрешается просто, так как за  $Q$  мы можем брать средний суточный расход и заранее учитывать, что в течение нескольких дней в году (дней наибольшего потребления) сточные воды будут находиться в загнивателях меньше принятой

<sup>1)</sup> Turley, The cleansing of septic tanks, Surveyor, 1909;

Liversedge, The cleansing of septic tanks, Surveyor, 1909.

<sup>2)</sup> Schröter, Die Faulraum-Schlammbehandlung in der Naumburger Abwasserreinigungsanlage, Städtezeitung, 1912.

нами для данного случая нормы. Это является безопасным и с практической точки зрения, так как даже при наименьшей норме в 12 часов уменьшение  $t$  дойдет до 8 часов — нормы, часто употребляемой в американской практике. При общесплавной системе вопрос этот разрешается в зависимости от величины коэффициента разжижения. При  $t=24$  и коэффициенте разжижения=1, для чего может быть при подходящих местных условиях устроен ливнепуск, среднее суточное количество может увеличиться в 3 раза, и  $t$  не спустится ниже 8. При дальнейшем же повышении коэффициента разжижения необходимо увеличивать соответственно его величине емкость загнивателей. Для пояснения изложенных в настоящем параграфе соображений приведем численный пример.

#### Численный пример.

Система канализации раздельная. Средний суточный расход сточных вод 1000 куб. м; требуется определить основные размеры открытого загнивателя.

Берем  $t=20$  часам,  $v=0,5$  мм, тогда  $L=0,5 \times 3600 \times 20=36$  м. Берем для  $h_1=0,35$  м,  $h_2=1$  м,  $h=1$  м и  $h_4=0,15$  м; тогда  $H_1=2,5$  м и  $H_2=2$  м.

Средний расход в секунду

$$Q = \frac{1000}{24 \times 3600} = 0,0113 \text{ куб. м. Отсюда}$$

$$\omega = \frac{Q}{v} = \frac{0,0113}{0,0005} = 22,6 \text{ кв. м и } b = \frac{\omega}{h} = \frac{22,6}{1} = 22,6 \text{ м.}$$

Разделим загниватель на три отделения. Тогда ширина отделения  $b_1 = \frac{22,6}{3} = 7,5$  м.

Отношение  $\frac{b_1}{L} = \frac{7,5}{36} = \frac{1}{4,8}$ , что является практически целесообразным.

Для определения периода между двумя чистками вычислим, на сколько дней хватит емкость загнивателя, предназначенная для складывания осадков. Примем для этой цели норму в 2 л на 1 куб. м в сутки. На 1000 куб. м это составит  $2 \times 1000 = 2$  куб. м.

Объем осадочной части рассчитываемого нами загнивателя  $\frac{36 \times 1 \times 22,6}{2} = 406,8$  куб. м, что является достаточным для 204 дней  $> 6$  месяцев; поэтому мы можем уменьшить  $h_4$  и сделать его равным 0,8; тогда емкость осадочной части  $\frac{36 \times 0,8 \times 22,6}{2} = 325,4$  куб. м, т. е. достаточная для 163 дней или  $\approx 5\frac{1}{2}$  месяцев.

На основании вышеприведенного расчета мы устанавливаем окончательные размеры:  $H_1=2,3$  м,  $H_2=1,8$  м,  $L=36$  м,  $b_1=7,5$  м и  $b=22,5$  м.

Можно было бы переделать расчет вновь по экономической формуле:  $b = \frac{n+1}{2n} \cdot L = \frac{2}{3} \cdot L$ , но при этом значение  $v$  было бы слишком малым, что является нежелательным в целях протекания процессов разложения органических веществ. Поэтому для данного случая мы остаемся при ранее рассчитанных размерах загнивателя.

§ 3. Типы загнивателей. Загниватели представляют собой параллелепипедоидальные резервуары, которые делаются из кирпича, бетона и железобетона. Наилучшим материалом для их постройки является кирпич, так как он не подвергается разъемному действию газов, выделяющихся в загнивателях при развитии процессов гниения. Наоборот, бетон и железобетон являются недостаточно устойчивыми в этом отношении из-за развития в них сероводорода и других пахучих газов, как показывают наблюдения над загнивателями после четырех — пяти лет службы в американских городах<sup>1)</sup>. При опорожнении за-

<sup>1)</sup> Barr, Desintegration of concrete in sewage disposal tanks, Eng. Rec, 1911.

гнивателей бетонные стенки оказались настолько разрушенными, что вместе с осадками извлекались и куски бетона (г. Чикаго). Поэтому, по нашему мнению, при применении бетона и железобетона представляется целесообразным обкладка их внутренних поверхностей кирпичом или плитками или защита флюатами.

Загниватели устраиваются или в виде *открытых бассейнов* или *перекрываются*. *Перекрытие* делается или сводчатым, или плоским (при применении железобетона); для удешевления его можно делать из торфяных досок, которые, обладая свойством поглощать выделяющиеся из загнивателей газы, легко сжигаются после исчерпания их поглощающей способности. В случае устройства сплошных перекрытий в них должны быть оставлены ревизионные колодцы для удаления осадков на расстоянии 4—6 м. *Закрытые загниватели чаще применяются для небольших установок, обслуживающих отдельные учреждения, где важно устранить появление неприятных запахов;* также перекрытие загнивателей является уместным при постройке очистных станций вблизи населенных кварталов.

*Входные и выходные трубы* загнивателей помещаются на 0,50 м ниже поверхности жидкости для того, чтобы помешать образующейся в них корке закупоривать входное отверстие и увеличивать количество нерастворенных веществ в истекающей чрез выходное отверстие жидкости. Кроме того, для защиты входных и выходных труб поперек загнивателей устанавливаются небольшие *поперечные перегородки* соответственной высоты.

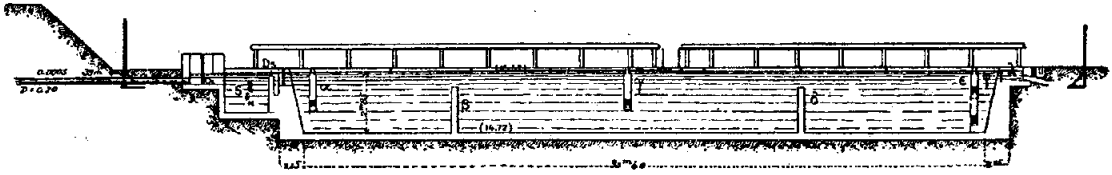
*Дно загнивателей* подобно осадочным бассейнам должно быть наклонено в направлении, обратном движению воды с уклоном 1:50—1:100; в некоторых же конструкциях делается еще особое углубление в целях лучшего удаления грязи (*грязеловка*).

В первоначальных конструкциях загнивателей устраивались по его протяжению *перегородки*, которые или не доводились до дна, или же разделяли загниватели на отделения. Устройством перегородок предполагалось достигнуть более равномерного движения сточной жидкости в загнивателях, которое нарушалось разностью температур различных струй. Но, при этом в сечениях загнивателей, стесненных перегородками, происходило увеличение скорости, вследствие чего нарушались процессы осаждения. Поэтому, в позднейших конструкциях загнивателей или вовсе не ставят перегородок, или сводят их число до одной для отделения части, где происходит наиболее интенсивное выпадение осадков—грязеловки, от остальной части загнивателей.

*Типичным примером загнивателя с перегородками* может служить установка, сделанная проф. Calmette на его опытной станции близ г. Lille (черт. 130). Здесь сточные воды после прохода чрез регуляционную камеру *O* и песколовку *S* поступают чрез водослив *D* и входной канал в загниватель длиной 33 м, шириной 3 м и глубиной 2,85 м. По длине загнивателя установлено 5 больших перегородок: три ( $\alpha$ ,  $\gamma$  и  $\epsilon$ ) верхних и две нижних ( $\beta$  и  $\delta$ ); сверх того, вдоль всего загнивателя устроен ряд перегородок, погруженных на 0,10 м в жидкость, для задержания жиров и др. плавающих веществ. Выход осветленной в загнивателях воды производится по трубе  $\gamma$ . Дно бассейна горизонтально, что составляет большой недостаток в загнивателе Кальметта, так как вследствие



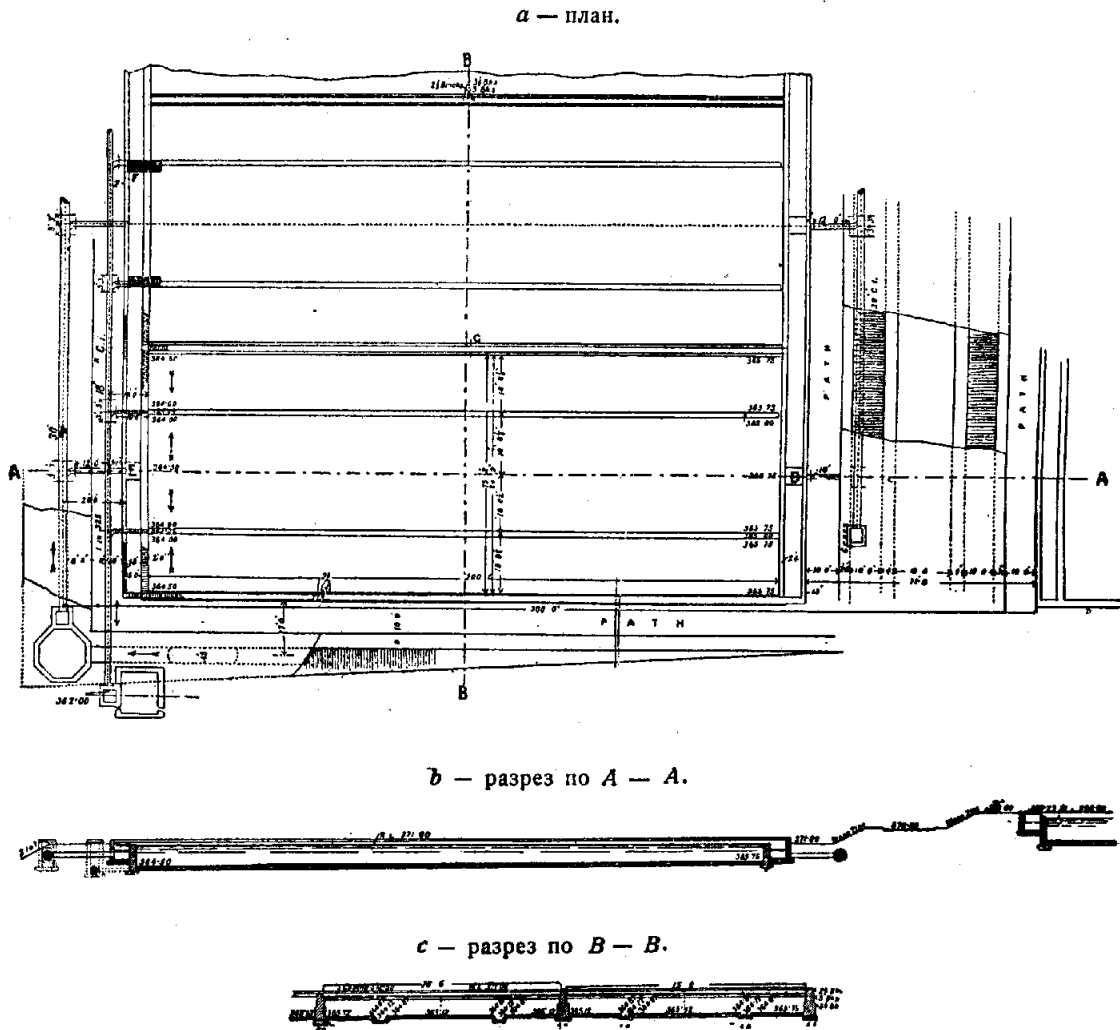
большого отложения осадков в передней части загнивателя произойдет увеличение скорости и постоянное передвижение осадков вдоль бассейна (ср. главу VII). Кроме того, очистка загнивателей подобной конструкции от осадков возможна только вручную и представляет несомненные затруднения.



Черт. 130.

Надо, впрочем, заметить, что Calmette имел в виду устроить загниватель для научного изучения происходящих в нем процессов, и что загниватель подобной конструкции по тем же основаниям был применен и у нас в СССР на опытной биологической станции в г. Москве.

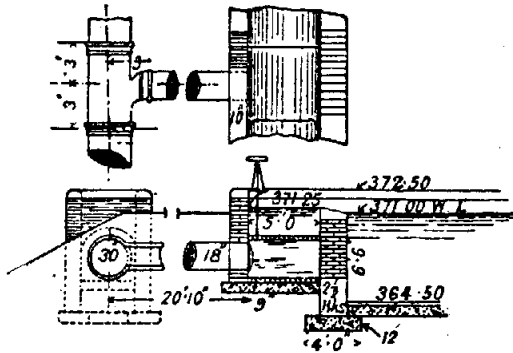
Одну из современных конструкций представляет собой тип *открытого загнивателя*, примененный на очистной станции английского города Hanley



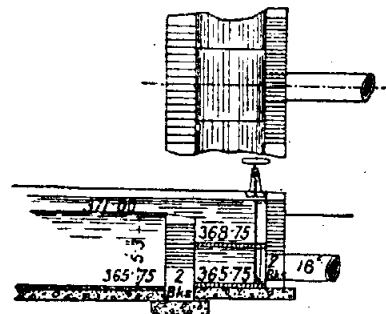
Черт. 131.

(черт. 131 а—с). Этот загниватель представляет собой открытый бассейн, сделанный из кирпича, длиной 60 м, шириной 5,6 м, глубиной у входа 1,95 м и у выхода 1,75 м; дно его сделано из бетона и выложено гранитными плит-

ками; уклон дна 1:133. Сточные воды притекают к загнивателям из песколовок по 750 мм трубе, от которой ответвляются к каждому из отделений трубы, диам. 450 мм. Входная труба перед поступлением в загниватель проходит через горизонтальную решетку для задержания крупных примесей, после

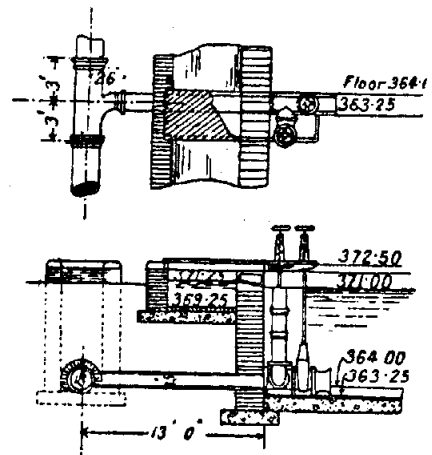


Черт. 132.



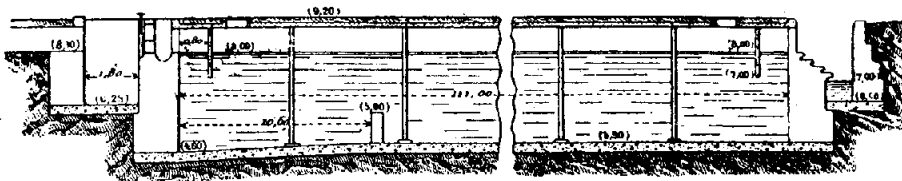
Черт. 133.

чего изливается в него через водослив (черт. 132). Подобное устройство применено и для выходной трубы, имеющей тот же диаметр 450 мм (черт. 133). Для удаления осадков из загнивателя сделаны в дне продольные каналы трапециoidalного сечения, которые в передней части входят в грязевые трубы диам. 375 мм, соединенные с магистральной трубой для отведения грязи диам. 400 мм и запираемые при работе загнивателей задвижками; с ними непосредственно связаны сливные трубы (черт. 134).



Черт. 134.

Тип закрытого загнивателя представляет собой загниватель, построенный в 1909 г. в г. Toulon'e (черт. 135). Загниватель устроен из бетона и перекрыт железобетонными сводами; дно его имеет обратный уклон к направлению движения сточной воды. При входе и выходе устроены перегородки высотой 1 м; кроме того, имеется нижняя перегородка для отделения грязеловки от остальной части загнивателя, при чем уклон дна в грязеловке сделан несколько круче. Газы вытягиваются через заложенные в сводах дрены и направляются к сожигателям, откуда уже удаляются по дымовой трубе. По выходе из загнивателей сточные воды пускаются каскадом для аэрации перед

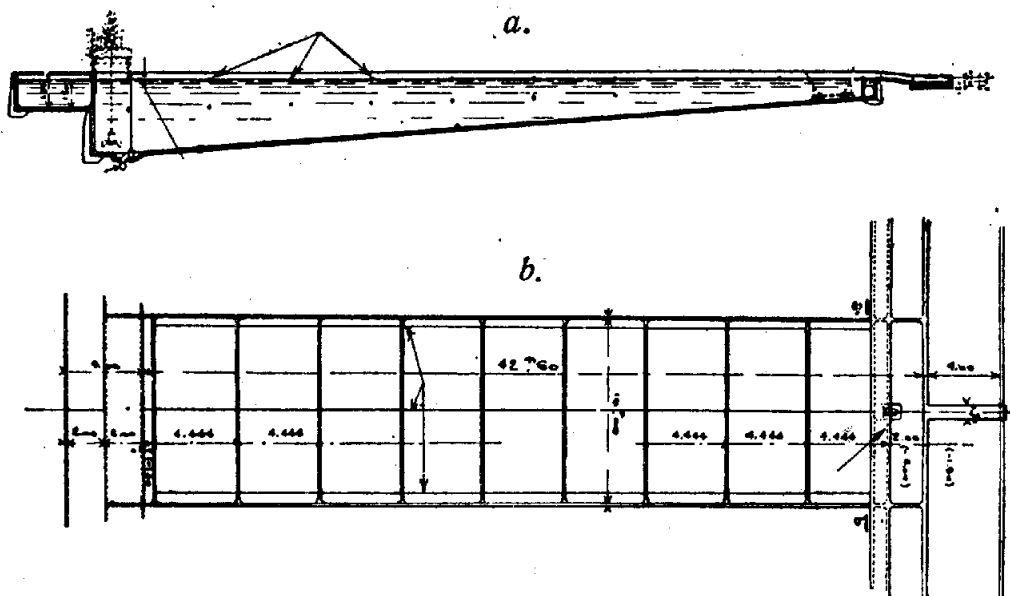


Черт. 135.

напуском на биологические фильтры. Тулонские загниватели имеют очень большие размеры: длину в 111 м и глубину от 3,40 м при входе до 3,10 м при выходе. Это ведет к тому, что сточные воды находятся в загнивателях от 2 до 3 дней. Удаление осадков производится через ревизионные колодцы,

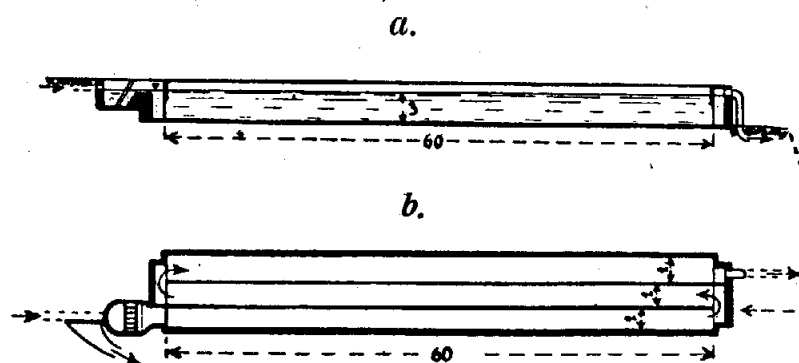
к сожалению, редко заложенные в сводчатом перекрытии, что вызывает на практике большие затруднения.

Железобетонный закрытый загниватель устроен во французском городе *Mont-Mesly* (черт. 136 *a—b*). Он представляет собой бассейн длиной 42,60 м и шириной 10 м; дно его резко наклонено (0,0739 м на 1 пог. м); для образования грязеловки часть дна, расположенная у входа, на протяжении 2 м сле-



Черт. 136.

лана горизонтальной, куда легко стекают осадки благодаря крутому дну. Очистка грязеловки от осадков производится посредством подвижного крана, катящегося по мостику и снабженного краном; осадки из остальной части загнивателя в грязеловку могут быть сдвинуты посредством подвижного щита. Кроме того, осадки могут удаляться и чрез заложенную в дне и запертую задвижкой грязевую трубу. Таким образом, к достоинствам этого типа нужно отнести приме-



Черт. 137.

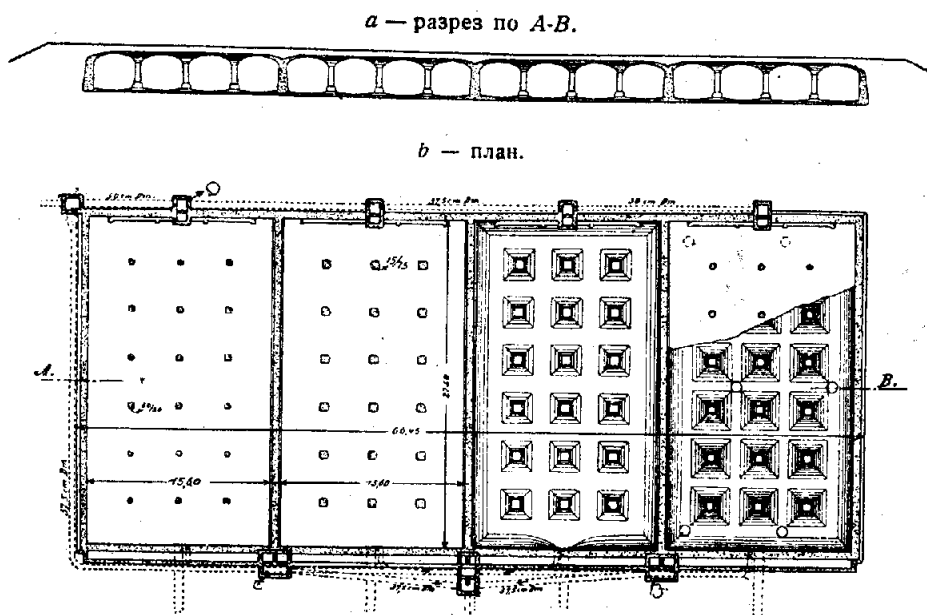
нение различных приспособлений для удаления осадков.

Значительное упрощение сравнительно с вышеописанными типами представляют собой загниватели, примененные в немецком гор. *Naumburg* (черт. 137 *a—b*). Сточные

воды поступают в закрытый загниватель г. *Naumburg a. d. Saale* (черт. 137) из песколовки. Загниватель (длиной 60 м, шириной 6 м и глуб. 3 м) имеет три продольных перегородки в целях усиления процессов осаждения путем изменения направления движения сточных вод. Не говоря уже о преувеличенных размерах этого загнивателя, где подвергается обработке всего до 360 куб. м сточных вод в сухую погоду, установка продольных сплошных перегородок не оправдывает вызываемых ею излишних расходов, так как эффект действия

их по вышесчитированным опытам в Leeds незначительно возрастает сравнительно с увеличением времени пребывания в загнивателях, вызываемым прохождением более длинного пути.

Примером закрытого загнивателя, примененного для обработки сточных вод перед напуском их на фильтрационные поля, может служить установка в американском курорте *Saratoga-Springs*, где во время сезона население возрастает с 12 000 до 50 000 человек.



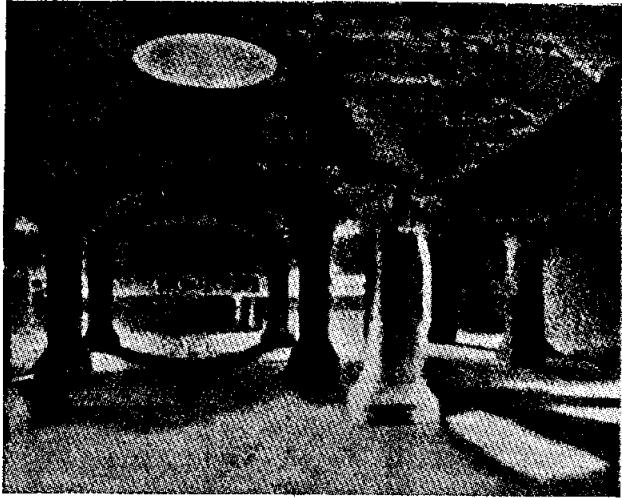
Черт. 138.

Загниватель в *Saratoga-Springs*<sup>1)</sup> (черт. 138 *a—b*) состоит из 4 отделений, сделанных из трамбованного бетона, общей емкостью в 950 куб. м. Сточные воды нагнетаются по напорной трубе в распределительную камеру, из которой по трубе, меняющей постепенно свой диаметр с 0,50 м на 0,3, поступают непосредственно в колодцы, устроенные в центре каждого отделения. На случай капитального ремонта или перестройки загнивателей в распределительной камере заложена запираемая задвижкой труба для отведения сточных вод непосредственно на фильтрационные поля. Из колодцев сточные воды по трубам, имеющим четыре отверстия и заложенным в середине передних стенок загнивателей, на высоте  $\approx 1$  м от поверхности воды, поступают в загниватели. На впускных трубах в колодцах установлены задвижки для исключения любого отделения из работы. Каждое отделение представляет собой бассейны (сечен. 27,8 м  $\times$  15,6 м) со сводчатым перекрытием и дном. Сводчатое дно, благодаря разнице глубин при входе (2,35 м) и выходе (2,50 м), имеет общий уклон по направлению движения, что находится в противоречии с неоднократно приводившимися нами выше соображениями. Каждое отделение имеет 24 отверстия, диам. 0,05 м, расположенных двумя рядами в задней стенке загнивателя также на высоте 1 м от поверхности воды, как и входные отверстия. Из выходных отверстий сточные воды поступают в прилегающий к загнивателям канал. В этом канале устроены 2 колодца, которые обслуживают по 2 отде-

<sup>1)</sup> *Barbour*, The sewage disposal works at Saratoga, Journal of the Association of Engineering Societies, 1905.

ления. В этих колодцах устроены водосливы, через которые осветленные воды стекают к центральной выпускной камере. Из центральной выпускной камеры воды протекают через вентиляционный колодезь особой конструкции в распределительную камеру для напуска на фильтрационные поля. Удаление осадков

производится через заложенные в задней стенке загниватели трубы. Внутренний вид загнивателя показан на черт. 139.



Черт. 139.

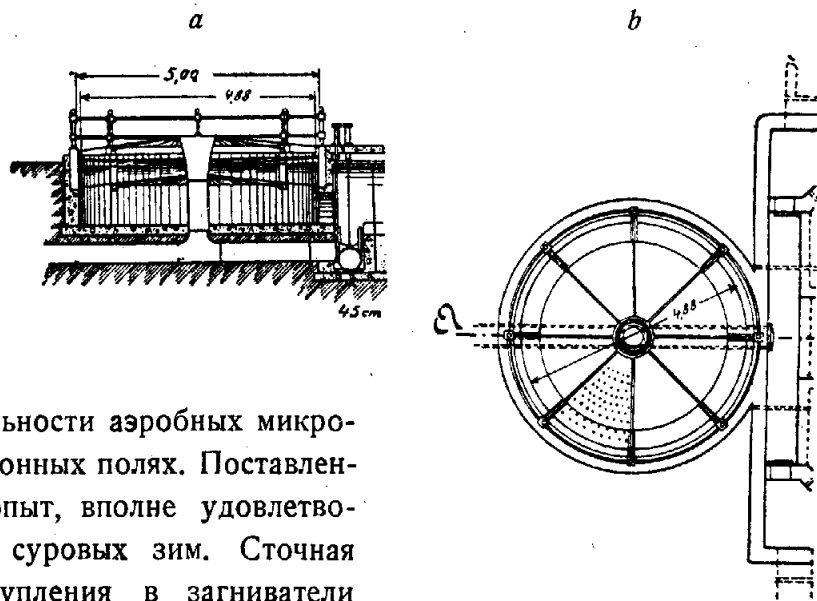
*Вентиляционный колодезь* в Saratoga-Springs имеет следующее устройство (черт. 140 *a—b*). Осветленные воды по нижней чугунной трубе притекают в бетонный колодезь, диаметром 5 м; здесь они поднимаются по вертикальной трубе и вытекают из нее через расширенное отверстие. После вытекания осветленные воды растекаются по поверхности колпака

из оцинкованного железа, в которой устроены повсюду мельчайшие отверстия. Через эти отверстия осветленные воды падают каплями на второй колпак, снабженный также массой отверстий, и стекают также каплями на пол колодца, откуда по боковому каналу попадают в распределительную камеру для напуска сточных вод на фильтрационные поля.

Этот вентиляционный колодезь (аэратор) устроен с целью удалить выделяющиеся из загнивателей газы и насытить вытекающую из загнивателей воду кислородом, столь важным для развития деятельности аэробных микроорганизмов на фильтрационных полях. Поставленные цели, как показал опыт, вполне удовлетворяются даже во время суровых зим. Сточная вода, имеющая до вступления в загниватели 4,3% насыщения кислородом, совершенно лишается его после прохода через загниватель. Про-

пуск же осветленной в загнивателях воды через вентиляционные колодцы описанной конструкции повышает коэффициент насыщения кислородом до 70,4%, который в трубах для напуска на фильтрационные поля падает до 40,4, т. е. все же увеличивается сравнительно со свежей водой в 10 раз.

§ 4. Работа загнивателей. В § 1-м настоящей главы мы дали характеристику загнивателей, как сооружений для предварительной обработки сточных



Черт. 140.

вод, которые предполагаются главным образом для задержания взвешенных веществ органического происхождения.

Среднее количество задерживаемых загнивателями взвешенных веществ исчисляется в 70% своего первоначального состава. Более детальные цифры, характеризующие работу загнивателей в этом отношении, приводятся нами в следующей таблице XXXI.

Таблица XXXI.

Название города	% задержанных взвеш. веществ	Название города	% задержанных взвеш. веществ
Accrington . . . . .	50	Saratoga (С. Амер.) . . .	65
Knowle . . . . .	57	Leeds . . . . .	69
Birmingham . . . . .	60	Москва (опыт. станция) .	74
Lawrence (Сев. Амер.) .	61	Reading (С. Америка) .	74
Manchester . . . . .	61	Vork . . . . .	75
Leicester . . . . .	60—70	Детское Село . . . . .	85
Plainfield (Сев. Амер.) .	60—64	Rochdale . . . . .	86
Exeter . . . . .	66—68		

Осадки из загнивателей, как об этом упоминалось выше, содержат в среднем 80% воды.

Количество осадков из загнивателей, подлежащих дальнейшей обработке вследствие их органического происхождения, колеблется в известных пределах, как это можно видеть из данных, приведенных нами в таблице XXXII.

Таблица XXXII.

Название города	Количество осадков в загнивателях в куб. м	
	На 1000 куб. м сточных вод	На 1000 жителей
Accrington . . . . .	1,6	0,18
Birmingham . . . . .	3,4	—
Colne . . . . .	1,5	0,135
Manchester . . . . .	2,43	0,47
Plainfield (Сев. Амер.) .	0,56	—
Stnttgart . . . . .	3,75	0,38
Merseburg . . . . .	1,65	0,08
Müllheim . . . . .	2,8	0,35
Unna . . . . .	2,0	0,20
Leipzig (опыт. станция) .	1,47	—

Из сопоставления данных таблицы XXXII можно вывести заключение, что количество осадков при домовом характере сточной жидкости на 1000 куб. м сточных вод составляет от 1,5 до 2,5 куб. м, а на 1000 жителей от 0,1 до 0,2 куб. м; прибавление значительных количеств промышленных вод вызывает повышение первой нормы

до 3,5 куб. м, а второй до 0,3 куб. м. Незначительное количество осадков в американском городе Plainfield объясняется высокой нормой суточного потребления воды на человека, обуславливающей собой понижение концентрации сточной воды.

## ГЛАВА XII.

### Способы предварительной обработки сточных вод

§ 1. Значение способов предварительной обработки сточных вод. Работы многих исследователей<sup>1)</sup>, как мы уже упоминали в предыдущей главе, выяснили, что после обработки в *загнивателях сточные воды, способствуя распространению в воздухе пахучих газов, очищаются хуже на биологических окислителях, чем свежие сточные воды.* Кроме того, было установлено, что в обыкновенных загнивателях *задерживается очень мало коллоидальных веществ*, которые, как показывают наблюдения на практике, и вызывают быстрое затягивание поверхностных слоев полей орошения или загрузочного материала биологических фильтров.

Вследствие этих недостатков загнивателей у инженеров и гигиенистов появилось естественное стремление пользоваться вместо них другими способами предварительной обработки сточных вод, которые были бы лишены по возможности этих недостатков.

Поэтому сначала обратились к *сооружениям для механической очистки* (осадочным бассейнам и колодцам), которые при правильной эксплуатации могли давать незагнивающую сточную воду. Тогда метод предварительной обработки сточных вод получил некоторое распространение на своей родине— *Германии* и у нас, в Харькове. Но параллельно с этим в *Англии*, где с давних пор применялись методы *механо-химической очистки*, эти способы стали широко применяться для подготовки сточных вод пред напуском их на поля орошения или в биологические фильтры. Такому распространению механо-химических способов, как способов для предварительной обработки сточных вод, способствовало и то обстоятельство, что во многих городах Англии в городскую канализационную сеть спускаются сточные воды фабрик и заводов, которые в некоторых случаях составляют огромный процент от всего количества сточных вод, обрабатываемых на очистных сооружениях. К 1914 г. до 25<sup>0</sup>/<sub>0</sub> всех очистных станций Англии применяли механо-химическую очистку для предварительной обработки сточных вод; и в настоящее время механо-

<sup>1)</sup> *Dunbar*, Leitfaden für die Abwasserreinigungfrage, 1907;

*Calmette*, Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout; том I—VI.

*С. К. Дзержговский*, О значении септических приспособлений для очистки сточных вод, Труды VIII Водопроводного Съезда, 1907.

химическая очистка находит себе применение в различных городах Англии, имеющих много фабрик и заводов<sup>1)</sup>. У нас в СССР подобный прием был применен в г. Днепропетровске на очистной станции больницы б. губернского земства. Тем не менее, применение этих методов *не разрешило задачи о выделении возможно большего количества коллоидальных веществ*, вследствие чего появился ряд сооружений, в которых осаждались и коллоидальные вещества, и осветленные сточные воды вытекали без загнивания. Таким прибором прежде всего явился в результате шестилетних опытов *гидролитический тэнк (hydrolytic tank) д-ра Travis'a*, примененный в 1905 г. в г. *Hampton on Thames*, где было обращено особое внимание на выделение коллоидов и на предохранение сточной жидкости от загнивания. Параллельно с этими изобретениями *английский химик Dibdin* в том же году построил *пластинчатый фильтр (slate bed)* в г. *Devizes*, где главным усовершенствованием была замена гнилостного процесса окислительным. После появления этих конструкций начали появляться усовершенствованные осадочные бассейны, построенные, по нашему мнению, на принципах, положенных д-ром Travis в основу своего изобретения. К ним принадлежат *Эмшерские колодцы (Emscher-Brunnen)*, *бассейны „Stiag“*, *бассейны Гримма (Grimm)*, *колодцы „Oms“ (Oms-Brunnen)*, *Дерво (Dervaux)*, *новые Нейштадские бассейны (Neustädter Doppelbecken)*, *септики-сепараторы Заславского-Александрова* и др.

Несколько особо от этой группы стоят конструкции, в которых приводится *интенсивное выделение жировых веществ*. К ним принадлежат *жировловки Кремера (Kremer)*, *Хейда (Heyd)*, *Розанова и Несмеянова* и др., из коих некоторые (Кремера, Розанова и Несмеянова) в соединении с осадочными бассейнами особой конструкции могут употребляться как конструкции для предварительной очистки сточных вод. После войны в практику вошли новые сооружения, в которых осадки выявляются в свежем состоянии и передаются в отдельные бассейны<sup>2)</sup>. К группе таких сооружений относятся: *жировловки Кремера с отдельными бассейнами для выгнивания, бассейны сист. Dickerhof Widdmann, колодцы Schrank*<sup>3)</sup> и др. *Количество воды, на которое следует рассчитывать сооружения для предварительной обработки, не должно превышать среднего суточного расхода при применении раздельной системы канализации; в случае же использования общесплавной системы следует или увеличить соответственно емкость сооружений для предварительной обработки или же подвергнуть дождевые воды особой, более простой обработке, о чем мы будем говорить ниже.*

К описанию главных из группы сооружений для предварительной обработки мы и перейдем в следующих параграфах этой главы.

§ 2. **Гидролитический тэнк Трэвиса (Travis).** В основу своего изобретения Travis положил следующие принципы:

<sup>1)</sup> East Ham municipal engineering works, Surv., 1925;

*Smook*, Sludge disposal in the Surbiton, Surrey, Surv., 1924.

<sup>2)</sup> *Kusch*, Entwicklung der mechanischen Abwasserklärung in Deutschland, Ges. Ing. 1924;

*Poots, Clyde*, Sewage treatment plant at Boonton, Publ. Works, 1925;

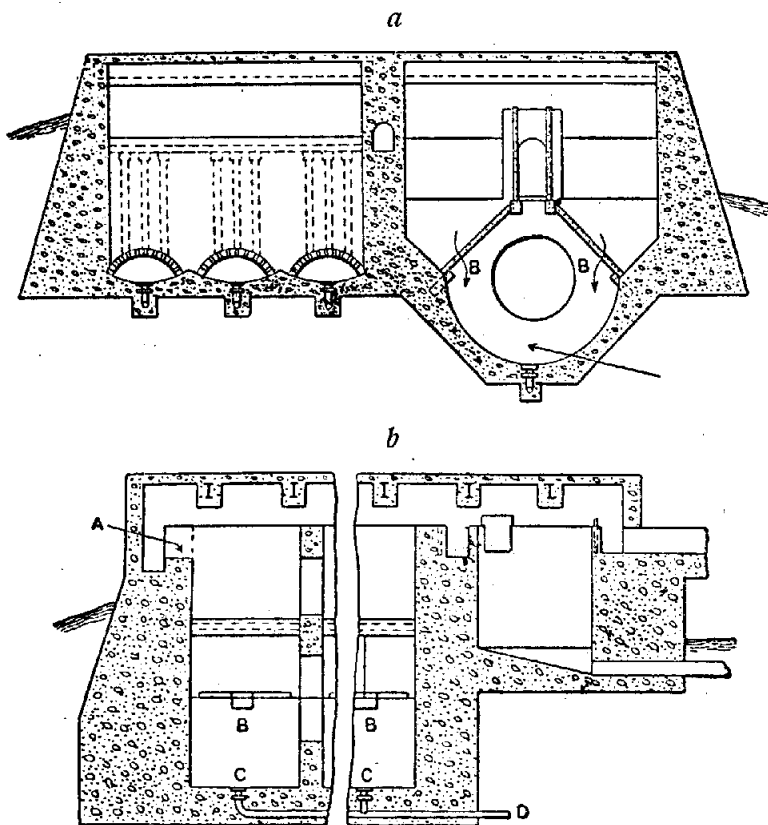
<sup>3)</sup> *Rentsch*, Prinzip, Wesen und Systeme der Frischwasserklärung, München, 1925.



1) для предотвращения загнивания сточных вод, протекающих через гидrolитический тэнк, необходимо отделение от них осадков как в взвешенном, так и в коллоидальном состоянии;

2) для задерживания возможно большего количества коллоидальных веществ необходимо увеличить поверхность для их притяжения, так как это требуется самой природой коллоидального состояния примесей, содержащихся в сточных водах.

Для практического осуществления своих идей Travis сконструировал в Hampton on Thames бассейн специальной конструкции, названный им гидrolитическим тэнком (черт. 141 *a—b*).



Черт. 141.

Бассейн состоит из 3 отделений, из которых два верхних боковых служат для протекания по ним  $\frac{7}{8}$  общего количества свежей сточной воды, а нижнее *B* для пропуска  $\frac{1}{8}$  объема от сточной воды и приема осадков из верхних отделений, откуда они падают через устроенные в отделениях отверстия *C*. Осадки из нижних отделений в любой момент могут быть выпущены на сооружение для их обезвреживания.

При таком разделении сточных вод от осадков выигрывает правильность процессов осаждения в верхних бассейнах, так как эти процессы не нарушаются ни образованием коры, ни выделением газов, поднимающих осадки со дна бассейнов, что, как известно из предыдущей главы, составляет характерные особенности загнивателей.

В этом первоначальном типе гидrolитического тэнка главное внимание было обращено на выделение взвешенных веществ. Но Travis, преследуя цель задерживать и коллоидальные вещества, пропускал осветленные сточные воды через грубые фильтры из кусков камня, но эти фильтры быстро загрязнялись.

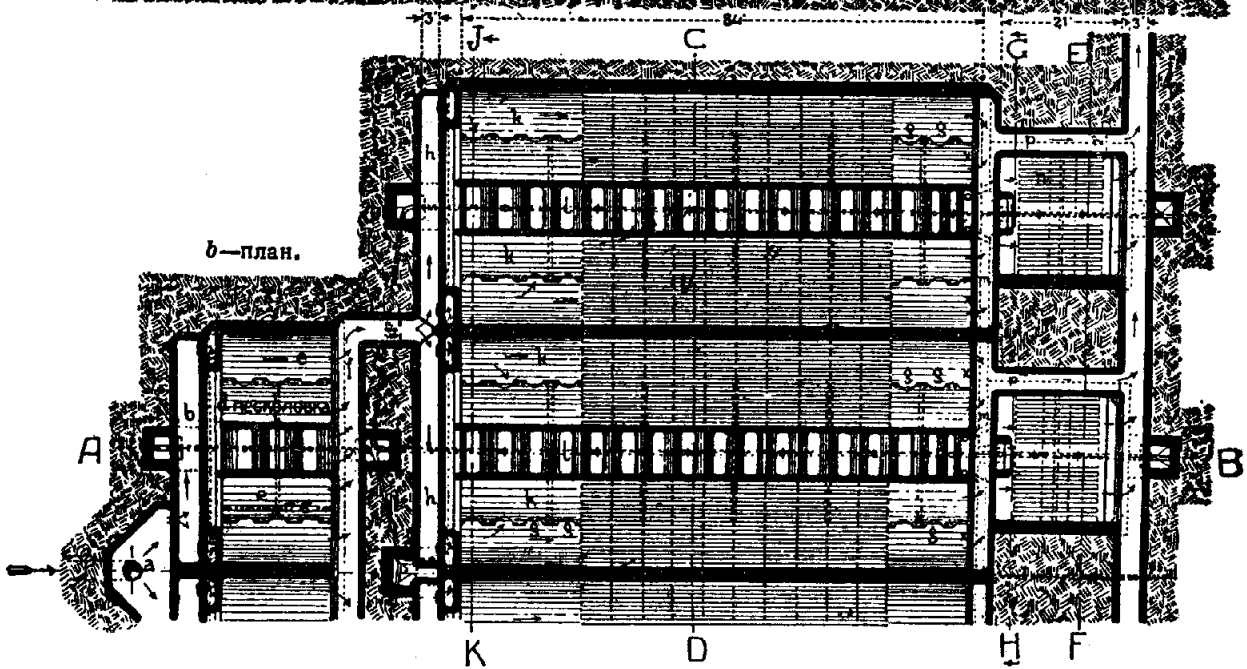
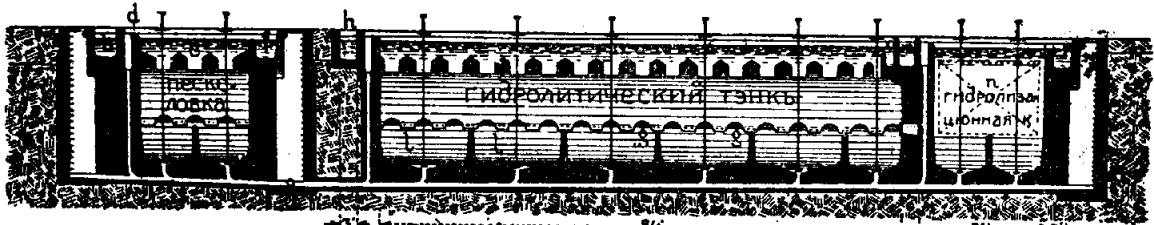
Усовершенствуя свою конструкцию, Travis видоизменил свой первоначальный тип введением некоторых усовершенствований и применил его в этом виде в английском городе Norwich в 1908 г.

Очистная станция гор. Норвича, построенная инженером Collins<sup>1)</sup>, рассчитана на пропуск суточного количества сточных вод около 13 600 куб. м.

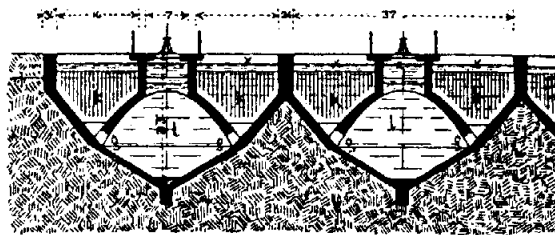
<sup>1)</sup> Collins, Special Features of the Travis hydrolytic System of sewage tanks, being constructed at Norwich, Surveyor, 1909; Norwich Hydrolytic tank, Surveyor, 1909.

Первоначальная установка состояла из четырех песколовок и четырех гидрoлитических тэнков; в настоящее время в нее включены биологические фильтры. Сточные воды города подаются насосами по напорной трубе в сборный колодезь *a* (черт. 142 *a—e*) и из него уже проходят в распределительный канал *b*,

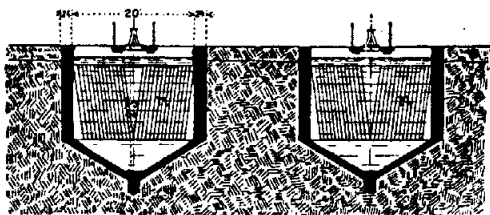
*a* — разрез по A-B.



*c* — разрез по C-D.

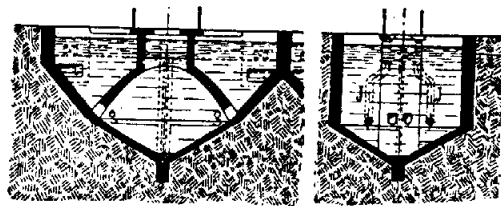


*d* — разрез по F-F.



*e* — разрез по J-K.

*f* — разрез по G-H.



Черт. 142.

из которого чрез боковые отверстия *c* поступают в песколовки *e*, где осаждаются тяжелые вещества; емкость каждой песколовки около 245 куб. м. Песколовка состоит из двух частей: верхней, в которой происходит выпадение тяжелых осадков, и нижней, в которую эти осадки падают чрез специально

устроенные в верхней части отверстия. Дно нижней части устроено в виде ряда воронок с отверстиями, запираемыми донными затворами, управляемыми сверху; благодаря такому устройству дна осадки легко могут быть удалены по 150 мм грязевой трубе. Из песколовок сточные воды по сборному каналу  $f$  поступают в распределительный канал  $h$ , где благодаря щиткам могут быть направлены в любой гидrolитический тэнк, куда они попадают чрез отверстие  $i$ . Гидролитические тэнки разделены подобно песколовкам на две части. Верхняя, состоящая из двух половин  $kk$ , представляет собой осадочный бассейн (sedimentation chamber), а нижняя—камеру  $l$  для скопления осадков и восстановления более простых или сложных, содержащихся в них органических веществ (reduction chamber). Бассейны  $k$  и  $l$  соединены между собой отверстиями  $gg$ , устроенными в дне осадочных камер, сделанном по конструктивным соображениям сводчатым. В центральной части осадочных камер подвешены параллельно продольной оси гидролитического тэнка деревянные прутья—коллоидоры (colloidors), сечением  $40 \text{ мм} \times 20 \text{ м}$ , которые способствуют осаждению на их поверхности взвешенных и коллоидальных веществ. Эти прилипшие к коллоидорам вещества превращаются из слизистого состояния в зернистое и падают в камеру  $l$ , дно которой так же, как в песколовке, состоит из ряда воронок, разделенных поперечными перегородками. Камера  $k$  открыта, а камера  $l$  перекрыта на всем протяжении за исключением отверстий для пропуска тяг; тяги управляют донными затворами, запирающими отверстие для выпуска осадков из камеры  $l$  по грязевым трубам. Благодаря воронкообразному устройству дна удаление осадков совершается из любой воронки без нарушения процессов осаждения в бассейне  $l$ . Сточные воды из осадочных камер, изливаясь чрез водосливы  $x$ , поступают в канал  $p$ , а из него в главный отводной канал. Сточные же воды из камеры  $l$ , как наиболее загрязненные, чрез канал  $j$  (показанный на черт. 142 пунктиром) попадают в гидролизационную камеру (hydrolysing chamber)  $n$ , где также на стальных балках подвешены наклонно к вертикали коллоидоры. Удаление осадков из песколовки, гидролитического тэнка и гидролизационной камеры производится по заложенным в дне их 150 мм трубам, которые подают осадки в центральный колодезь; из этого колодца осадки перекачиваются на сооружение для их обезвреживания. Удаление жира и пены, образующейся на поверхности сточных вод, производится по мере их всплывания чрез вертикальные колодцы  $d$  и систему грязевых труб. Емкость каждого гидролитического тэнка в Норвиче  $\approx 1200$  куб. м, гидролизационной камеры  $\approx 55$  куб. м.

Для того, чтобы судить о работе гидролитических тэнков, приведем в таблице XXXIII данные об анализах осветленной в них сточной воды в трех английских городах—Norwich, Prescott и Luton.

Из рассмотрения XXXIII таблицы легко можно видеть, что гидролитические тэнки обладают наивысшим эффектом задержания взвешенных веществ (до 95%) и коллоидальных веществ (до 40%).

Скорость движения воды в песколовке очень незначительна—1,75 мм—3 мм, вследствие чего в ней несомненно происходит выделение взвешенных частиц; время пребывания воды  $t$  от 45 мин. до 1,1 час., в верхней части песколовки протекает 67%, а в нижней 33% сточных вод. Скорость  $v$  в осадочной камере гидролитического тэнка берется от 3 до 4,5 мм,  $t$  от 3,3

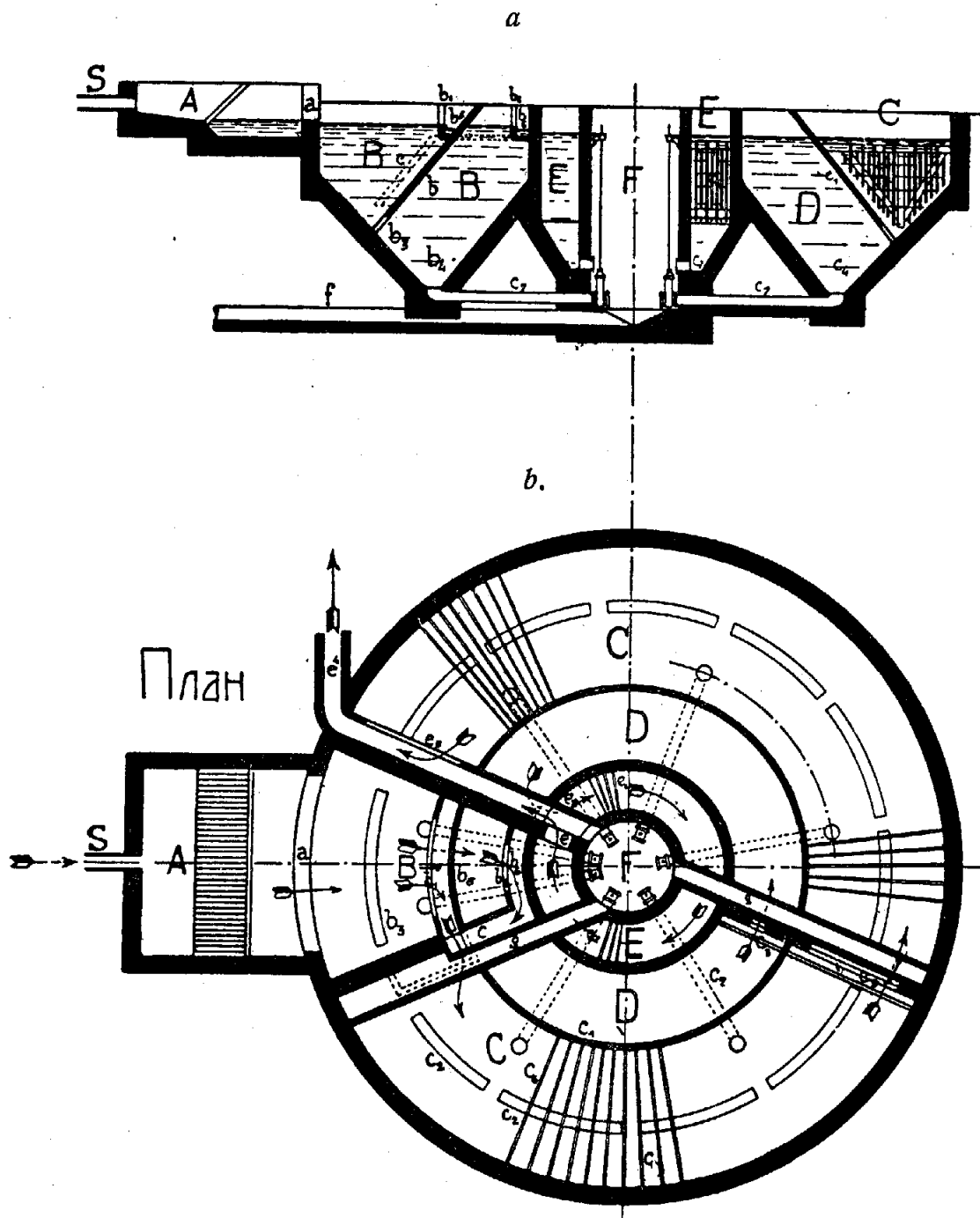
Таблица XXXIII.

Название города	Время производства анализа и количество проб		На 100 000 частей воды						
			Твердые вещества			Хлор	Азот		Поглощение кислорода в 4 часа
			Взвешенные	Растворенные	Коллоидальные		Аммиак	Белковые вещества	
Norwich	28 июня 1910 г. (среднее из 11 проб)	неочищен.	124,6	99,8	15,3	10,1	4,87	3,03	16
		прошедшая через <i>h. t.</i>	8,9	86,3	9,2	9,7	4,10	0,79	4,2
		% уменьш. примесей	92,9	13,5	39,8	4	15,6	73,9	73,7
Prestcott	12 августа 1910 г. (среднее из 15 проб)	неочищен.	38,6	83,6	10,9	11,5	8,62	1,14	10,6
		прошедшая через <i>h. t.</i>	7,1	71,9	7,2	10,2	8,03	0,56	6,2
		% уменьш. примесей	81,6	14	34	11,3	6,9	50,9	41,5
Luton	7 ноября 1912 г. (среднее из 24 проб)	неочищен.	57	117,4	18,6	14,6	5,75	0,95	8,1
		прошедшая через <i>h. t.</i>	3	111,0	10,2	13,5	5,8	0,28	4,9
		% уменьш. примесей	94,7	5,5	45,2	7,5	0,9	70	40

до 4 часов;  $v$  в редуционной камере от 1 до 1,5 мм и  $t$ —от 8 до 12 часов. В гидролизационной камере  $v$  возрастает вдвое и берется от 2 до 3 мм, а  $t$  от 1 час. 40 мин. до  $2\frac{1}{2}$  часов. Общие размеры камеры гидролитического тэнка в последних конструкциях подобраны с таким расчетом, что в осадочной камере протекает 80%, а в редуционной 20% сточной жидкости.

В новейших конструкциях (г. Luton) Travis переработал тип прямоугольного норвичского гидролитического тэнка на круглый, в котором поместил песколовку, гидролитический тэнк, гидролизационную камеру и колодезь для осадков (черт. 143 *a—b*).

Как видно из чертежа, лэтонский гидролитический тэнк состоит из 3 концентрических камер, разделенных радиальными перегородками на отдельные секторы, при чем центральную часть занимает колодезь для сбора осадков *F*, средняя камера *E* служит гидролизационной камерой, а в наружной устраивается песколовка *B* и гидролитический тэнк, состоящий из осадочной камеры *C* и редуционной *D*. Движение сточных вод показано на чертеже 143 *b* стрелками. Удаление осадков в этом типе значительно упрощается благодаря применению коротких труб *C<sub>7</sub>*, в которых легко устраняются засорения. Удаление пены и жира производится в центральный колодезь *F* по радиальным каналам *S*.



Черт. 143.

Осадки из гидролитических танков содержат до 90% воды. Гидролитические танки сист. Travis'a применены в ряде английских городов: Hampton on Thames, Norwich, Luton<sup>1)</sup>, Durham<sup>2)</sup>, Prescott, Rangoon, Cairo, у нас, в Харькове, Симферополе и друг.

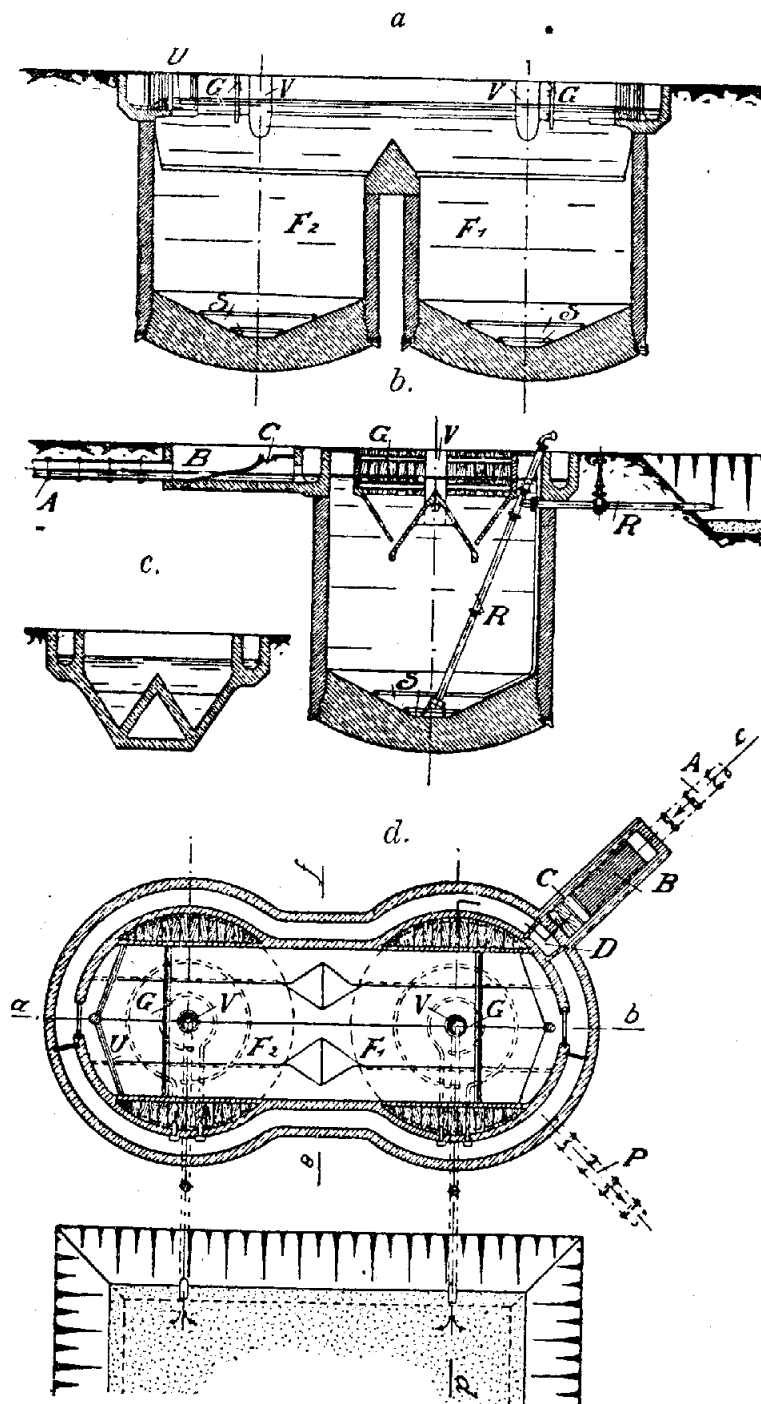
§ 3. Эмшерские колодцы. Вариант гидролитического танка Трэвиса представляют собой осадочные бассейны сист. инж. Имгофа, получившие, вследствие применения в немецком промышленном округе Emscher, название

<sup>1)</sup> М. И. Моргулев, Очистные сооружения новейшего типа, „Инженер“, 1913;  
Проф. В. Ф. Иванов, Способы предварительной обработки сточных вод, 1911.

<sup>2)</sup> Taylor, The Durham Main Sewerage, Surveyor, 1909.

„Эмшерских колодцев“ (*Emscher Brunnen*)<sup>1)</sup>. Несмотря на горячий спор между Travis и Imhoff, в специальной прессе, разрешенный германскими судебными установлениями в пользу Imhoff, все же, по нашему мнению, идея отделения свежих сточных вод от загнивших взята Имгофом у Трэвиса, хотя и осуществлена в другой конструктивной форме.

Эмшерские колодцы Imhoff'a состоят из двух рядом стоящих колодцев  $F_1$  и  $F_2$ , диаметром 5—6 м, средней глубиной в 10 м (черт. 144 a—d); в верхней части колодцев устроен двойной треугольный желоб, в нижней части которого оставлены отверстия, устанавливающие сообщение желобов с колодцами  $F_1$  и  $F_2$ . Движение сточных вод в эмшерских колодцах происходит следующим образом. Сточные воды поступают по каналу  $A$  в камеру с решеткой  $B$ , откуда уже через желоб  $D$  изливаются в колодцы  $F_1$  и  $F_2$ ; здесь сточные воды протекают по треугольному желобу и осаждают в нем примеси, которые через донные отверстия сваливаются в колодцы; осветленные сточные воды стекают через водослив и по обводному каналу поступают в отводной канал  $P$ . Таким образом, желоб играет роль осадочного бассейна, а колодцы  $F_1$  и  $F_2$ —роль загнивателя, для удаления газов из которого установлены вентиляционные трубы  $V$ , огражденные от засасывания примесей перегородками  $G$ . Для удаления осадков с решеток  $B$  устроен желоб  $C$ , а осадки из загнивателя удаляются по наклонной грязевой трубе  $R$  давлением столба воды по



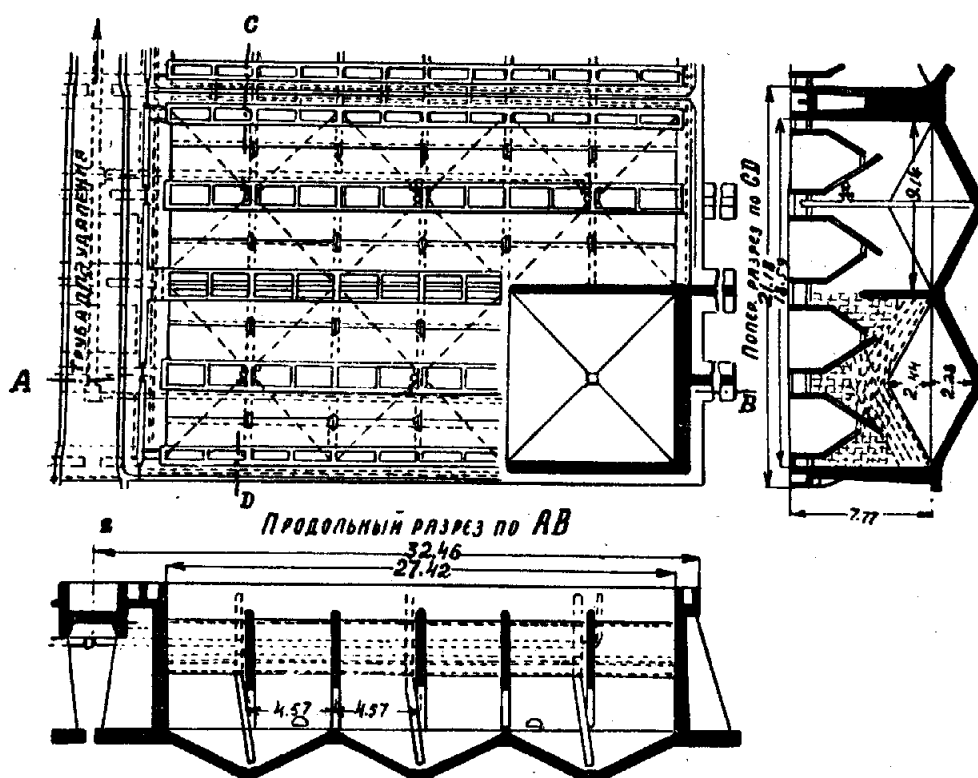
Черт. 144.

отводной канал  $P$ . Таким образом, желоб играет роль осадочного бассейна, а колодцы  $F_1$  и  $F_2$ —роль загнивателя, для удаления газов из которого установлены вентиляционные трубы  $V$ , огражденные от засасывания примесей перегородками  $G$ . Для удаления осадков с решеток  $B$  устроен желоб  $C$ , а осадки из загнивателя удаляются по наклонной грязевой трубе  $R$  давлением столба воды по

<sup>1)</sup> Middeldorf, Die Arbeiten der Emschergenossenschaft, Deut. Bauzeit, 1909.

Bach und Blunk, Zwei biologische Kläranlagen der Emschergenossenschaft, Ges. Jng., 1911.

открытию задвижки на сооружения для их обработки; для промывки трубы  $R$  уложены трубы  $S$ . Вследствие широкого применения эмшерских колодцев в САСШ выработались особые типы их конструкции. Первый тип (черт. 145) примененный в г. Worcester<sup>1)</sup> (Massachusetts), представляет собой *квадратный* колодезь, диам. около 10 м с незначительным углублением, стенки которого наклонены под углом в  $45^\circ$ ; общая глубина американских эмшерских колодцев 7—8 м, т. е. на 2—3 м меньше, чем в старом немецком типе. Такая конструкция позволяет лучше утилизировать местность, чем при круглых колодцах, что имеет значение для САСШ. Другая особенность американского типа заключается в устройстве между рядом стоящими 3—4 колодцами *отверстий*, чем легко достигается выравнивание слоя осадков при неравномерном поступлении или выпуске их.



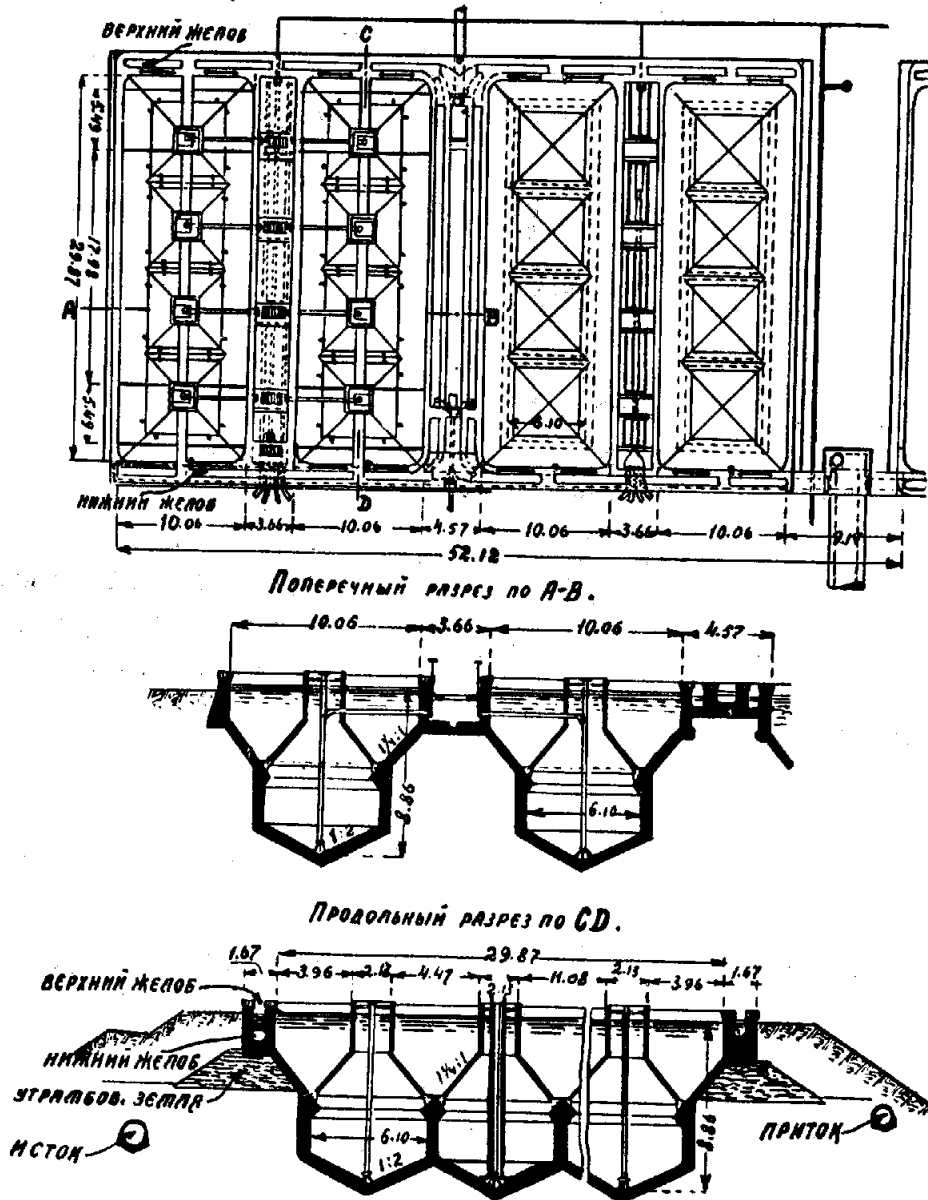
Черт. 145.

Более 4 колодцев подряд ставить не следует, так как в этом случае, как можно судить из примера станции в г. Schenectady, имеющей последовательную установку 8 колодцев, нельзя достигнуть движения осадков к средним камерам. Другой американский тип, примененный в г. Albany (черт. 146), отличается от первого уширением осадочной части колодца (диам. 10,06 м) сравнительно с септической (диам. 6,10 м), кроме того, в осадочной части увеличена и глубина (3—4 м) против прежнего типа. Удаление осадков из колодцев обоих типов производится сжатым воздухом, нагнетаемым компрессором. Выбор квадратного сечения для американских колодцев, *требующий несомненного увеличения толщины стенок*, объясняется применением для их изготовления *метода искусственного понижения уровня грунтовых вод и возможностью в таком случае использования труда неквалифицированных рабочих.*

<sup>1)</sup> Watermann, Imhoff tanks operating procedure, Eng. News Rec., 1924;  
Imhoff, Neue Bauarten von Emscherbrunnen, Techn. Gemeind. 1924/25.

Американские типы вызвали и у Imhoff'a стремление переработать свой старый тип на новый, сконструированный по американским образцам<sup>1)</sup>. На черт. 147—149 показаны три новых типа эмшерских колодцев, рассчитанных для обработки сточных вод от 6000 чел. для немецких условий. *Первый* тип (черт. 147), представляющий собой в поперечном разрезе прямоугольник с полукруговыми очертаниями, имеет вертикальную поперечную стену, снабжен-

## План.



Черт. 146.

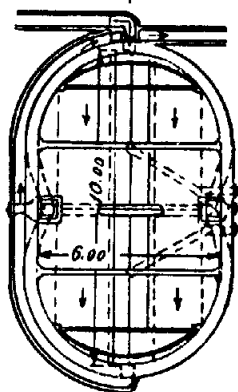
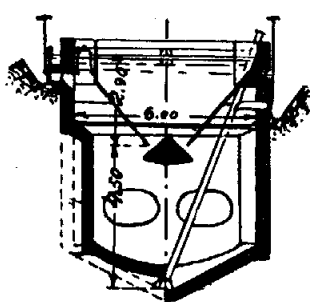
ную в своей нижней части двумя овальными отверстиями для выравнивания уровня осадков; осадочный бассейн расширен сравнительно с прежним типом. Для улавливания газов, скопляющихся по мере развития процессов гниения, установлены два газозуловителя, конструкция которых будет дана ниже. *Второй* тип (черт. 148) квадратного сечения, общей глубиной 7,20 м, сконструирован почти тождественно с американскими типами (черт. 145—146). В *третьем*

<sup>1)</sup> Imhoff, Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925

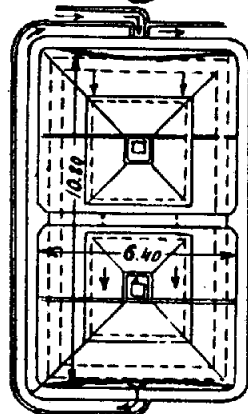
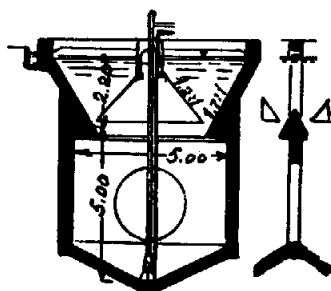


типе (черт. 149) осадочные желоба настолько раздвинуты, что здесь можно установить вместо двух три газоуловителя.

*Газоуловители* в эмшерских колодцах предназначены для улавливания развивающихся при процессах гниения газов и для передачи их в газопроводные городские сети, что при распространении газоснабжения в Германии имеет для нее *некоторое практическое значение*; этот способ нашел себе применение в Essen-Rellinghausen. Выделяющийся в эмшерских колодцах газ состоит из: метана (80—85%), углекислоты (7—20%) и азота (0—8%). Теплотворная способность газа 7000—8000 WE по данным Imhoff'a,<sup>1)</sup> несколько больше теплотворной способности светильного газа. Конструкция *газоуловителя* показана на черт. 150. В верхней части загнивателя эмшерского колодца установлен желез-

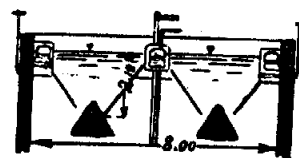


Черт. 147.



Черт. 148.

ный газовый колокол, нижняя часть которого на высоту 30 см заполнена водой; в верхней же части происходит скопление выделяющихся газов. Под колоколом устроено четырехугольное отверстие (0,5 × 0,6 м), закрытое плотно рамой из деревянных планок, чтобы препятствовать всплыванию примесей и допускать только проход газа. Из колокола вы-



Черт. 149.

ходит трубка для отведения газов в газопроводную сеть под давлением в 30 см. Для случайно попадающих под колокол плавающих веществ устроена боковая отводная трубка, запертая задвижкой.

Для усиления процессов газообразования в эмшерских колодцах, ведущих в результате к уменьшению осадков, рекомендуется подогревать их до температуры в 30°; в результате этого процесса получается газа в 10 раз больше<sup>2)</sup>. Такое подогревание осадков является выгодным при наличии двух факторов: близкой к очистной станции *установки*, имеющей мятый пар, и *городской газопроводной сети*. По данным Imhoff и Spillner<sup>3)</sup> в эмшерских колодцах

<sup>1)</sup> Imhoff, Die Verwertung des Methans aus Faulräumen, Gas und Wasserfach, 1923.

<sup>2)</sup> К. Н. Корольков, Распад осадка сточной жидкости в анаэробных условиях, 1926.

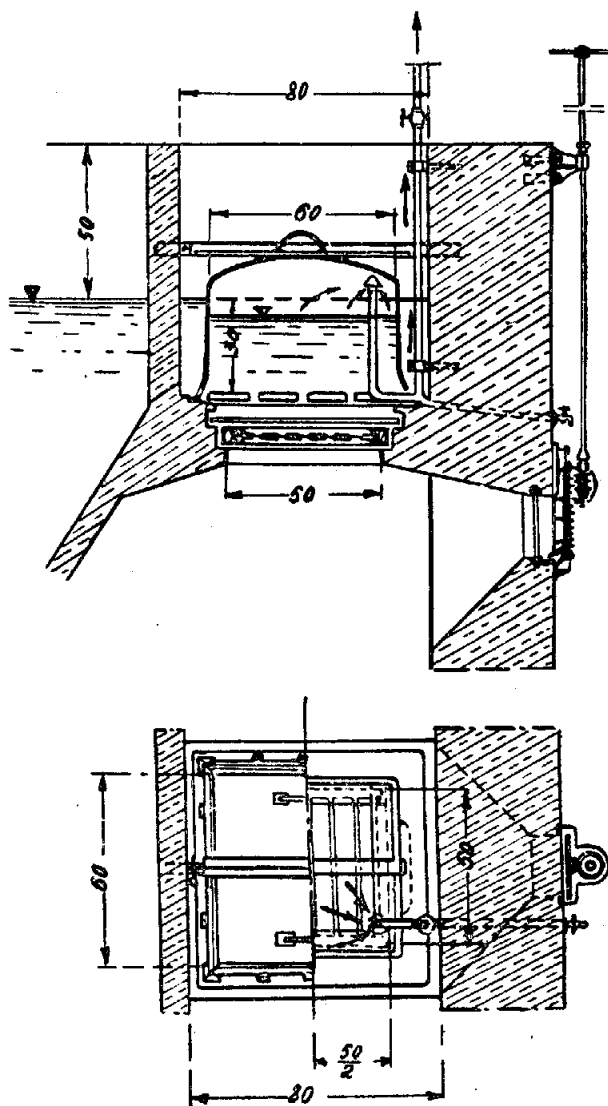
<sup>3)</sup> Imhoff, Die Schlammbehandlung in Emscherbrunnen, Techn. Gemeindeblatt, 1910; Imhoff, Die Bedeutung des Gasgehaetes bei der Zersetzung und Trocknung der Schlamm, Ges. Ing., 1910;

Spillner, Zur Frage der Schlammverzehrung in der Faulkammer, Ges. Ing., 1909;

Spillner und Guth, Zur Frage der Schlammverzehrung in Faulkammern und Emscherbrunnen. Ges. Ing., 1911.

происходит полное отделение свежих вод от загнивших, при чем осадки получают с содержанием воды до 75<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—80<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, очень легко подсушиваются на воздухе и почти не имеют запаха. Таким образом, будто бы, в этой конструкции достигается лучшая подготовка сточных вод к последующему очищению биологическими способами. На самом деле сохранение сточных вод в свежем состоянии после прохода через эмшерские колодцы Имгофа не достигается, что станет ясным из следующих соображений. Каждая порция осадков, которая сваливается из осадочного желоба в загниватель, несомненно вытесняет известное количество загнившей воды в осадочный желоб; независимо от этого явления, несмотря на устройство вентиляционных труб V (черт. 144 b — d), развивающиеся в загнивателях газы могут легко диффузировать в осадочный бассейн. Эти оба явления, происходящие непрерывно в эмшерских колодцах, в которых осадки скопляются в течение от 3 до 6 месяцев, определенно указывают, что здесь не может быть и речи о сохранении осветляемой жидкости в свежем состоянии<sup>1)</sup>. В этом отношении эмшерские колодцы уступают гидrolитическому танку, где осадки при поступлении в редуционную камеру не могут вытеснить равного объема жидкости, так как в этой камере происходит непрерывное движение жидкости; выделение газов в гидrolитических танках не может быть интенсивным, так как осадки из любой воронки (черт. 143) удаляются в течение 1—3 дней подобно осадочным бассейнам.

Теперь перейдем ко второму вопросу—образованию в эмшерских колодцах осадков с малым содержанием воды в 75%, легко подсыхающих на грязевых площадках; количество этих осадков, по данным Imhoff, Spillner и др., достигает 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub> нерастворенных веществ. Этот высокий коэффициент работы эмшерских колодцев, эквивалентный работе загнивателей, сразу станет иллюзорным, если мы только вспомним, что в большинстве установок с эмшерскими колодцами в Германии отсутствуют песколовки. Исключение же из схемы очистной станции песколовки влечет за собой выпадение минеральных веществ в эмшерских колодцах и значительное ухудшение состава осадков вследствие примеси



<sup>1)</sup> Kajet, Die Anwendung der Emscherbrunnen für die Vorreinigung und Nachreinigung bei biologischen Kläranlagen, Ges. Ing., 1909.

песка и др. тяжелых веществ, поэтому, если мы вычтем из вышеуказанных цифр количество осадков, задерживаемых песколловками, то и получим коэффициент задержания осадков в 60%, что приближает работу эмшерских колодцев к осадочным бассейнам кельнского типа. В американских станциях песколловки устраиваются перед эмшерскими колодцами. По данным, опубликованным в специальной литературе, в действительности этот коэффициент значительно меньше. Так, напр., Heyd<sup>1)</sup> дает для одной из первых очистных станций с эмшерскими колодцами в г. Rellinghausen коэффициент задержания взвешенных веществ в 0,44. Clark и Gage<sup>2)</sup>, исследовавшие работу Emscher-Bruppen на опытной станции в г. Lawrence (Сев. Америка), — дают коэффициент в 0,38—0,42. Эти цифры ставят Emscher-Bruppen ниже обыкновенных бассейнов. Kusch<sup>3)</sup> указывает, что для нормальной работы эмшерских колодцев требуется около года.

Переходя к вопросу об осадках в эмшерских колодцах, необходимо иметь в виду, что они уплотняются сильнее, чем в загнивателях, так как находятся под давлением столба воды в 7—10 м. Также эта причина, в связи с содержанием минеральных веществ в осадках, и ведет к понижению содержания в них воды до 75—80%, и поэтому к более скорой подсушке осадков. Передвижение осадков по грязевым трубам должно совершаться с затруднениями вследствие содержания в них песка и др. тяжелых веществ, что и вызвало добавление к первоначальным типам эмшерских колодцев промывных труб S (черт. 144 б). Отсутствие резкого запаха у осадков в эмшерских колодцах легко объясняется применением их в эмшерском районе, где к сточным водам в большом количестве примешивается уголь, производящий дезодорирующее действие. Наоборот, по данным опытной станции в Lawrence (Сев. Америка) и др. установок осадки из эмшерских колодцев издают весьма неприятный запах, напоминающий собой смесь из индола, скатола и др. пахучих веществ.

Время пребывания сточных вод в эмшерских колодцах  $t$  исчисляется в немецких установках от 1 до 2 часов при стоке в сухую погоду, каковая норма в некоторых северо-американских очистных станциях повышается до  $2\frac{1}{2}$  (г. Lebanon)—3 часов (г. Albany). Скорость движения при стоке в сухую погоду  $v$  берется в 5—10 мм, но не более 40 мм. Количество осадков исчисляется в среднем в 0,2 л на одного жителя. Что же касается емкости загнивателя, то она может быть определена по следующему приближенному способу. Для этой цели мы должны прежде всего установить то предельное количество дней— $n$ , в течение которых грязь может лежать в загнивателе. По данным практики для  $n$  берут от 30 до 180 дней; превышение этих норм ведет к чрезмерному увеличению емкости загнивателя, что в свою очередь влечет за собой излишнее углубление эмшерских колодцев.

Далее, если мы обозначим чрез  $S$  кубическое содержание осадков, ежедневно попадающих в загниватель, и чрез  $\frac{1}{a}$  то уменьшение объема, которое

1) Heyd, Beitrag zur neuen Klärtechnik, Ges. Ing., 1909.

2) Clark and Gage, Preliminary treatments for sewage clarification, Eng. Rec. 1912.

3) Kusch, Entwicklung der mechanischen Abwässerklärung in Deutschland, Ges. Ing., 1924.

испытывают осадки вследствие развития гнилостных процессов и некоторого уплотнения под давлением столба воды, то чрез  $n$  дней свежая грязь, осевшая в загнивателе в конце 1-го дня, будет иметь объем:  $s - \frac{(n-1)s}{a}$ ; в конце

2-го дня  $s - \frac{(n-2)s}{a}$  . . . . .

в конце  $(n-1)$  дня  $s - \frac{s}{a}$ ; в конце  $n$  дня  $-s$ . Из этого ясно, что загниватель должен иметь следующую емкость  $M$ :

$$\begin{aligned} M &= s \left[ 1 + \left(1 + \frac{1}{a}\right) + \left(1 + \frac{2}{a}\right) + \dots + 1 + \frac{(n-1)}{a} \right] = \\ &= s \left[ n - \frac{1}{a} (1 + 2 + \dots + (n-1) + n) \right] = s \left[ n - \frac{(n-1)n}{2a} \right] = \\ &= sn \left[ 1 - \frac{n-1}{2a} \right] \dots \dots \dots (20) \end{aligned}$$

Если пренебречь выражением  $\frac{1}{2a}$ , то выражение (20) превратится в

$$M = sn \left[ 1 - \frac{n}{2a} \right] \dots \dots \dots (21)$$

Полученное нами выражение является *приближительным*, так как на самом деле процесс уменьшения объема свежей грязи не может совершаться математически точно и допускает широкие колебания от заданной нами величины  $\frac{1}{a}$ . Кроме того, формула (21) может применяться лишь при соблюдении неравенства  $n < 2a$ .

Если принять по данным опыта для  $a$  значения 120, то при  $n = 30, 60, 80, 120, 150, 180$ ,  $M = 26s, 45s, 53s, 67s, 75s, 90s$ . Далее, при 2 куб. м осадков на 1000 куб. м сточных вод мы будем иметь значения для  $M = 52, 90, 106, 134, 150$  и 180.

Несмотря на многочисленные недостатки эмшерские колодцы (Emscher-Gruppen) широко распространились благодаря умелой рекламе в ряде немецких и американских городов. Так, они применены в городах Rellinghausen, Bochum, Essen, Essen-West, Solingen, Holzwickede, Lebanon, Albany, Philadelphia<sup>1)</sup>, Winchester, Ligonier<sup>2)</sup> Chemnitz<sup>3)</sup>, Worcester<sup>4)</sup> Berlin<sup>5)</sup> и др. У нас в СССР, помимо ряда мелких установок, эмшерские колодцы применены в г. Пятигорске и Туле.

§ 4. Колодцы системы „Stiag“. Слегка видоизмененный вариант эмшерских колодцев представляют колодцы сист. „Stiag“, как это легко можно видеть из черт. 151.

Конструктивные отличия колодцев этой системы от эмшерских колодцев заключаются в уширении поперечного сечения желоба, в котором вместо 2 отверстий устроены 3, и некотором уменьшении глубины колодца. Общество,

1) The sewage testing station for the city of Philadelphia, Engin. Record, 1909.

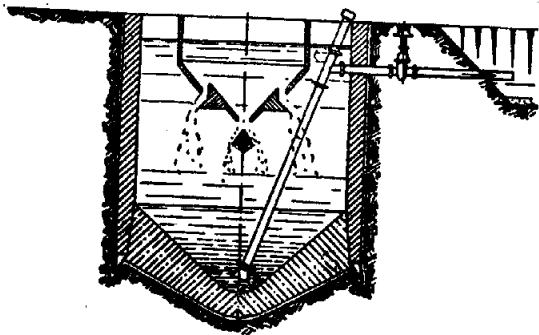
2) Pennypac Creek sewage disposal works, Eng. Rec. 1910.

3) Kanalisation, Versuchkläranlage und Strassenreinigung der Stadt Chemnitz, 1909.

4) Watermann, Imhoff tanks' operating procedure, Eng. News Rec., 1924.

5) Bandler, Die neue Abwasserkläranlage der Stadt Berlin, Techn. Rundschau, 1927.

эксплуатирующее колодцы системы „Stiag“, видит их достоинство в помещении двух отверстий в боковых стенках желоба, благодаря чему устраняется сваливание в загниватель больших количеств осадков зараз и засаривание нижних отверстий, встречавшееся на практике при применении эмшерских колодцев.



Черт. 151.

Не оспаривая этого преимущества колодцев системы „Stiag“, все же необходимо признать, что они *обладают помимо этого всеми недостатками эмшерских колодцев, подробно нами указанными в предыдущем параграфе.*

Данных о применении колодцев „Stiag“ для осветления сточных вод какого-либо города или завода в нашем распоряжении не имеется.

§ 5. Колодцы системы „Oms“. Другой и улучшенный вариант эмшерских колодцев представляют собой колодцы „Oms“ (Oms-Gruppen), в которых *достигается, по мнению изобретателей, полное отделение загнивателя от осадочного бассейна, чем обуславливается отстаивание в последнем незагнивающей сточной воды.* Двух-ярусные колодцы „Oms“ имеют следующую конструкцию (черт. 152 а — в).

Сточные воды перед поступлением в колодцы „Oms“ из канала А сначала протекают через песколовку В с решеткой С и оттуда поступают в круговой канал D, из этого канала через водослив F с жироловкой сточные воды изливаются на конусообразную воронку, чем достигается их равномерное поступление через отверстия в осадочный бассейн G, исток из которого через канал F<sup>1</sup> изливается в отводной канал. После поступления сточной воды в желоб плавающие вещества через верхние боковые отверстия переходят из осадочного бассейна в колодезь, где и всплывают; тяжелые же частицы через два отверстия в дне отстойника низвергаются уже на дно самого колодца, где и выгнивают. Удаление осадков из колодцев „Oms“ на грязевые площадки производится напором сточной воды в 1,25 — 1,50 м. К достоинствам колодцев этого типа сравнительно с эмшерскими нужно отнести *отсутствие развития гнилостных процессов в осадочной части*, так как проникающие через нижние отверстия желоба газы легко выходят через верхние отверстия. Конечно, такое движение гнилостных газов нужно понимать в том смысле, что *по данным опыта протекающая в осадочных желобах вода остается свежей.* Второй особенностью колодцев „Oms“ является *приведение необходимой для гниения воды и отведение продуктов распада органических веществ по особым отдельным трубам.* Кроме того, по данным Landesanstalt für Wasserhygiene осадки в колодцах „Oms“ имеют незначительное содержание воды в 76,2%.

Колодцы сист. „Oms“ применены в г. Friedrichroda<sup>1)</sup>, Schwerin и др.

§ 6. Осадочные бассейны с приспособлениями для интенсивного осаждения и для удаления осадков без перерыва их эксплуатации. После опубликования опытов Steuernagel'я, установивших предельный эффект

<sup>1)</sup> Heyd — Der Umbau der Kläranlagen der Stadt Friedrichroda in Thüringen, Wasser und Gas 1925.

работы осадочных бассейнов в 60—65% осаждения нерастворенных веществ, инженеры не могли остановиться на этом результате и стали стремиться к повышению осветлительной способности и к упрощению приспособлений для удаления осадков из бассейнов.

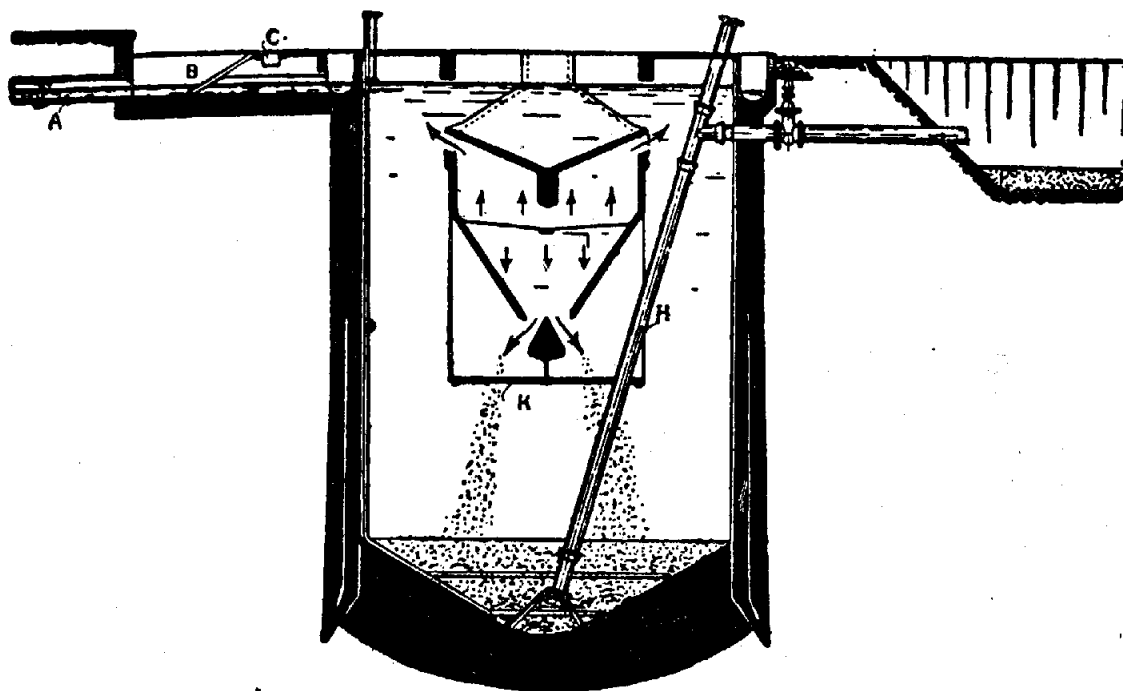
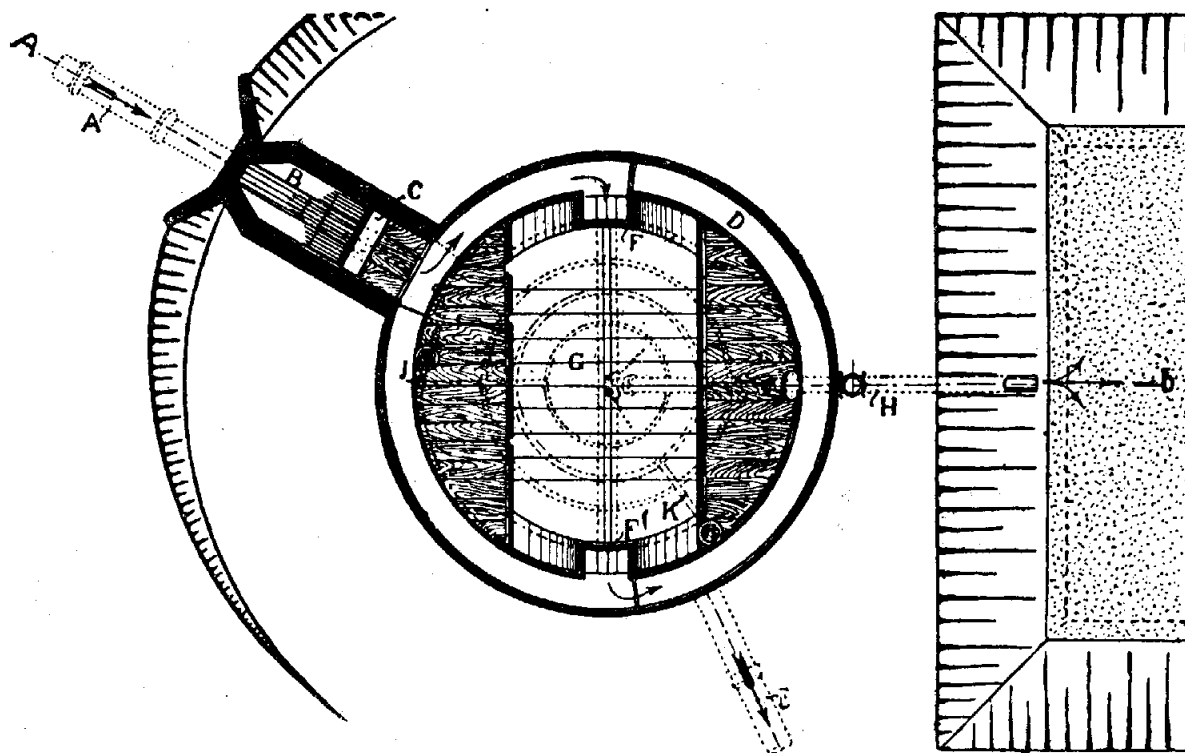


Abb. 1

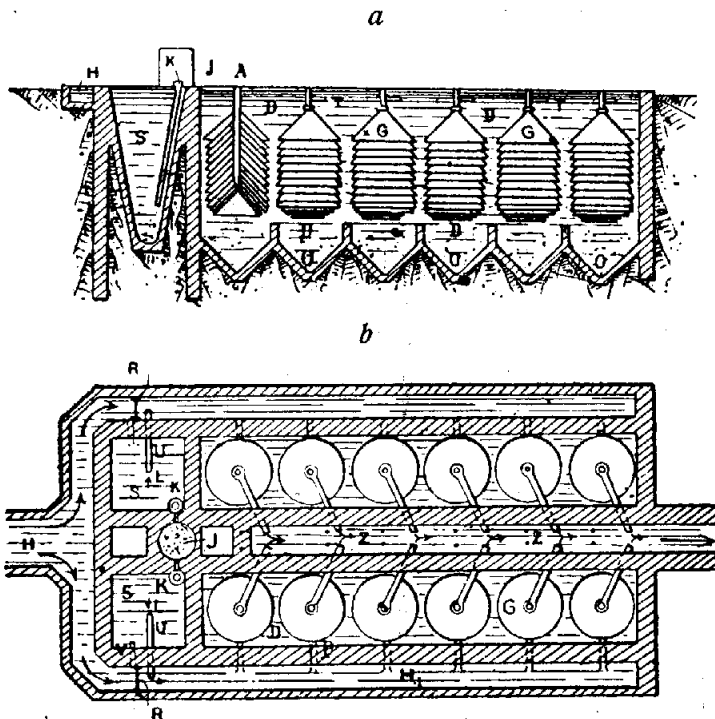


Черт. 152.

Одной из старых конструкций подобного рода являются бассейны Рейзерт — Дерво<sup>1)</sup> (Reisert — Dervaux), которые находили себе применение для

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Способы предварительной обработки сточн. вод, 1911; Imbeaux, L'assainissement des villes, 1902.

очистки питьевой воды для промышленных целей с помощью химических реактивов, а впоследствии были предложены и для очистки сточных вод. Сущность

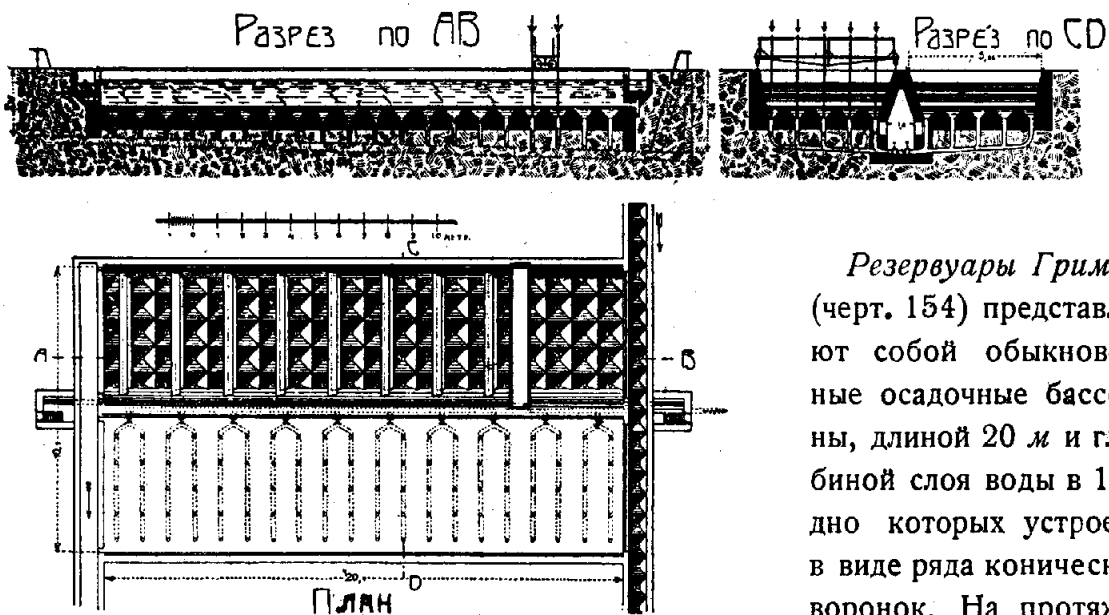


системы Дерво заключается в установке по протяжению бассейнов серий поставленных друг над другом железных колпаков (черт. 153 а — б); благодаря большой поверхности этих колпаков предполагалось задерживать большие количества не только взвешенных, но и коллоидальных веществ. Но при испытании сист. Дерво оказалось, что эти колпаки и связанные с ними трубки легко затягиваются жировыми частицами, а очистка их от жира является весьма затруднительной. Вероятно, этим и можно объяснить, что система

Черт. 153.

Reisert—Dervaux, насколько нам известно, не получила практического применения в области сточных вод.

К этому же классу сооружений принадлежат и осадочные бассейны Гримма (Grimm)<sup>1)</sup>.



Черт. 154.

Резервуары Гримма (черт. 154) представляют собой обыкновенные осадочные бассейны, длиной 20 м и глубиной слоя воды в 1 м, дно которых устроено в виде ряда конических воронок. На протяжении трех четвертей длины в стенках бассейна

заделаны листы из эмалированного железа под углом 45°, которые предназна-

<sup>1)</sup> Lübbert, Zur Theorie der Sedimentierung und die Grimmsche Flachbecken für Kläranlagen, Ges. Ing., 1909;

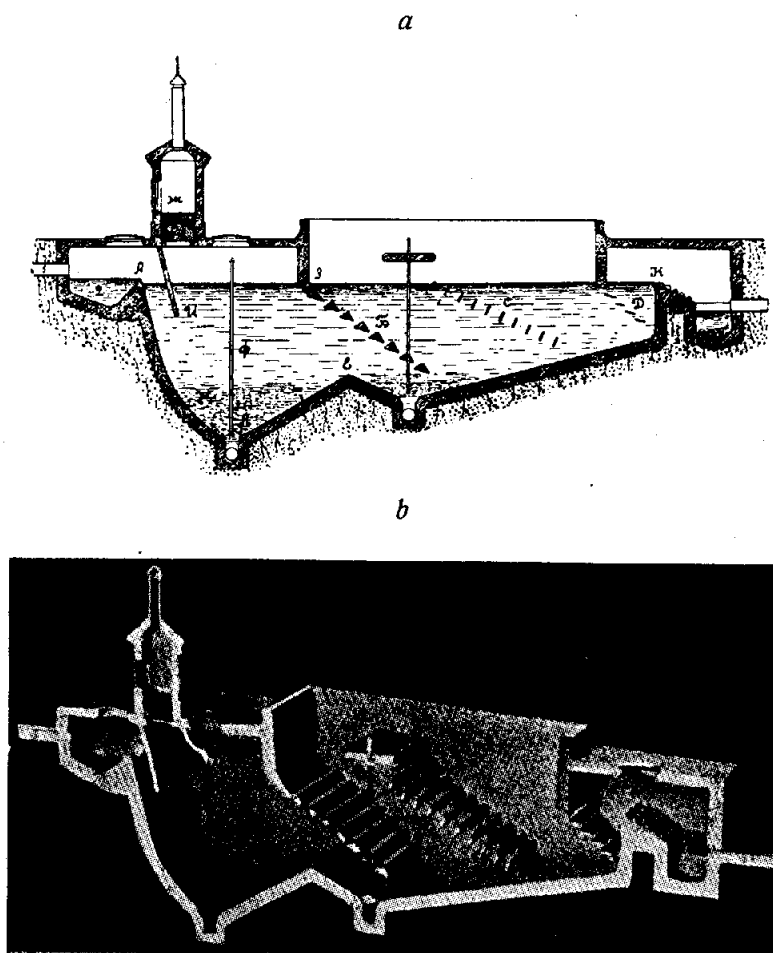
Grimm, Klärschlammgewinnung unter Wasser, Ges. Ing., 1909.

нены для задержания коллоидальных веществ. Отложившиеся на этих листах частицы, свертываясь в комочки, падают в воронки, где независимо от этого скопляются осадки из взвешенных веществ. Благодаря устройству воронок в дне бассейнов Гримма, — удаление осадков производится так же просто, как и в гидrolитических тэнках. Для этого в вершине каждой воронки заложена грязевая вертикальная труба, отверстие которой заперто задвижкой, управляемой посредством полой штанги сверху. Каждые пять вертикальных труб впадают в общую наклонную грязевую трубу; наклонные трубы соединяются между собой попарно в общие трубы, на конце которых помещена задвижка в центральной галлерее, разделяющей бассейн на две части. Для выжимания осадков из воронок в полую штангу донных задвижек впускается воздух, благодаря чему осадки должны иметь в своем составе меньше воды, чем осадки из обыкновенных осадочных бассейнов. Управление донными задвижками производится с 2 передвижных мостиков, катящихся по стенкам бассейна.

Из этого описания можно прийти к заключению, что бассейны Гримма представляют собой несомненное улучшение сравнительно с бассейнами кельнского типа и должны были бы давать более высокий коэффициент задержания взвешенных и коллоидальных веществ. К сожалению, нам неизвестны случаи их применения для очистки городских или промышленных сточных вод, вследствие чего мы не можем привести каких-либо численных коэффициентов, характеризующих их действие.

Под влиянием усовершенствований, введенных в конструкции осадочных бассейнов и загнивателей за границей, и у нас в

СССР появились загниватели особой конструкции под названием *септики-сепараторы системы Заславского и Александра*<sup>1)</sup>. Устройство септика-сепаратора заключается в следующем (черт. 155 а — б).



Черт. 155.

<sup>1)</sup> Б. Е. Заславский, Введение призм в осадочный бассейн для улучшения очистки воды, Изв. Южно-Русского Общества Технологов, 1912;

Battige, Verbesserung der Reinigungswirkung in Absitzbehältern durch Einführung von Prismenleisten, Ges. Ing., 1913.



Сточные воды притекают в сепаратор по трубе *I*, при чем сначала попадают в желоб *2*, откуда уже изливаются через порог *A* в бассейн. Затем сточные воды, протекая по бассейну, проходят чрез три группы призм *B*, *C* и *D* и после осветления изливаются чрез водослив *K*. Вследствие наибольшей интенсивности осаждения в начальных частях бассейнов сделано для приема осадков углубление *L*; для предотвращения перемещения осадков по дну бассейнов углубление *A* имеет порог *E*, за которым таким образом образуется второе углубление для более легкого удаления скопляющихся в этой части осадков. Удаление осадков производится по заложенным в дне углублений грязевым трубам, запираемым коническим клапаном с резиновым уплотнением, который соединен с воздушной трубкой *F*; благодаря установлению сообщения грязевых труб с атмосферой облегчается удаление осадков. Все газы, развивающиеся в первой части бассейна, и жиры благодаря установке треугольных призм *B* отводятся в верхние слои сточных вод части бассейна *АЛЕ*. Это достигается, по мнению изобретателей, вследствие того, что поднятая со дна бассейна благодаря действию газов и увлеченная движением сточных вод частица ударяется о призму, вследствие чего теряется живая сила движения частицы, и она падает на дно бассейна, при чем газы, освобожденные от частицы, устремляются наверх. Газы из верхней части бассейна двигаются в камеру *Ж* или для выведения в верхние слои непосредственно, или же пропускаются предварительно чрез дезодорирующие вещества (уголь, торф). Вторая часть бассейна *ЛЕК* предназначается уже для задержания коллоидальных веществ посредством двух групп призм *C* и *D*, после чего уже сточные воды, переливаясь чрез порог *K*, вновь проходят чрез ряд поставленных для аэрации осветленных вод вертикальных призм в колодезь, откуда уже воды поступают на сооружения для их окончательной очистки.

Септик-сепаратор нашел себе применение в гг. Александровске, Москве<sup>1)</sup> и др.

Из вышеприведенного описания нельзя не заключить, что *септики-сепараторы* представляют собой комбинацию ранее применявшихся усовершенствований в области конструкции осадочных бассейнов. Так, — призмы напоминают собой наклонные листы в бассейнах Гримма, воронки с донными затворами также встречаются в бассейнах этой системы; фильтр для газов, выделяющихся при гниении осадков, встречается в круглых тэнках Лэтонского типа<sup>2)</sup>. Тем не менее, мы считаем не требующим доказательства, что *септики-сепараторы* системы Заславского и Александра должны обладать повышенным сравнительно с обыкновенными загнивателями коэффициентом задержания взвешенных веществ и способностью задерживать некоторую часть коллоидальных веществ. Точных цифр за отсутствием опубликованных в специальной литературе анализов мы привести не можем. Поэтому нам представляется вполне уместным применение септиков-сепараторов для небольших установок (больниц, школ и пр.) вследствие несложности их конструкции и большего коэффициента их полезного действия сравнительно с простыми загнивателями.

<sup>1)</sup> Труды Комиссии М. П. С. по исследованию систем ассенизации железнодорожных станций.

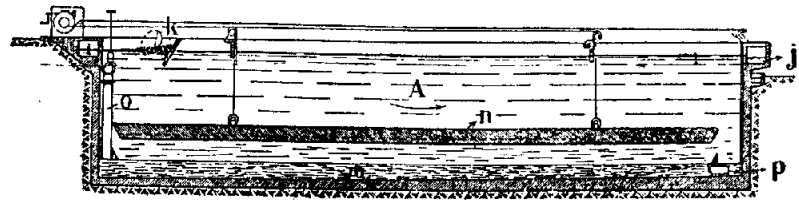
<sup>2)</sup> М. И. Моргулев, Очистные сооружения новейшего типа, Инженер, 1913.

Стремление к отделению осадков от свежей сточной воды, осуществленное удачно в гидrolитических тэнках и менее целесообразно в эмшерских колодцах, колодцах „Stiag“ и колодцах „Oms“, привело изобретателей к такой конструкции бассейна,

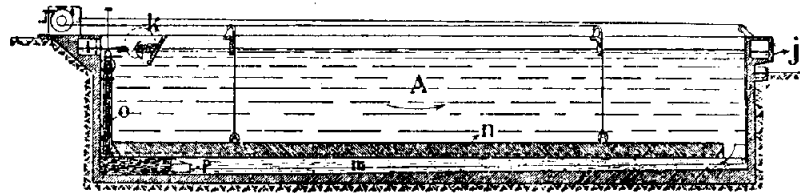
где эта цель достигается посредством механических приспособлений. Эти бассейны носят название *нейштадских двойных бассейнов с поршнями для выжимания осадков* (Neustädter Doppelbecken mit Schlammförderkolben). Конструкция этих бассейнов, изобретенных Steuer, заключается в следующем (черт. 156 *a—e*).

Сточные воды после прохода через песколовку с решеткой поступают в бассейн *A* через канал *i* (черт. 156 *d*). В начале бассейна установлена наклонная перегородка *k*, благодаря которой задерживаются жиры и другие плавающие вещества (черт. 156 *a—d*); все эти частицы удаляются периодически посредством вращающегося черпака из бассейна. Взвешенные частицы по мере движения по бассейнам (длиной 20 м и глубиной 4 м) осаждаются на наклонных стенках, с которых спускаются в продольный желоб *m* (черт. 156 *e*). Для уплотнения осадков ежедневно спускают подвешенную на канатах тяжелую балку *n* (черт. 156 *a—d*), благодаря чему вся ежедневная порция осадков вдавливается в канал *m*. В левом конце канала находится подъемная труба *o*, которая разветвляется на две горизонтальные ветви,

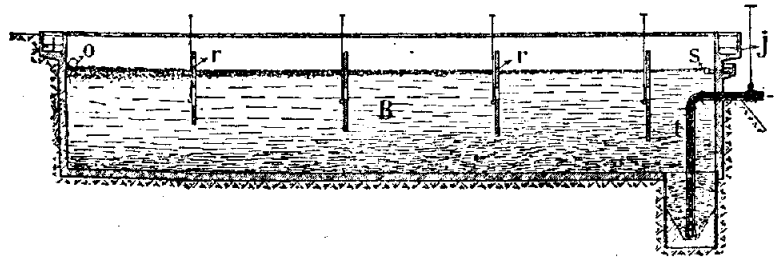
*a* — разрез по *a-b*.



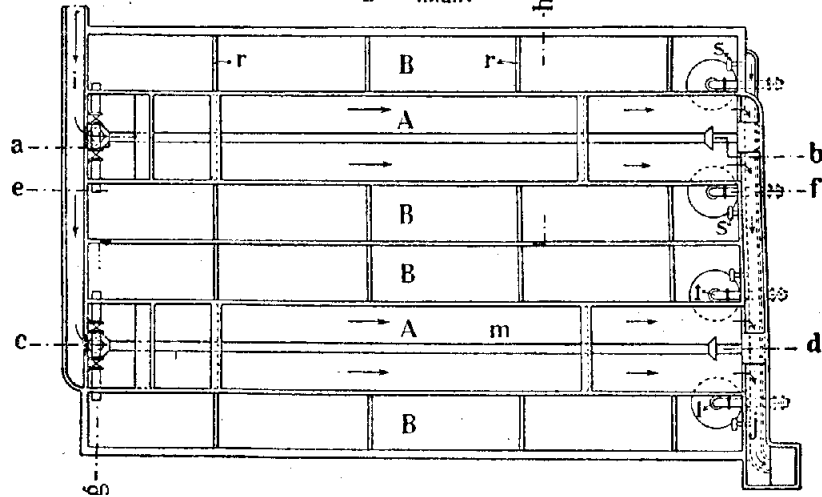
*b* — разрез по *c-d*.



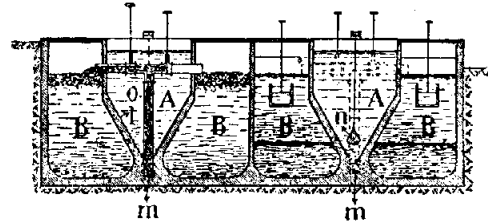
*c* — разрез по *e-f*.



*d* — план.



*e* — разрез по *g-h*.



Черт. 156.

вставленные в стенки бассейнов  $B$  (черт. 156  $c$ ); труба  $o$  находится на 0,5 м ниже уровня воды в бассейне  $A$ ; верхние ветви ее закрыты задвижками, а нижние концы всегда открыты. Когда откроют задвижку на трубе  $o$ , то подвижной поршень  $p$  под давлением столба воды в 4 м будет выжимать осадки через эту трубу в боковые бассейны  $B$  (черт. 156  $b$ ). По окончании этой операции, в результате которой в бассейнах  $B$  скопляются осадки с малым содержанием воды, балка  $n$  поднимается вверх, поршень  $p$  устанавливается на старое место, и желоб  $t$  вновь делается свободным для принятия новых порций осадков. Время, потребное для совершения этой операции, по заявлению изобретателей, не превышает 3 минут, для выжимания же требуется не более 20 секунд. Бассейны  $B$ , служащие для переработки осадков (черт. 156  $c$ ), разделены по своей длине перегородками  $r$ . Осадки, попадая в первое отделение, своим весом выжимают в соседнее отделение равный им объем, что, в свою очередь, вызывает последовательное перемещение слоев осадков из второго отделения в третье и т. д. до последнего отделения. Благодаря этому в последнее отделение попадают уже давно лежавшие в бассейнах осадки, чем устраняется перемешивание слоев осадков различной консистенции. Размеры бассейнов  $B$  определяются с таким расчетом, чтобы выжатые из бассейна  $A$  осадки лежали в них не менее 3—5 месяцев. Так как осадки с течением времени в бассейне  $B$  подвергаются гнилоственному разложению и уплотнению, то является необходимым удалить из бассейнов  $B$  воду. Вода спускается по установленной в последнем отделении бассейна трубе  $S$ , которая дальше соединяется с отводным каналом  $j$ . Это представляется возможным по той причине, что в последнем отделении находится уже выгнившая вода. Осадки из бассейна  $B$  удаляются по трубе  $t$ , на которой установлена задвижка. Осадки из этого бассейна должны быть более плотной консистенции, чем из других устройств подобного рода.

Оценивая конструкцию нейштадских двойных бассейнов, мы должны прежде всего указать, что *осаждение в них происходит так же, как и в обыкновенных бассейнах*, с той только разницей, что здесь из-за отсутствия грязеловки можно ожидать некоторого пронесения осадившихся взвешенных веществ в протоки. Особенностью этой системы следует считать строгое отделение осадков от свежей сточной воды, что, как известно, создает лучшие условия для последующей биологической очистки. Осадки благодаря выжиманию балкой несомненно имеют меньше воды, чем в любой из существовавших ранее конструкций. Кроме того, по опытам осадки содержат в себе такие же количества газов, как и осадки из эмшерских колодцев, что создает выгодные условия для их подсушивания.<sup>1)</sup>

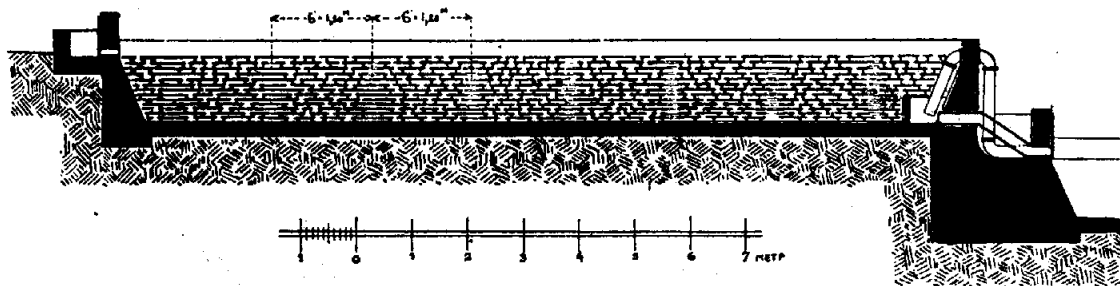
К недостаткам этой системы следует отнести сложность приспособлений для выжимания осадков и их высокую стоимость вследствие необходимости придавать бассейнам глубину в 4 м, что вызывает ухудшение процессов осаждения. Кроме того, нам представляется затруднительным передвижение осадков из бассейна  $B$  по трубе  $t$  вследствие малого содержания в них воды. Численные данные о работе этих бассейнов, примененных в г. Нейштадте на р. Гардт и Штутгарте нам неизвестны<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Kusch, Entwicklung der mechanischen Abwässerklärung in Deutschland, Ges. Ing., 1924.

<sup>2)</sup> Fuller and Mc. Clintock, Solwing sewage problems, 1926.

§ 7 **Пластинчатые окислители Дибдина.** *Дибдин (Dibdin)*, один из пионеров в области очистки сточных вод, желая устранить влияние развивающихся в загнивателях гнилостных процессов на последующую обработку в биологических фильтрах, предложил *при предварительной обработке сточных вод* использовать *окислительные процессы*. Эту идею он осуществил в изобретенных им в 1905 г. *пластинчатых окислителях* (state beds, plattenkörper, lits d'ardoises), нашедших себе применение в ряде английских городов: Devize, Trowbridge, Malden, Machynlleth и др.<sup>1)</sup>

*Пластинчатые окислители Дибдина* представляют собой резервуары, глубиной 1,2 м, заполненные *шиферными пластинами* (размерами 0,3×0,9×0,06 м); эти пластины укладываются горизонтальными рядами на выпиленных из шифера шашках на расстоянии 5 см (черт. 157). Для смывания отложившихся на поверхности пластин взвешенных и коллоидальных веществ устроен ряд *вертикальных колодцев* диам. 25 см, в которые для промывки



Черт. 157.

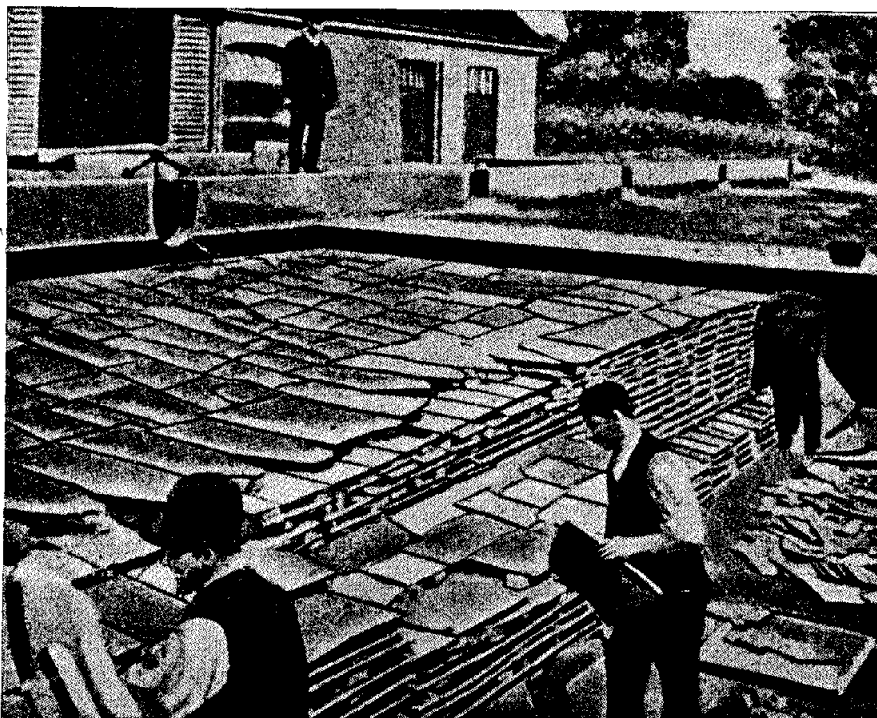
могут быть опущены водопроводные рукава. Нижний слой шиферных пластин отстоит от дна резервуара на 15—40 см. Производство работ по укладке шиферных пластин в г. Malden показано на черт. 158. Пластинчатые окислители Дибдина принадлежат к группе заливных окислителей (подробнее см. главу XVIII), и поэтому впуск в них сточных вод совершается периодически, при чем наполнение и опорожнение занимает от 1 до 2 часов, а окислители стоят наполненными от 4 до 8 часов. Поэтому количество напусков в течение суток не превышает двух-трех. Сточные воды, вливаясь в окислители Дибдина, встречают на своем пути первый ряд шиферных пластин, который и задерживает крупные нерастворенные вещества, исполняя таким образом обычную роль решеток и сит. При дальнейшем заполнении резервуара происходит отложение более мелких (взвешенных и коллоидальных) частиц. При спуске сточных вод из пластинчатых окислителей на коксовые вымываются черноватые осадки, которые уже задерживаются на поверхности коксовых окислителей. Эти осадки сгребаются в кучу для проветривания, а затем вновь разравниваются на поверхности окислителей. Осадки, отложившиеся на поверхности первого слоя пла-

<sup>1)</sup> *Dibdin*, Recents improvements in methods for the biological treatment of sewage, 1907; *Idem*, Sewage disposal at Netherne asylum, The Sanit. Rec., 1909; *Idem*, The present position of the sewage disposal question, Surveyor, 1909; *Idem*, Aerobic Biological treatment of sewage, 1911.

*Инж. В. А. Дроздов*, Пластинчатый окислитель Дибдина в деле биологической обработки сточной жидкости, 1907.

*Проф. В. Ф. Иванов* Способы предварительной обработки сточных вод, Изв. Киев. Полит. Инст., 1911.

стин, под действием аэробных процессов, развивающихся при содействии микро- и макро-организмов (червей, личинок), по данным Дибдина разлагаются до гумуса, вследствие чего они, теряя способность к загниванию, легко подсушиваются на воздухе. Промывка пластинчатых окислителей от осадков производится быстрым пропуском сточной воды чрез загрузочный материал, что достигается одновременным открытием впускного и выпускного отверстий, но так как при этом не вымываются частицы, осевшие на пластинах, то их смывают посредством водопроводного рукава с угольными наконечниками, спускаемого в вертикальные колодцы пластинчатого окислителя. После такого промывания восстанавливается первоначальная водоемкость окислителя в 80%.



Черт. 158.

За заполняющим окислителем Дибдина материалом—шиферными пластинами—имеются несомненные достоинства с эксплуатационной точки зрения, так как он не разрушается под действием текучей воды, позволяет очищать поверхность его от осадков и повышает вдвое водоемкость окислителя. Поэтому пластинчатому окислителю изобретателем его Дибдиным присваиваются свойства задерживать чуть ли не все взвешенные и коллоидальные вещества и давать в результате очистки жидкость, не имеющую гнилостного характера благодаря интенсивному развитию аэробных процессов.

Тем не менее, за этими окислителями имеются крупные недостатки. Так, вымываемые из окислителей черноватые осадки заставляют прибегать к постройке промежуточных осадочных бассейнов во избежание заиливания биологических фильтров<sup>1)</sup>. Вследствие отсутствия таких бассейнов в г. Девейзе пришлось после года эксплуатации перерыть коксовые фильтры на всю глубину. Далее, в настоящее время считается вполне установленным, что окислители

<sup>1)</sup> В. А. Дроздов, Новый принцип в деле биологической очистки сточных вод. Труды VIII Водопр. Съезда, 1907 г.

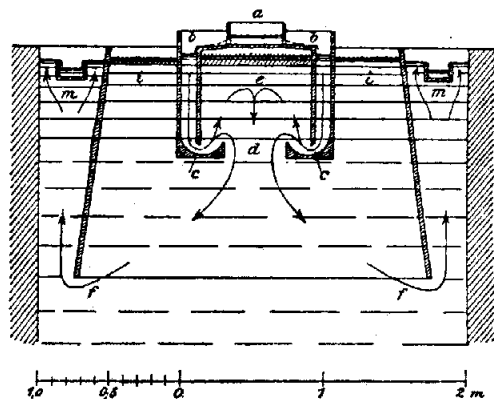
Дибдина задерживают столько же взвешенных веществ, как и обыкновенные загниватели. По данным Английской Королевской Комиссии по очистке сточных вод, исследовавшей в течение года установки по системе Дибдина в городах Devizes, Dereham и Machynlleth, количество взвешенных веществ, задержанных пластинчатыми окислителями, колеблется от 27,4% (Machynlleth) до 66,6% (Devizes) их первоначального количества. Помимо малого полезного эффекта действия окислителей Дибдина на практике обнаружилось, что вытекающая из них жидкость не теряет способности к загниванию, так как между рядами пластин во время стояния жидкости в окислителях несомненно происходят явления анаэробного брожения. Кроме того, сохранению характера сточной воды после прохода через окислители способствует еще и то обстоятельство, что через вертикальные колодцы для промывки сточная вода проходит без всякой очистки. Правильность этих соображений подтверждается как данными инж. Schiele<sup>1)</sup>, так и мнением экспертов Английской Королевской Комиссии по очистке сточных вод, которые пришли к заключению, что сточные воды, прошедшие через окислители Дибдина, не отличаются по своему составу от сточных вод, прошедших через осадочные бассейны и загниватели. Количество осадков, получающееся в окислителях Дибдина в г. Devizes, составляет 3,46 тонны с 90% воды на 1000 куб. м сточных вод, что довольно близко к количеству ила, получающемуся в загнивателях очистной станции г. Манчестера—3,44 тонны на 1000 куб. м сточных вод.

Помимо недостатков с технической точки зрения, нельзя не забывать при их оценке и экономическую сторону. Вследствие применения для заполнения окислителей редко встречающегося в природе материала—шифера приходится включать в его стоимость и стоимость транспорта, благодаря чему значительно повышается общая стоимость. Так, напр., в Москве стоимость 1 куб. саж. шиферных пластин обходилась до войны 1914 г. в 200 рублей.

Все эти вышеприведенные соображения заставляют нас признать, что окислители Дибдина являются непригодными для городских очистных станций как по техническим, так и по экономическим соображениям. В настоящее время окислители Дибдина вышли из употребления.

§ 8. Жироловки Кремер'а и голландские жироловки. Совершенно особо стоит от описанных в предыдущих параграфах способов предварительной обработки метод Кремер'а, предназначенный сначала исключительно для вылавливания жира и плавающих веществ и впоследствии видоизмененный в самостоятельный метод предварительной обработки сточных вод. Устройство жироловок Кремер'а, впервые примененных для вылавливания жира из сточных вод пред выпуском их на берлинские поля орошения Osdorf в 1903 году, заключается в следующем (черт. 159).

Сточные воды притекают в жироловку а

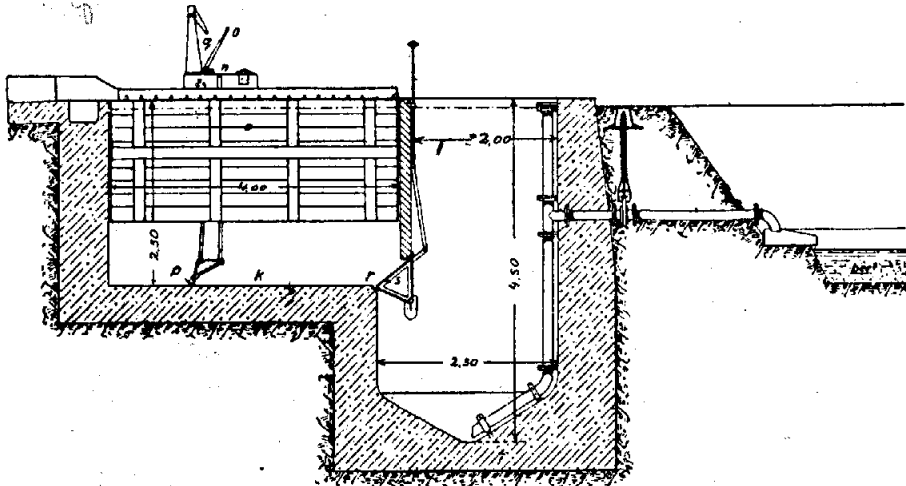


Черт. 159.

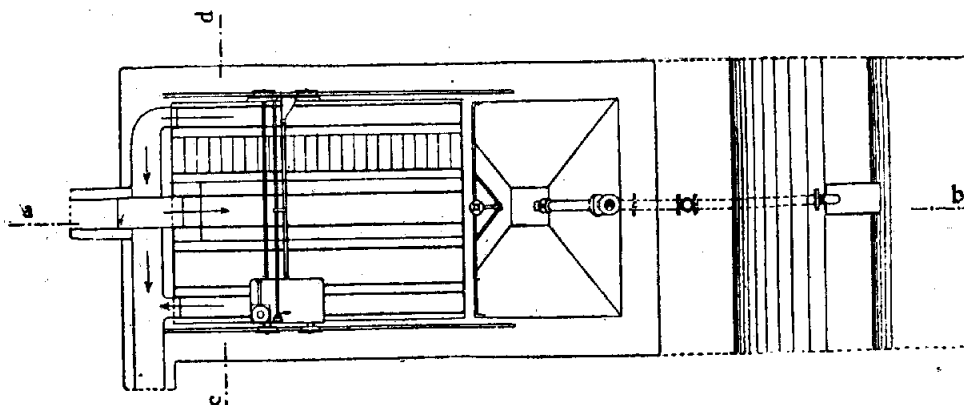
<sup>1)</sup> Schiele, Abwassetbeseitigung von Gewerben und gewerbereichen Städten, Mitt. der Kön. Prüfungsanstalt für Wasserver. und Abwässerbeiseit, Heft 11, 1909.

и через сделанные в ее стенках отверстия поступают в вертикальные каналы *b*, которые имеют на своих концах изогнутые части с выступами *c*. Благодаря этим изогнутым частям *c* каналов *b* сточные воды стремятся двигаться вверх в коробку *e*; в то же время сила тяжести заставляет двигаться взвешенные частицы вниз через отверстие *d* ко дну жироловки, но благодаря устройству отводных каналов *t* на краях жироловки сточные воды еще раз у *f* меняют свое направление. В результате двукратных переменных движений сточной воды частицы с малым

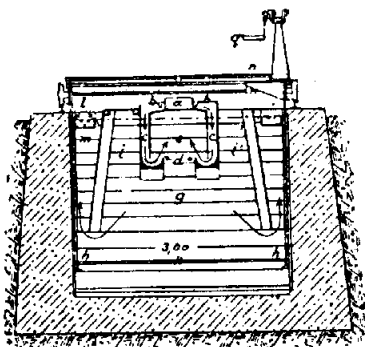
*a* — разрез по *a-b*.



*b* — план.



*c* — разрез по *c-d*.



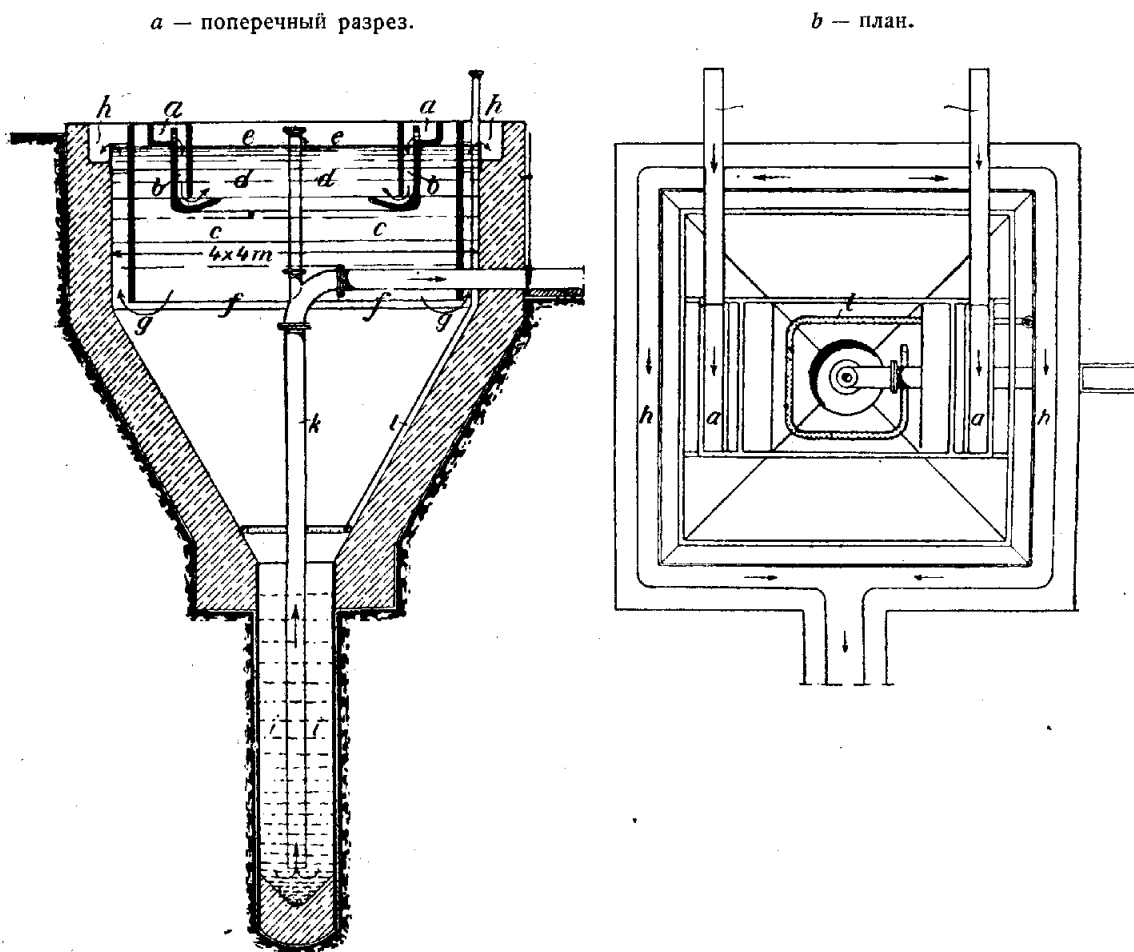
Черт. 160.

удельным весом (жиры, бумага, пробки, листья и т. п.) всплывают на поверхность слоя воды в *e* и частью в *i*, а более тяжелые частицы падают на дно жироловки. Когда всплывший слой плавающих веществ достигает 10—20 см, то его по снятии крышки легко снимают черпаками. Для движения сточной воды в жироловках Кремера является вполне достаточным, чтобы канал *a* был бы выше канала *t* на 20 см. Жироловка может быть сделана из дерева, цементных досок, железо-бетона и т. п.

Удаление осевших на дне жироловок Кремера частиц в первоначальных установках делалось по способу, показанному на черт. 160 *a—c*. Под жироловкой имеется осветлительная камера, к которой примыкает колодезь для со-

бирания осадков, отделенный от первой камеры поворотной задвижкой  $г$ . Сбрасывание осадков из осветлительной камеры в колодезь для осадков производится посредством скребка  $р$ , который связан тягами с рукояткой  $о$ , помещенной на платформе вагонетки; вагонетка передвигается благодаря вращению рабочим рукоятки  $о$ . Скребок  $р$ , перемещаясь вместе с вагонеткой по всему полу осветлительной камеры, сдвигает грязь чрез открытое задвижкой  $г$  отверстие в колодезь для осадков, из коего они удаляются давлением воды по вертикальной трубе, запертой во время ее бездействия задвижкой. Вся операция по удалению осадков, которую лучше всего делать ежедневно в вечернее время, занимает не свыше получаса.

Другим вариантом этого же способа является замена глубокого колодца небольшим закрытым колодцем для более полного выгнивания осадков.



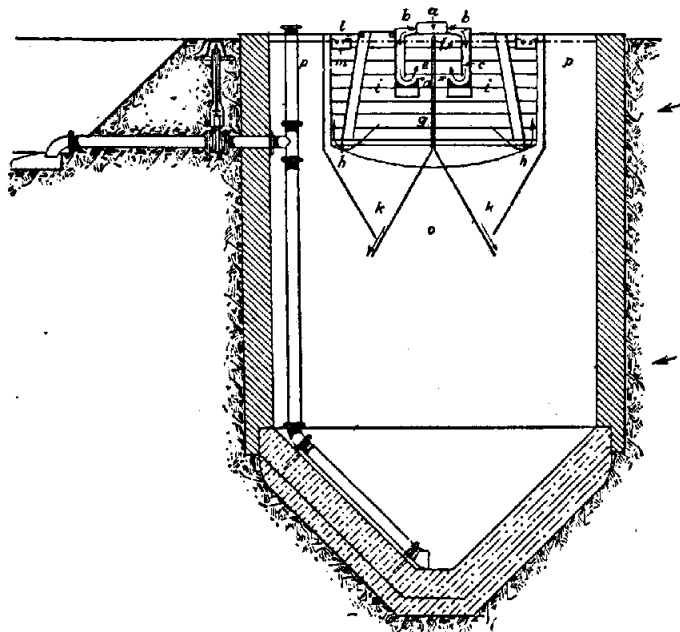
Черт. 161.

После ряда опытов конструкция бассейна с жироловкой Кремера вылилась в следующую форму (черт. 161  $a—b$ ). Здесь видоизменена несколько конструкция самой жироловки: сточные воды поступают в два приводных канала, благодаря чему для всплывания жира и других элементов малого удельного веса предназначается большая поверхность воды, большой наклонный цилиндр ( $f$  на черт. 159) заменен вертикальным. Но главную особенность современного типа жироловок Кремера составляет соединение камеры для собирания осадков с жироловкой в одном колодце. Для этой цели дно колодца заканчивается цилиндром небольшого диаметра  $i$ , в котором скопляются осадки,



и в который опущена труба *к* для их удаления. Осадки в этом цилиндре уплотняются под давлением воды, благодаря чему уменьшается в них содержание ее. Газы, развивающиеся под влиянием гнилостных процессов, удаляются по трубке *е*, уложенной по стенке цилиндра. Грязь выжимается давлением воды после открытия задвижки по трубе *к*.

Стремление отделить осадки от притекающей сточной воды и тем самым защитить их от загнивания породило конструкцию, где жироловка



Черт. 162.

Кремер'а соединена с эмшерским колодезем Imhoff'a (черт. 162). В этом устройстве жироловка Кремер'а помещена в верхней части колодца в желобах эмшера, из которых осадки выпадают в колодезь через отверстия *к*; в кольцевом пространстве *лп* могут всплывать благодаря газообразованию плавающие вещества. Осадки удаляются обычным способом под давлением воды.

Осветлительный эффект колодцев с жироловками Кремер'а по опытам, сделанным в Шарлоттенбурге<sup>1)</sup>, составляет

в среднем 60% взвешенных веществ, т. е. не уступает работе осадочных бассейнов кельнского типа.

В мокрой жировой массе содержится по данным шарлоттенбургских опытов 70—75% воды и 21,3% жира; в последней цифре содержится 75,3% сухого жира и около 17% мыла. В г. Хемнице, где в канализационную сеть не попадают экскременты и где имеется многочисленное рабочее население, сухого жира меньше, чем в Шарлоттенбурге, а именно—45%; в остальной же части всплывшего слоя содержатся преимущественно остатки бумаги.

Что касается количеств осадков в колодцах с жироловкой Кремер'а, то в среднем осаждается 3,5 куб. м на 1000 куб. м с содержанием воды в 85—88%.

Но особенностью осветлительных колодцев с жироловками Кремер'а является отделение жира от осадков, благодаря чему в последних значительно уменьшается содержание жира. Для успешности процесса всплывания жира необходимо, чтобы движущаяся вверх у *с* (черт. 159) сточная вода имела известную скорость. При длине жироловки Кремер'а в 5 м и при расходе 10 л/сек. ширина канала должна иметь 60 мм, а скорость  $16\frac{2}{3}$  мм. При производстве опытов в Шарлоттенбурге наибольшее количество выделяемого жира не превышало 7,6 г на 1 куб. м сточной воды; эта норма при суточном расходе в 30 000 куб. м дает ежедневно 228 кг выделяемого жира, а в год 83 000 кг.

<sup>1)</sup> Zahn und Reichle, Untersuchungen über die Wirkungsweise des Kremerschen Apparats, Mitteilungen der Königlichen Prüfungsanstalt, Heft 10;

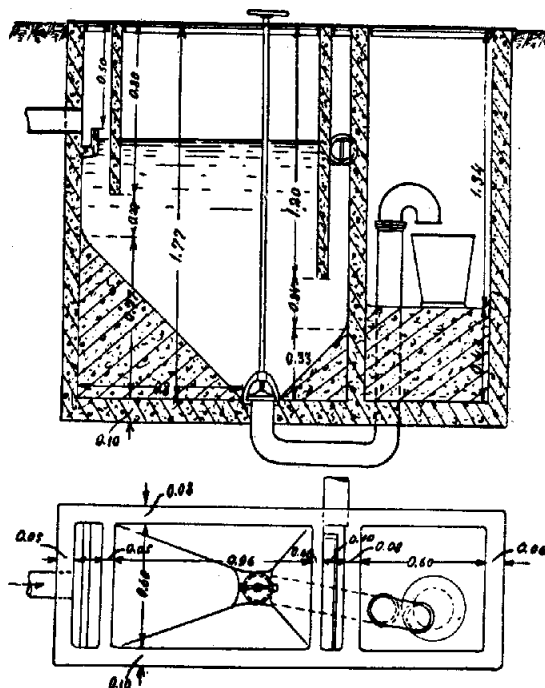
Vogelsang, Versuche mit dem Kremerapparat und mit verschiedenen Tropfkörpermaterialien, Heft 13.

Жироловки Кремера установлены на многих очистных станциях, но они являются особенно полезными для предварительной обработки сточных вод на полях орошения, где заволакивание поверхностных слоев почвы жиром может повести к полному прекращению почвенной фильтрации. Также они являются полезными для вылавливания жира из сточных вод скотобоев и вообще производств, связанных с выделением жира. Жироловки ставятся на очистных станциях в большинстве случаев после песколовок.

Жироловки Кремера нашли себе применение в городах: Stuttgart (скотобойня), Neuahaldensleben<sup>1)</sup>, Gotha, Weimar, Quedlinburg, Lille<sup>2)</sup> (скотобойня), Pontoise, Forbach, Köslin, Hildersheim<sup>3)</sup>, Amberg, Prenzlau, Quedlinburg am Harz<sup>4)</sup> и др.

В Голландии—стране с развитой молочной промышленностью—были построены жироловки по типам, выработанным Государственным Институтом для очистки сточных вод<sup>4)</sup> (Rijkinstituut voor zuivering van afvalwater). Конструкция жироловки, примененной в г. Vorden, показана на черт. 163.

Здесь сточные воды, поступая по приводной трубе, попадают сначала в желоб и, благодаря переборкам, меняют направление и всплывают в средней части жироловки; исток направляется по отводной трубе за задней перегородкой. Тяжелые частицы, осевшие в конической части жироловки, перемещаются давлением воды по отводной трубе в ведро, поставленное в соседнем колодце, откуда и извлекаются по мере наполнения ведра.



Черт. 163.

<sup>1)</sup> Hauptner, Die Kläranlage der Stadt Neuahaldensleben, Beton und Eisen, 1910.

<sup>2)</sup> David, L'appareil Kremer, Note sur l'épuration des eaux d'égout, Revue d'Hygiène, 1912.

<sup>3)</sup> Kusch, Entwicklung der mechanische Abwässerklärung in Deutschland, Ges. Ing., 1924.

<sup>4)</sup> Prof. Reichle, Untersuchungen über die Rieselfeld und Bodenfilteranlage der Stadt Quedlinburg am Harz, Techn. Gemeindebl., 1923/24.

<sup>5)</sup> Jan Smit, De Hedendaagsche Stand van Het vraagstuk der zuivering van Huishoudelijk en industrieel afvalwater, Amsterdam, 1925.

## ГЛАВА XIII.

### Удаление осадков из очистных сооружений

§ 1. Состав и количество осадков. Удаление или обработка осадков, получающихся в тех очистных сооружениях, в которых производится выделение осадков механическим и механо-химическим путем, представляет собой одну из самых серьезных задач в области очистки сточных вод, требуя для своего разрешения затраты значительных сумм. Необходимость удаления осадков с территорий очистных станций обуславливается способностью их к загниванию, усиливающемуся в летнее время года и могущему служить источником заражения окрестного воздуха.

При вывозе осадков с очистных станций возникают серьезные затруднения, так как в них содержатся значительные количества воды, повышающие объем и вес и тем самым удорожающие транспорт. Кроме того, жидкое состояние осадков вызывает применение для их перевозки фур специальной конструкции, мертвый вес которых также повышает стоимость транспорта. Поэтому в целях удешевления транспорта осадков естественно возникла мысль об уменьшении в них содержания воды путем подсушивания и использования для сельскохозяйственных или для промышленных целей.

При практическом разрешении вопросов, связанных с удалением и обработкой осадков, прежде всего представляется необходимым знать количество и состав осадков и содержание в них воды, так как без таких данных мы не в состоянии определить необходимую для обработки осадков площадь на территории очистной станции и применить наиболее выгодный для данного случая способ их обработки.

Для более точного разрешения этого вопроса необходимо поставить надлежащие опыты, что является особенно важным для русских городов, где таковые опыты были поставлены только в Москве<sup>1)</sup>. Но так как на практике часто приходится разрешать подобные вопросы в определенный промежуток времени, не позволяющий организовать подобные опыты, то остается лишь путь пользования аналогичными данными и средними цифрами или исчисления количества осадков теоретическим путем. Из предыдущих глав (V—XII) мы знаем, что в среднем выделяется нерастворенных веществ: 1) в песколовках — от 10 до 20 л на 1000 жителей с содержанием воды 35—60%; 2) на решет-

<sup>1)</sup> Инж. Думпе, Об осадке из бассейнов для предварительной очистки сточной жидкости и его обезвреживании, 2-ой отч. Ком. по производству опытов на полях орошения Москвы, 1909.

ках от 8 до 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, а на ситах—25—35<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, при чем содержание воды в осадках колеблется от 70 до 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; 3) в осадочных бассейнах от 60 до 65<sup>0</sup>/<sub>0</sub> при содержании 95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> воды или от 2 до 7 куб. м на 1000 куб. м сточных вод; 4) в осадочных колодцах—60—65<sup>0</sup>/<sub>0</sub> при содержании воды 90—97<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; 5) в осветлительных котлах—81—86<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; 6) в механо-химических сооружениях—80—90<sup>0</sup>/<sub>0</sub> с содержанием воды в 90—95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> или от 4 до 16 куб. м на 1000 куб. м сточных вод; 7) в загнивателях—в 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub> с содержанием воды в 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub> или от 1,5 до 3,5 куб. м на 1000 куб. м сточных вод; 8) в гидролитических тэнках до 95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> с содержанием воды 90—95<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; 9) в эмшерских колодцах около 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub> с содержанием воды в 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; 10) в окислителях Дибдина не более 66<sup>0</sup>/<sub>0</sub> с содержанием воды 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; 11) в жироловках Кремер'а—60<sup>0</sup>/<sub>0</sub> с содержанием воды в 85—88<sup>0</sup>/<sub>0</sub> или 3,5 куб. м на 1000 куб. м сточных вод.

Пользуясь этими средними данными и зная содержание взвешенных веществ в сточной воде, мы можем получить *теоретическим путем приближительное количество осадков для очистного сооружения известного типа*. Для решения этой задачи необходимо принять во внимание следующее. В 1 куб. м сточных вод средней концентрации содержится от 600 до 1000 мг взвешенных веществ, что составляет от  $\frac{1}{1500}$  до  $\frac{1}{1000}$  общего содержания или от 0,6 до 1 л сухого вещества. Так как коэффициент задержания нерастворенных веществ колеблется от 0,6 до 0,95 (гидролитические тэнки), то количество выделенного сухого вещества составляет от 0,36 до 0,95 л на 1 куб. м. Принимая во внимание, что осадки содержат в себе от 80 до 95<sup>0</sup>/<sub>0</sub> воды и что их средний удельный вес равняется 1,1, мы получим, что количество осадков может колебаться от  $\frac{0,36 \times 5}{1,1} = 1,64$  л до  $\frac{0,95 \times 20}{1,1} = 17,27$  л в 1 куб. м, или при потреблении 100 л на человека в сутки от 0,16 до 1,73 л на человека в сутки.

Если сопоставить выведенные нами теоретически предельные цифры для количеств осадков, получающихся в различных очистных сооружениях, с действительными данными (главы VI—XII), то мы увидим, что действительные цифры умещаются в наших пределах.

Помимо сооружений механических, механо-химических и для предварительной обработки сточных вод осадки получают в известном количестве и на полях орошения, фильтрационных полях, биологических фильтрах, аэро-тэнках и аэро-фильтрах, но по ходу нашего изложения нам представляется более удобным вернуться к этому вопросу в тех главах, в которых мы будем знакомить читателя с этими сооружениями.

*Состав осадков*, выделяющихся в очистных сооружениях, будет зависеть от состава протекающей чрез них сточной воды. В виду большого разнообразия в составе сточных вод даже одного и того же города (подробнее см. главу II) состав осадков будет также отличаться переменным характером.

Данные о химическом составе осадков в специальной литературе сравнительно немногочисленны. Некоторые данные по этому вопросу помещены нами в таблице XXXIV.

Таблица XXXIV.  
Анализы состава осадков.

Состав осадков	Осадки в осадочных бассейнах г. Франкфурта на Майне		Осадки в осадочных бассейнах Франкфурта на Майне с добавлением реактивов		Осадки в загнивающих Штутгарта
	мокрая	подсушенная	извести	сульфата железа и извести	
Вода . . . . .	91,07	—	90,85	80,96	77,3
Органические вещества . . . . .	5,08	57,00	4,15	13,31	7,35
Органический азот . . . . .	0,23	2,85	0,31	0,10	0,4
Минеральные вещества . . . . .	3,85	43,00	5,60	5,73	15,35
Фосфорная кислота . . . . .	0,23	2,85	0,07	0,02	0,4
Кали . . . . .	0,05	0,56	0,02	0,007	0,1

§ 2. Удаление осадков из очистных сооружений. Целесообразное устройство сооружений для удаления осадков из очистных сооружений и отведения их к сооружениям для обработки представляется весьма важным в области очистки сточных вод, так как от этого зависит *эффект полезного действия подобных приспособлений, ослабление тяжелых запахов и сокращение строительных и эксплуатационных расходов*. Приспособления для удаления осадков и их дальнейшего транспорта весьма разнообразны и естественно находятся в определенной зависимости от типа очистных сооружений, от их эксплуатации, от уклонов местности, от характера водных протоков и пр.

Для того, чтобы было легче разобраться в разнообразных устройствах для удаления и транспорта осадков, мы рассмотрим сначала общие условия, которым должны удовлетворять эти сооружения.

1) *Чем чаще совершается удаление осадков из бассейнов, тем больше в них содержится воды, вследствие чего получается больше и осадков: частое удаление осадков требует большего надзора за приспособлением для их удаления, большую площадь для сооружений по их обработке, в результате чего в этом случае требуются большие строительные и эксплуатационные расходы.*

2) *Свойства осадков не должны при их удалении ухудшаться, чтобы не затруднять их последующей обработки.*

3) *Для удаления осадков желательно применение возможно меньшего количества рабочих в целях сокращения эксплуатационных расходов, т. е. желательна механизация приборов для удаления осадков.*

4) *Операции по удалению осадков должны быть так организованы, чтобы рабочие не вступали с ними в соприкосновение. Это важно и в целях охраны здоровья рабочих, так как операции по удалению осадков являются вредными с санитарной точки зрения.*

5) *Осадки должны удаляться до самого дна очистных сооружений.*

6) *При применении механизмов для удаления осадков нужно выбирать*

*такие, которые имеют наименьшее количество подвижных частей и которые могут быть установлены над водой.*

К сожалению, все эти условия во всей их совокупности не всегда могут быть выполнены, так как их нарушение обуславливается по преимуществу самими типами очистных сооружений и способами их эксплуатации.

*Удаление осадков из песколовок должно делаться при отсутствии норий немедленно по заполнении всех предназначенных для этого осадочных частей или осадочных ведер (черт. 23 а — б и 24), чтобы избежать стеснения живого сечения их и тем не вызвать опасного увеличения скорости. При устройстве же норий (черт. 25—27), которые находят себе применение на больших очистных станциях, удаление осадков производится непрерывно в дневные часы, прекращаясь ночью вследствие их отсутствия. Осадки с решешок и сит удаляются непрерывно вручную или посредством ряда различных механических приспособлений. В осадочных бассейнах и колодцах осадки не должны переходить в гниение, каковое явление зависит от свойств сточной воды и температуры воздуха. Поэтому в этом случае осадки удаляются летом через периоды от 2 до 4 дней, а зимой от 3 до 5. При эксплуатации механо-химических сооружений периоды выпуска осадков из бассейнов и колодцев удлиняются, в особенности, если реактивы мешают развитию процессов гниения. Так, напр., на очистной станции г. Лейпцига удаление осадков производится чрез 10—20 дней. В загнивателях осадки удаляются чрез очень большие промежутки времени, на что оказывает влияние придаваемый им объем. В старых установках, когда загниватели рассчитывали на 2—3-х суточный запас, удаление осадков делалось раз в 2—3 года. В загнивателях же современной конструкции (равно как и в эмшерских колодцах) удаление осадков на больших установках делается каждые 3—6 месяцев, а на малых 1—2 раза в год. Моментом, когда следует удалять осадки из загнивателей, нужно считать увеличение количества взвешенных веществ из загнивателей, так как это будет нам показывать, что вследствие сильного стеснения поперечного сечения загнивателей осадками *возрастает скорость движения воды и начинается вымывание осадков.* В некоторых конструкциях загнивателей удаляются не все осадки, а только нижние, более плотные слои, а остальная часть вылеживается до того периода, когда можно использовать ее, как удобрение; этот способ удаления осадков имеет значение и для лучшего протекания процессов гниения в загнивателе, о чем мы уже упоминали выше.*

*Свойства осадков в очистных сооружениях могут ухудшаться при их удалении, из коих главнейшим следует считать увеличение содержания воды, влекущее за собой повышение объема осадков. Так, напр., при удалении осадков из загнивателей насосами они несомненно получают лишнее количество воды.*

При целесообразном использовании местности можно добиться сокращения эксплуатационных расходов по удалению осадков. Поэтому *следует так располагать сооружения для обработки осадков, чтобы они были бы ниже очистных сооружений, благодаря чему осадки попадали бы на них самотеком.* Это требование легко осуществить там, где бассейны приподняты над грунтом для сокращения работ по устройству дорогих оснований (г. Rheydt, черт. 85). При

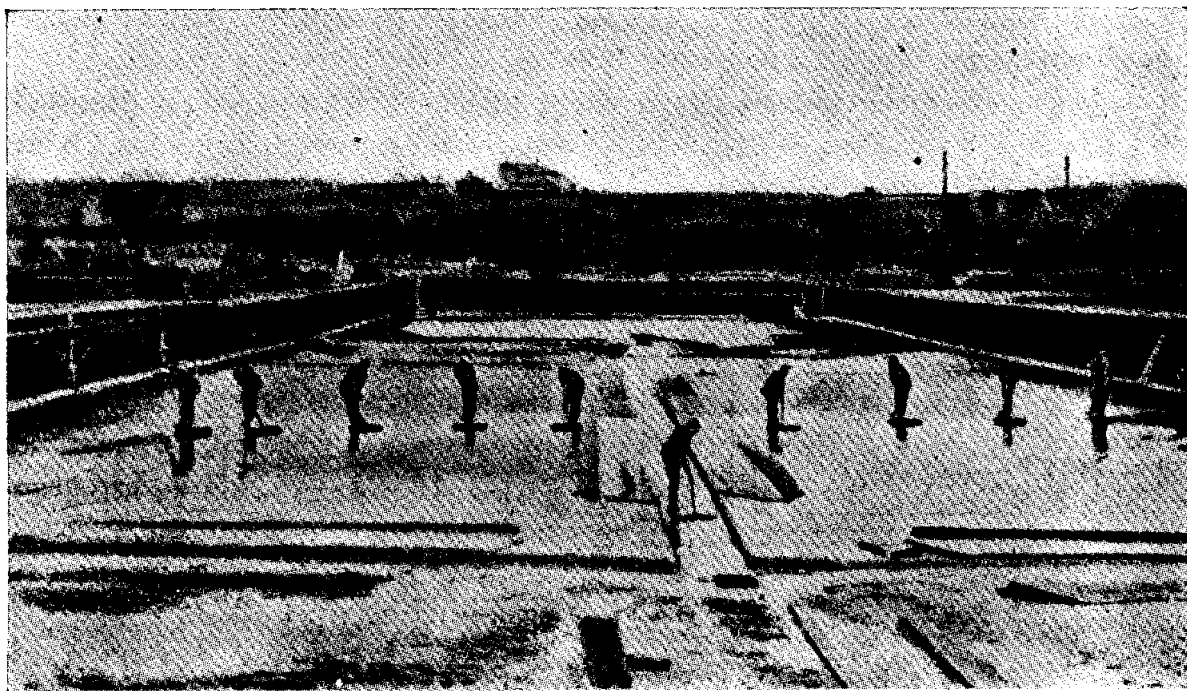
*выборе местности для сооружений по обработке осадков* следует иметь в виду, что осадки из песколовок требуют большего уклона вследствие значительного трения содержащегося в них песка о стенки труб и между собой, как мы об этом упоминали в главе V. При удалении осадков из очистных сооружений следует гигиеническим соображениям ограничить соприкосновение с ними рабочих, что является особенно опасным во время возникновения эпидемий в городе. Устранение рабочих от соприкосновения с грязью имеет еще и экономическое значение, так как в противном случае их труд должен быть оплачиваем более высоко.

*При процессе удаления осадков из очистных сооружений* (за исключением загнивателей) необходимо принимать все меры к тому, чтобы они удалялись целиком, так как в противном случае оставшиеся частицы легко загнивают и тем самым способствуют быстрому загниванию сточных вод в течение нескольких часов при впуске их в бассейны после очистки. Образующиеся вследствие развития процессов гниения газы, поднимаясь в верхние слои воды в бассейнах, увлекают за собой легко осевшие ранее грязевые частицы, которые затем проносятся в исток из бассейнов. Это явление имеет особенное значение в сооружениях для предварительной обработки сточных вод, так как оно способствует скорейшему заилению поверхностных слоев биологических окислителей. Этим же и объясняется стремление конструкторов отделить осадки от протекающей к очистным сооружениям свежей сточной воды, как это, напр., было сделано в гидrolитических тэнках, эмшерских колодцах, нейштадских бассейнах, колодцах „Oms“ и пр. Чем дольше осадки лежат в очистных сооружениях, тем затруднительнее их удаление.

*Осадки из очистных сооружений могут удаляться или при условии выключения бассейнов из работы* (осадочные бассейны кельнского типа, загниватели), или же без всякого нарушения их работы.

Операции по удалению осадков из бассейнов кельнского типа являются весьма сложными и заключаются в следующем. По закрытии затворами входа в бассейн выпускают осветленные слои сточных вод в отводной канал. Затем через особые отверстия, запертые во время работы щитами, спускают грязные слои в шахту, из которой они вновь насосами подаются в другие рабочие бассейны или в приводной канал. Остающиеся в бассейнах осадки выкачиваются из грязеловки насосами, куда после освобождения места стекают осадки, расположившиеся по всей длине бассейна. При применении этих приемов встречаются значительные затруднения вследствие недостаточного уклона их дна 1:50 — 1:100, при которых осадки плохо двигаются к грязеловкам. Поэтому в этих случаях рабочим приходится спускаться в бассейны и направлять лопатами осадки к грязеловкам (черт. 164). Для уничтожения этого вредного с гигиенической точки зрения приема представлялось бы полезным увеличение общего уклона бассейна до необходимого предела в 1:10 — 1:15, но это является трудно выполнимым с практической точки зрения, так как повлекло бы за собой значительное углубление бассейнов при общей длине их в 40—50 м. Поэтому в некоторых конструкциях устраивают вдоль бассейнов продольный желоб с уклоном вдвое большим, чем уклон дна бассейна, т. е. 1:25—1:50, а в поперечном направлении также делают крутой уклон до 1:3 (тип английского загнивателя, черт. 131).

Удаление осадков из очистных сооружений без перерыва их работы имеет огромное практическое значение; так как в таких устройствах не приходится затрачивать средств на перекачку мутной воды в другие осадочные бассейны, а также представляется вполне возможным уменьшить объем грязеловок, что при значительном числе отдельных бассейнов или колодцев ведет к уменьшению строительных расходов. Но, с другой стороны, при применении подобных приемов осадки имеют в своем составе больше воды (до 95%), что, в свою очередь, усложняет и удорожает их обработку. Поэтому во всех случаях, когда станция не обладает достаточной площадью земли для обезвреживания осадков, использование таких конструкций вызывает применение дорого



Черт. 164.

стоящих способов для обработки осадков; вследствие этого приходится взвесить применение этого способа, при котором осадки для сохранения подвижности, необходимой для их передвижения по закрытым трубам, должны выпускаться сравнительно часто.

Способы, посредством которых можно выпускать осадки под водой, могут быть разбиты на две группы: 1) основанные на особом очертании дна бассейна и 2) действующие посредством механических приспособлений. К первой категории относятся прежде всего осадочные колодцы с конической воронкой (черт. 94—99), а также те бассейны и сооружения для предварительной обработки сточных вод, дно которых делается в виде воронок (эльберфельдские бассейны, черт. 88; бассейны Гримма, черт. 154; гидrolитические танки, черт. 141—143 и пр.), подробное описание коих нами дано выше в главах VI—XII. Для того, чтобы осадки стекали из донных воронок в отводные трубы, необходимо, чтобы стенки воронок были наклонены под углом в 1:2—1:1, и чтобы самый выпуск производился до начала слеживания осадков.

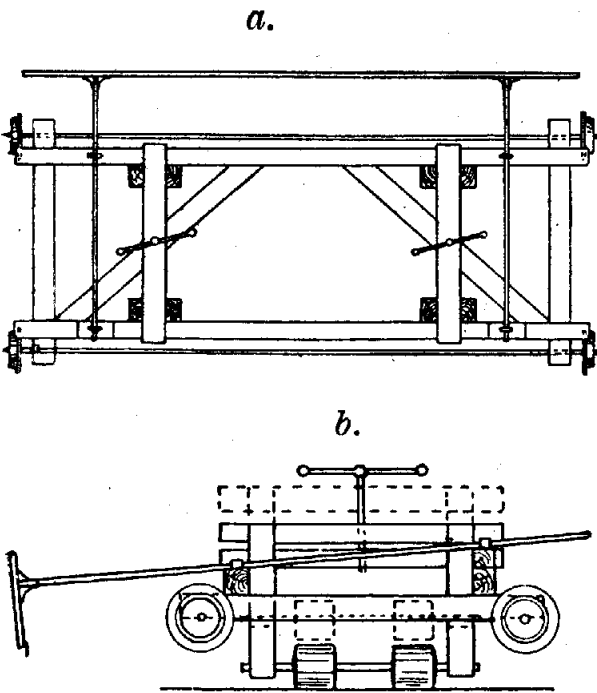


Все механические приборы для удаления осадков из бассейнов и колодцев могут быть разбиты на три группы:

- 1) приборы, которые способствуют выделению взвешенных частиц и падению их в виде осадков на дно бассейнов и колодцев;
- 2) приборы, которые заставляют осадки стекать к определенным пунктам, откуда они впоследствии могут быть легко удалены, и
- 3) приборы, которые, не препятствуя отложению осадков, отводят их от пунктов их образования.

Сферой действия приборов первой группы являются осадочные колодцы и осветлительные башни (котлы). Так, напр., сюда относятся ножи для выделения осадков в дортмундских колодцах (черт. 94) и подвешенные к осветлительным башням Дегенера-Роте жалюзи, которые благодаря острым ребрам усиливают выделение осадков (черт. 113).

Приборы второй группы имеют своей целью упростить очистку бассейнов от осадков и удешевить ее стоимость сравнительно с ручной очисткой. В эту



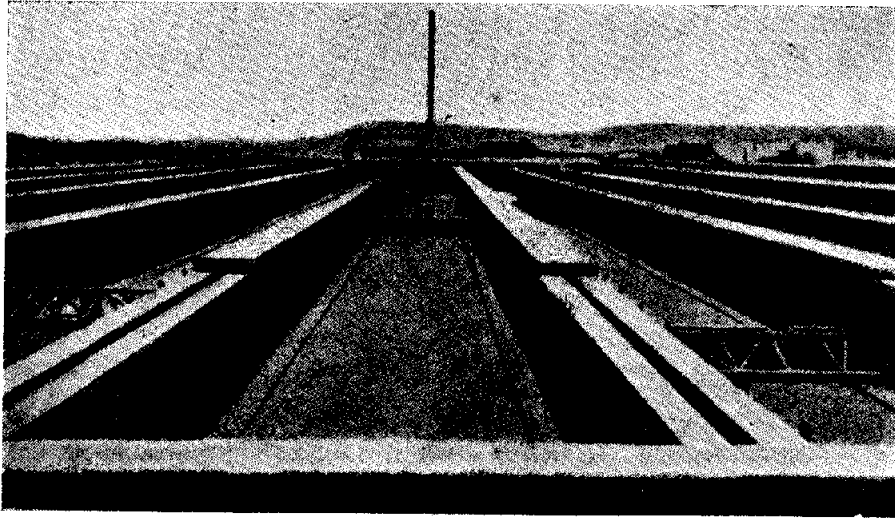
Черт. 165.

группу входят: подвижные щиты со скребками и вращающиеся спиральные аппараты Фидлера (Fiedler). Так, напр., на очистной станции г. Бремена для сгребания осадков к грязеловке пользуются деревянными вагонетками, снабженными щитками (черт. 165 *a—b*). Эти вагонетки передвигаются по балкам, заделанным в стенки бассейнов и выступающим из них на 10 см. Вагонетки снабжены щитком, к нижней части которого прикреплен кусок резины, играющий роль скребка для передвижения осадков. Вагонетки приводятся в движение проволочными канатами, перекинутыми через блоки, которые связаны с мотором, приводящим в движение норрии. Вследствие

значительной ширины осадочных бассейнов — 22,5 м на очистной станции Бремена для сгребания осадков пускают 4 вагонетки, шириной 4,5 м каждая. Благодаря применению этих вагонеток удаление 60—70 куб. м осадков в сутки производится двумя рабочими, тогда как ручной очисткой дна бассейнов этой работой было занято 9 рабочих в течение 3 дней. Подобный прибор применяют и на очистной станции английского города Bolton. Здесь также передвигается щит системы Ashton, который занимает всю ширину бассейна и очищает осадки по всей его длине в 100 м в течение 15 минут (черт. 166). Как известно, подвижной скребок применен также и для очистки от осадков жироловок Кремера прежней конструкции (черт. 160).

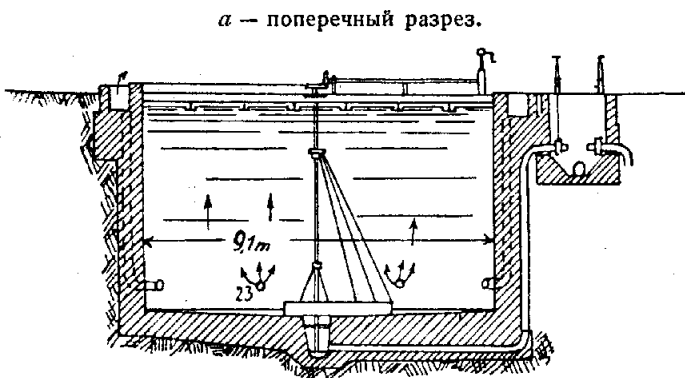
Аппарат системы Фидлера (patent sludge remover) состоит из вращающейся вокруг оси спиральной железной ленты, помещенной на плоском дне

колодца (черт. 167 *a—b*). Эта спиральная лента приводится в движение посредством зубчатой передачи вращением рукоятки, вследствие чего осадки попадают в устроенное в центре колодца отверстие и выжимаются давлением воды

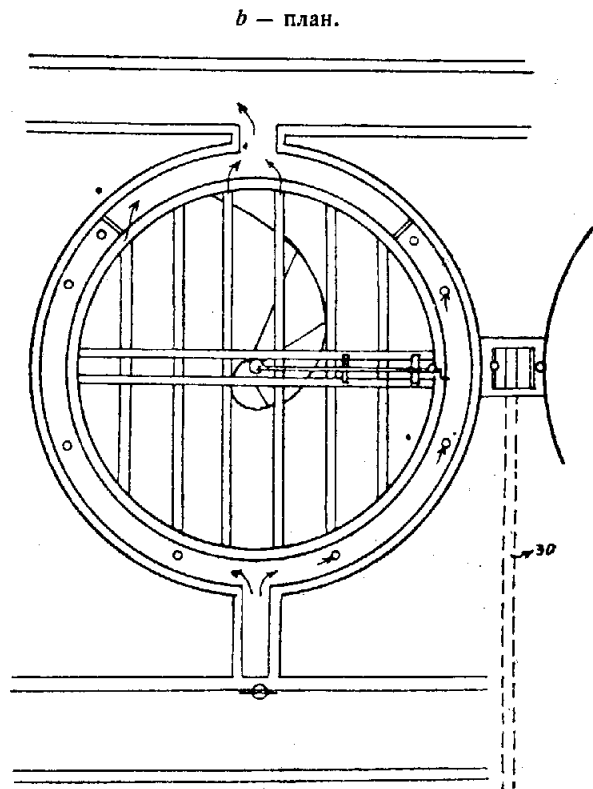


Черт. 166.

в грязевую трубу, задвижка которой должна быть открыта. Спираль Фидлера приводится в движение легко одним человеком, и вся операция по удалению осадков требует нескольких минут. Аппарат Фидлера может быть применим и для очистки осадочных бассейнов с плоским дном (черт. 168). В этом случае часть дна бассейнов находится вне действия спиралей Фидлера, что в случае чисто осадочного характера бассейна не может не вызвать загнивания осадков, а следовательно, и воды, вытекающей из бассейна. Осадки при выбрасывании из бассейнов спиралью Фидлера теряют около 10% воды. Аппарат Фидлера применен в гор. Bolton, Вигу и пр.

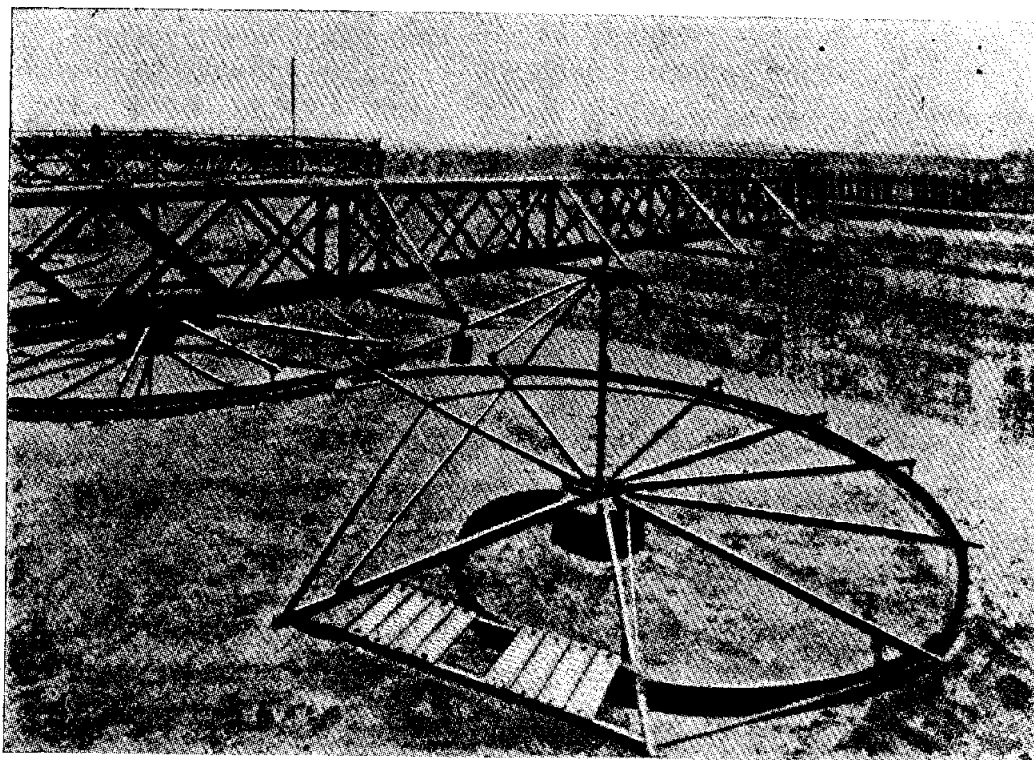


Черт. 167.



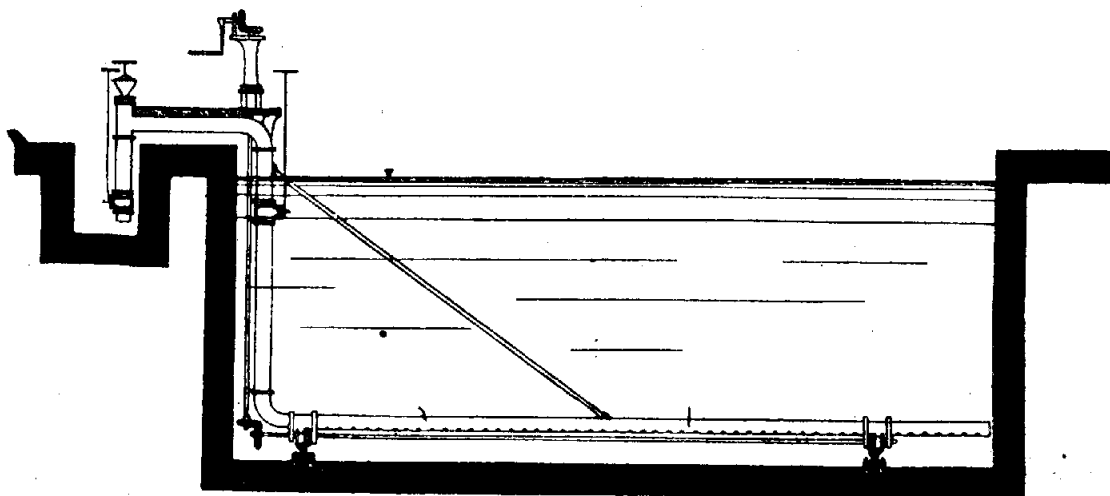
К третьей группе принадлежат приборы системы Кэнди (Candy) и Дорра (Dorr), где для собирания осадков применена подвижная дырчатая труба (черт. 96). Эта подвижная труба связана с вертикальным скребком, который счищает

осадки со стенок колодца. Она приводится во вращение посредством тяги и зубчатого механизма сверху. Собранные подвижной трубой осадки попадают в отводную трубу, из которой при открытии задвижки выжимаются из колодца.



Черт. 168.

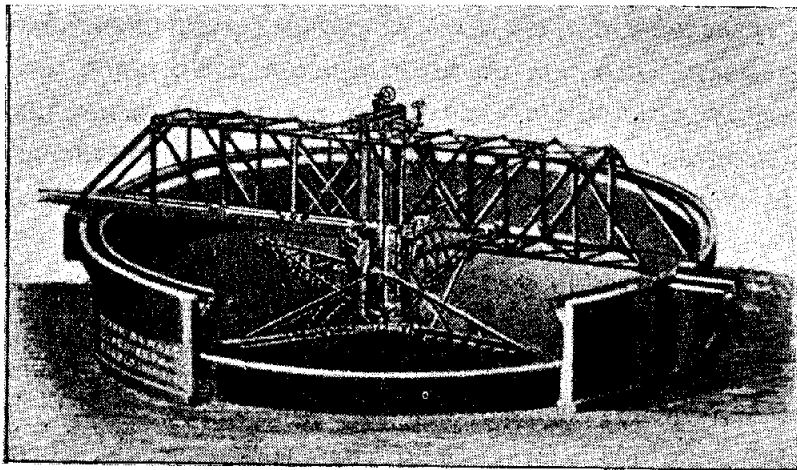
Этот же прибор может быть применен и к плоским бассейнам, как это видно из черт. 169, иллюстрирующего устройство в г. Неуууд. Здесь дырчатая труба медленно перемещается, вдоль бассейна, благодаря вращению рукоятки, соединенной с ней тягой с зубчатой передачей. Осадки из дырчатой трубы удаляются по сифону, который передает их в канал, идущий вдоль бассейна;



Черт. 169.

для зарядки сифона необходимо заполнить водой часть его, находящуюся над уровнем сточной воды в бассейне, что и делается маленькими насосами, приводимыми в движение также с рабочего мостика. Для действия приборов

по системе Sandy необходимо, чтобы разность между уровнем сточной воды и выходным отверстием сифона была бы не менее 0,6—0,9 м и чтобы осадки были бы подвижны, вследствие чего приходится ежедневно или через два дня приводить прибор в действие. В результате получаются осадки со значительным содержанием воды, до 97%, т. е. количество их в два раза больше, чем при обыкновенных осадочных бассейнах. Поэтому этот прибор заслуживает применения в самых редких случаях и безусловно уступает прибору Фидлера, при пользовании которым осадки теряют известные количества воды.



Черт. 170.

*Аппарат Дорра* состоит из нескольких скребков, насаженных на общую ось и приводимых в движение с вращающегося по периферии мостика, на котором установлен электродвигатель (черт. 170). Эти скребки сметают осадки к середине колодца, откуда последние высасываются и передаются на сооружения для их дальнейшей обработки.

**§ 3. Передача осадков на сооружения для их обработки.** Удаление осадков из очистных сооружений может производиться или посредством подъемных приспособлений, или путем использования давления столба сточной жидкости.

К подъемным приборам, употребляемым для удаления осадков из очистных сооружений, следует отнести: нории, насосы, вакуум-котлы и др. приспособления. Нории, как это можно видеть из черт. 25—27, применяются главным образом для песколовок, так как подъем жидкостей, содержащих в своем составе песок и др. тяжелые вещества, насосами представляет значительные затруднения. Осадки, поднятые нориями, или сразу попадают чрез воронки в вагонетки, или же переходят на них посредством транспортной ленты. Насосы для подъема осадков должны иметь специальную конструкцию, в которой были бы приняты во внимание все особенности их назначения. Для этой цели употребляются обыкновенно мембрано-поршневые насосы с широкими проходными отверстиями и с клапанами, доступными для осмотра; в этих насосах мембрана защищает от осадков поршни, которые работают в чистой воде.

В Америке употребляют особые поршневые насосы для перекачки осадков, в которых седла клапанов обмываются чистой водой<sup>1)</sup>. К новым конструкциям насосов для перекачки осадков относится и насос „Kobra“, изготовляемый немецким заводом Borsig<sup>2)</sup>; особенностью его конструкции является устройство клапанов, не допускающее нарушения их работы.

<sup>1)</sup> Syracuse sewage treatment works, Publ. Works, 1925.

<sup>2)</sup> Eine neue Dickstoffpumpe, Chem. Zeit., 1924.

Центробежные насосы также применяются для подъема осадков из очистных сооружений, но преимущественно для больших установок<sup>1)</sup>; вследствие быстрого износа из-за трения осадками колесо насосов должно быть доступно для осмотра. Кроме того, они являются вполне пригодными для выкачивания мутной воды, как это, напр., имеет место при очистке осадочных бассейнов с грязеловками. Но во всех случаях установки подобных насосов не следует забывать, что при подъеме осадков или мутной воды необходимо уменьшать высоту всасывания, допускаемую при подъеме чистой воды. К сожалению, в специальной литературе не встречается определенных по сему поводу указаний. По нашему мнению, высота всасывания в этом случае не должна быть более 3—4 м.

Чрезвычайно удобными приборами для удаления осадков являются *вакуум-котлы*, в которых воздушными насосами производится известное разрежение; для удаления осадков открывается клапан на приводной трубе, и они под действием атмосферного давления попадают в вакуум-котел. При применении вакуум-котлов желательно из гигиенических соображений устраивать их двойными<sup>2)</sup>, так как воздух, бывший в соприкосновении в одном котле, высасывается из него и нагнетается в другой котел для выжимания осадков на сооружения для их обработки. Подобные установки нашли себе применение в г. Эльберфельде и Франкфурте на Майне (черт. 171 *a—b*). Черт. 171 *a* представляет собой первую стадию работ вакуум-котлов. Воздушный насос (6) высасывает из котла *A* воздух по трубам (1) и (5) и нагнетает его в котел *B* по трубам (2) и (4). Если открыть задвижку на всасывающей осадки из очистных сооружений трубе (7), то вследствие разности давлений осадки будут поступать в котел *A*. Параллельно с этим осадки, скопившиеся в котле *B*, будут выжиматься воздухом через клапан (12) по трубе в колодезь для сбора осадков или на сооружения для их обработки; клапаны 11 и 13 закрыты на все время производства этой операции. Когда котел *A* будет заполнен осадками, то штанга, соединяющая поплавки в котлах, начинает действовать помощью тяги (14) на особый электромагнитный прибор, который автоматически поворачивает четырех-проходный кран, соединяющий трубки воздушного насоса с котлами. В результате меняется работа котлов: в *A* начнется выжимание осадков через клапан (11) в трубу (9), а в *B* будут всасываться осадки по трубе (8) через клапан (13); клапаны (10) и (12) в этом случае будут закрыты. После окончания второй стадии работы (черт. 171) вновь повторяется первая.

Если очистная станция не располагает местом для устройства сооружений по обработке осадков или станция находится вблизи населенных кварталов, то для удаления осадков можно использовать бочки пневматического ассениза-

<sup>1)</sup> *Immerschit*, Luftdruck-Hebeanlagen für Schmutzwasser und Klärschlamm. Der Städtische Tiefbau, 1911.

*Hauptner*, Heben das Schlammwasser, Ges. Ing. 1911;

*Bergstrom*. Electrically driven centrifugal pumps for water supply and sewage disposal, Transact. of the Internat. Conference on Sanit. Engineering, London, 1924.

<sup>2)</sup> *Salomon*, Die Schlammförderanlage für die Abwasserreinigungsanlage der Stadt Ascherleben, Techn. Gemeindebl., Bd. 12 1909/10.

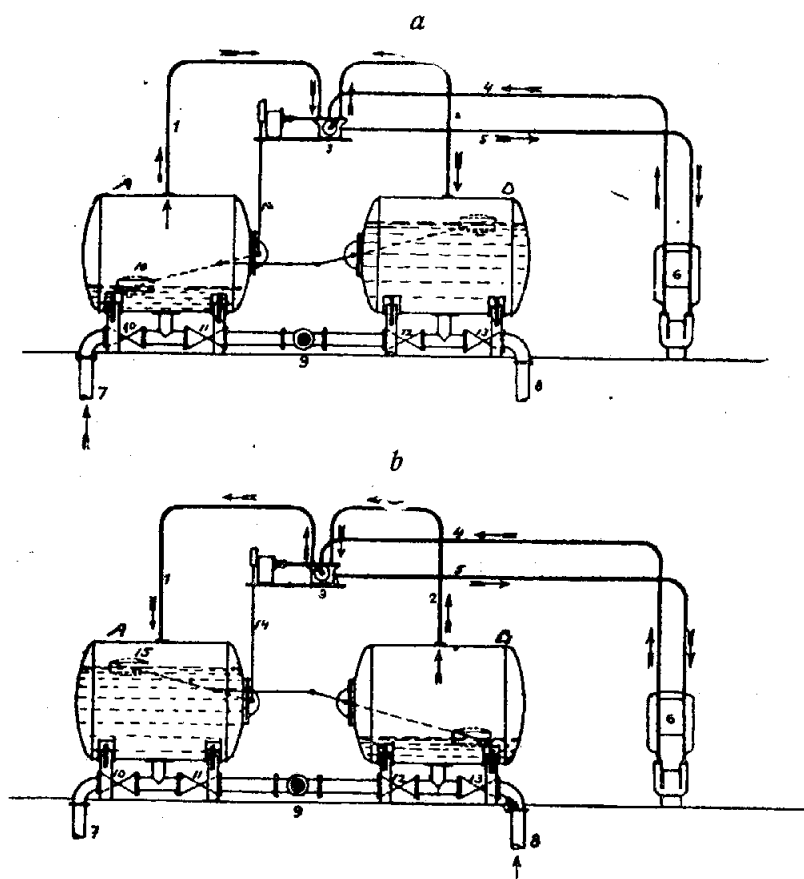
ционного обозначения<sup>1)</sup> или же специальные передвижные котлы. Последний прием по применению передвижных вакуум-котлов по сист. Бегенера с успехом применяется в г. Мерзебурге (Merseburg). Увеличение расходов по транспорту осадков покрывается отчасти экономией по устройству проводов для отведения осадков.

Из других приспособлений, пригодных по преимуществу для подъема небольших количеств осадков, следует еще отметить *пароструйные аппараты и подъемники со сжатым воздухом*. При применении приборов первой группы следует иметь в виду, что они расходуют сравнительно много пара, но требуют для своей установки немного места; подъемники же, действующие сжатым воздухом (сист. Шона)<sup>2)</sup>, применены для удаления осадков из осадочных бассейнов на очистной станции г. Харькова<sup>3)</sup>.

При использовании давления столба сточной воды осадки удаляются или через отверстие, устроенное в дне очистного сооружения, по наклонной грязевой трубе, или же выжимаются в вертикальную или слегка наклоненную трубу, из которой осадки выйдут на несколько низшем уровне, чем поверхность сточной воды в бассейне.

Для применения первого приема необходимо, чтобы сооружения для обработки осадков лежали значительно ниже очистных сооружений. Второй способ требует лишь известного напора  $h$  над выходным отверстием для осадков. Это  $h$  для осадочных колодцев не должно быть менее 0,8—1 м, а для загнивателей, эмшерских колодцев, колодцев „Отс“ и т. п. не менее 1,5 м—1,8 м.

Трубы, по которым осадки передвигаются к сооружениям для их обработки, должны укладываться по прямой линии. Далее, они должны быть по возможности доступны для осмотра и потому не должны заделываться в кладку на большом протяжении; в этом случае лучше прокладывать грязевые трубы в галереях (эльберфельдские бассейны, гидrolитические тэнки, бассейны



Черт. 171.

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

<sup>2)</sup> Ibidem.

<sup>3)</sup> Д. С. Черкес. Канализация Харькова и ее очистные сооружения, 1922.

Гримма). Кроме того, желательно в глухих концах грязевых труб устраивать приспособления для промывки их напорной водой (эмшерские колодцы, колодцы „Oms“). *Грязевые трубы* по выходе из очистных сооружений обыкновенно переходят нередко в *открытые каналы*, стенки которых необходимо обделывать кладкой. *Уклоны*, которые придаются трубам и каналам для отведения осадков, зависят главным образом от состава последних и содержания в них воды. Для очень жидких осадков с 95% содержанием воды и незначительной примесью песка уклоны делаются 1:80—1:100. Для осадков, удаляемых во время эксплуатации очистных сооружений, уклоны от 1:40—1:50. Грязевым трубам для загнивателей и эмшерских колодцев придают уклоны 1:20—1:40.

При расположении сооружений для обработки осадков на некотором расстоянии от сооружений для очистки сточных вод приходится передавать их по трубам. Для правильного назначения диаметров грязевых труб, Клиффордом (Clifford) на Международном Санитарно-Техническом Конгрессе в Лондоне<sup>4)</sup> был сделан специальный доклад о произведенных им опытах по определению потери на трение при перемещении осадков по трубам. В результате этих опытов он пришел к заключению, что *потеря напора при перемещении осадков в четыре раза больше потери при движении воды в трубах одинакового диаметра и одинаковой средней скорости движения.*

*Трубы по гигиеническим соображениям предпочтительнее открытых каналов*, так как передвигающиеся в них осадки не могут издавать неприятный запах. Кроме того, они легче очищаются от осадков при сильной промывке.

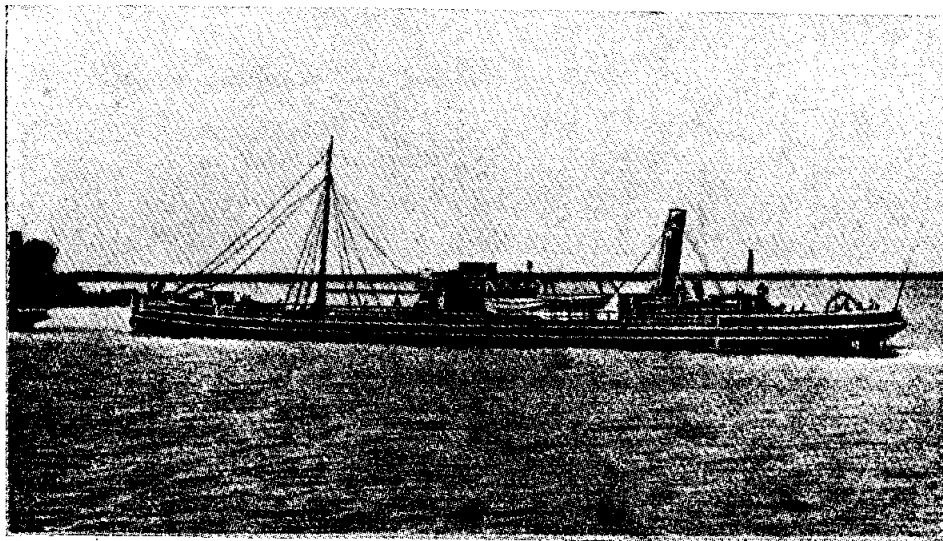
---

<sup>4)</sup> W. Clifford, Friction of sewage sludge pipes, Trans. of the Internat. Conference on Sanit. Eng., 1924.

## ГЛАВА XIV.

### Обработка осадков

§ 1. Классификация способов по обработке осадков. Окончательная обработка осадков представляет собой наибольшие затруднения при разрешении вопроса об очистке сточных вод городов. Ценность этого материала, как удобрения для полей, сравнительно невелика, вследствие чего осадки, скопляясь в огромных количествах, представляют собой такой продукт, от которого желательно избавиться в возможно скором времени. Для достижения этой цели в наиболее выгодном положении находятся *приморские города*, которые *отвозят осадки* на специально приспособленных для этой цели *пароходах в море*. Такой способ отвоза осадков применен в ряде английских городов: Лондоне, Бельфэсте, Сальфорде, Дублине, Глазго, Манчестере, Фолькестоне <sup>1)</sup> и др. Так, напр., Лондон владеет целой флотилией из 6 пароходов, емкостью в 1000 тонн каждый, которые перевозят осадки с очистных станций Лондона (Barking и Crossness) в море на расстояние до 16 км <sup>2)</sup>. Черт. 172 показывает тип па-



Черт. 172.

рохода для отвозки осадков в г. Манчестере. При применении этого способа в Лондоне, несмотря на огромные количества отвозимых осадков (около 2,34 миллионов *т* в 1924 г.) не замечалось никаких следов загрязнения ни в море,

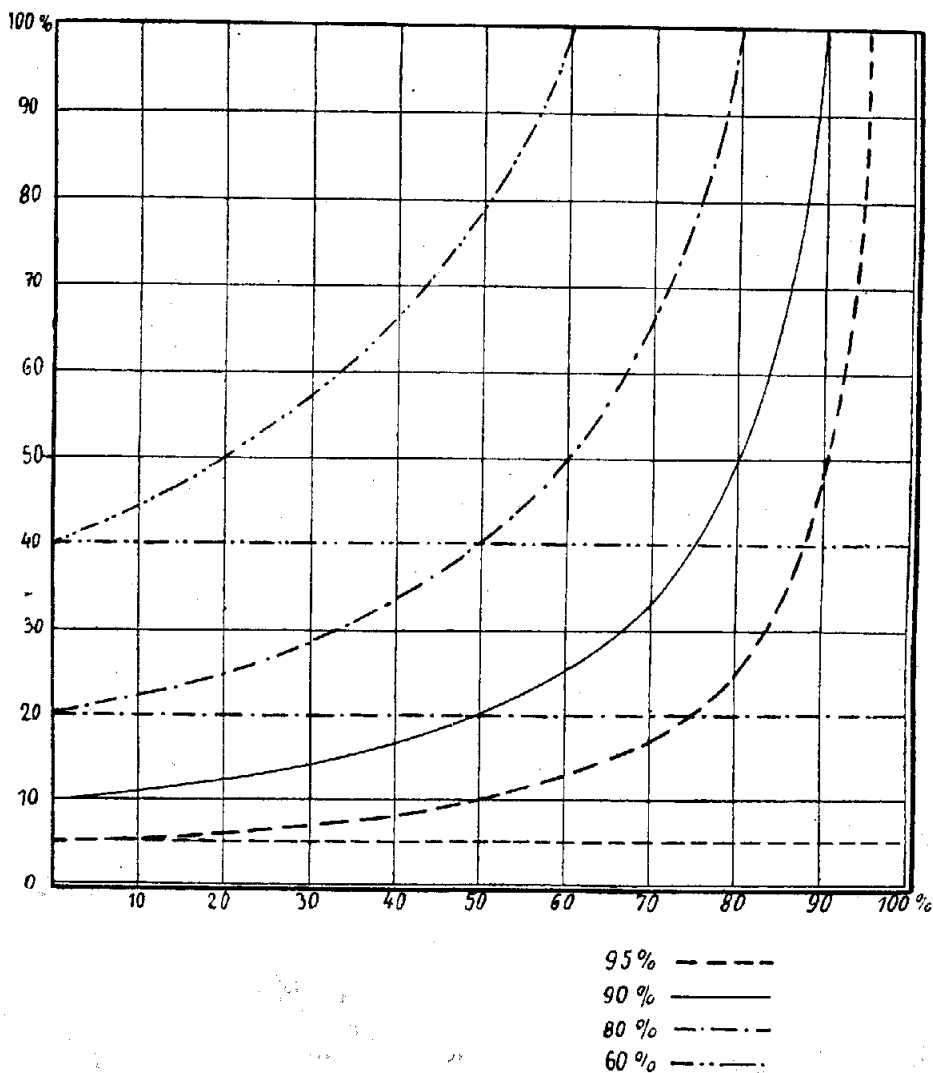
<sup>1)</sup> *Nichols, Municipal works at Folkestone, Surv., 1926.*

<sup>2)</sup> *Lloyd, Sludge disposal, Surv, 1926.*



ни на побережья. Но, разумеется, такой простой способ удаления осадков доступен только для городов, расположенных вблизи моря. Во всех же остальных случаях приходится прибегать к особым приемам для обработки осадков.

Способы, которыми пользуются для этой цели, могут быть разбиты на две основные группы: 1) основанные на уменьшении содержания воды в осадках и 2) основанные на использовании осадков для сельскохозяйственных и техно-промышленных целей. Главные выгоды при удалении воды из осадков заключаются в удобстве перевозки их, как удобрительного продукта, на значительное расстояние, так как при этом не приходится перевозить бесполезного количества воды, и самая организация перевозки значительно упрощается. При содержании в осадках 75% воды они легко выбираются посредством черпаков и перевозятся в бочках; при 60% воды осадки обладают той же плотностью, что и влажная садовая земля.



Черт. 173.

Уменьшение объема осадков вследствие уменьшения в них содержания воды может быть изображено графически на диаграмме (черт. 173). На этой диаграмме по оси абсцисс отложены количества удаляемой из осадков воды, выраженные в % от общего объема осадков, а по оси ординат объемы осадков, выраженные в % от общего объема осадков до удаления из них воды. Горизонтальные линии на этой диаграмме отделяют количества сухого веще-

ства, остающиеся в осадках с содержанием 60, 80, 90 и 95% воды. Расстояния кривых от этих горизонтальных линий показывают количества остающейся в осадках воды. Из этой диаграммы легко можно видеть, какие количества воды нужно удалить из осадков для понижения ее содержания на известное количество процентов, и как сильно падает абсолютное количество подлежащей удалению воды при известном понижении процентного отношения. Так, напр., из 100 кг осадков с 90% содержанием воды для получения осадков с 80% содержанием требуется удалить 50 кг воды, тогда как при уменьшении содержания воды с 60%—до 50% требуется удалить всего 5 кг, а с 30%—до 20%—1,8 кг воды.

Из этой диаграммы также можно видеть, что *подсушивание осадков не следует производить за пределы 50—60%*, так как при дальнейшем подсушивании удалялись бы уже очень незначительные количества воды. Уменьшение воды в осадках ведет к значительному сокращению объема, чем удешевляется их транспорт для вывоза в качестве удобрения. Так, напр., уменьшение воды в осадках с 95% (осадочные бассейны) до 80% (загниватели) влечет за собой уменьшение общего их объема в 4 раза.

Установив таким образом выгодность подсушивания осадков, мы теперь рассмотрим, каким требованиям должны удовлетворять рационально спроектированные устройства для наилучшего достижения этой цели.

1) *В случае устройства очистных станций вблизи населенных кварталов подсушивание должно производиться весьма быстро, как для предотвращения распространения дурных запахов, так и в целях предупреждения скопления небезопасных с гигиенической точки зрения веществ.*

2) *При подсушивании осадков рабочие должны быть ограждены от непосредственного соприкосновения с ними.*

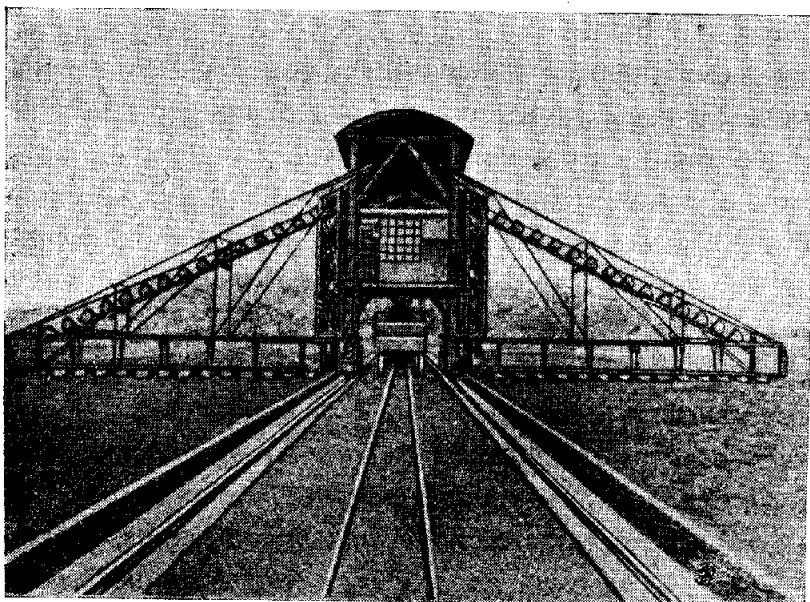
3) *Расходы по подсушке осадков не должны быть таковы, чтобы сильно повышать продажную стоимость их, как удобрения.*

Способы, посредством которых достигается подсушивание осадков, могут быть разбиты на 4 группы: 1) подсушивание на воздухе в бассейнах и фильтрах, 2) подсушивание в бороздах и каналах, 3) подсушивание посредством фильтр-прессов и 4) подсушивание при помощи центрофугирования. Два первых способа могут найти для себя применение только в случае достаточной площади, которая притом должна быть во избежание перекачки расположена ниже очистных сооружений. Наоборот, два последние способа применяются в случае недостаточной площади или в случае расположения очистной станции вблизи уличных кварталов.

**§ 2. Простейшие способы по подсушиванию осадков.** *Подсушивание осадков на воздухе* представляет собой один из простейших и распространенных способов по обработке осадков в Англии и Америке. Этот способ заключается в напуске осадков тонким слоем в особые бассейны (sludge lagoons, schlammtröckenbecken, étangs de boues), где из них выделяется вода, частью испарением (в теплое время года), частью же просачиванием чрез почву. Стенки этих бассейнов (высотой около 0,50 м) в большинстве случаев устраиваются земляными, при чем их откосы вымачиваются или обделяются досками (Бремен); на небольших очистных станциях стенки бассейнов могут быть

сделаны из кирпича или бетона. *Дно бассейнов* остается земляным и должно быть тщательно спланировано для удобства разливания осадков слоем однообразной высоты (в 0,15 м—0,25 м). Когда первый слой осадков в бассейнах подсохнет до  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  своей прежней высоты, напускают второй слой, чтобы общая толщина слоя осадков после окончания подсушки легко забиралась бы лопатой.

*Укладка дренажной сети* под подобными бассейнами раньше применялась часто в проницаемых почвах, но, как показала практика, оказалась *весьма нерациональной*. Затягивание земляного дна бассейна осадками приводило с течением некоторого времени к такому заилению дна, при котором дренажная сеть не получала воды. Пытались бороться с заилением очисткой бассейнов, но к этой мере приходилось прибегать довольно часто, что вызывало значительные расходы. Частое применение этого способа в Англии легко объясняется тем, что большие очистные станции располагают значительным запасом земли, оставшейся в их распоряжении после упразднения полей орошения. *С гигиенической точки зрения* этот способ вызывает справедливые нарекания; так как



Черт. 174.

подобные бассейны издают сильное зловоние от перегнивающих в них осадков. С целью устранить другой дефект — *ручной труд рабочих при очистке бассейнов*—в Штутгарте применили особый *подъемный механизм системы Хильгерн (Hilgern)*<sup>1)</sup>, для управления которым требуется только *один рабочий*. Как видно из черт. 174, аппарат Hilgern имеет следующее устройство.

Он черпаками, прикрепленными к бесконечной подвижной цепи, захватывает осадки с двух соседних площадок и передает их в ящик, расположенный в верхней части подъемника. Цепи с черпаками могут быть установлены сообразно с глубиной ила на площадках; практически возможно опорожнение только одной площадки. Для очистки ящика от осадков подъезжают к аппарату фуры и принимают осадки по рукаву, запираемому задвижкой. Схема перемещения аппарата Хильгерна по рельсам, уложенным на площадках, ясно видна из черт. 175. Этот прибор при работе обеих цепей с черпаками перемещает в час 50 куб. м осадков в его сборный ящик. Вместо прудов для сбора грязи в практику очистки сточных вод широко вошли *иловые площадки*, употребляющиеся повсюду и у нас в СССР (Москва, Клин,<sup>2)</sup> Харьков и др.). Достаточно сказать,

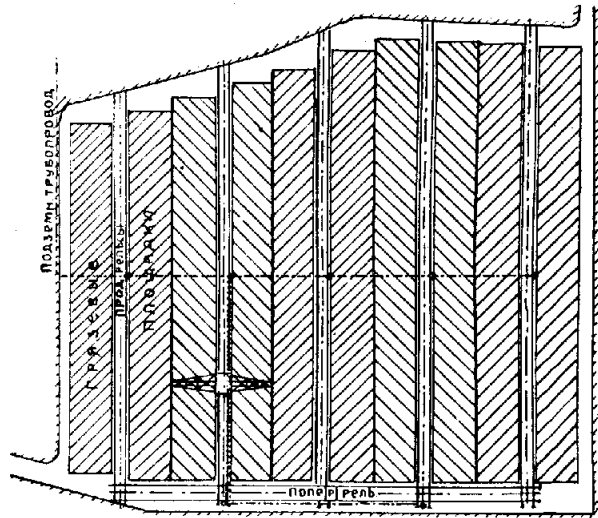
<sup>1)</sup> Maschinelle Schlammverwertung für Kläranlagen, Ges. Ing., 1926; Riedig, Das Ausschlagen von Schlamm und Klärteichen. Techn. Gem., 1925.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Водоснабжение и канализация поселков, 1927.

что в одной Англии число иловых площадок в 1922 г. составляло 67% всех установок на очистных станциях.<sup>1)</sup>

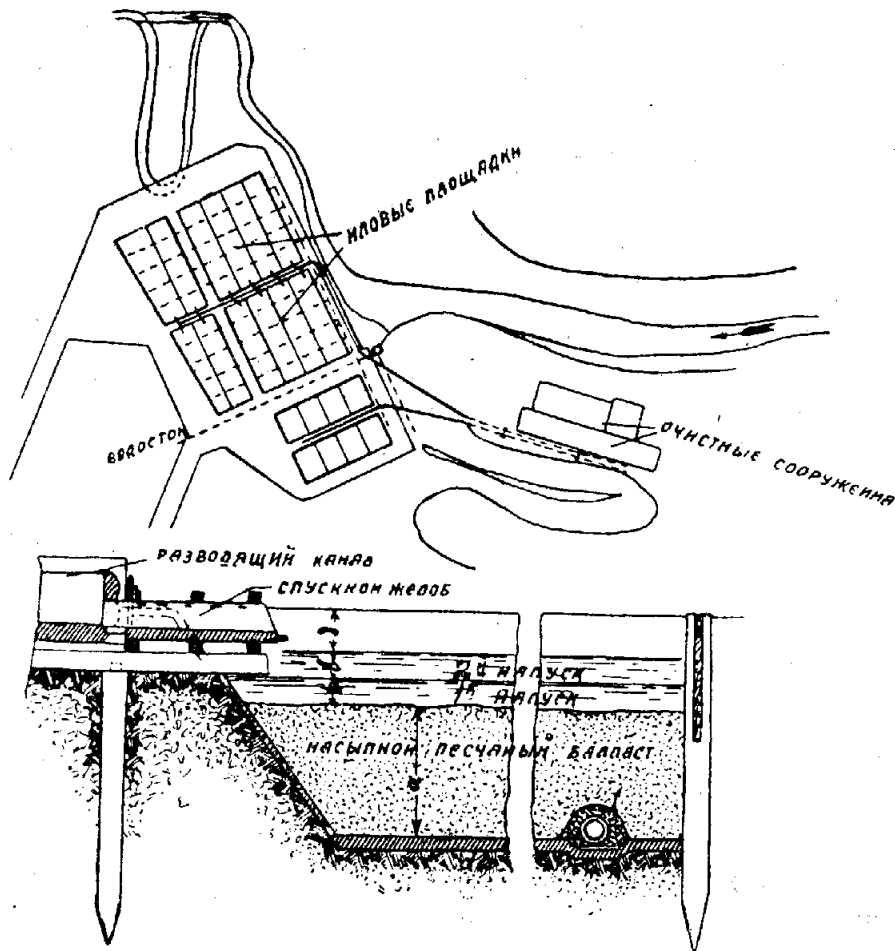
Высота слоя напускаемого на площадки ила делается обыкновенно в 0,25—0,3 м; эта высота понижается во время выпадения дождей и в зимнее время в 3—4 раза, т. е. достигает величины в 0,07—0,08 м<sup>2</sup>).

Высота фильтрующего слоя зависит от рода применяющегося для этой цели материала: для крупнозернистого песка (Харьков) — 0,3 м, для золы (Сэрбитон, Англия) — 0,07 м и т. п. Bell<sup>2)</sup> рекомендует примешивать к песку в целях дезодоризации немного извести; фильтрующий слой имеет обыкновенно некоторое повышение (примерно в 0,06—0,07 м) по средней линии иловой площадки. Под фильтрующим слоем устраивают *поддерживающий*



Черт. 175.

поддерживающий слой из гравия, золы, шлака и т. п., при чем, для предотвращения проваливания песка в нижний слой, средний диаметр зерен этого слоя следует брать



Черт. 176.

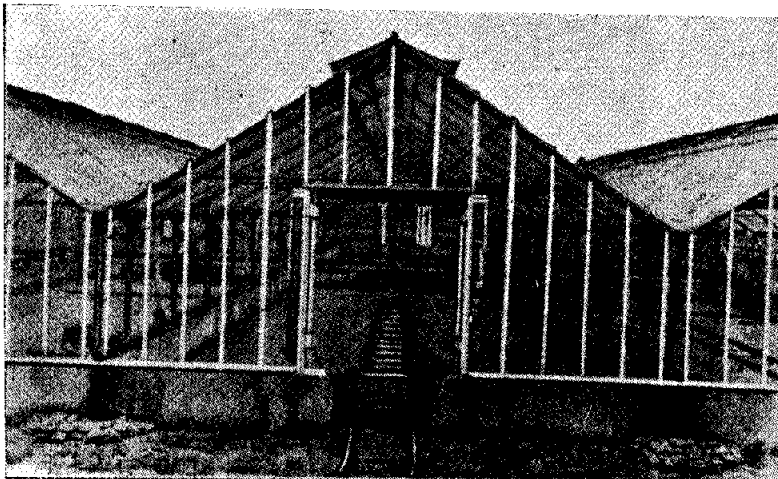
слои из гравия, золы, шлака и т. п., при чем, для предотвращения проваливания песка в нижний слой, средний диаметр зерен этого слоя следует брать

<sup>1)</sup> Lloyd, Sludge disposal in the Surbiton, Surv., 1926.

<sup>2)</sup> Bell, Recent experiments in dewatering sewage sludge, Surv. 1926.

в 3 раза больше, чем диаметр зерен песка. В нижней части поддерживающего слоя на среднем расстоянии 2—4 м укладываются *дренажные трубы*, диам. от 75 до 100 мм., обсыпанные щебнем, с уклоном в 0,01. Для того, чтобы помешать *прониканию воды в грунт*, под поддерживающим слоем укладывают слой из мятой трамбованной глины, толщ. 10 см, или из тощего бетона. В целях представления об устройстве иловых площадок приведем чертеж их устройства на очистной станции Высоковской мануфактуры в г. Клине (черт. 176).

При определении общей величины иловых площадок можно исходить из выработанной практикой московской нормы—0,10—0,15 кв. м на 1 куб. м осадков, но в случае обработки выгнивших в загнивателях осадков эту норму можно увеличить в 2 раза. При получении на основании этой нормы общей величины площади для иловых площадок ее следует разбить на отдельные части, шириной 5—7 м; длина этих маленьких площадок, разделяемых между собой стенками (земляными, бетонными, железо-бетонными), делается в 30—40 м. Удаление подсохших осадков с иловых площадок производится или *вручную* или *посредством подъемных кранов с черпаками*, которые сбрасывают их в вагонетки, передвигающиеся по узкоколейным ж. дорогам. Высушенные осадки легко разбираются крестьянами для удобрения, при чем в некоторых государствах (САСШ, Англия) за них взимается известная плата даже при вывозе на



Черт. 177.

расстояние 10—20 км. За последние годы, в целях успешного протекания процессов подсушки осадков в зимнее время, на очистных станциях северных городов САСШ устраивают *закрытые стеклянные здания* по типу оранжерей, где возможно проводить отопление во время суро-

вых морозов. На черт. 177 изображено подобное устройство в г. Alliance (шт. Ohio).

*Вытекающая из дренажной сети, уложенной под бассейнами для подсушки осадков, вода*, которая обладает грязевыми частицами, способными к загниванию, должна быть по возможности *обезврежена*. Для этого нужно скоплять ее в сборном колодце и вновь перекачивать на очистные сооружения, так как в большинстве случаев бассейны для подсушивания осадков лежат ниже очистных сооружений. В некоторых случаях представляется более выгодным подвергать эту жидкость обработке на особых фильтрах или подвергать почвенной фильтрации. В случае, если имеются бассейны для окончательного обезвреживания очищенной на биологических фильтрах воды или для дезинфекции, дренажные воды могут быть направлены в эти сооружения. Если в бассейнах для подсушки осадков обрабатываются осадки из загнивателей, то дренажная вода, как лишенная способных к гниению веществ, может быть спущена без значительного вреда в водные протоки.

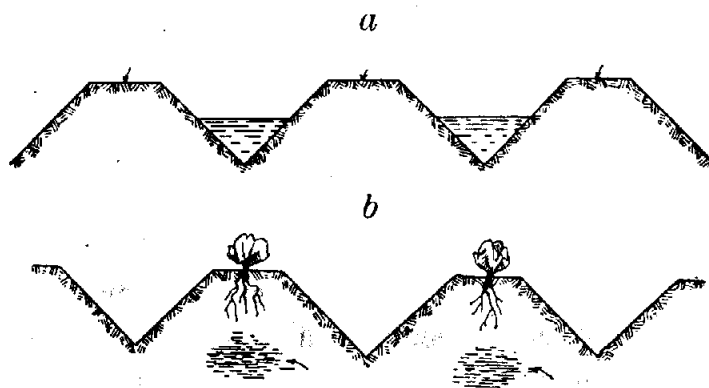
Так как при применении метода подсушивания осадков в бассейнах развиваются гнилостные газы, то для предотвращения запахов приходится прибегать к *дезодорирующим веществам*, которые, помимо прямого назначения, способствуют уничтожению мух и др. насекомых, легко размножающихся в подобных бассейнах. К таким веществам следует прежде всего отнести *едкую и хлористую известь*, которые препятствуют развитию гнилостных процессов, но одновременно с этим ослабляют удобрительную силу осадков. Гораздо выгоднее употреблять чисто *дезодорирующие вещества*, которые накладываются на слой грязи и поглощают развивающиеся газы. В этом отношении особенно выгодным является *торф*, который, помимо дезодорирующего эффекта, поглощает часть содержащейся в осадках воды и тем самым способствует ее скорейшему подсушиванию. Количество торфяного порошка, потребное для дезодорирования осадков, по опытам во Франкфурте на Майне не превышает *11—15 кг на 1 куб. м осадков*.

Из дезодорирующих средств заслуживает внимания „Facilol“, представляющее собой коричневатое легкое масло с уд. весом 0,79; до 28% „Facilol“а составляют связывающие воду частицы из группы фенолов, благодаря чему он препятствует загниванию осадков и содержащейся в них воды и убивает насекомых и их зародыши. При пользовании „Facilol“ом его вбрызгивают в бассейны для подсушки осадков струйными насосами и во время хода процесса подсушивания поддерживают над поверхностью осадков слой этого масла. По данным франкфуртской очистной станции требуется от 0,5 до 0,8 л „Facilol“а на 1 кв. м бассейнов для подсушивания осадков.

В случае недостатка места или неудобства устройства бассейнов для подсушки осадков приходится устраивать их вне территории очистной станции, перекачивая для этого осадки по трубам на расстояние до 1 км и более<sup>1)</sup>.

Другим простейшим способом, весьма распространенным в Англии, является *зарывание осадков в землю*. При применении этого способа по всей предназначенной для этой цели площади проводятся плугом *борозды*. Осадки из главного или вспомогательного грязевого разводного канала стекают в эти борозды, заполняя их приблизительно наполовину. Когда спущенные в борозды осадки подсохнут в течение нескольких дней, тогда эти борозды запахиваются посредством плуга; вместо них делают рядом новые борозды, а на месте бывших борозд высаживаются корнеплодные растения. Все эти операции наглядно видны из черт. 178 *a—b*.

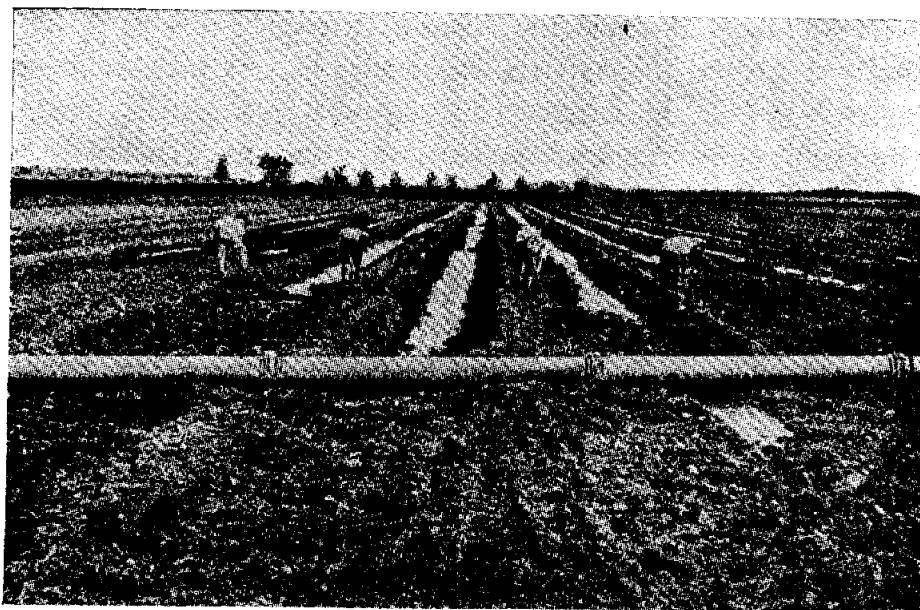
Если предназначенная для устройства борозд площадь не имеет достаточных уклонов, то необходимо борозды и гребни делать короткими, устраивая для этой цели питание их из вспомога-



Черт. 178.

<sup>1)</sup> Syracuse sewage treatment works, Publ. Works, 1925.

тельных грязевых каналов. Этот способ может быть применен лишь при обработке свежих незагнивших осадков, так как в противном случае при его применении приходится испытывать серьезные затруднения *из-за запаха, распространяемого на большой территории*. Способ зарывания осадков в бороздах употребляется в г. Болтоне и др. городах Англии. Развитие этого метода заключается в замене борозд канавами 0,45—0,6 м ширины и 0,25—0,35 м глубины. Напущенные в каналы осадки также подсыхают в течение нескольких дней, а затем эти каналы зарываются вынудой землей. В случае обработки сильно пахнущих осадков они немедленно после спуска в каналы покрываются в целях дезодоризации небольшим слоем земли или слоем торфа. На черт. 179 показано применение этого способа в г. Бирмингаме. При применении этого метода необ-



Черт. 179.

ходимо каналы располагать между собой на таком расстоянии, чтобы между ними можно было в случае надобности располагать новые ряды канав. Число этих рядов канав зависит от того числа лет, в течение которого произойдет переработка зарытых осадков, после чего уже станет возможным сделать каналы на первоначальном месте. По данным Travis'a<sup>1)</sup> для этого требуется от 3 до 5 лет. Такой многолетний цикл легко объясняется тем, что при зарывании осадков в каналы прекращается доступ к ним кислорода, вследствие чего процессы их разложения происходят очень медленно. Так, напр., на полях орошения в Кембридже (Cambridge), где были зарыты осадки слоями в 1,5—1,8 м, даже спустя 6—7 лет замечалось выделение из почвы зло-



Черт. 180.

вонных газов. Способ зарывания осадков в каналы нашел себе применение в Гэмптоне, Манчестере, Бирмингаме и др. городах.

Помимо подсушивания в бассейнах и зарывания в землю осадков применяется еще их *компостирование*, т. е. укладка осадков слоями, пересыпанными слоями земли, торфа, уличного мусора и пр. (черт. 180). Здесь материал, упо-

<sup>1)</sup> W. Owen Travis, Some observations, relating to bacterial tanks operations, Transactions of the Society of Civil and Mechanical Engineers, 1906.

требляемый для пересыпки осадков, поглощает содержащуюся в них воду. Так как кучи компостированных осадков укладываются над землей, то к ним имеет доступ воздух, что и составляет преимущество этого способа над зарыванием их в землю. Для успеха подсушивания толщина слоев осадков, показанных на черт. 180 сплошным черным цветом, делается не более 0,10—0,20 м; общая высота куч компостированных осадков не превышает  $1\frac{1}{2}$  м. Этот способ можно применять лишь для небольших станций, так как при нем требуется много ручной работы. Компостирование осадков нашло себе применение в гг. Марбурге, Гиссене, Губене и др.

После ознакомления с методами подсушивания осадков пред нами естественно возникает вопрос, какие же площади земли нужны при их использовании. Для разрешения этого вопроса нам необходимо знать количество и свойства осадков, подлежащих обработке, содержание в них воды и время, в течение которого они подсыхают до заданного процентного содержания воды. *Время, потребное для подсушивания осадков*, зависит от их свойств, от свойств почвы или устройства дренажа, от состояния погоды и от способа эксплуатации бассейнов для обработки осадков. Как мы это видели выше, самым важным является содержание в осадках *воды*, количество которой, как можно видеть из черт. 173, сильно меняется по мере понижения процентного отношения.

Так, напр., чтобы подсушить осадки с 95% содержанием воды до 80%, придется из 1 куб. м удалить 750 л воды, тогда как из загнивателей получают непосредственно осадки с 80% содержанием.

*Содержание жира в осадках* затрудняет их подсушивание, вследствие чего осадки из жироловок Кремера, как бедные жиром, не представляют затруднений для подсушки. Также в случае нахождения в осадках *коллоидальных веществ* (гидролитические тэнки, бассейны Grimm'a, тэнки-сепараторы и пр.) подсушка их протекает менее интенсивно, так как коллоидальные вещества обладают свойством связывать воду. *Влияние строения почвы на отдачу воды* из осадков не нуждается в доказательствах. Так как часть воды осадки отдают чрез испарение, то естественно, что летом процессы подсушивания осадков протекают более интенсивно, чем зимой. Вследствие такого разнообразия в факторах, обуславливающих успешность подсушки, время, затрачиваемое для этой цели, весьма разнообразно. Для подсушки осадков из осадочных бассейнов с 90%-м содержанием воды требуется летом от 6 до 8 недель, зимой до 6 месяцев. Для подсушки осадков, получающихся при применении способа Дегенер-Роте, требуется от 3 до 4 недель (г. Köpenick).

Для подсушивания осадков из загнивателей, пролежавших в них в течение восьми недель, в г. Halberstadt потребовалось 14 дней. Для подсушки грязи эмшерских колодцев требуется по данным Эмшерского Т-ва в среднем 5 дней; при хорошей погоде оказывается достаточным и 1—2 дней. Все эти нормы для подсушивания осадков сохраняют свою силу лишь при набрасывании их *тонкими слоями*. В случае же подсушивания осадков слоями 0,7—1 м требуется значительно больше времени: от 6 до 9 месяцев.

Прежде, чем перейти к непосредственному определению размеров площадей для подсушивания осадков, приведем данные о величине бассейнов для осадков в некоторых английских, немецких и русских городах (таблица XXXV).



Таблица XXXV.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Общие величины площадей для подсушки осад- ков в га	Величина площадей для бассейнов в кв. м		Способы очистки
		на 1 куб. м количества осадков в сутки	на человека в сутки	
Бриг . . . . .	0,3	300	0,12	Осадочные колодцы.
Лангензальца . . . . .	1,0	500	0,83	" "
Штаргард . . . . .	2,5	2080	0,93	Осадочн. колодцы (часть земли в резерве).
Ордруф . . . . .	0,066	—	1,0	Осадочные колодцы.
Эльберфельд . . . . .	2,43	—	0,08	" бассейны.
Франкфурт . . . . .	5,0	200	0,143	" "
Кассель . . . . .	1,0	149	0,07	" "
Мюнхен-Гладбах . . . . .	2,75	458	0,92	" "
Хальберштадт . . . . .	0,57	148	0,143	Загниватели.
Мюльгейм . . . . .	0,2	143	0,05	"
Унна . . . . .	0,05	250	0,05	"
Рэчдэль . . . . .	0,09	—	0,15	Осадочные бассейны и загниватели.
Линдс-Кностроп . . . . .	9,0	300	0,21	Химическая очистка известью.
Акрингтон . . . . .	0,9	1000	0,18	Загниватели.
Москва . . . . .	0,056	—	—	Осадочные бассейны для биологических фильт- ров (летние наблюде- ния).
Хэндон . . . . .	3,00	—	—	Химическая очистка.
Балтимора . . . . .	4,00	—	—	Осадочные бассейны.

Колебания цифр в этой таблице объясняются разнообразием в способах обработки сточных вод и осадков. Руководствуясь данными таблицы XXXV, мы можем принять, что для обработки 1 куб. м осадков потребно: из осадочных бассейнов и колодцев — 500 кв. м, из сооружений для химической очистки — 300 кв. м и из загнивателей — 200—250 кв. м. Эти нормы близки к нормам, предложенным инженером Imhoff<sup>1)</sup> для немецких городов.

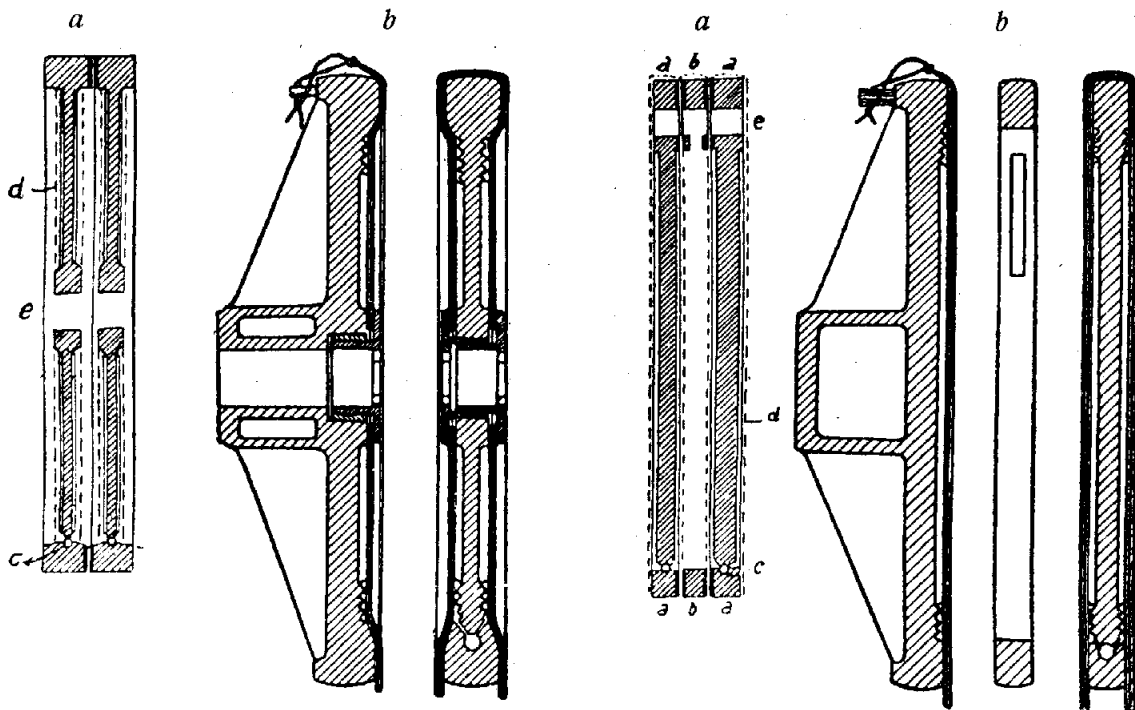
Количество земли, которое требуется для обработки осадков при зарывании их в канавы, зависит, помимо вышеназванных факторов, весьма сильно и от свойства почвы. По английским данным для обработки в течение года 1000 т осадков с содержанием воды в 90—95% требуется площадь земли при хорошей почве  $\approx 4\ 000$  кв. м (1 акр), при средней  $\approx 8\ 000$  кв. м (2 акра) и при плохой  $\approx 12\ 000$  кв. м (3 акра).

Пользуясь этими нормами, не представляется затруднений по исчислению количеств осадков установить площадь территории при применении простейших способов их обработки.

<sup>1)</sup> Imhoff, Die Abwässerbeseitigung in Deutschland, Mitt d. Kön. Prüf. f. Wasserversorg. und Abwässerbeseit., Heft 7.

§ 3. Прессование осадков. Подсушивание осадков посредством *фильтр-прессов* стало применяться 45 лет тому назад в Англии, главным образом, благодаря тому, что при широком применении механо-химических способов очистки сточных вод получались огромные количества осадков, обработка коих в бассейнах была затруднительна. Осадки на фильтр-прессах сжимаются под сильным давлением от 3 до 8 ат и выходят из них в виде брикетов с содержанием воды в 50—60%; выжатая же вода, как содержащая много веществ, способных к загниванию, поступает вновь на очистные сооружения.

*Фильтр-прессы* состоят из известного количества рам прямоугольного или круглого сечения (с размерами 0,7—1 м, толщина рам 0,05 м). По способу соединения рам между собой различают два типа фильтр-прессов: *камерные* (черт. 181 а—б) и *рамные* (черт. 182 а—б).



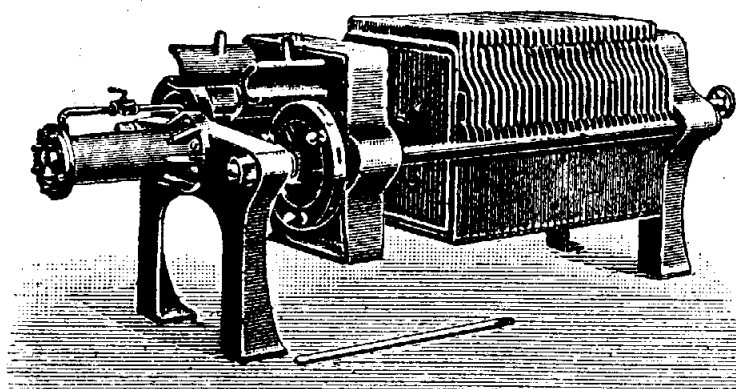
Черт. 181.

Черт. 182.

*Ра́мы камерных фильтр-прессов* (черт. 181 а—б) имеют в верхних и нижних частях выступы толщиной в 5 см, по которым они и соприкасаются друг с другом; благодаря такому очертанию рам между ними получается пустое пространство (толщ.  $\approx 10$  см).

В *рамных фильтр-прессах* (черт. 182 а—б) последовательно устанавливаются рамы, заделанные щитами, и рамы полые, вследствие чего между плотными рамами получается пустое пространство. Ра́мы фильтр-прессов делаются из дерева и из железа, при чем первый материал следует предпочитать, так как железо под влиянием содержащихся в осадках кислот довольно быстро разъедается. Число рам в отдельных фильтр-прессах не должно превышать 50. По всей поверхности рам фильтр-прессов делаются желобки для отвода стекающей при прессовании грязи воды в трубки с. Ра́мы покрываются с обеих сторон кусками грубого холста d, который при сжатии прессы пропускает сквозь себя воду, стекающую по желобкам. Отдельные рамы фильтр-прессов посредством боковых приливов подвешиваются к железным штангам, которые

связаны с чугунной станиной пресса (черт. 183). Сжатие рам прессов производится посредством нажимного винта, который может приводиться в действие ручной силой или посредством гидравлических прессов. Осадки приводятся в фильтр-прессы по каналу *e*, который располагается в камерных прессах по середине (черт. 181 *a*), а в рамных в верхней части (черт. 182 *a*). Для опорожнения фильтр-прессов рамы раздвигаются, и осадки в виде брикетов собираются в подставленные под ними вагонетки. *Брикеты* желательно складывать в штабеля в закрытых сараях, при чем во избежание дурных запахов их следует



Черт. 183.

пересыпать слоями земли или другими дезодорирующими веществами. На прессах можно обработать одновременно до 2 куб. м осадков. Операции по опорожнению фильтр-прессов от брикетов являются *нежелательными с гигиенической точки зрения* вследствие появления при этом значительного количества пахучих газов, что вы-

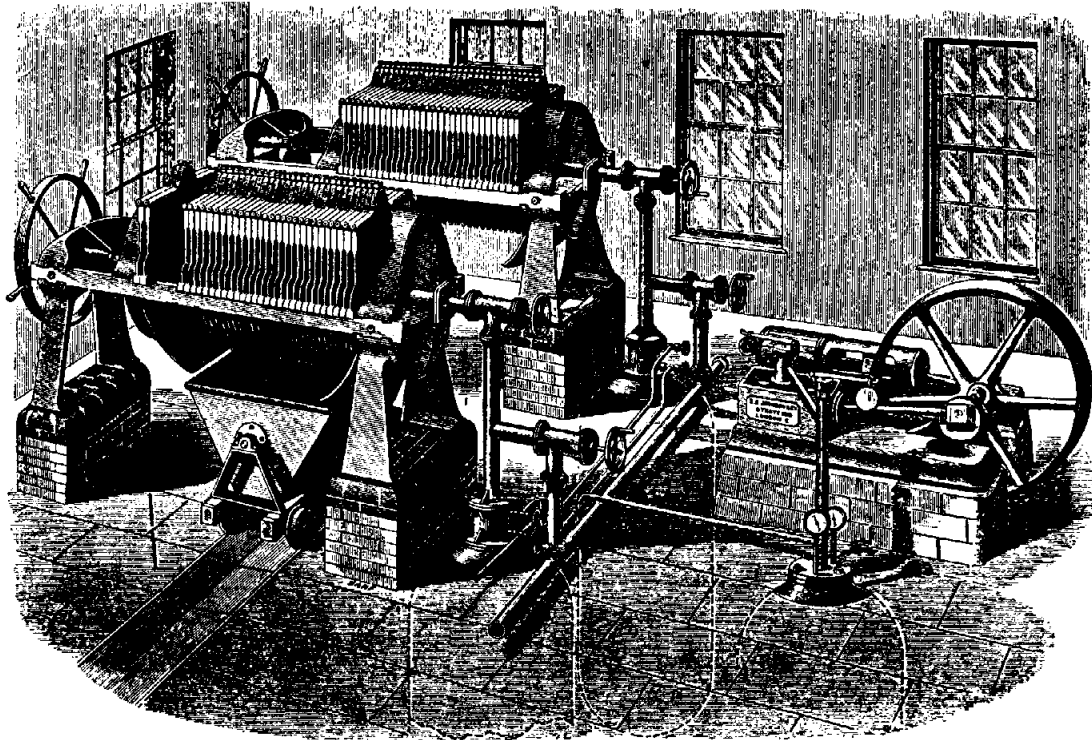
зывает необходимость усиленной вентиляции помещения с фильтр-прессами. Время, потребное для их опорожнения, не превышает 30 минут. Для получения необходимого давления для сжатия осадков в фильтр-прессах прибегают или к сжатому воздуху, или к непосредственной перекачке осадков насосами особой конструкции (Halle). В некоторых случаях осадки (Шпандау) перекачивают сначала насосами в котел, из коего выжимают их сжатым воздухом в прессы. Наконец, является вполне пригодным для этой цели и применение вакуум-котлов, описанных в главе XIII.

Примером установки с применением сжатого воздуха для выдавливания осадков из котлов может служить *установка с камерными прессами сист. Johnson and C-ie* (черт. 184). В этой установке, рассчитанной на обработку 30 т осадков в сутки, имеются: воздушный компрессор, воздушный аккумулятор, связанный трубопроводами с двумя грязевыми котлами, два фильтр-пресса диам.  $\approx 1$  м, трубопроводы для осадков воздуха и воды и вагонетка для отвоза брикетов.

*Прессование осадков* является возможным только в случае обработки сточных вод *химическим путем*<sup>2)</sup>. В случае же применения механической очистки осадки в фильтр-прессах не прессуются в брикеты. Поэтому в подобных случаях для придания осадкам необходимой вязкости приходится добавлять известное количество реактивов, каким обыкновенно является известь. Потребное количество извести для обыкновенных вод домашнего характера определяется в количестве 5 кг на 1 куб. м или в 5% сухого вещества, содержащегося в осадках. В случае большого содержания в осадках жира количество добавляемой к ним извести значительно возрастает — в 4—10 раз; так, напр., в Willesden — добавляют 22 кг, а в Ealing — 50 кг на куб. м осадков.

<sup>2)</sup> Leeds sewerage and sewage disposal, Surv., 1925.

Помимо *неудобств с гигиенической точки зрения* из-за необходимости для рабочих соприкасаться с осадками во время освобождения фильтр-прессов от брикетов, этот способ *отличается и высокой стоимостью*. Так, по данным Schiele прессование 1 т осадков для английских городов обходится в среднем до 2 рублей по довоенным ценам, по данным Elsneg для немецких городов цены прессования 1 т осадков близки к английским цифрам.

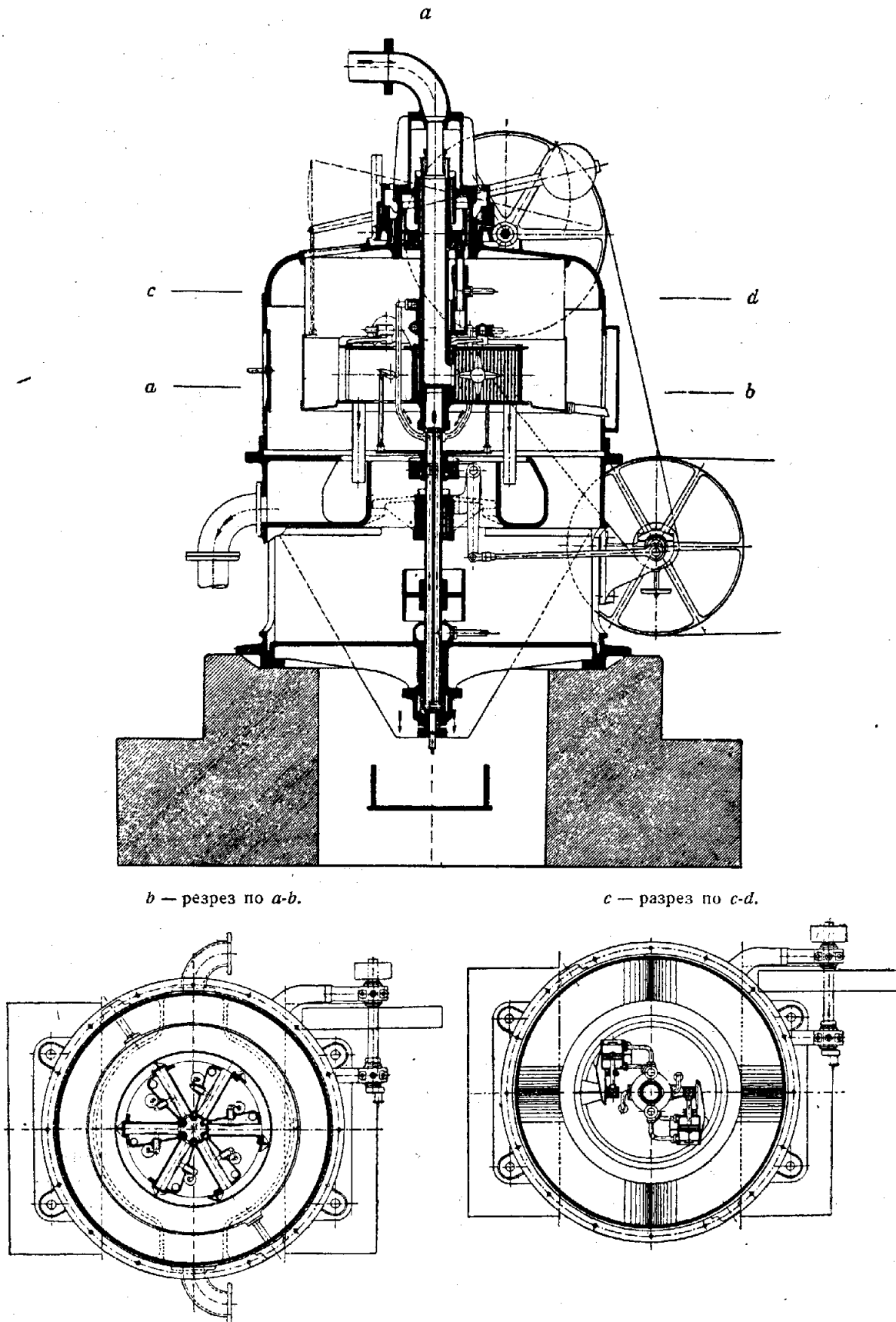


Черт. 184.

Эти недостатки метода прессования осадков заставили изыскивать новые способы, отвечающие требованиям *Гигиены*. Из этих методов наибольшего успеха достиг за последнее время способ *центрофугирования осадков*, к изложению которого мы и перейдем в следующем параграфе.

§ 4. **Центрофугирование осадков.** *Центрофугирование осадков* было перенесено в сферу очистки сточных вод из-за давнишнего применения центрофуг в механических прачешных. Сначала пытались производить центрофугирование в осадочных бассейнах, при чем для этой цели пользовались вращающимся барабаном. В результате центрофугирования осадков составляющие их частицы располагались по своей плотности: самые тяжелые — минеральные вблизи барабана, затем шли концентрически органические частицы и, наконец, в центре собиралась вода, на поверхности которой плавали жиры. Эти опыты оказались непригодными для практических целей, так как самое центрофугирование занимало много времени и для удаления высушенных осадков приходилось прибегать к ручной работе, что, разумеется, вело к удорожанию этого способа. Центрофугирование осадков стало на твердую почву лишь тогда, когда был изобретен особый *уппарат* системы *Schaefer-ter-Meer*, с успехом испытанный во Франкфурте на Майне, а затем примененный в гг. Hamburg и Hannover.

Аппарат для центрифугирования осадков системы Шефер-тер-Меер (schleuderapparat, appareil à centrifuger les boues, centrifugal dryer for sewage sludge) имеет следующую конструкцию (черт. 185 *a—c*). Он состоит из барабана, вращающегося на вертикальной оси, которая приводится в движение



Черт. 185.

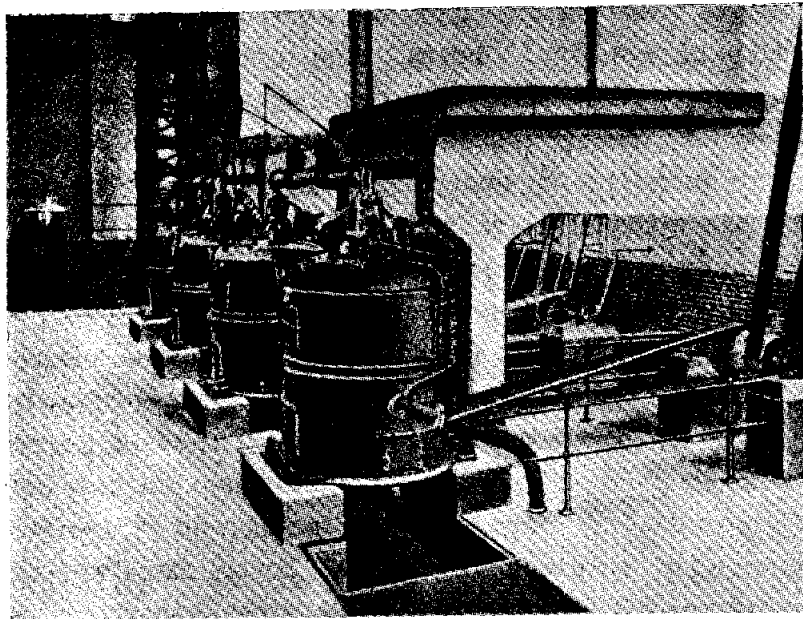
посредством трансмиссии, связанной рычажной передачей с насаженным на ось горизонтальным шкивом. Верхняя часть оси аппарата сделана полой для непосредственного поступления в него осадков из особого расположенного выше резервуара, в котором вращается мешалка для придания им однообразной консистенции. Из этой оси осадки поступают в шесть расположенных радиально камер, внутри которых имеется мелкое сито с продольными отверстиями (10 мм × 4—6 мм). В каждой камере может поместиться 3 л осадков, вследствие чего одновременно подвергается подсушке 18 л осадков. Входные и выходные отверстия камер для подсушки осадков закрываются задвижками особой конструкции. Когда начинается вращение аппарата, и осадки из полой оси поступают в камеры, то вследствие развития центробежной силы более тяжелые частицы отбрасываются к периферии камеры в сторону, противоположную направлению вращения, вода и жиры, как более легкие тела, проходят через сита, из коих по спускной трубе стекают в круговой желоб и далее в отводную трубу. В это же время притекают в камеры новые порции осадков и заполняют их целиком в течение двух минут, при чем вследствие вращения осадки продолжают выделять воду в отводную трубу. Тогда закрываются входные отверстия камер и открываются выходные. После этого подсушенные осадки выбрасываются центробежной силой из камеры, ударяются о металлический кожух аппарата и, разламываясь вследствие ударов на куски, падают через воронку на транспортерную ленту. По опорожнении камер выходные отверстия запираются, а входные отверстия открываются, вследствие чего процесс центрофугирования начинает повторяться. Во время вращения камер вследствие неплотного закрытия внешних задвижек выбрасываются брызги воды, которые, ударяясь о стенки барабана, отводятся в боковую спускную трубу, а затем в главную отводную трубу. Открытие и закрытие задвижек при камерах производится автоматически посредством соответственных передвижений поршней цилиндров, работающих на сжатом масле, которое нагнетается насосом в особый аккумулятор. Нижняя часть оси вращения барабана приспособлена для подведения сжатого масла и отведения отработанного масла. Очистка сит в камерах от засорений производится посредством особых крестообразных щеток во время вращения прибора. Аппарат Schaefer-ter-Meer делает 750 оборотов в минуту, средняя продолжительность одного рабочего периода аппарата по данным Reichle и Thiesing<sup>1)</sup> на гамбургской очистной станции 2,5 минут, максимальная 3,5 мин.; на ганноверской очистной станции средняя продолжительность 1,5 минуты, тогда как максимальная достигает 5 минут, если подлежащие обработке осадки очень вязки.

Вообще нужно заметить, что подсушивание осадков на аппаратах Schaefer-ter-Meer идет успешно, если в состав их входит достаточное количество тяжелых частиц. Поэтому свежие осадки в этом случае подсушиваются лучше, чем выгнившие.

Аппарат Schaefer-ter-Meer в Ганновере может подсушивать от 2 до 4 куб. м свежих осадков в час, при чем в камерах за это время помещается от 75 до 125 л мокрых осадков. Для приведения этого аппарата в движение в Ган-

<sup>1)</sup> Reichle und Thiesing. Versuche mit dem Schlamm Schleuderapparat Schaefer-ter-Meer. Mit. d. Kön. Prüf. f. Wass. und Abwäss., Heft 10.

новере требовалось 7,2 *HP*, но в расчет следует вводить 12 *HP*. Для двух аппаратов достаточно иметь один общий резервуар, как, напр., это устроено



Черт. 186.

в Ганновере (черт. 186). Этот резервуар делается из железа, бетона или железобетона; емкость его рассчитывается на суточное количество подлежащих подсушке осадков. При входе в резервуар устанавливаются решетки с прозорами в 10 мм, если их не имеется в колодце, в который опущена всасывающая труба насоса для подъема осадков. Осадки с транспортной ленты могут подаваться но-

рией в особый резервуар (Ганновер, черт. 186) или же через воронки поступать непосредственно в вагонетки. Эффект центрофугирования осадков виден из следующей таблицы XXXVI, в которой приведены данные гамбургских опытов.

Таблица XXXVI.

	Общий вес	Вода	Общий вес сухого вещества	Минеральн. вещества	Органические вещества	Жир, входящий в состав органич. веществ
	в кг					
1 куб. м свеж. осадков . . .	1 019	939,6	79,4	17,4	62	11,3
Центрофугирован. осадки . .	175	126,6	48,1	11,9	36,2	4,1
Вода, выпущен. из прибора .	844	812,7	31,3	2,8	28,5	—

Из этой таблицы можно видеть, что в центрофугированных осадках содержание воды падает в среднем до 60% с 90—92%, при чем содержание минеральных веществ составляет по весу  $\frac{2}{3}$ , а органических— $\frac{1}{3}$  сухого вещества. В выпускаемой же из прибора сточной воде сухое вещество составляет всего 3,7%, при чем органические вещества занимают уже  $\frac{9}{10}$  его общего веса. Вследствие такого высокого содержания органических веществ в спускаемой воде она легко переходит в гниение, и поэтому отводится вновь или в сточные каналы, или на очистные сооружения. Количество центрофугированных осадков составляет  $\frac{1}{6}$  своего первоначального объема. Аппарат

Schaefer-ter-Meer требует незначительного ухода: для двух приборов достаточно одного рабочего.

У нас, в СССР, центрофуга системы Schaefer-ter-Meer была применена в 1915 г. для осушки ила из цилиндрических осадочных бассейнов с коническим дном на сливной и очистительной станции за Спасской заставой в Москве<sup>1)</sup>. В состав этой осушительной установки, расположенной в здании, площадью 12,8 м × 3,4 м входили:

- а) железный резервуар, куда перекачивается из осадочных бассейнов ил;
- б) центрофуга Schaefer-ter-Meer;
- в) аккумулятор и насос к нему—для получения сжатого масла;
- г) вагонетки для приема сжатого аппаратом продукта;
- д) трубопроводы для подачи ила из сборного резервуара в центрофугу и для спуска вытекающей из последней жидкости;
- е) нефтяной двигатель в 16 HP для приведения в действие всей установки.

Производительность центрофуги в Москве колебалась от 3 до 5 куб. м в час сообразно консистенции ила; из 1 куб. м осадка извлекалось от 100 до 200 кг подсушенного продукта, который по содержанию азота и фосфора не уступает навозу.

Несмотря на высокие достоинства этого прибора с гигиенической точки зрения он является недоступным для широкого употребления вследствие значительной стоимости эксплуатации. Так, по данным Elsner<sup>1)</sup> стоимость подсушки 1 куб. м осадков обходится 13 копеек. Кроме того, препятствием для его распространения служит и ограниченная производительность прибора. По данным Calmette<sup>2)</sup> для Парижа потребовалось бы установить 400 приборов Schaefer-ter-Meer, а ежедневные эксплуатационные расходы равнялись бы 2700 рублей.

**§ 5. Общие соображения об использовании осадков для коммерческих целей.** Со времени развития способов очистки сточных вод стали появляться различные методы для использования содержащихся в осадках веществ, представляющих некоторую ценность с коммерческой точки зрения.

К этим, употребляющимся в настоящее время, методам по использованию осадков должно предъявить следующие основные требования:

- 1) переработка осадков в ценные продукты должна совершаться по возможности быстро, при чем эти продукты должны быть лишены вредных веществ;
- 2) при переработке осадков не должны терпеть ущерба для здоровья ни занятые этими процессами рабочие, ни окрестные жители;
- 3) все содержащиеся в осадках ценные вещества должны быть использованы целиком;
- 4) расходы по переработке осадков в ценные продукты не должны превышать их рыночной стоимости.

1) А. В. Никитин. Механическая осушка ила из осадочных бассейнов автоматически действующей центрофугой „Schaefer-ter-Meer“, Труды XII Вод. и С. Т. Съезда, 1925.

1) Elsner, Die Behandlung und Verwertung von Klärschlamm, 1910.

2) Calmette, Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égouts, vol IV.



Все существующие способы использования осадков могут быть разделены на следующие 4 группы: 1) *использование осадков для удобрения полей*; 2) *добывание тепловой энергии сжиганием осадков*; 3) *добывание газа* и 4) *добывание жира*.

Применяющиеся до настоящего времени способы переработки осадков не удовлетворяют всем вышеприведенным требованиям в их совокупности. Так, напр., практика показала, что почти везде *операции по переработке осадков на ценные продукты были убыточными*.

Правильность этого заключения ясно видна из следующих соображений. В городе с населением в 50 000 жителей из 7500 куб. м сточных вод получается 45 куб. м осадков с 90%-м содержанием воды, т. е. всего 4,5 куб. м сухого вещества, из коих 2—2,5 куб. м принадлежат к веществам органического происхождения. Это незначительное количество, составляющее 0,3% от всего количества сточных вод, представляет ценность в 15—20 рублей, при чем оно не всегда может быть выделено и использовано на месте, требуя для своей эксплуатации перевозки на значительные расстояния.

Само собой разумеется, что заключение о невыгодности утилизации осадков не относится к *фабричным сточным водам*, где в сточных водах некоторых производств (бумажных, шерстомойных и пр.) могут содержаться ценные продукты, извлечение которых может явиться выгодным и с *коммерческой точки зрения*.

**§ 6. Использование осадков для сельскохозяйственных надобностей.** Самым старинным способом использования осадков является *применение их в качестве удобрений для сельскохозяйственных надобностей*. Этот способ является особенно удобным для небольших местечек, где вследствие незначительного количества получаемых осадков и обширности сельскохозяйственной территории применение его не встречает затруднений.

Значение осадков, как удобрительного средства, характеризуется содержанием азота и фосфорной кислоты, составляющих вместе  $\approx 1,5\%$  сухого вещества, и кали ( $\approx 0,5\%$ ).

Осадки из песколовков не годны для удобрения, так как в них преобладают минеральные вещества. Поэтому их по подсушке употребляют для засыпки неровностей<sup>1)</sup> или же смешивают с осадками из осадочных бассейнов и колодцев, чтобы избежать расходов, сопряженных с вывозом осадков. Также непригодны для с.-хозяйственных целей и осадки, получающиеся при применении механо-химических способов. Наиболее же пригодными для удобрения являются осадки из осадочных бассейнов, колодцев, решеток и сит, из коих две последние группы очистных сооружений дают главным образом осадки органического происхождения. Если в осадках содержатся значительные примеси жира, то их удобрительное значение падает, так как жир препятствует разложению органических веществ и закупоривает поры почвы. Поэтому в этих случаях необходимо в очистные станции включать жироловки (аппараты Кремера). Вышеуказанное количество удобрительных веществ, содержащихся в 1 куб. м осадков с 90% содержанием воды, оценивалось до войны 1914 г. теоретически в Германии в 75 коп. При суточной норме осадков в 0,6 л и годовой в 220 л на человека стоимость осадков, получаемых в год с одного жителя, будет

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Водоснабжение и канализация поселков, 1927.

16 коп. Если принять подобную норму за основание, то теоретически доходами от продажи осадков, как удобрения, можно покрыть значительную часть расходов по эксплуатации механических очистных станций.

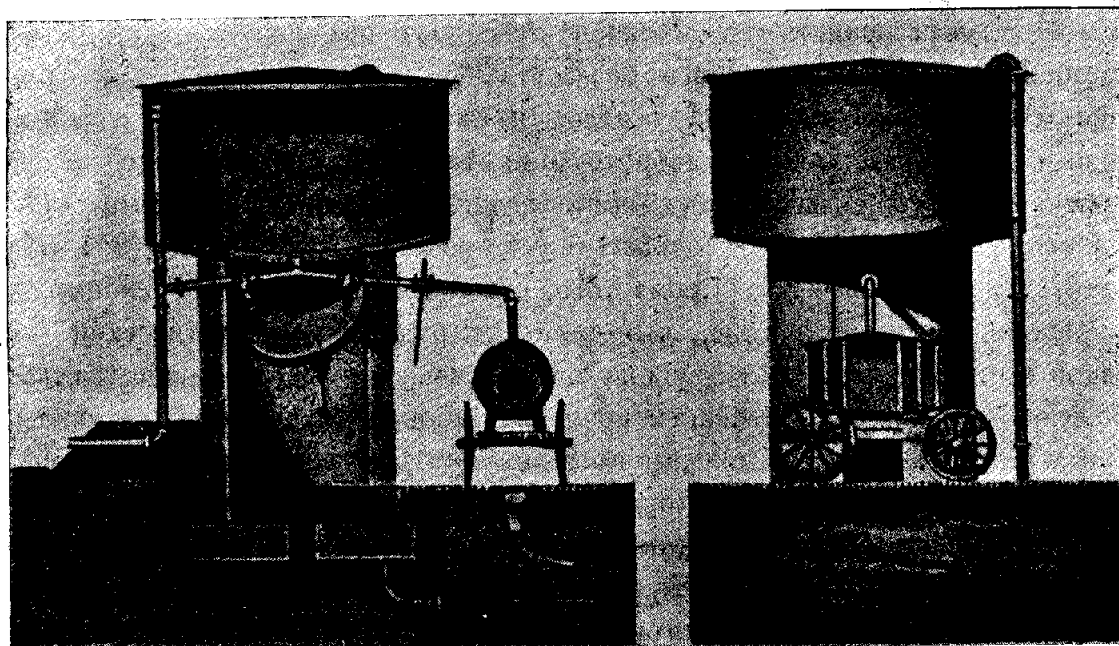
Но, на самом деле, это далеко не так; ценность теоретических расчетов понижается, если принять во внимание транспорт осадков—продукта, содержащего в себе в виде ненужного балласта 90% воды, независимо от понижения теоретической стоимости осадков из-за необходимости их перевозить на известные расстояния; удобрительные вещества, в них содержащиеся, не могут вследствие невыгодных соотношений отдельных элементов (азота, фосфорной кислоты и кали) полностью усваиваться почвой, о чем мы будем говорить ниже, в главе XV. Кроме того, сельским хозяйствам удобрение нужно в определенные времена года, что также затрудняет систематический сбыт осадков в течение года; поэтому они легко усваивают все преимущества своего положения и начинают с течением времени требовать платы за вывоз осадков, так как очистные станции должны постоянно избавляться от осадков во избежание накопления на их территории гниющих масс. Вследствие этого легко понять, что сельские хозяйства охотнее предпочитают брать экскременты в неканализованных городах или искусственные удобрения, которые могут давать истощенной почве как раз те питательные элементы, которых у нее недостает.

Осадки для удобрения употребляются в трех видах: *свежие, подсушенные и в виде порошка (пудрета)*. Свежие осадки могут быть направлены на сельскохозяйственные поля или путем перевозки в непроницаемых бочках, или же по особой трубной сети. Отвозка осадков в бочках очень удобна для маленьких очистных станций, где она может производиться непосредственно из осадочных бассейнов и колодцев пневматическим путем, подобно тому, как это делается при пневматическом опорожнении выгребов<sup>1)</sup>. На больших же станциях необходимо для ускорения операций по наполнению бочек выделить их от операции по очистке бассейнов и колодцев. Для этой цели устраиваются высокие башни с резервуарами, откуда осадки могут быть спущены самотеком в бочки. На черт. 187 показана одна из двух франкфуртских башен с резервуаром для осадков. Подобная башня (высота в 12 м с резервуаром емкостью 12 куб. м) имеется и в г. Мангейме. Так как при этом способе транспорта осадков приходится перевозить много бесполезного балласта, то применение его целесообразно *лишь для небольших расстояний перевозки и для небольших очистных станций.*

В случае же необходимости отдавать осадки нескольким с.-хозяйствам, находящимся на более или менее значительном расстоянии от города, приходится отводить их к этим хозяйствам или в открытых самотечных каналах, или же напорными трубами. Проведение самотеком возможно лишь, если использующие осадки участки лежат ниже станции; кроме того, в открытых каналах легко образуются отложения, которые необходимо часто очищать во избежание их загнивания. При устройстве подземной напорной сети приходится нагнетать осадки поршневыми мембранными насосами, при чем для независимости этой операции от занимающей много времени очистки осадочных бассейнов осадки

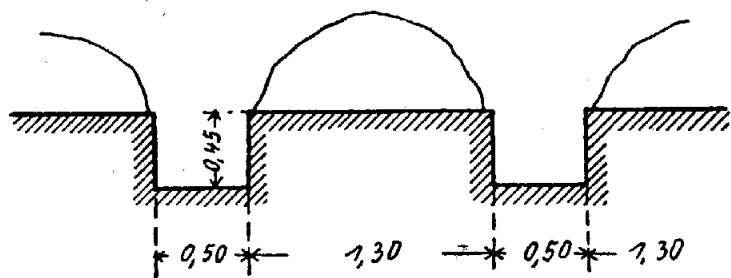
1) Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, 1911.

должны выкачиваться из специально устроенных для этого колодцев и бассейнов. *Подземная сеть* разветвляется к известным пунктам разбора осадков, где посредством колодцев с задвижками может быть направлена в переносные



Черт. 187.

подземные трубы (диам. 100 мм), из которых осадки разливаются по участку. Соединения этих переносных труб делаются на фланцах, что облегчает их быструю разборку. В случае необходимости долго пользоваться переносными трубами для выпуска осадков на одном и том же участке употребляют трубы с муфтами и нарезками. Для удаления засорений в подземных трубах они должны быть связаны с напорным промывным трубопроводом. Иногда удается повышением работы поршневого грязевого насоса также удалять засорения. Поэтому необходимо для перекачки осадков выбирать насосы, в которых по желанию дости-



Черт. 188.

гается быстрое увеличение числа оборотов. Промывка водой засорений в подземных трубах может быть заменена нагнетанием сжатого воздуха. Подобные устройства для нагнетания осадков на участки имеются в Мангейме (длина провода 2 км),

Бирмингаме (6 км) и пр. Что же касается дальнейшей *утилизации осадков на сельскохозяйственных участках*, то она может непосредственно распределяться по всему полю в известные месяцы для улучшения культуры, причем для удлинения периода утилизации необходимо разливать их на участках с различными культурами, которые требуют удобрения в различные времена года (Мангейм). В Англии применяли сначала *запахивание осадков во рвах* (черт. 188), но так как этот метод оказался сравнительно дорогим, то перешли на *запахивание осадков в мелкие борозды*. Количество земли,

которое требуется для разливания осадков, по немецким данным исчисляется в 1 га на 1 куб. м осадков в сутки, что соответствует годовому слою осадков в 3,7 см или 27 кв. м на 1 куб. м годового количества осадков. В Англии для запахивания и зарывания в борозде осадков допускают слой в 25 см в год, что соответствует 4 кв. м на 1 куб. м осадков при хорошей песчаной почве; при плохой эта норма повышается в 2—3 раза, т. е. 8—12 кв. м. Но, при определении потребной площади земли для применения английских методов необходимо полученные величины увеличить в 2—3 раза, так как там каждый участок эксплуатируется через 2—3 года, что уже мало отличается от немецких норм.

При использовании для удобрения подсушенных осадков (до 60—70% воды) получают более выгодные соотношения для транспорта, так как объем их составляет всего  $\frac{1}{4}$  первоначального объема. Это дает возможность значительно увеличивать расстояние для перевозки осадков<sup>1)</sup> (L). Так, напр., в г. Neustadt L равно 11 км, во Frankfurt—8 км и т. д. В первом городе вывоз осадков приносит незначительный доход (около 1500 рублей в год), но в большинстве случаев эта операция является убыточной, в особенности, если для подсушки осадков прибегают к прессованию или центрифугированию. В Москве подсушенные осадки разбирались земледельцами безвозмездно.

Осадки с сит и решеток всегда имеют наибольшую стоимость. Так, напр., в Торгау фура с такими осадками стоила 1 рубль, в Лейпциге—75 коп. В Англии соотношение менее выгодно. Там приходится приплачивать за вывоз 1 куб. м прессованных брикетов 20—40 коп.

Для лучшего использования осадков, как удобрения, иногда их смешивают с золой и мусором<sup>2)</sup> и небольшими примесями торфа и образуют из этой смеси компост. Самое компостирование производится в ямах, которые с целью дезодорирования покрываются небольшим слоем торфа.

Превращение осадков в удобрительный порошок (пудретт), в котором бы оставалось только 10—20% воды, не раз привлекало к себе специалистов, так как удачное разрешение этой задачи представлялось очень заманчивым. Само собой разумеется, что искусственное нагревание осадков с целью испарить содержащуюся в них воду требует несомненно высоких расходов, которые не могут быть покрыты за счет доходов от продажи удобрительного порошка. Так, напр., в аппаратах фирмы Fellner und Ziegler, в которых происходит нагревание осадков до 100°—120° C, приходится затрачивать 46—50 кг угля, вследствие чего себестоимость 100 кг пудретта обходится в 1 р. 50 к., что превышает рыночную стоимость продукта. Эти аппараты были испытаны во Франкфурте на Майне. В некоторых городах Англии<sup>3)</sup>, применявших механо-химическую очистку, были также сделаны опыты по превращению осадков в удобрительный порошок.

Так, напр., в Кингстоне, где применяется способ A-B-C (см. главу IX), прессованная грязь подсушивается и, будучи размолота, превращается в порошок под именем

<sup>1)</sup> *Pearse, Langdon and Greely, Utilization of sewage sludge, Eng. News Rec., 1924.*

<sup>2)</sup> *Kochschmieder, Die Verwertung des Klärschlammes aus Abwässerkläranlagen zu Dünge zwecken, Die Städtereinigung, 1924.*

<sup>3)</sup> *Smok, Sludge disposal in the Surbiton, Surv., 1924.*

Native Guano, который находит себе сбыт для удобрения садов. Его изготовление, не считая расходов на химическое осветление и прессование осадков, обходится в 80 коп. на человека в год. Также в Глазго, где производилась подсушка прессованных осадков при температуре  $60^{\circ}$ — $70^{\circ}$  C, приготавлился удобрительный порошок под названием „Globe Fertilizer“. Стоимость приготовления одной *m* этого порошка равнялась 5 руб., продажная же стоимость между 4 и 7 рублями.

Из этих примеров становится ясным, что приготовление пудретта в специальных аппаратах является невыгодным. Поэтому в целях удешевления изготовления пудретта осадки разливают тонкими слоями, часто укатывают и переминают кирками, при чем эти операции производят в сараях. Этот способ применяется в теплое время года и в результате понижает содержание воды в осадках до 10—20%. Для его применения требуется много места, почему он является пригодным только для небольших очистных станций. При больших установках осадки прессуются в брикеты, которые подсушиваются на воздухе подобно сырým кирпичам. Подсушенные по тому или иному способу осадки размалываются и таким образом превращаются в удобрительный порошок. Для этих примитивных способов требуется много времени, не говоря уже о том, что здесь здоровье рабочих вследствие постоянного соприкосновения с осадками подвергается опасности заражения болезнетворными микробами. Кроме того, со строго гигиенической точки зрения является опасным употребление осадков для удобрения огородов, если взрощенные на них продукты будут употребляться в сыром виде<sup>1</sup>). Поэтому с гигиенической точки зрения подобные методы несомненно уступают способам, где удаление воды из осадков производится в специальных аппаратах.

§ 7. Утилизация тепловой энергии осадков сжиганием. Идея сжигания осадков, как малоценного продукта, заслуживает внимания с гигиенической точки зрения, так как при этом в конечном результате получается безвредный продукт—шлаки. Помимо этого, и с технической точки зрения в некоторых случаях представляется возможным использование тепловой энергии осадков для нагревания котлов, а следовательно, и для преобразования этой энергии в другую, напр., электрическую<sup>2</sup>). На успешность процессов горения осадков оказывает большое влияние их состав: содержание органических веществ и воды. Поэтому а priori можно установить, что при известном содержании воды в осадках они не могут гореть за счет своих органических веществ.

При сжигании осадков содержащаяся в них вода должна быть нагрета до  $100^{\circ}$  C, а затем испариться; на это для 1 кг воды потребуется  $\approx 640$  кал. Абсолютный тепловой эффект сухого вещества, содержащегося в осадках, составляет  $\approx 4000$  кал. Теперь, если мы возьмем 100 кг осадков с 90% содержанием воды, то для нагревания и испарения воды потребуется  $90 \times 640 = 57600$  кал., а тепловой эффект сухого вещества будет  $10 \times 4000 = 40000$  кал., т. е. значительно меньше расхода тепла на испарение воды.

Поэтому для успешности горения необходимо уменьшение содержания воды в осадках. Превышение теплового эффекта 10 кг сухого вещества (40000 кал.) над расходом тепла при испарении воды при различных %-ых содержаниях воды ясно видно из следующей таблицы XXXVII (стр. 247).

<sup>1</sup>) Wolmann, Hygienic aspects of use of Sewage sludge, as fertilizer, Eng. News Rec., 1924.

<sup>2</sup>) B. Heine, Ueber die Erzeugung elektrischer Energie mit Hilfe von Kanalisations—Klärschlamm, 1904.

Из этой таблицы видно, что при сжигании не имеет смысла с экономической точки зрения стремиться к удалению воды из осадков более 50—60%.

Помимо воды на понижение теплового эффекта сухого вещества значительно влияют содержащиеся в осадках жирные вещества, так как они дистиллируются при температуре около 300° С. Их тепловой эффект совершенно теряется, так как дистилляционные газы в обыкновенных топках не сгорают.

Таким образом, ход горения осадков идет следующим путем: сначала испаряется вода, затем дистиллируются жирные вещества и, наконец, получаются газы, которые можно использовать для обогрева котлов. Дистилляционные газы легко осаждаются в холодных пунктах печи и при выходе из дымовых труб являются источником заражения окрестностей.

Таблица XXXVII.

%-ое содержание воды в осадках	Вес воды в кг	Количество кал., потребное для испарения воды	Превышение теплового эффекта сухого вещества над расходом на нагревание и испарение воды
90	90	57 600	- 17 600
80	40	25 600	+ 14 400
70	23,3	14 912	+ 25 088
60	15	9 600	+ 30 400
50	10	6 400	+ 33 600
40	6,7	4 288	+ 35 712
30	4,3	2 752	+ 37 428
20	2,5	1 600	+ 38 400
10	1,1	704	+ 39 296

Хотя из предыдущего можно видеть, что осадки могут гореть без примеси топлива, тем не менее, по данным опытов, получающийся при этом полезный тепловой эффект незначителен. Так, во Франкфурте на Майне брикеты из осадков, подсушенные до 10% содержания воды, при 47% горючих веществ дали полезный тепловой эффект в 2 200 кал.; по исследованиям Bretschneider и Proskauer осадки с 20% воды обладают 30% горючего материала и дают тепловой эффект в 2 200 кал. Осадки из загнивателей, где вследствие разложения органических веществ происходит выделение углекислоты и метана, обладают еще меньшим тепловым эффектом. Так, напр., в Штутгарте осадки из загнивателей при 40% воды дали тепловой эффект в 1627 кал., тогда как осадки из осадочных бассейнов дали 2 025 кал.

Поэтому для получения большего теплового эффекта к осадкам примешивают другие горючие вещества—уголь или мусор. Так, напр., в Шарлоттенбурге примешивали уголь к осадкам, содержащим 40% воды, при чем в результате оказалось, что топки требовали больше угля, чем при отоплении только одним углем. Такие же результаты получились и в Англии<sup>1)</sup>, где пробовали сжигать осадки в мусоросжигательных печах, смешивая их с домовым

<sup>1)</sup> Lloyd, Sludge disposal, Surv., 1926.

мусором. Изготовление брикетов из осадков с 70% воды с добавкой угля и мастики для сжигания их в обыкновенных печах было испытано в Columbus (Сев. Америка), но оказалось также очень невыгодным. Более выгодным является сжигание осадков, получающихся при механо-химической очистке по способу Дегенер-Роте, где бурый уголь в количестве 1—2 кг на 1 куб. м сточных вод прибавляется для осветления сточных вод (см. главу IX). Прессованные брикеты из таких осадков поступают непосредственно в топки котлов, паром которых пользуются при эксплуатации двигателей. В Шпандау угольные брикеты из осадков продавались по 33 коп. за 100 кг; в некоторых местностях раздают их даром беднейшим классам населения. Смешивание осадков с мусором особенно распространено в Англии, где мусоросжигательные станции часто устраиваются на общей территории очистной станции. Подобное соединение мусоросжигательной с очистной станцией имеется и у нас в Д. Селе. Смешивание прессованных плиток из осадков (с содержанием 50—60% воды) с мусором производится в пропорции 1:2; эта смесь сжигается и утилизируется для обслуживания двигателей очистных станций. Так, напр., в Бэри (Bury) ежедневно сжигают 60—70 т смеси и получают силовую энергию в 38 HP. Помимо утилизации сжигаемых осадков для получения силовой энергии, можно получать в качестве побочного продукта шлаки, которые по размалыванию идут на шлаково-цементные растворы, если в данной местности имеется недостаток песка и гравия. Так, в английском городе Huddersfield прессованные осадки смешиваются с угольной мелочью в пропорции 5:1 и сжигаются; получающиеся при этом шлаки утилизируются для указанных целей.

§ 8. Добывание из осадков газа. После опытов со сжиганием осадков естественно появилась мысль использовать их как продукт для добывания газов, и тем самым повысить несколько тепловой эффект, получаемый от их сжигания.

Для добывания газов из осадков применяли два способа. Первый способ заключался в подогревании осадков до такой температуры, при которой началось бы выделение летучих частиц, по преимуществу углеводородов. Само собой разумеется, что этот способ с практической точки зрения не имел успеха, так как в осадках содержатся сравнительно с содержанием органических веществ большие количества воды, требующие для своего испарения значительных количеств топлива. Опыты в г. Штутгарте над добыванием по этому способу газа из осадков, в которых имелась торфяная каша, показали, что для добывания из 100 кг осадков 26 куб. м газа требуется истратить 770 кг кокса; теплопроизводительность добытого газа равнялась 4 178 кал. а величина эксплуатационных расходов (топливо и уход)—определилась в 10 коп. за 1 куб. м, что сравнительно с ценою за 1 куб. м светильного газа (теплопроизводительность 5 000 кал.) представлялось невыгодным. Также неудачными с экономической точки зрения были опыты с добыванием газов подогреванием и во Франкфурте на Майне, где было получено из 100 кг подсушенных брикетов только 19,5 куб. м газа с теплопроизводительностью в 3 800 кал. Поэтому перешли ко второму способу добывания газов из осадков. Этот способ заключается в соединении углерода, содержащегося в осадках, с кислородом воздуха, вследствие чего образуется окись углерода. Это достигается путем пропускания

воздуха чрез раскаленные угли, при чем с образовавшейся окисью углерода смешивается индифферентный азот воздуха, в результате каковых трансформаций получается *генераторный газ*. Если вместо воздуха пропускать чрез раскаленные угли содержащиеся в осадках *водяные пары*, то сначала произойдет образование окиси углерода, а затем соединение этого газа с освободившимся водородом дает *водяной газ*.

*В газо-всасывающих генераторах* происходят оба процесса, т. е. пропускание воздуха и водяного пара, и работающий в них газ представляет собой *смесь генераторного и водяного газов*. Получающийся при добывании из осадков по этому способу газ находит себе применение для работы газовых двигателей, но, к сожалению, и *этот способ* нельзя признать *удачным*, как вследствие его *высокой стоимости*, так и вследствие *некоторых затруднений, связанных с производством*.

При этих процессах испарения происходит дестилляция жиров, которые, попадая в механизмы двигателей, легко вновь осаждаются и тем самым способствуют как загрязнению отдельных частей, так и их быстрому изнашиванию.

Из вышеизложенного ясно, что этот метод оказывается пригодным лишь в случае пользования осадками, получающимися от применения механо-химической очистки, основанной на примешивании к сточным водам бурого угля (Дегенер-Роте). Опыты, произведенные в Обершеневейде над осадками, которые получались от прибавления к сточным водам 1,35—1,97 кг бурого угля и 0,18—0,27 кг серноокислого глинозема, показали возможность получения 57 НР при расходе топлива на НР в час 0,75—1 коп.; при этом осадки пред добыванием газа подвергались прессованию и подсушке на воздухе до 51% содержания воды. Полученная энергия частью (в количестве 15%) расходовалась на нужды станции, благодаря чему сократились расходы по очистке и подъему сточных вод в г. Обершеневейде в размере 18 коп. на жителя или  $\approx 1$  коп. на куб. м сточных вод. Также добывание светильного газа оказалось выгодным при прибавлении к осадкам дешевого каменного угля в г. Брюнне<sup>1)</sup>, где будто бы удалось за счет доходов от операции по добыванию газа покрыть расход по амортизации строительной стоимости очистной станции. Более успешно идет добывание газа во время процесса выгнивания осадков в загнивателях, эмшерских колодцах, нейштадтских бассейнах и пр. Но утилизация его возможна только при наличии в городе газоснабжения (Германия). Поэтому для СССР, где почти не имеется газопроводов, добывание газа из осадков не имеет практического значения.

Таким образом, можно видеть, что *добывание газа из осадков может оказаться выгодным, если в осадках имеются примеси горючих веществ* (угля, торфа), хотя, разумеется, вышеприведенные цифры нуждаются в более тщательной проверке.

§ 9. Добывание из осадков жира. Как мы уже неоднократно упоминали выше, содержащийся в осадках *жир* представляет серьезное препятствие как при сжигании осадков, так и при добывании из них газов, вследствие чего является в этих целях полезным *предварительное выделение жира из осадков*.

<sup>1)</sup> Bayer und Fabre. Die Destillation des trockenen Schlammes des Abwassers mit Rücksicht auf die Leuchtgasfabrikation, Revue Generale de Chemie pure et appliquee, 1911.



Помимо того, *жир* сам по себе представляет *ценный продукт*, который может быть легко продан для различных производств.

Для выделения жира пользуются двумя способами: 1) *выделение жира непосредственно из сточных вод* и 2) *выделение жира непосредственно из осадков*.

Первый способ возможно применить для нормальных сточных вод домашнего характера, где установкой жироловок Кетмер'а удается вылавливать до 45% жира (см. главу XII).

*Выделение жира непосредственно из осадков* представляется весьма затруднительным, так как жир плотно облепляет их частицы и не может быть удален механически выплыванием. Только при центрофугировании осадков жир может быть выловлен из стекающей сточной воды. Но при отсутствии подобных аппаратов операции по извлечению жира из осадков являются весьма сложными, как это можно видеть из установки, сделанной в г. Касселе фирмой Casseler Maschinenbau-Aktiengesellschaft.

Для выделения жира из осадков делают следующее: 1) освобождают осадки от крупных примесей пропусканием через решетки; 2) смешивают их с серной кислотой в котлах с мешалками; 3) подогревают смесь до 100° в монтежу (montejus); 4) горячую массу прессуют в фильтр-прессах, при чем стекающая вода для нейтрализации кислот спускается в известковую яму и затем отводится вновь на очистные сооружения; 5) высушивают прессованные плитки сначала введением пара в прессы, а затем их раздробляют на мелкие куски и вновь согревают в особом аппарате, обогреваемом паром; 6) извлекают жир бензолом в экстракторы (емкостью в 6,5 куб. м); 7) освобождают жир и осадки от бензола паром, при чем бензол конденсируется и может быть вновь употреблен в дело; 8) удаляют из осадков введенную паром воду (до 40—50%) высушиванием на воздухе или в сушильном аппарате; 9) дестиллируют жир и получают в результате два его сорта: желтый и черный, тогда как в осадках получаются смолистые вещества. При этом способе извлекается в среднем 15% из общего количества жира в 18%, содержащегося в осадках, остатки которых используются как удобрение.

Из простого перечня процессов, связанных с извлечением жира из осадков, видно, что такой способ *требует большого количества рабочих* (16 человек), и поэтому он *после трехлетней эксплуатации в г. Касселе был оставлен*. Но, в тех городах, где имеются бойни и ряд производств (шерстомойные, апретурные и др. фабрики), в сточных водах которых имеется много *жировых веществ*, извлечение жира может оказаться выгодным. Так, напр., в английском городе Bradford, где ежедневно осветляется 55 000 куб. м сточных вод посредством серной кислоты, и где половину воды дают шерстомойные фабрики, удалось за продажу жира выручить около 60 000 рублей, что составляет до половины расходов по осветлению сточных вод. Надо надеяться, что впоследствии будут выработаны способы, удешевляющие извлечение жира и из осадков, получающихся от нормальных сточных вод, так как этот продукт по своей ценности легко находит себе сбыт.

## ГЛАВА XV.

### Естественные биологические способы очистки сточных вод. Поля орошения и фильтрационные поля

§ 1. Основные теории биологической очистки. В § 1 главы IV мы упоминали, что *поля орошения, фильтрационные поля, биологические фильтры, аэро-тэнки и аэро-фильтры* представляют собой общую группу тех сооружений, которые в конечном результате *не только осветляют сточную воду, но и очищают ее*, т. е. переводят органические вещества в минеральные и *дают* при правильном устройстве и эксплуатации *биологических сооружений продукт, неспособный к загниванию*. Разница между полями орошения и фильтрационными полями, с одной стороны, и биологическими фильтрами, с другой, заключается главным образом в том, что в первом случае для очищения мы пользуемся *почвой*, а во втором—*искусственным материалом* (шлаком, коксом и т. п.). При устройстве же аэро-тэнков и аэро-фильтров играют особую роль вдуваемый в них компрессорами *воздух*, интенсифицирующий в них все процессы биологической очистки сточных вод, и получающийся благодаря его вдуванию *„активный ил“*. Из этого становится ясным, что и *сущность* происходящих в обоих случаях *процессов очистки одинакова*, благодаря чему представляется возможным выработать *общие теории очистки* для естественных и искусственных биологических способов. К современным теориям специалисты пришли не сразу, а лишь путем долговременных опытов, из которых следует отметить опыты в гор. Lawrence (штат Массачусетс)<sup>1)</sup>, на очистной станции при больнице Erpendorf в Гамбурге, руководимой проф. Дунбаром<sup>2)</sup>, на очистной станции в г. Hampton on Thames, поставленные д-м Travis<sup>3)</sup>, С. К. Дзержговского на Детскосельской станции<sup>4)</sup>, произведенные на московских полях орошения<sup>5)</sup>, опыты проф. Calmette<sup>6)</sup> в г. Лилле на станции Madeleine, американ-

1) Reports of the State Board of Massachusetts, Boston, 1888 — 1902.

2) Dunbar und Thumm. Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage. 1902.

3) Travis. Die „Hampton doctrine“ in Beziehung der Abwasserreinigung. Ges. Ing. 1909.

4) С. К. Дзержговский, Значение септических приспособлений для очистки сточных вод 1907 г. и др. сочинения, помещ. в Архиве биологических Наук.

5) Труды Комиссии по производству опытов биологической очистки на полях орошения г. Москвы, 1907 — 1909.

6) Prof. Calmette. Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout, I — IX vol, 1906 — 1914.

цев Блэка (Black) и Фельпса (Phelps) в Нью-Йорке<sup>1)</sup>, американцев Кларка (Clark), Адамса (Adams) и де Гэдж (de Gage) на станции Лауренс (Massachusetts), англичанина Фоулер (Fowler) в Манчестере<sup>2)</sup> англичан Меллинг (Melling) и Дюкворз (Duckworth)<sup>3)</sup> в Сальфорде, С. Н. Строганова в Москве<sup>4)</sup> и др.

Отсылая интересующихся подробностями постановки различных опытов к цитируемых в примечании источникам, мы считаем нужным привести здесь лишь самые общие сведения, необходимые для уяснения сущности процессов очистки сточных вод.

*Процесс очистки сточных вод чрез почву* (естественную и искусственную) принадлежит к процессам сложным и представляет собой совокупность процессов физических, химических и биологических. Взаимодействие физических, химических и биологических факторов было установлено не сразу, да и в настоящее время господствуют две теории, в которых их взаимная роль истолковывается приверженцами обеих теорий различно.

*Первая теория*, выдвинутая проф. Дунбаром, заключается в следующем. *Сточные воды* (подвергнутые предварительной обработке) напускаются на участок почвы или биологический фильтр. Взвешенные вещества (оставшиеся в сточных водах после предварительной обработки) задерживаются в первых слоях почвы или загрузки биологических фильтров чисто механически, если поры грунта или загрузки меньше размеров взвешенных частиц. В этих же первых слоях почвы происходит механически и задерживание микроорганизмов, содержащихся в сточных водах; это явление протекает с меньшей силой в биологических фильтрах вследствие употребления крупнозернистого материала для загрузки фильтров. Вследствие выделения первых порций взвешенных веществ в слоях почвы или биологических фильтрах образуется слизистая пленка, благодаря чему усиливается дальнейшее выпадение взвешенных примесей и начинается усиленное выделение растворенных веществ. Последнее явление происходит благодаря адсорбции, т. е. способности пористых тел поглощать из растворов органические вещества. Сила адсорбции, как это выяснено работами многих ученых (Graham, Dunbar и др.), зависит от той поверхности, которую имеют адсорбирующие тела. Так как слои почвы состоят из мельчайших частиц, а загрузочный материал биологических фильтров приобретает мелкозернистое строение благодаря образованию в нем слизистой пленки, то адсорбционная способность в этих очистных сооружениях проявляется очень интенсивно. По определению Петерса, Вольнея и др. ученых адсорбция заключается в распределении поглощенных частиц между молекулами пористого тела, образующими собою как бы сетку огромной поверхности. Поэтому для измерения адсорбционной способности принято считать не только наружную, но и внутреннюю поверхность молекул. По данным Родевальда 1 куб. мм

<sup>1)</sup> Black and Phelps. The discharge of Sewage into New-York Harbor, Boston, 1911.

<sup>2)</sup> Fowler and Mumford. Preliminary note on the bacterial clarification of Sewage, Journ. Royal Sanit. Inst., 1913—1914.

<sup>3)</sup> Melling and Duckworth. The purification of Salford sewage, Journ. Soc. Chem. Ind., 1916.

<sup>4)</sup> С. Н. Строганов. Обзор современного состояния очистки сточных вод посредством искусственной аэрации с активным илом, 6-ой Выпуск Трудов Совещ. по очистке сточных вод, Москва, 1925.

шлака, представляющего собой один из самых употребительных материалов для загрузки биологических фильтров, имеет внутреннюю поверхность сети свыше 2 кв. м. Помимо адсорбции, при выделении органических веществ из растворов проявляются между растворами и слоями почвы или загрузкой биологических фильтров некоторые химические реакции, имеющие, впрочем, относительно малое значение для сущности процессов, происходящих в биологических очистных сооружениях. Например, сера, входящая в состав сероводорода, вступает в соединение с содержащимся в шлаке железом и дает в результате сернистое железо, нередко служащее причиной темноватой окраски фильтрата из биологических фильтров.

Задержанные механически и адсорбированные вещества должны были бы быстро закупорить как слои почвы, так и загрузочный материал биологических фильтров, при чем для естественных биологических способов это заиливание вследствие более мелкозернистого строения наступило бы скорее. Для предотвращения быстрого наступления этого явления необходимо для биологических сооружений создать такие условия, при которых могла бы восстанавливаться их первоначальная поглощательная способность. Это достигается путем доставления им воздуха, способствующего развитию интенсивной деятельности аэробных микроорганизмов, т. е. живущих в присутствии воздуха. Работа аэробных микроорганизмов, усиливаемая помощью представителей макро-флоры и фауны (растений и животных), заключается помимо усиления пленки, благоприятствующей адсорбции, в поглощении кислорода из воздуха и в окислении задержанных и адсорбированных веществ. Для доставления воздуха участки полей орошения и фильтрационных полей или заливные биологические фильтры работают периодически, т. е. сточные воды напускаются на них через определенные практикой промежутки времени, после чего орошение их прекращается, и почвенные или искусственные фильтры „отдыхают“ от работы. В капельных биологических фильтрах периоды их работы и отдыха идут параллельно, а следовательно, и окисляющая деятельность микро- и макроорганизмов проявляется независимо в только что орошенных частях фильтра.

Так как верхние слои почвы по исследованиям Schloesing, Müntz и др. богато населены микроорганизмами, то их биологическая работа на полях орошения и фильтрационных полях проявляется сравнительно быстро. В биологических же фильтрах проходит известное время, от 2 недель до 1 месяца, пока в них не разовьются микроорганизмы или, как принято выражаться, пока фильтр не „вработался“, не „созрел“. Желание сократить период „созревания“ биологических фильтров привело к мысли к искусственному разведению культур, необходимых для окисления органических веществ микроорганизмов. В результате вышеописанных физических, химических и биологических процессов, происходящих при пропуске через почвенные или искусственные фильтры сточных вод, содержащиеся в сточных водах органические примеси минерализируются, что и характеризуется появлением азотной кислоты в фильтрате и углекислоты в воздухе фильтров. Вследствие этого, при правильном устройстве и эксплуатации почвенных и искусственных фильтров, очищенная вода представляет собой продукт, неспособный к загниванию.

Проф. Дунбар считает, что очищенная вода средней концентрации является

неспособной к загниванию, если *уменьшение окисляемости*, установленное употреблением перманганата, *достигло 60—65%*, так как с этого момента содержащие органическую серу вещества неспособны переводить его в сероводород — газ, характерный для протекания процессов гниения<sup>1)</sup>. При очень концентрированных сточных водах предел понижения окисляемости должен быть выше.

При нормальном ходе работы биологических очистных сооружений задержанные ими и постепенно трансформированные частицы будут вымываться протекающей сточной водой и попадать в фильтрат; к этим примесям в биологических фильтрах присоединяются еще продукты разрушения их загрузочного материала. Такой ход очистки сточной воды в биологических очистных сооружениях будет совершаться до того момента, пока скопляющиеся в слоях почвы или загрузочного материала биологических фильтров частицы настолько закупорят их поры, что приток свежего атмосферного воздуха будет весьма затруднен. Это в свою очередь повлечет за собой ослабление деятельности микро- и макроорганизмов, интенсивно работающих лишь при достаточном притоке воздуха. Вследствие этого как в почвенных, так и в биологических фильтрах начнет развиваться *заиление*, в результате чего участки полей орошения и фильтрационных полей или биологические фильтры должны быть выключены из работы на известное время, при чем первые после глубокого перепахивания должны отдыхать в течение некоторого времени, а из вторых извлекается загрузочный материал, промывается и после промывки вновь загружается в биологический фильтр.

Из этих соображений можно видеть, насколько важна для *удлинения периода работы* полей орошения, фильтрационных полей и биологических фильтров *предварительная обработка сточных вод* (см. главы XI и XII). Резюмируя все вышеизложенное, мы видим, что процессы очистки в биологических сооружениях по адсорбционной теории Дунбара состоят из следующих стадий:

- 1) *механическое задержание взвешенных частиц и образование пленки;*
- 2) *адсорбция растворенных веществ посредством пленки;*
- 3) *соединение химическим путем растворенных веществ с элементами, содержащимися в почве или загрузочном материале биологических фильтров;*
- 4) *минерализация механически задержанных и адсорбированных веществ микроорганизмами;*
- 5) *вымывание минерализованных веществ очищаемой сточной водой.*

*Адсорбционная теория Дунбара*, разделяемая и многими другими учеными, с самого начала ее появления оспаривалась в Германии Бредтшнейдером (Bredtschneider)<sup>2)</sup>, Бильцем и Кренке<sup>3)</sup> (Bilz und Kröhnke) и др.

Но главным противником адсорбционной теории выступил англичанин *Travis*<sup>4)</sup>, создавший во время производства опытов по выработке рациональ-

<sup>1)</sup> Korn und Kamman, Der Hamburger Test auf Faulnisfähigkeit, Ges. Ing., XXX Jahrg.

<sup>2)</sup> Bredtschneider, Die Reinigung der Städtischen Abwässer in Brockenkörper ist rein mechanische, Ges. Ing. 1905.

<sup>3)</sup> Bilz und Kröhnke, Ueber die Absorption von kolloidalen Abwässerstoffen, Zeit. f. Chemie und Industrie der Kolloide, 1908.

<sup>4)</sup> G. Travis, The Hampton interpretation of the operation of sewage purification, 1906.

ной конструкции гидролитического тэнка в г. Гэмптоне *коллоидальную теорию* (colloid theory), названную ее автором „The Hampton doctrine“.

По этой теории в сточных водах, помимо действительно растворенных, имеется много *псевдо-растворенных (коллоидальных) веществ*. Вследствие этого Travis полагает, что в слоях почвы или загрузки биологических фильтров выпадают из сточных вод *коллоиды*, характерным свойством которых и является *задержание на загрузочном материале (мембранах)* вследствие отсутствия у них способности к *диализу*. Помимо этого Travis, признавая *механическое задержание взвешенных частиц в верхних слоях биологических сооружений*, допускает, что адсорбция проявляется только для действительно растворенных веществ, количество которых он считает примерно вдвое меньше того, которое обыкновенно показывается в анализах сточной воды. Но он относится *отрицательно* к возможности *минерализации задержанных частиц деятельностью микро- и макроорганизмов*, считая, что для их успешной работы потребовались бы очень большие промежутки времени. *Минерализация же органических веществ* происходит, по его мнению, *за счет абсорбируемого кислорода* из притекающего к биологическим сооружениям воздуха. Заиливание же биологических сооружений он также приписывает постепенной закупорке их пор и вызываемому ею *прекращению доступа воздуха*.

Сравнивая теории *Дунбара и Трэвиса*, мы видим, что главное отличие последней теории от первой заключается во введении *механического выделения коллоидов и в отрицании роли микро- и макроорганизмов в минерализации органических веществ (биолиза)*. Если трудно протестовать против выпадения коллоидов, то вопрос о биолизе и в настоящее время является спорным, так как каждый из создателей своей теории доказывает ее правильность специально поставленными для этой цели опытами.

Если же стать на *практическую точку зрения*, то мы увидим, что, пользуясь любой из предложенных теорий, мы при проектировании очистных сооружений должны будем поступать *однообразно*. Так, напр., по обеим теориям требуется для удлинения периода работы биологических сооружений *возможно тщательная предварительная обработка сточных вод, необходимость снабжения биологических фильтров воздухом* и т. под.

Появление нового искусственного биологического способа очистки сточных вод посредством *активного ила* несколько не изменило сущности теорий Дунбара и Трэвиса, а только обусловило известный *порядок чередования процессов, дающих в результате воду любой степени чистоты*. Сначала представляется необходимым подвергнуть сточные воды предварительной обработке, для чего наиболее подходящими являются *осадочные бассейны* или *колодцы*, хотя во многих установках Англии и САСШ ограничивались ситами различной конструкции. Из сооружений для *предварительной обработки сточных вод* вода поступает или в *аэро-тэнки*, т. е. бассейны, куда впускается нагнетаемый компрессорами воздух, или *аэро-фильтры*, т. е. биологические фильтры, которые также снабжаются сжатым воздухом. Жидкость после прохода чрез аэро-тэнки поступает в *колодцы для задержания осадков вместе с активным илом*, откуда уже изливается в водный проток.

Процессы очистки при аэрации протекают в двух последовательных фа-

зах: *коагуляции* и *нитрификации*. Первая фаза выражается *осветлением* жидкости, *выпадением* ее коллоидальных примесей и резким понижением *окисляемости* и органического азота. В этой фазе достигается получение незагниваемой жидкости, что и имеет место в *аэро-танках* различных конструкций, в случае смены первой фазы второй. Если же *коагуляция* производится в сооружениях для предварительной обработки, то *нитрификация* развивается на продуваемых воздухом окислителях (*аэро-фильтрах*), в которых происходит встречное движение очищаемой воды (сверху) и воздуха (снизу). Таким образом, кроме коагуляции в *аэро-фильтрах* совершаются те же процессы, которые были указаны проф. Дунбаром для биологических фильтров, но более интенсивно.

§ 2. *Почвы для полей орошения и фильтрационных полей*. Для устройства *полей орошения* или *фильтрационных полей* прежде всего представляется необходимым выяснить, имеется ли на известном расстоянии ниже города *территория с подходящей почвой*. Такими подходящими почвами считаются *почвы пористые*, которые гораздо лучше очищают сточные воды, чем *плотные тяжелые* почвы.

*Почвы*, встречающиеся в природе, весьма разнообразны по своему *механическому и химическому составу*, вследствие чего перед оценкой их пригодности для очистки сточных вод необходимо установить классификацию, базируясь при этом главным образом на содержании *глины в песке*<sup>1)</sup>.

По предложенной нами классификации мы будем разумеать: под *песками* — чистые пески и пески с примесью глины до 5%, под *супесками* — пески с примесью глины до 15%, под *суглинками* — глины с содержанием песка до 50%, под *глинами* — глины с содержанием песка от 10 до 25%; под *мергелистыми почвами* — глины с примесью углекислой извести до 15%, и под *известковыми почвами* — глины с примесью углекислой извести в количестве более 20%. Помимо этого, мы будем еще различать почвы *гравелистые* (состоящие из песка и гравия), *торфяные* (содержащие в себе значительные количества органических веществ, до 50% общего веса), *лессовые* и *черноземные*. Наконец, в приморских областях могут встречаться еще и *солончаковые почвы*, образующиеся вблизи лиманов.

Установив, таким образом, классификацию, мы перейдем к непосредственной оценке каждого рода почвы с точки зрения ее пригодности для очистки сточных вод.

С первого взгляда кажется, что *чистые песчаные* почвы являются *наиболее пригодными* для очистки сточных вод, но в действительности по своему эффекту они уступают другим почвам. Прежде всего, чисто песчаные почвы бывают лишены *гумуса*, который имеет важное значение для *поглощения газов*. Далее, в *мелко-зернистых песках* очень скоро наступает *заилнение первых слоев почвы*, влекущее за собой понижение эффекта очистки и даже полное ее прекращение. Кроме того, *песчаные почвы* *плохо вентилируются*, так как доступ воздуха в почву затруднен вследствие незначительных по величине пор грунта, что, в свою очередь, как мы уже знаем из предыдущего параграфа, влечет за собой и понижение минерализации органических веществ. При

<sup>1)</sup> Подробнее см. проф. К. Д. Глинка, Почвоведение, 1908.

*крупно-зернистых песках* момент наступления заилиения отодвигается, но зато *сокращается время прохождения* сточных вод через почвенный слой, благодаря чему *ухудшается качество фильтра*. Также являются мало пригодными и *лессовые почвы*, вследствие чрезвычайно *малых размеров их зерен* (от 0,01 до 0,05 мм). *Наилучшими почвами* являются *супески* с крупными зернами песка, где незначительные примеси глины способствуют удлинению периода фильтрации, что, разумеется, повышает эффект очистки. Если супески содержат в своем составе в большом количестве примеси железа, то частицы подпочвы очень легко цементируются с железом, что вызывает затруднения при фильтрации; для устранения этого необходимо дренирование подобных почв. Также весьма подходящими почвами для очистки сточных вод являются *гравелистые почвы*. Эти почвы, будучи аллювиального происхождения, обыкновенно встречаются в долинах рек. *Глинистые почвы* в своем естественном виде непригодны для очистки сточных вод через почву. Только крайняя необходимость может заставить пользоваться подобными почвами, как это имеет место в ряде английских полей орошения, где благодаря этому выработали особый метод поверхностного орошения (broad irrigation, surface irrigation, oberflächenberieselung).

Там же, в Англии, при подготовке тяжелых глинистых почв для очистки прибегали к *запахиванию плугом золы или других подобных материалов*, благодаря чему глина раздроблялась, а *впаханные частицы мешали* глинам вновь приходить в плотное состояние, вследствие чего *улучшалась их пористость и способность к аэрации*. Этот способ подготовки глинистых почв требует известного времени и с успехом был применен в г. Wimbledon, South Norwood и др.

*Чисто торфяные почвы* считаются непригодными для очистки сточных вод. Если же под незначительным слоем торфяной почвы находится супесок, то такие участки земли могут быть использованы для нужд очистки (Attrinchaw, Worsley). В некоторых случаях торфяные почвы приспособляют к нуждам орошения насыпкой слоя песка в 0,4 м (Москва). *Мергелистые и известковые почвы непригодны для целей орошения и фильтрации*, так как они изобилуют трещинами и воронками, что дает полную возможность проходить неочищенной сточной воде в дренажную сеть. Кроме того, эти трещины могут еще по мере напуска сточных вод расширяться, так как содержащаяся в сточных водах углекислота вступает в соединение с известью и образует углекислую известь. *Солончаковые почвы* при условии их *постоянного орошения* выщелачиваются и являются вполне пригодными для очистки сточных вод (Одесса).

При решении вопроса о пригодности почвы для устройства полей орошения и фильтрационных полей необходимо произвести *механический анализ ее состава*, т. е. установить размеры зерен и содержание пород, составляющих данную почву, путем просеивания через сита различных калибров и взвешивания просеянных образцов. Но *механические анализы* почв не дают нам точных данных для *установления водоемкости данной почвы*. По опытам, произведенным А. Hazen<sup>1)</sup>, на испытательной станции в г. Lawrence (Сев. Америка), можно принять, что *водоемкость исследуемой почвы* зависит от *размеров мельчайших частиц*, которые, заполняя поры между более крупными зернами, обуславливают собой более или менее свободный объем для помещения воды.

<sup>1)</sup> Allen Hazen. Some physical properties of sand and gravels with special reference to their of filtration, 1892.



Поэтому для оценки водоемкости исследуемый образец почвы сначала разделяют на две части, из коих одна в количестве 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> представляет собой наимельчайшие частицы, а другая в количестве 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub> — остальные частицы, у которых наименьший размер зерен больше наибольшего размера первой части. Эти 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> *наимельчайших частиц* в данном образце почвы называются ее *продуктивной величиной (effective size)*; размер зерен почв в 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-ой группе должен быть около 0,3 мм, если эти почвы предназначаются для полей орошения или фильтрационных. Кроме определения *продуктивной величины* почвы, необходимо установить, какая емкость пор исследуемой почвы может быть заполнена мельчайшими частицами. Для этой цели определяют *коэффициент однородности (uniformity coefficient)* почвы, который представляет собой отношение диаметра наиболее крупного зерна из заключающихся в 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-ых *наимельчайших частиц* к диаметру наиболее крупного зерна в 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-ых *наимельчайших частиц* (в продуктивной величине). Наиболее подходящими для устройства полей орошения и фильтрационных полей являются те почвы, у которых *коэффициенты однородности* колеблются между 2 и 5; отсюда наибольшая величина зерен песка в 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-ной группе должна колебаться от 0,6 до 1,5 мм.

Помимо *механического анализа* почвы представляется также весьма важным изучение ее *петрографического* и *химического состава*.

Для *производства механического анализа* приходится в исследуемой территории закладывать на необходимую глубину (до 2 м) *шурфы*, которые для данного случая являются предпочтительнее буровых скважин. При закладывании

Таблица XXXVIII.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Метод очистки сточных вод	Толщина работающего слоя почвы в м	Род почвы
Берлин . . . . .	поля орошения	1,20	Супесок
Брауншвейг . . . . .	" "	1,20—1,50	—
Бреславль . . . . .	" "	1,20	Глинистая, далее песок или хрящ
Данциг . . . . .	" "	1,5	Мелкий желтоватый песок
Париж . . . . .	" "	3—4	Гравелистая
Оксфорд . . . . .	" "	1,25—2,25	Песчаная ( <sup>2</sup> / <sub>3</sub> ) площ. и мергелистая ( <sup>1</sup> / <sub>3</sub> ) площ.
Ноттингем . . . . .	" "	1,10—1,30	Почва глинистая, подпочва песчаная
Хитчин . . . . .	" "	1,10	По преимуществу глинистая
Москва . . . . .	" "	1,60	Песчаная, торфяная и глинистая
Одесса . . . . .	" "	1,0	Солончак, песок с ракушками
Спенсер (С. Ам.) . . . . .	фильтр. поля	1,80	Песчано-гравелистая
Броктон (С. Ам.) . . . . .	" "	2,1—2,4	Песчаная
Клинтон (С. Ам.) . . . . .	" "	1,50	Сначала глинистая, затем песчаная
Андовер (С. Ам.) . . . . .	" "	1,2—1,50	Песчаная
Рибник (Герм.) . . . . .	" "	1,3	—

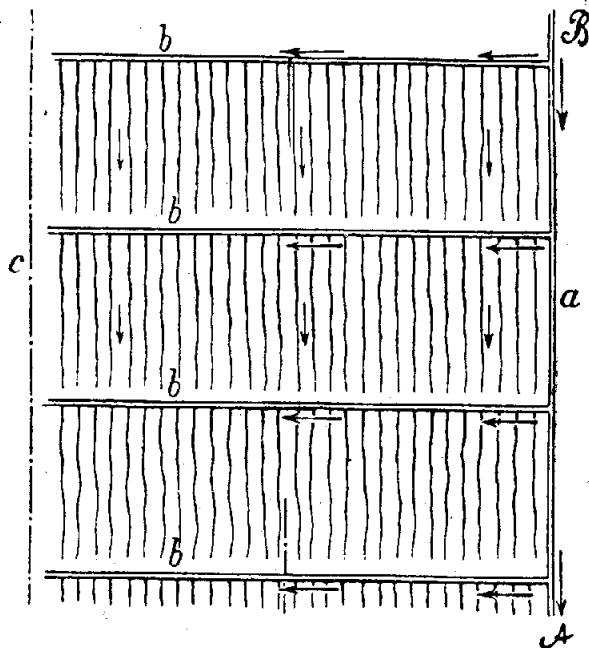
шурфов не следует в целях экономии стремиться к сокращению их числа, так как отсутствие по возможности точных данных о напластовании почв может повести к неудачам при эксплуатации очистных почвенных сооружений. При закладке шурфов мы попутно выясняем и *толщину почвенного слоя*, которая на всей территории, предназначенной для устройства полей орошения или фильтрационных полей, в целях успеха очистки сточных вод не должна превосходить известного установленного для данного случая предела. Данные о средней толщине почвенного слоя на полях орошения и фильтрационных полях различных городов приведены нами в таблице XXXVIII (стр. 258).

Исходя из данных этой таблицы, можно прийти к заключению, что на практике для *толщины почвенного слоя достаточно принимать норму в 1,20—1,80 м.*

§ 3. Системы орошения. При использовании почвы для очистки сточных вод можно применять различные *способы орошения*, выбор которых зависит, по преимуществу, от местных условий.

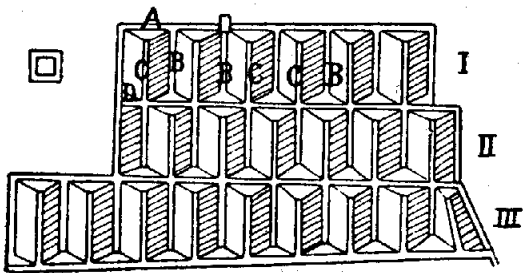
Простейшим способом является *поверхностное орошение*, называемое иногда *Лейчестерской системой орошения*, так как в этом городе эта система нашла себе первое применение. *Поверхностная* система орошения распространилась в Англии, где для полей орошения приходилось использовать глинистые почвы. Так как глина препятствует фильтрации сточных вод, то при их напуске на орошаемый засеянный луговыми злаками участок, имеющий уклоны от 2 до 10‰, происходила фильтрация сточных вод лишь в прикрывающем глину гумусовом слое. Помимо этой фильтрации, способствующей, главным образом, выделению взвешенных веществ, здесь наблюдалось и задерживание воды корнями злаков и испарение сточных вод. Так как в большинстве случаев при поверхностном орошении одного участка сточные воды не теряли своей способности к загниванию, то их обыкновенно, перехватывая поперечными канавами, перепускали на второй участок и в крайнем случае на третий и т. д. до тех пор, пока не получали безвредный с санитарной точки зрения продукт. Эта система орошения, называемая *односкатной*, показана на черт. 189, где *AB* магистральный канал и *b* поперечные распределительные каналы. Само собой разумеется, что участки для поверхностного орошения не дренировались, так как чрез легко образующиеся трещины в глинистых почвах могли легко попадать в дренажные трубы неочищенные сточные воды.

Из описания этого способа явствует, что его применение требует огромного количества земли, в особенности, при необходимости применять трехкратное орошение.



Черт. 189.

При использовании метода поверхностного орошения, вместо односкатного орошения, можно употреблять и *двускатную* систему (черт. 190), где сточные

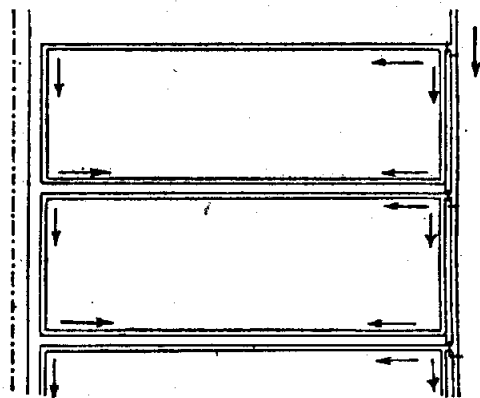


Черт. 190.

воды из распределительной канавы А поступают в ряд канав, идущих по гребню, из коих производится путем запруживания щитками поверхностное орошение скатов; собирающиеся в канаве С воды опять перехватываются общей распределительной канавой, откуда могут быть направлены на второе поле, где повторяются те же манипуляции, которые в случае надобности по-

вторяются и на третьем поле. Способ двускатного орошения мало распространен на практике вследствие большой стоимости обработки поверхности на два ската. Гораздо большее значение имеет для орошения *затопление орошаемых участков*, чем обуславливается фильтрация сточных вод через почву, а следовательно, и действительная их очистка. Этот способ заключается в следующем. Вся территория полей орошения или фильтрационных полей делится на участки известной площади, которые планируются или горизонтально, или с небольшим уклоном, в зависимости от рельефа местности, от 0,001 до 0,002; эти участки обносятся валами высотой 0,7—1 м для задержания напускаемого слоя воды в 8—20 см по всему его периметру. Черт. 191 представляет собой

тип орошаемого участка по системе непосредственного затопления. Участки имеют в центре поля в плане форму прямоугольника, и лишь по периферии поля в зависимости от границ территории им приходится придавать форму многоугольника. По этим окружающим участки валам проходят на расстоянии 40—80 м *распределительные канавы или дороги*, служащие для вывоза продуктов, получаемых с полей орошения. Из этих распределительных канав сточные воды по соединительным каналам могут быть по желанию

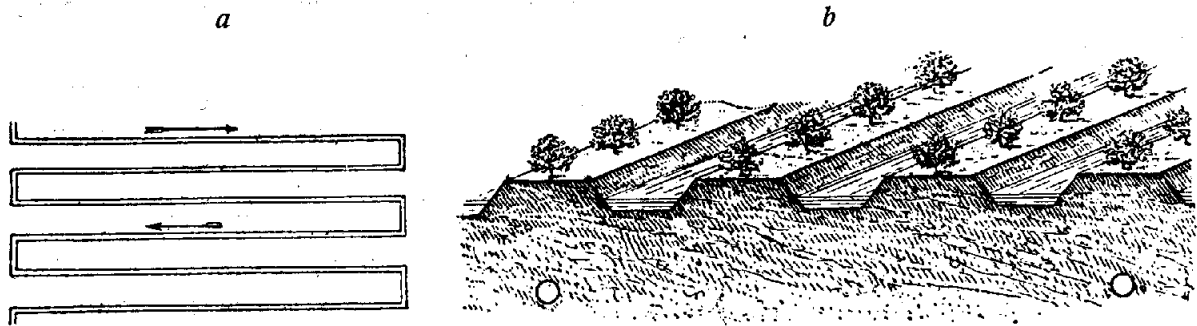


Черт. 191.

спущены на любой орошаемый участок, по периферии которого устроена *орошительная канава*. Подпирая в них сточные воды щитками, заставляют изливаться их по поверхности орошаемого участка, по которой сельскохозяйственными орудиями проводятся частые борозды для равномерного распределения выпускаемых сточных вод по всему участку. После орошения сточные воды начинают просачиваться сквозь почвенный слой и удаляются в большинстве случаев чрез систему *всасывающих дрен*; всасывающие дрены или соединяются с *собирательными дренажными каналами*, или же впадают *непосредственно в отводные каналы*. В тех случаях, когда сточные воды подаются на поля орошения *насосами* (Берлин, Париж), вместо распределительных канав устраивается *система распределительных напорных труб с водоразборными кранами*, посредством которых наполняются оросительные каналы.

При применении способа затопления сточные воды на полях орошения

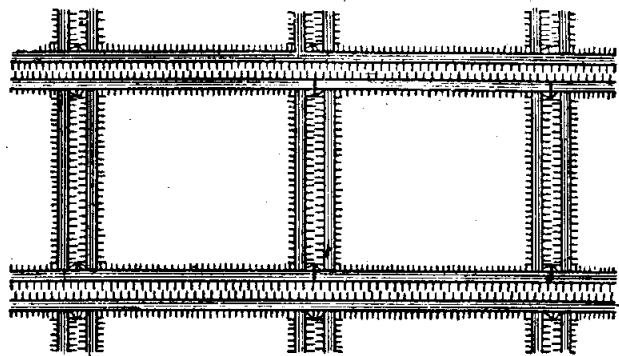
непосредственно соприкасаются с сельскохозяйственными культурами, что считается некоторыми гигиенистами *небезопасным с санитарной точки зрения*, в особенности при орошении *корнеплодов*<sup>1)</sup>. Эти опасения заставили перейти к применению для *корнеплодов* (капусты, спаржи и пр.) способа *инфильтрации*, получившего особенное распространение на полях орошения Парижа (черт. 192 *a—b*) и Одессы.



Черт. 192.

При этом способе поверхность орошаемых участков возделывается в виде ряда параллельных гряд, шириной 1—2 м, длиной 20—30 м, между которыми устраивают ряд борозд глубиной около 0,3 м. Здесь сточные воды напускаются только в эти борозды, благодаря чему ими орошаются только корни растений путем просачивания в откосы грядок. Гряды ежегодно запахиваются и при новом устройстве располагаются на местах бывших борозд. Способ *инфильтрации* применяется на *плоских участках* вследствие дорогой обделки поверхности для устройства гряд.

Стремление сократить расходы на подготовку поверхности для орошения дало в восьмидесятых годах мысль *Gerson'у*<sup>2)</sup> *уничтожить совершенно всякую обделку поверхности* за исключением разбивки орошаемой территории на участки определенной площади. По системе *Gerson'a* территория для полей орошения делится на участки квадратной формы в 0,2—0,4 га, которые окружаются со всех четырех сторон валами высотой 0,5 м (черт. 193). Сточные воды разводятся по полям орошения посредством системы заложенных под землю труб, на которой на среднем расстоянии в 200 м установлены гидранты. С этими гидрантами по мере надобности соединяются разборные линии из железных, соединенных фланцами, труб, укладываемые на валах, окружающих участки. Из этих линий сточные воды разливаются посредством пеньковых рукавов с брандспойтами.

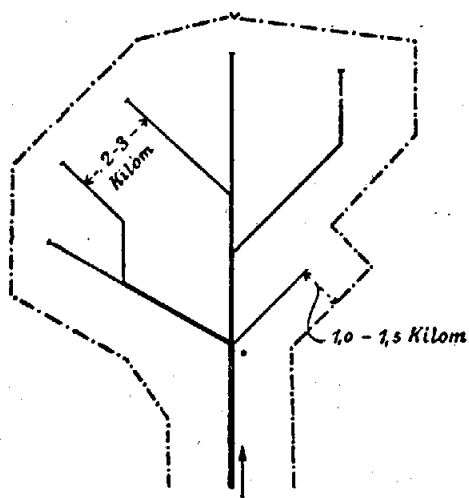


Черт. 193.

<sup>1)</sup> *Wollman*, Hygienic aspects of use of sewage sludge, as fertilizer Eng. News Rec., 1924.

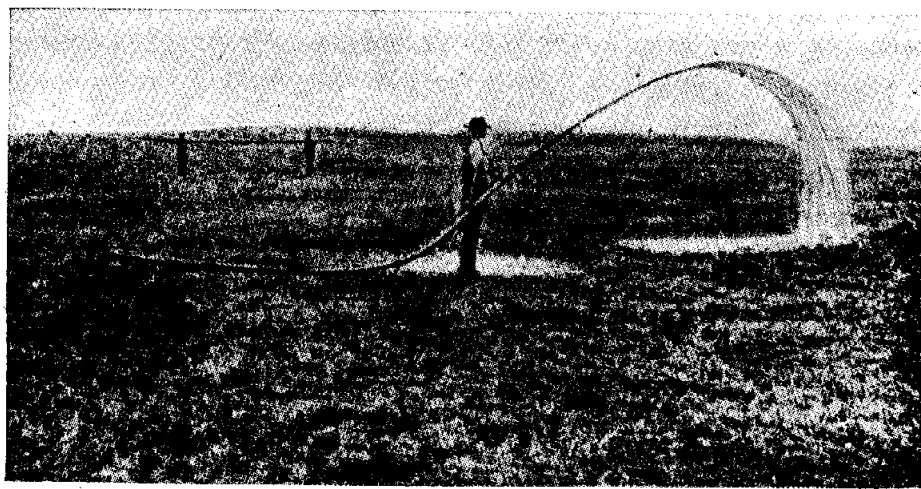
<sup>2)</sup> *Gerson*, Die Verunreinigung der Wasserläufe durch Abflusswässer und ihre Reinigung, Berlin, 1889.

Система Gerson'a была забыта, и только в 1897 году Вульшу (Wulsch)<sup>1)</sup> удалось привлечь внимание к этому способу при орошении полей имения Эдуардсфельде (Eduardsfelde) вблизи города Позена (Posen). Вульш также применил для разведения сточной воды систему подземных труб (черт. 194) и употреблял для разбрызгивания систему разборных железных труб (черт. 195). Только при этом способе разборные трубы укладывались по самому полю, в зависимости от расположения орошаемого из рукава пункта. При помощи рукава с брандспойтом возможно было орошать полосы шириною в 100—200 м с каждой стороны разборной трубной линии. Давление в приводящих трубах было около 4 ат. К достоинствам этой системы орошения следует отнести то,



Черт. 194.

что здесь сточные воды, падая на злаки в виде дождя, прекрасно ими усваиваются. Способ Вульша был испытан еще в г. Магдебурге, но не получил сначала широкого распространения. За последние годы в Германии вновь поднялся интерес к способу Gerson-Wulsch, который ознаменовался рядом опытов в различных городах (Берлине, Дрездене)<sup>2)</sup>, увенчавшихся большим успехом.



Черт. 195.

Хортен (Horten) устроил на берлинских полях орошения в Boddinsfelde подземную сеть из ж.-бетонных магистралей в 250 мм и отходящих от них на среднем расстоянии 100 м ветвей, лежащих под землей на глубине 0,60 м; через каждые 100 м были установлены тройники с заглушками, к которым привинчиваются рукава с мунштуками специальной конструкции, обеспечива-

1) Wulsch, Die landwirtschaftliche Verwertung der städtischen Kanalwässer nach dem Vorbilde von Eduardsfelde bei Posen, 1908.

2) Fleck und Heilmann, Die Versuchsberegnung mit Abwasser, Ges. Ing., 1925; Zunker, Das neue Beregnungsverfahren von Horten, Mitt. d. Deutsch. Landwirt. Ges., 1925; Vincent-Breitenbach, Bewässerung und Entwässerung der Acker und Wiesen, 1925; Kraus, Beregnungsanlagen, Gas und Wasserfach, 1925.

ющими поливку площади полукруга, радиусом в 65 м, при давлении в сети в 6 ат. Стоимость поливки 1 га обходилась в 250—300 руб. при различных двигателях, что является невыгодным для условий СССР.

Желание *устранить запахи*, которые усиливаются в жаркое время, в особенности при небрежной эксплуатации, заставили при устройстве фильтрационных полей вблизи жилых помещений применять систему *подземного орошения* посредством системы *распределительных*, заложенных под поверхностью земли, дренажных *труб* без заделки их стыков. Независимо от этой распределительной сети укладывается еще и *подземная дренажная сеть* на обычной глубине.

*Подземные поля орошения* устраиваются исключительно в пористых почвах (песках, супесках); сточные воды до впуска их в подземную распределительную сеть необходимо подвергать предварительной обработке в осадочных бассейнах или колодцах, или других сооружениях для предварительной обработки, так как в настоящем случае невозможно удаление оседающих под поверхностью земли взвешенных веществ без вскапывания всего слоя земли над распределительной дренажной сетью. Дренажные распределительные трубы укладываются на расстоянии 0,8—1,5 м для наилучшего распределения сточных вод, которые в тех же целях напускаются в подземные поля орошения периодически из сборных резервуаров с сифонами. Для лучшего снабжения фильтрующей почвы воздухом концы дренажных труб соединяются вертикальными отростками с атмосферой.

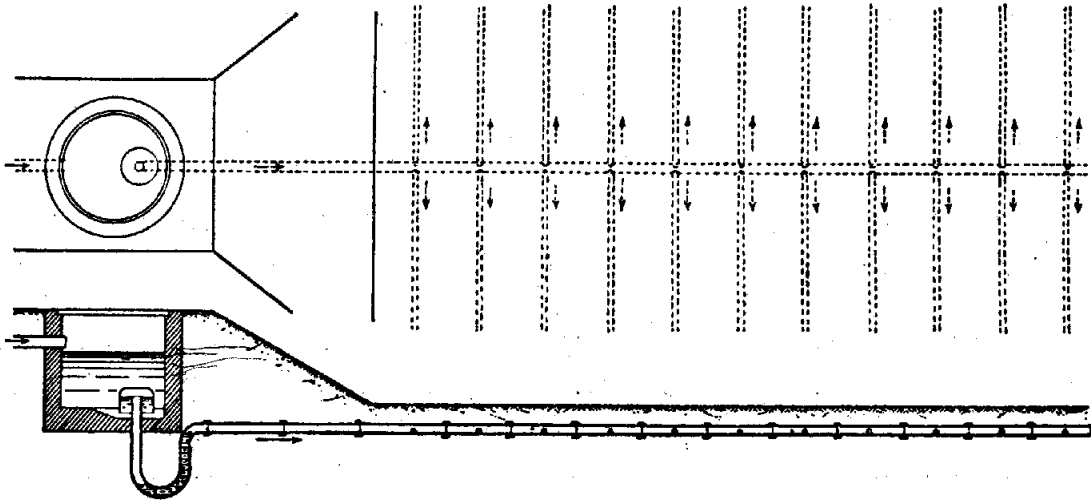
Затруднения при необходимости удовлетворить всем вышеприведенным требованиям, и в особенности при эксплуатации подобных сооружений, недоступных непосредственному надзору, обуславливают сравнительно редкое применение этого способа. Так, подземные поля орошения применяются для очистки сточных вод учреждений, которыми пользуются по преимуществу в *летнее время*. К таким учреждениям относятся отдельно стоящие летние гостиницы, группы вилл<sup>1)</sup> и т. п. Поэтому нужно отнестись отрицательно к многочисленным попыткам в Германии и в СССР к устройству *подземных полей орошения в случае их непрерывной работы*.

На черт. 196 показана схема подземного орошения, устроенного Уэрингом<sup>2)</sup> (Waring) в нескольких местностях Сев. Америки. Здесь распределительные трубы имеют диаметр в 50 мм, а общая длина их определена по норме Уэринга—80 м на 1 куб. м сточных вод, скопленных в сточном резервуаре; второстепенные дренажные трубы уложены с уклоном в 1:600; главная распределительная дренажная труба имеет уклон 1:300; расстояние между дренами 1 м, глубина их заложения—0,25 м. При укладке дренажных линий или вставляют отдельные трубы одна в другую, или же оставляют между трубами промежутки, перекрывая их подвижными муфтами (черт. 197). В тяжелых почвах дренажные трубы в целях лучшей аэрации обсыпаются слоем гравия или щебня (черт. 198).

1) Kusch, Zweckmässigste Abwasserbeseitigung von Siedlugen und Einzelhäusern, Zeit. für Desinfection und Gesundheitswesen, 1925; проф. В. Ф. Иванов, К вопросу об устройстве водоснабжения и канализации в городах-садах, Строит. промыш., 1927.

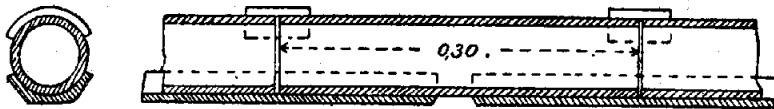
2) Waring, Modern methods of sewage disposal, 1894.

Современные поля орошения редко представляют из себя полное применение одного из вышеописанных способов орошения. Такие устройства еще



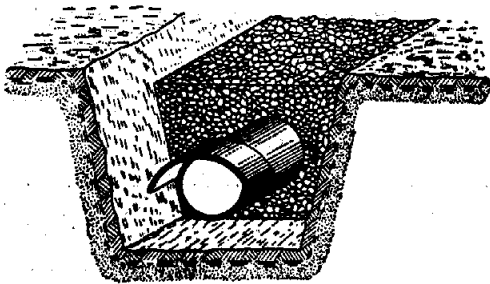
Черт. 196.

встречались кое-где в Англии на неупраздненных еще полях орошения, где применяется целиком поверхностная система орошения (г. Беддингтон). Большинство полей орошения представляют собой комбинацию способов затопле-



Черт. 197.

ния и инфильтрации. Также очень часто под давлением земельной нужды часть полей орошения отводится под фильтрационные поля, требующие, как мы увидим дальше, значительно меньшей площади, чем поля орошения. Напри-



Черт. 198.

мер, такую эволюцию испытывают берлинские и московские поля орошения. В зимнее время поля орошения работают по преимуществу, как фильтрационные поля, так как в это время не происходит никакого произрастания растений. В странах же с суровым климатом всякая очистка сточных вод во время морозов прекращается, вследствие чего приходится прибегать к так называемому послойному намораживанию, о чем мы будем еще говорить ниже. На фильтрационных полях применим по преимуществу метод затопления, а в зимнее время при устройстве глубоких борозд, наравне с полями орошения, и способ инфильтрации. Односкатное орошение применяется редко лишь для орошения лугов.

## ГЛАВА XVI.

### Естественные биологические способы очистки сточных вод. Поля орошения и фильтрационные поля

§ 1. Основания для определения площади, потребной для полей орошения и фильтрационных полей. При разрешении вопроса о площади, необходимой для устройства полей орошения или фильтрационных полей, обыкновенно исходят из нормы, отнесенной к единице площади с подходящей для фильтрации почвой. При этом за основание берут или число жителей, сточные воды которых можно обезвредить на единице площади (га), или количество сточных вод, допускаемое для обезвреживания на единице площади. Из этих двух способов заслуживает предпочтения второй, как базирующийся на действительном количестве сточных вод, тогда как первым способом можно пользоваться лишь при одинаковой норме потребления воды на человека в сутки; в противном случае при разности суточной нормы водопотребления, отнесенной к одному жителю, мы легко впадем в ошибку, так как количество обезвреживаемой на единице площади сточной жидкости не будет одинаково. Кроме того, при принятии нормы, отнесенной к числу жителей, не следует забывать, что количество сточных вод, притекающих к очистным сооружениям, обыкновенно превышает количество водопроводной воды, так как помимо городской водопроводной воды попадают в канализационную сеть воды из водопроводов, устроенных отдельными учреждениями (банями, больницами), фабриками и заводами. Так, напр., в Берлине количество водопроводной воды на одного жителя исчисляется в 80 л, а количество сточной — в 120 л. При установлении подобных норм для полей орошения можно исходить из удовлетворения или требованиям сельско-хозяйственным, или санитарным.

Если поставить на первый план сельско-хозяйственные требования, то площадь полей орошения должна быть определена с таким расчетом, чтобы все удобрительные вещества были использованы на питание растений и полевых злаков. Из важнейших питательных веществ в растворенных частицах сточных вод по немецким данным содержится в 1 куб. м азота—0,08 кг, кали—0,06 кг и фосфорной кислоты—0,02 кг. С другой стороны, различные растения, посаженные на площади в 1 га, требуют в год по данным Грандке<sup>1)</sup> (Grandke) следующее количество питательных веществ (таблица XXXIX).

<sup>1)</sup> Grandke, Die Rieselfelder von Berlin, 1892.



Таблица XXXIX.

Название растений	Азот	Фосфор- ная кислота	Кали
	в кг		
Рейграсс . . . . .	214	69	260
Капуста . . . . .	114	67	177
Репа полевая . . . . .	118	47	262
Озимый рапс . . . . .	76	50	30
Яровая пшеница . . . . .	54	22	42

Если на полях орошения мы будем культивировать *рейграсс* и пожелаем для этого случая утилизировать весь находящийся в сточных водах азот, то на га могло бы быть выпущено  $\frac{214}{0,08} = 2700$  куб. м, но при этом не хватило бы кали (162 кг вместо 260) и фосфорной кислоты (54 кг вместо 69). Следовательно, в данном случае для правильного произрастания растений недостаточно удобрительных веществ в сточных водах. Если мы пожелаем использовать половину всего содержащегося в сточных водах азота, то нагрузка на га должна быть увеличена вдвое, т. е. дойти до  $\approx 5400$  куб. м, при чем количество кали будет равно 324 кг, а количество фосфорной кислоты — 108 кг, что является более чем достаточным для питания *рейграсса*. Таким образом, при неполном использовании питательных веществ для растений, потребляющих наибольшее количество азота, является возможным в течение года допускать нагрузку в 5400 куб. м в сельскохозяйственных целях. Если же вспомнить, что даже при самой тщательной предварительной обработке в сточных водах содержатся и взвешенные вещества, затрудняющие работу растений, и что самый период использования связан с периодом вегетации, то станет ясным, что самым важным при устройстве полей орошения является удовлетворение санитарным требованиям, устанавливающим определенный очистной эффект, каковой и достигается за счет фильтрации через почву. К этому следует еще прибавить, что при принятии нормы орошения по сельскохозяйственным требованиям пришлось бы отводить громадные территории. Так, при нормах суточного водопотребления на человека в 100 л и орошения в 5400 куб. м на га было бы возможно на га площади выпустить сточные воды только от 120 человек. Поэтому на практике вследствие невозможности найти подобные площади вблизи городов пользуются большими нормами, превышающими сельскохозяйственные в 2—4 раза, которые могут быть еще увеличены, если предварительная обработка сточных вод пред напуском на поля орошения будет сделана весьма тщательно. Для ознакомления с нормами нагрузки на га площади приведем следующие таблицы.

Таблица XL.

№№ по порядку	Название города	Система канализации	Среднее количество сточных вод, выпускаемое на га, в куб. м.		Среднее количество жителей, сточные воды которых могут быть спущены на 1 га.
			В год	В сутки	
1	Берлин . . . . .	общесплавная	12 500	34,2	250
2	Бреславль . . . . .	" "	25 000	68,4	500
3	Гильверсум * (Голландия) . . . . .	неполная раз- дельная	25000—30000	68,4—82,2	—
4	Москва . . . . .	" "	20 000	54,8	500
5	Париж . . . . .	общесплавная	40 000	109,6	600
6	Одесса . . . . .	" "	20 000	50	—
7	Шарлоттенбург . . . . .	" "	54 000	148	1 000
8	Брауншвейг . . . . .	" "	13 100	38	294
9	Магдебург . . . . .	" "	19 800	54	450
10	Шенеберг . . . . .	" "	21 400	58	574
11	Кведлинбург у Гарца . . . . .	" "	18 200	165	—

Таблица XL дает нам данные о нагрузке на га в сутки и в год на полях орошения при применении методов затопления и инфильтрации в различных городах. Таблицы XLI и XLII, предложенные Английской Королевской Комиссией<sup>1)</sup>, дают нам данные о нагрузке на га в сутки в зависимости от рода почвы и способа предварительной обработки сточных вод при водопотреблении  $\approx 165$  л на человека в сутки. XLI таблица относится к системам орошения затоплением и инфильтрацией, а XLII к системе поверхностного орошения.

Разнообразие в приведенных в таблице XL цифрах от 12 500 до 54 000 куб. м на га легко объясняется различными родами почвы, а также степенью предварительной обработки. Так, например, высокая парижская норма объясняется превосходными качествами почвы, хотя здесь сточные воды подвергаются и предварительной механической очистке у насосных станций Клиши (Clisy) и Коломб (Colombes). Шарлоттенбургская нагрузка зависит главным образом от более тщательной предварительной обработки сточных вод перед напуском их на поля орошения, хотя строение почвы мало отличается от почвы берлинских полей орошения. Сопоставляя таблицы XLI и XLII, мы видим, что нормы орошения при поверхностной системе орошения ниже норм при фильтрации чрез почву, и что для уменьшения площади, отводимой под поля орошения, всегда представляется выгодным подвергать сточные воды перед напуском на поля орошения предварительной обработке. Такая точка зрения разделялась и Русскими Водопроводными Съездами<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Fifth Report of the Royal Commission on sewage disposal.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Способы предварительной обработки сточных вод, Труды X Водопроводного Съезда, 1911.

Т а б л и ц а XLII.

Название почв	Без предварительной обработки				После механической или механо-химической очистки				После искусственной биологической очистки			
	Количество жителей		Количество сточной воды в сутки		Количество жителей		Количество сточной воды в сутки		Количество жителей		Количество сточной воды в сутки	
	на акр	на га	в $\frac{\text{галл}}{\text{акр}}$	в $\frac{\text{куб. м}}{\text{га}}$	на акр	на га	в $\frac{\text{галл}}{\text{акр}}$	в $\frac{\text{куб. м}}{\text{га}}$	на акр	на га	в $\frac{\text{галл}}{\text{акр}}$	в $\frac{\text{куб. м}}{\text{га}}$
Гравелистая . . . . .	150	375	4 500	51,3	500	1 250	15 000	171	1 000	2 500	30 000	342
Супесчаная . . . . .	150	375	4 500	51,3	500	1 250	15 000	171	1 000	2 500	30 000	342
Глинистая . . . . .	75	187,5	2 250	25,6	300	750	9 000	102,6	500	1 250	15 000	171
Торфяная . . . . .	75	187,5	2 250	25,6	200	500	6 000	68,4	400	1 000	12 000	136,8

Т а б л и ц а XLIII.

Название почв	Без предварительной обработки				После механической или механо-химической очистки				После искусственной биологической очистки			
	Количество жителей		Количество сточной воды в сутки		Количество жителей		Количество сточной воды в сутки		Количество жителей		Количество сточной воды в сутки	
	на акр	на га	в $\frac{\text{галл}}{\text{акр}}$	в $\frac{\text{куб. м}}{\text{га}}$	на акр	на га	в $\frac{\text{галл}}{\text{акр}}$	в $\frac{\text{куб. м}}{\text{га}}$	на акр	на га	в $\frac{\text{галл}}{\text{акр}}$	в $\frac{\text{куб. м}}{\text{га}}$
Гравелистая . . . . .	100	250	3 000	34,2	500	1 250	15 000	171	1 000	2 500	30 000	342
Супесчаная . . . . .	100	250	3 000	34,2	500	1 250	15 000	171	750	1 875	22 500	256
Глинистая . . . . .	75	187,5	2 250	25,6	200	500	6 000	68,4	400	1 000	12 500	142,5
Торфяная . . . . .	50	125	1 500	17,1	100	250	3 000	34,2	300	750	9 000	102,6

На основании вышеприведенного цифрового материала мы считаем, что для нагрузки полей орошения при фильтрации сточных вод без предварительной их обработки чрез почву можно в год на *га* площади спускать от 12 500 куб. м до 25 000 куб. м, а при поверхностном орошении от 6 000 до 12 500 куб. м. Эти нормы после предварительной механической или механо-химической обработки должны быть увеличены в 3 раза, а после биологической — в 8—10 раз. Для русских условий вследствие более высокой концентрации сточной воды следует при выборе норм держаться меньших пределов.

При устройстве *фильтрационных полей*, где отсутствует сельскохозяйственная культура, нагрузка на единицу их площади должна быть естественно увеличена, так как в этом случае приходится заботиться исключительно об удовлетворении санитарных требований. Для лучшего освещения этого вопроса приводим данные о нагрузке на фильтрационные поля в ряде городов штата Массачузетс (Сев. Америка), в которых канализация устроена по неполной раздельной системе (таблица XLIII), а почва для полей представляет собой слои песка и гравия.

Сравнивая таблицу XLIII с таблицами XL—XLII, мы видим, что *нормы нагрузки на фильтрационные поля превышает вышеприведенные в 10—20 раз*, но при оценке этих норм следует иметь в виду, что в американских городах норма водопотребления на человека в сутки в два раза превышает нормы водопотребления в Западной Европе. Поэтому для западно-европейской и русской практики их следует уменьшить *по крайней мере вдвое, т. е. фильтрационные поля должны иметь площадь, меньшую в 5—10 раз, чем поля орошения*. Henneking<sup>1)</sup> считает, что при потреблении воды в 120 л на чело-

Таблица XLIII.

Название города	Среднее количество сточных вод, выпускаемое на <i>га</i> , в куб. м		Среднее количество жителей, сточные воды которых могут быть спущены на 1 <i>га</i>	Система предварительной обработки сточных вод
	В год	В сутки		
Andover . . . .	125 000	342	5 000	обр. в осад. бас.
Brockton . . . .	150 000	409	5 100	без предв. обр.
Clinton . . . .	120 000	334	1 600	обр. в осад. бас.
Concord . . . .	350 000	945	4 500	—
Framingham . .	120 000	328	1 600	без предв. обр.
Marlborough . .	360 000	982	3 000	—
Spencer . . . .	150 000	403	2 000	без предв. обр.
Southbridge . .	170 000	483	4 000	—
Одесса . . . .	—	350	—	—

<sup>1)</sup> Henneking, Intermittierende Bodenfiltration in Nordamerika, Mit. d. Kön. Prüf. Was. und. Abwäss., Heft. 12, 1909.

века 1 га песчаной площади может очистить сточные воды от 3100 л в сутки, что соответствует суточному притоку в 375 куб. м.

Все вышеприведенные нормы выражают собой только средние годовые нагрузки на поля орошения и фильтрационные поля. В действительности работа полей орошения и фильтрационных полей производится периодически, т. е. каждому участку поля после нагрузки дается определенное время для отдыха с целью восстановления пропускной способности почвенного фильтра. Таким образом, в течение суток в работе находится только часть полей орошения и фильтрационных полей. При эксплуатации полей орошения нагружается одновременно по  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ , при эксплуатации фильтрационных полей  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  всей утилизируемой территории. Таким образом, действительные нагрузки на га площади повышаются для полей орошения в 4—6 раз, а для фильтрационных полей в 2—4 раза. Зная действительные нормы орошения 1 га в сутки, нам уже нетрудно установить высоту слоя воды, напускаемого на отдельные участки полей орошения или фильтрационных полей. Эта высота, согласно данным таблиц XL—XLIII, колеблется для полей орошения фильтрационного типа при напуске: необработанной сточной воды от 1,54 до 3 см, обработанной в механических и механо-химических сооружениях от 5 до 10 см и в биологических фильтрах от 10 до 20 см. Эти же нормы при применении поверхностного способа орошения понижаются вдвое. Для фильтрационных полей, где нередко напуск сточных вод производится в течение целого дня на одном и том же участке (г. Броктон), согласно данным таблицы XLIII, высота слоя колеблется от 6 до 20 см.

При проектировании полей орошения и фильтрационных полей следует выбирать оросительные нормы для данного места в зависимости от строения в нем почвы. В случае разных почв в пределах намеченной под поля орошения или фильтрационные поля территории необходимо для каждого участка в зависимости от рода почвы выбрать свои нормы.

Но более правильным, по нашему мнению, не переносить эти нормы путем аналогии, а, изучив строение почвы, произвести пробное орошение на небольших участках. Только при применении подобного приема можно рассчитывать на удобное с практической точки зрения разрешение вопроса об устройстве полей орошения и фильтрационных полей.

Помимо вопроса о правильном выборе нормы в зависимости от рода почвы и избираемого метода орошения представляется весьма важным устроить равномерное распределение сточных вод по поверхности полей орошения и полей фильтрационных, так как в противном случае перегрузка части орошаемой площади отразится на качестве фильтрата. Для равномерности распределения сточных вод по поверхности орошаемого участка имеют большое значение величина площади этого участка и те приспособления, которые устраиваются для этой цели. Чем больше площадь отдельного участка (бассейна), тем труднее достигнуть равномерного распределения. С другой стороны, чем меньше величина отдельных бассейнов, тем больше строительные расходы по сооружению ограждающих бассейны валов, распределительных канав и дорог и эксплуатационные расходы по надзору за работой бассейнов, что имеет особенное значение для больших полей орошения. Поэтому при постановке этого

вопроса не может быть общего определенного решения, а приходится поступать в зависимости от местных условий и от рода избранного нами метода орошения. При применении поверхностного способа орошения, где, как мы уже упоминали в § 3 главы XV, отдельным бассейнам придается значительный уклон, и где вследствие этого не всегда производится обработка рельефа поверхности под наклонную плоскость, вопрос о величине бассейнов не имеет большого значения. Так, напр., на лейчестерских и кройдонских полях орошения в Англии<sup>1)</sup> величина отдельных бассейнов колеблется от 0,8 до 5,2 га. При устройстве же современных полей орошения с фильтрацией следует придавать *меньшие значения* для площади бассейнов, от 1 до 3 га. При устройстве фильтрационных полей на родине этого метода—в Америке идут еще дальше и уменьшают *площадь бассейнов до 0,4 га.*

При составлении проектов полей орошения и фильтрационных полей представляется весьма важным определить всю необходимую для их устройства территорию. С первого взгляда кажется, что для этой цели следует разделить среднее суточное количество подлежащих обработке сточных вод в сухую погоду на принятую нагрузку на единицу площади в случае однообразной почвы и на ряд нагрузок в случае различных почв. Но на самом деле такой прием был бы неправильным, так как при его употреблении не принята во внимание *площадь, занимаемая распределительными и оросительными канавами и оградительными валами, дорогами, сельско-хозяйственными постройками и пр.* В виду трудности до составления детального проекта определения всей площади, нужной для устройства вышеназванных сооружений, ее величину определяют обыкновенно приближенно, оценивая ее в 20%—30% от всей площади, определенной для целей орошения или фильтрации. Таким образом, для определения всей необходимой для устройства полей орошения или фильтрации территории необходимо площадь, исчисленную для орошения, помножить на коэффициент 1,2—1,3.

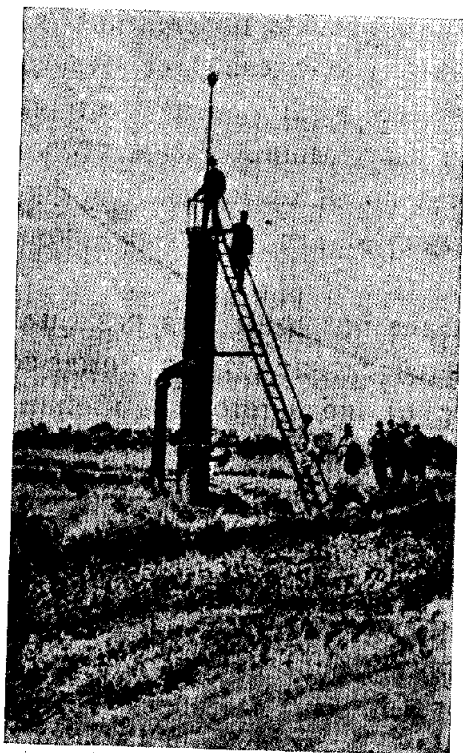
Все вышеприведенные нормы и расчеты вполне пригодны для отдельных систем канализации. Что же касается общесплавной системы, то в дождливые дни может поступать увеличенное в зависимости от принятого коэффициента количество сточных вод.

Самым простым решением при устройстве полей орошения для общесплавной системы было бы соответственное расходу расширение площади полей орошения, при чем можно было бы пользоваться нормами нагрузок, увеличенными в 1,5—2 раза, в зависимости от принятого коэффициента разжижения. Впрочем, такое решение вопроса было бы возможно лишь при устройстве небольших полей орошения и фильтрационных полей для маленьких городов, больниц, тюрем и т. под., но для средних и крупных городов оно являлось бы *невыгодным с экономической точки зрения.* Другим, более целесообразным, приемом является, по нашему мнению, устройство *грубых фильтров для приема первых порций наиболее загрязненной дождевой воды и в спуске остальной части на ивовые плантации, которые легко воспринимают огромные количества воды,* или в устройстве уравнильных земляных бассей-

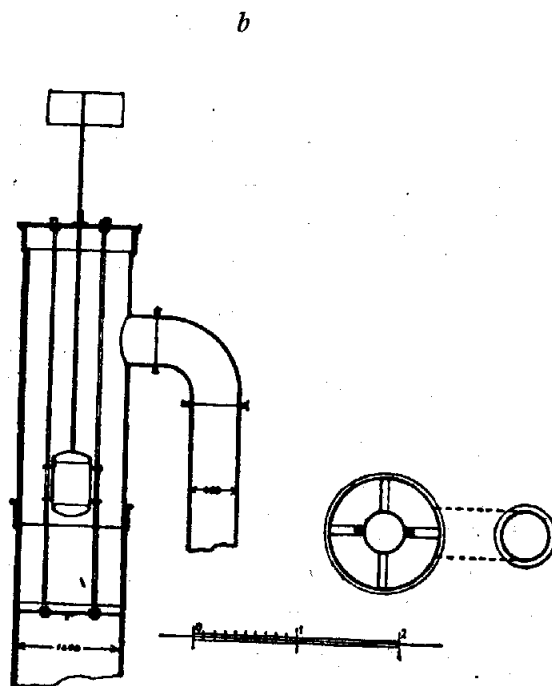
<sup>1)</sup> Kershaw, Modern methods of sewage purification.

нов для временного скопления воды во время ливней и спуска ее на поля после окончания ливня<sup>1)</sup>.

§ 2. Распределение сточных вод на полях орошения и фильтрационных полях. Если поля орошения или фильтрационные поля расположены ниже города, то сточные воды протекают к ним самотеком по главным отводным коллекторам<sup>2)</sup>. Такие случаи на практике встречаются редко; обыкновенно сточные воды перекачиваются на поля орошения насосами (Берлин, Париж, Москва, Одесса). В первом случае сточные воды разводятся к отдельным бассейнам полей орошения системой открытых распределительных канав, а во втором системой подземных труб. Разведение открытыми канавами представляет большие удобства для эксплуатации, так как их очистка от осадков не представляет затруднений, и количество протекающей по ним сточной воды видно оросительному мастеру. Вследствие этого, во избежание устройства сети подземных труб, поднимают сточные воды до высокой точки, откуда они могут уже самотеком поступать в распределительную сеть из открытых каналов (Москва). Но, с другой стороны, трассирование работающей под напором распределительной сети значительно легче, чем системы открытых канав, где требуется использование уклонов местности. При применении для распределения воды по полям орошения системы подземных труб сеть устраивается по разомкнутой системе (Берлин) или по сомкнутой (Париж). В первом случае для получения известного давления в сети устанавливают



известного давления в сети устанавливают



Черт. 199.

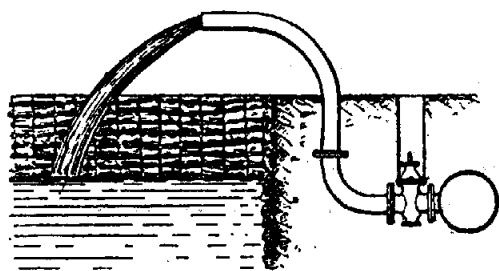
на наивысшей точке полей орошения водонапорную колонну, чем регулируется работа насосов и предел давления в водопроводной сети (черт. 199 a—b). Кроме того, эта колонна позволяет рабочим следить за давлением в трубной сети, так

1) Barwise, Purification of sewage, 1904.

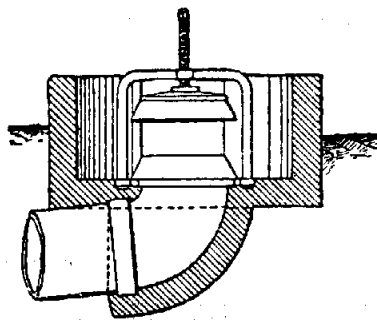
2) Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 1926.

как в ее верхнем открытом конце помещен поплавок, к которому дном прикрепляется флаг, а вечером фонарь; по положению, занимаемому флагом или фонарем, можно определить давление, что имеет значение для орошения отдельных от колонны участков полей орошения. Место для напорной колонны должно быть выбрано на наивысшей точке территории, отведенной под поля орошения, как для сокращения ее высоты, так и для лучшей сигнализации. При системе *подземных труб* необходимо снабжать их на известных расстояниях прочистными *отверстиями (ревизиями)* или выпусками для промывки осадков. Из сети подземных труб сточные воды попадают в *оросительные краны*, из коих они изливаются в *открытые каналы*, служащие для орошения известной серии бассейнов.

Конструкция *оросительных кранов* весьма не сложна, как это можно видеть из чертежей 200 и 201. Черт. 200 представляет собой тип *берлинского оросительного крана*, состоящего из обыкновенной задвижки и изогнутой трубы; при открытии задвижки вода изливается по трубе в оросительную канаву.



Черт. 200.



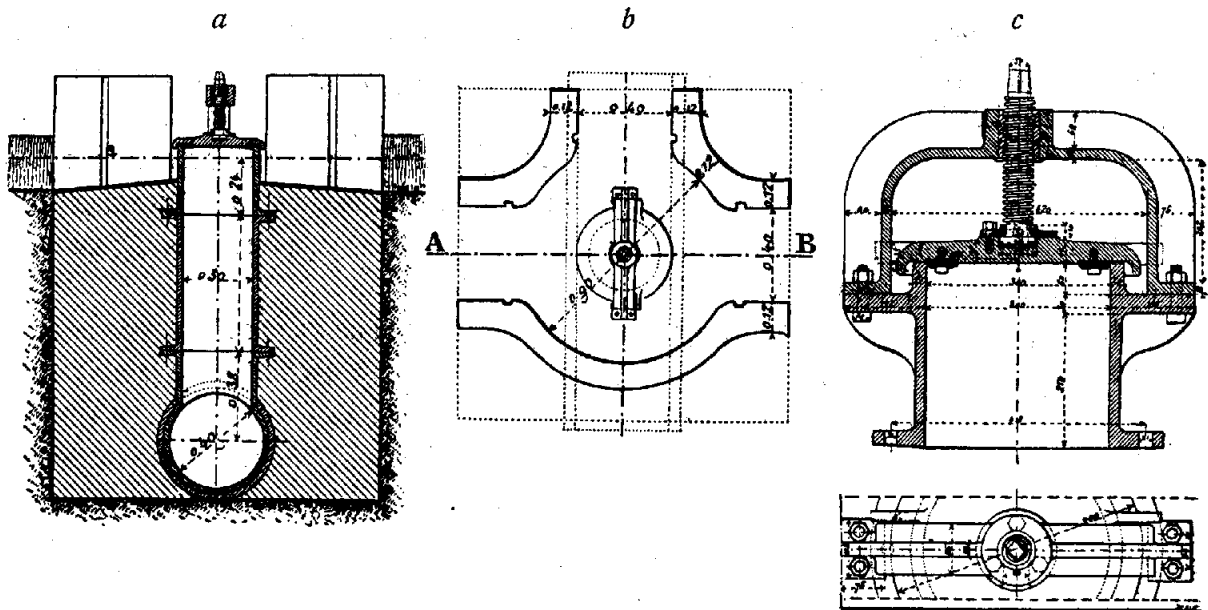
Черт. 201.

Вследствие приподнятого положения трубы над канавой здесь при изливании воды замечается запах. Черт. 201 представляет собой *тип оросительного крана на парижских полях орошения Gennevilliers*. Он состоит из клапана в виде опрокинутой тарелки, прижимаемого к седлу винтом; для плотности закрытия к периферии клапана прикрепляется резиновое или медное кольцо. Благодаря тарельчатой форме клапана, направляющей при его открытии воду к дну маленького резервуара, на котором установлен клапан, при изливании сточных вод выделение пахучих газов устранено. Из маленького резервуара сточные воды чрез отверстия в стенках, запираемые щитками, могут быть по желанию направлены в оросительные каналы.

Несколько видоизмененный *тип оросительного крана на парижских полях d'Achères* показан на черт. 202 (a—c). Черт. 202 (a—b) показывает общую установку крана на вертикальной чугунной трубе, заделанной в каменный массив, в верхней части которого устроены по трем направлениям устья оросительных канав; закрывая щитками, вставленными в пазы, сделанные в стенках каналов два входа в оросительные каналы, мы можем по желанию пустить сточные воды в любую из оросительных канав. Расстояние между оросительными кранами делается в 50—100 м, при чем каждый из них может обслуживать от 3 до 4 га орошаемой поверхности. Для защиты труб подземной сети от разрыва вследствие увеличения давления выше установленного предела прибегают или к *водонапорным колоннам*, где при чрезмерном повышении уровня нака-



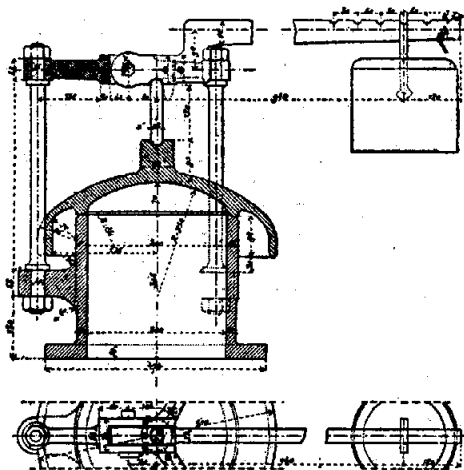
чиваемые сточные воды будут переливаться по соединительным трубкам (черт. 199 *b*), или же устраивают в высоких точках сети *особые автоматические предохранительные клапаны* (черт. 203). На черт. 203 показан план и разрез



Черт. 202.

подобного клапана, примененного на Ашерских полях в Париже и напоминающего по конструкции своей оросительные краны. Эти клапаны при давлении, меньшем 3,5 *at*, прижаты к седлу грузом, перемещающимся по желанию вдоль рычага; при повышении этого предела клапаны автоматически открываются.

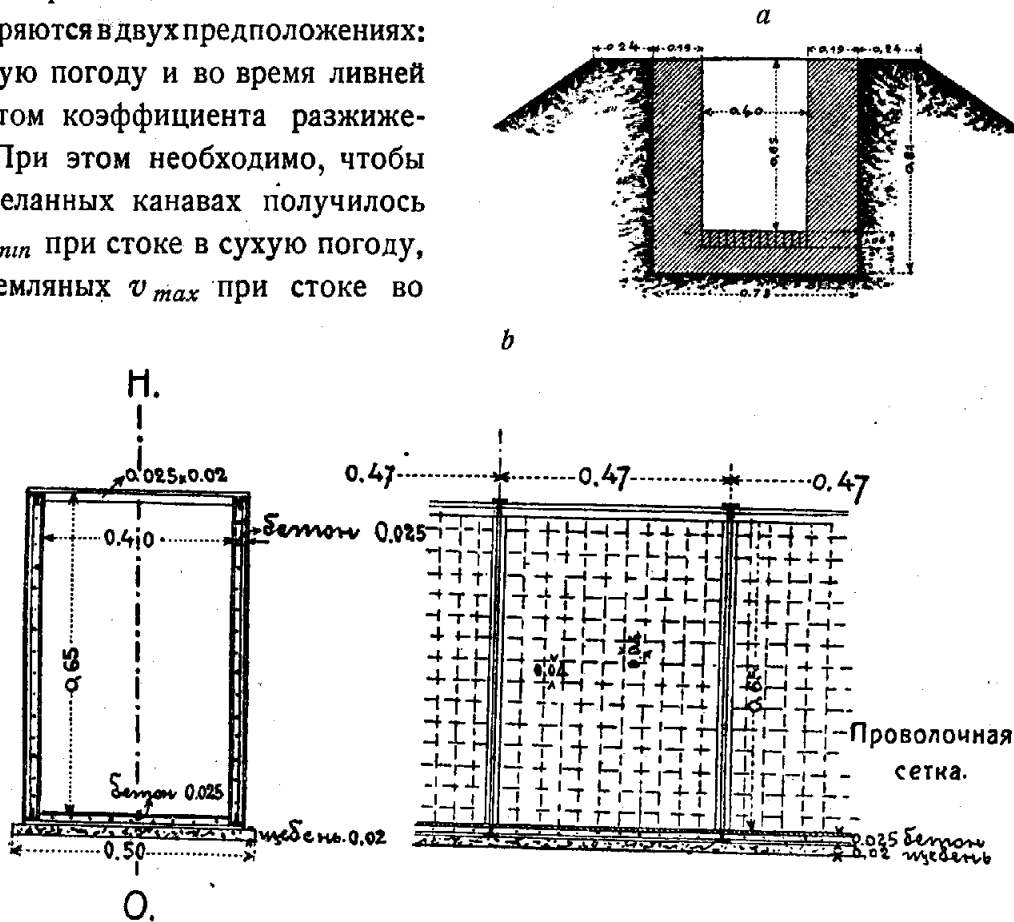
*Главные открытые распределительные каналы* делают обыкновенно в виде деревянных, кирпичных, бетонных и железобетонных лотков прямоугольного сечения, но на некоторых английских полях орошения им придают сечение полукруга или полукруга, сопряженного с прямыми, что является более целесообразным с гидравлической точки зрения. Второстепенные разводные каналы делают в большинстве случаев земляными. *Подбор сечений обделанных кладкой каналов* делается по известным формулам  $Q = v\omega$ ;  $v = c \sqrt{RJ}$ , где по Гангиллье и Куттеру  $c = \frac{100 \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}$ ,  $R = \frac{\omega}{p}$  гидравлический радиус и  $b$  (коэффициент шероховатости) = 0,30 — 0,35, при чем то или иное его значение выбирается в зависимости от степени



Черт. 203.

предварительной обработки сточной воды. За предел для наименьшей допускаемой скорости  $v_{min}$  в случае течения неочищенной сточной воды можно принять 0,60—0,80 *м*, а наибольшей  $v_{max}$  до 2 *м*; последний предел при применении общесплавной системы может быть повышен до 3 *м*. По мере обработки сточных вод величина  $v_{min}$  может понижаться, по нашему мнению, в зависимости от содержания примесей в воде до 0,40 *м*. При *проведении же сточной*

воды в открытых земляных канавах  $v_{max}$  не должно превышать 0,20—0,30 м во избежание размыва их стенок. Вследствие такой незначительной величины  $v_{max}$  создаются благоприятные условия для осаждения примесей. Поэтому желательно по возможности ограничить применение земляных канав для разведения воды в целях сокращения эксплуатационных расходов. Сечения каналов и канав при общесплавной системе: проверяются в двух предположениях: в сухую погоду и во время ливней с учетом коэффициента разжижения. При этом необходимо, чтобы в обделанных канавах получилось бы  $v_{min}$  при стоке в сухую погоду, а в земляных  $v_{max}$  при стоке во

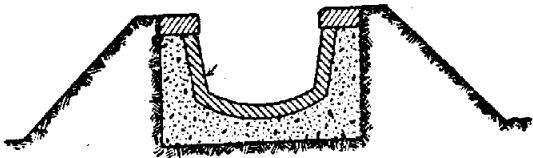


время ливня, вследствие чего применение земляных канав для общесплавной системы является нецелесообразным.

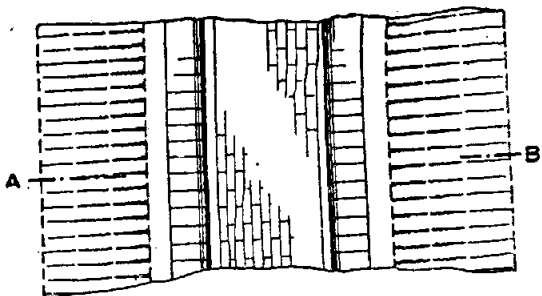
Черт. 204 (a—d) представляет собой типы распределительных каналов на московских полях орошения: тип 204 a — кирпичный, черт. 204 b — железобетонный, 204 c — деревянный и 204 d — земляной. Черт. 205 и 206 представляют собой английские типы распределительных бетонных каналов с обделкой их кирпичем (черт. 205) и керамиковыми трубами (черт. 206)

Черт. 207 представляет собой тип распределительной канавы на полях орошения г. Данцига, где канава (сечением  $1 \times 0,85 \text{ м}$ ) обделана цементными ящиками длиной  $1 \text{ м}$ , которые нарощены деревянными досками. Это сделано с той целью, чтобы увеличить подпор воды и заставить переливаться ее через край

*a* — разрез по *A-B*.

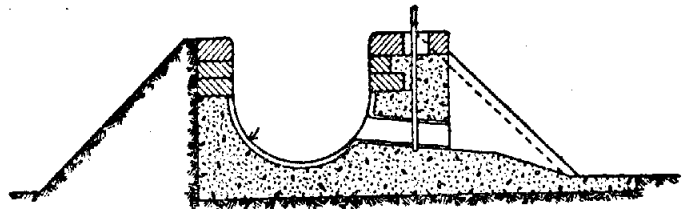


*b* — план.

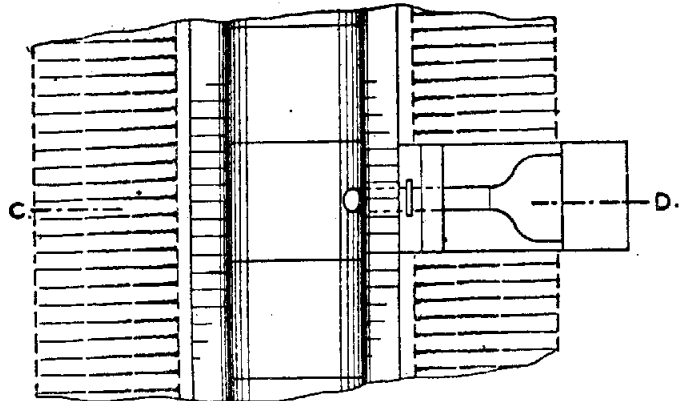


Черт. 205.

*a* — разрез по *C-D*.



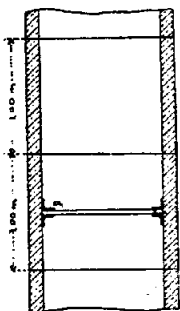
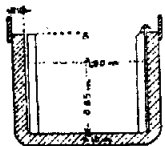
*b* — план.



Черт. 206.

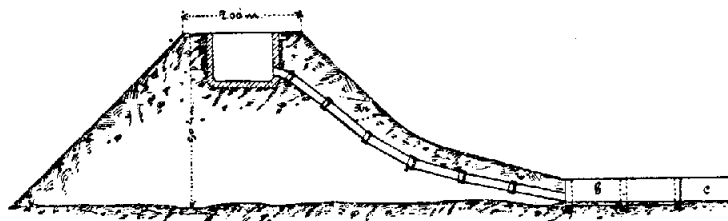
канав по деревянному лотку в оросительную канаву ближайших участков. Подпор воды в канаве производится деревянными щитами, вставляемыми в пазы, образованные стойками из углового железа. На одесских полях орошения главные распределительные каналы трапециoidalного сечения сделаны из железобетона.

Из сети распределительных канав сточные воды попадают в оросительные канавы, которые обслуживают серии отдельных участков (бассейнов), располагаемых с одной или двух сторон этой канавы. Для напуска воды из распределительных канав в оросительные приходится укладывать через про-



Черт. 207.

Межутки от 8 до 15 м выпускные трубы, запираемые щитами или пробками. На черт. 208 показана деталь выпуска из заложенного в насыпи распределительного канала в оросительную канаву на данцигских полях орошения. Здесь передняя часть *b* оросительной канавы с обделана досками на незначительном расстоянии для предотвращения размыва при выпуске воды на бассейн.

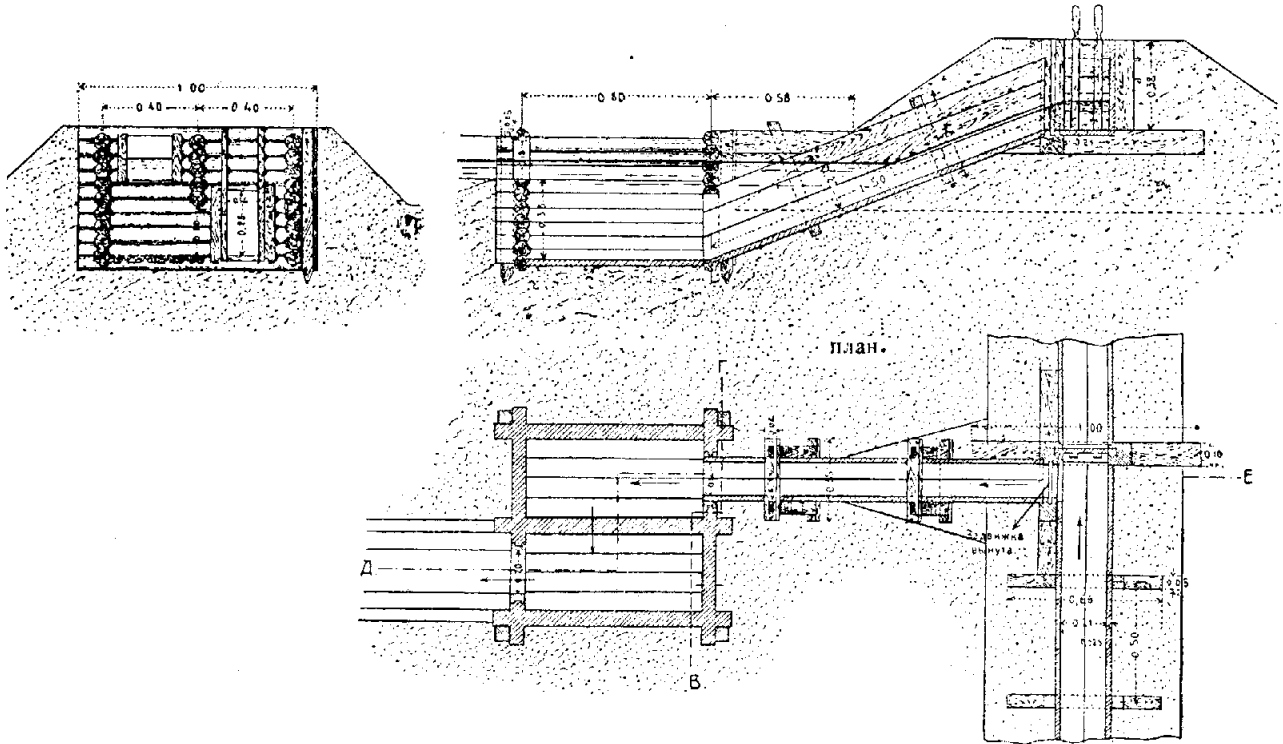


Черт. 208.

межутки от 8 до 15 м выпускные трубы, запираемые щитами или пробками. На черт. 208 показана деталь выпуска из заложенного в насыпи распределительного канала в оросительную канаву на данцигских полях орошения. Здесь передняя часть *b* оросительной канавы с обделана досками на незначительном расстоянии для предотвращения размыва при выпуске воды на бассейн.

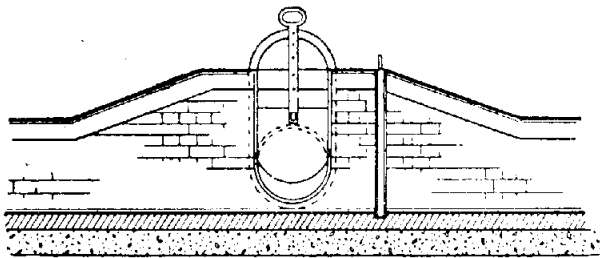
*a* — разрез по *B-Г*.

*b* — разрез по *Д-Е*.

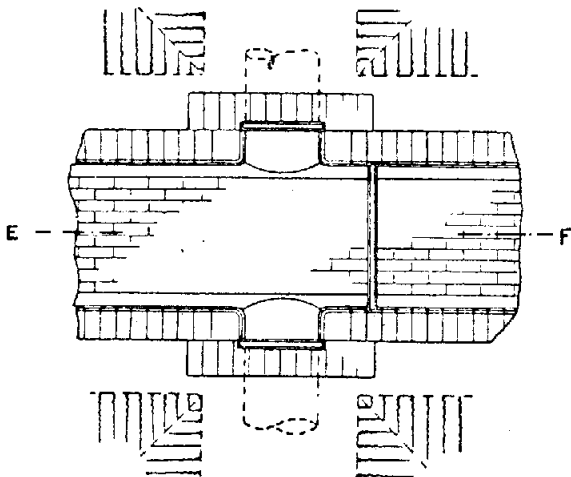


Черт. 209.

*a* — разрез по *Е-Г*.



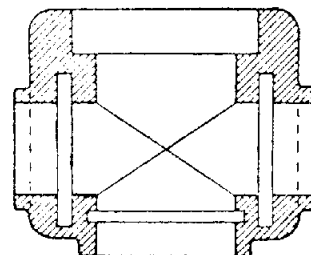
*b* — план.



*c*.



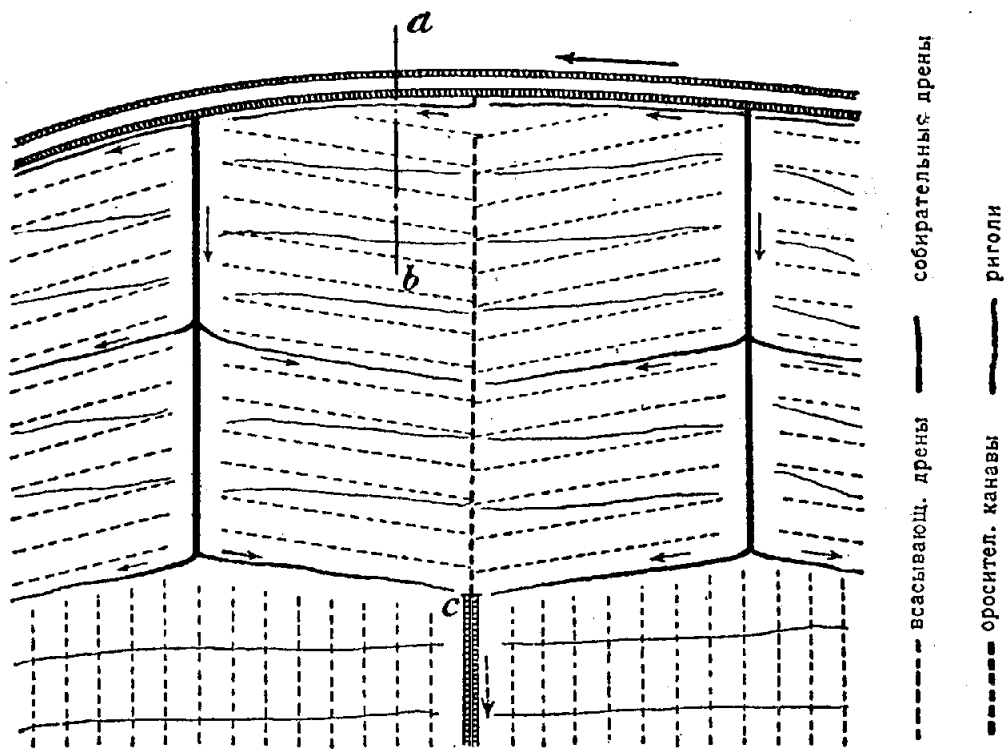
*d*.



Черт. 210.

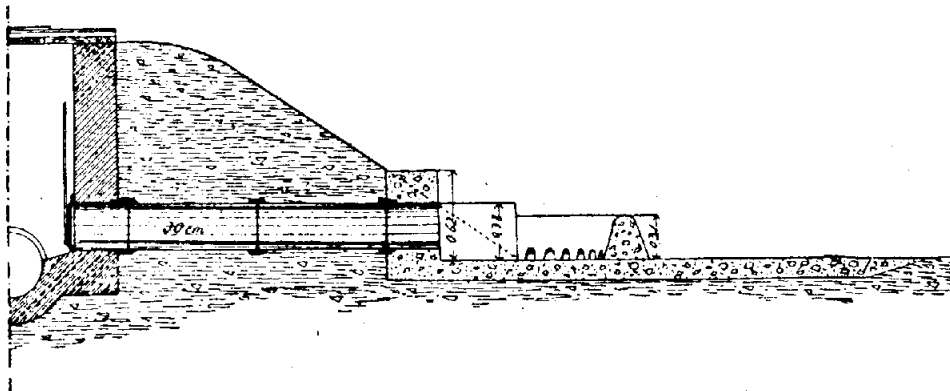


Черт. 211.

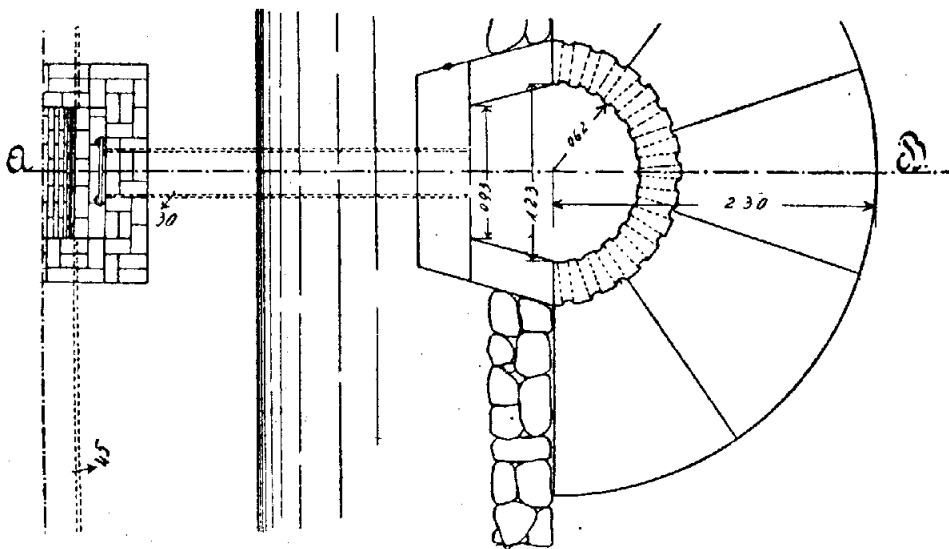


Черт. 212.

*a* — разрез по А-В.

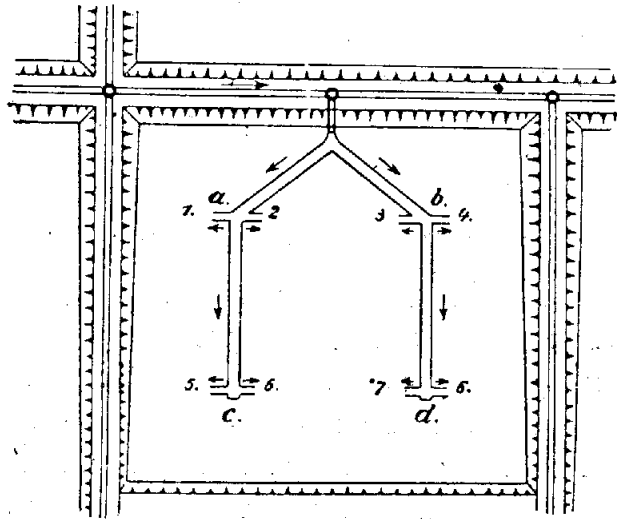


*b* — план.



Черт. 213.

На черт. 206 показана деталь выпуска из бетонного канала с керамиковой обделкой на английских полях орошения. На черт. 209 показана деталь выпуска из деревянного распределительного канала на московских полях орошения; здесь также во избежание размыва сделан водобойный колодезь в виде сруба. На черт. 210 показана деталь пересечения распределительных каналов на полях орошения Alderdschotsamp в Англии. Небольшие *оросительные* каналы обыкновенно устраиваются в виде земляных канав трапециoidalного сечения с обдерновкой откосов *a* (черт. 211). Из *оросительных канав* сточные воды выпускаются в сеть мелких *перпендикулярных канав (риголей)*, служащих для более или менее равномерного распределения воды по поверхности данного бассейна. *Перпендикулярные канавки (риголи)* непосредственно получают воду из *главных оросительных канав*, а *параллельные* чрез уложенные в стенках главных канав выпуски (черт. 212). В случае устройства *фильтрационных полей* равномерное распределение сточных вод по площади бассейнов облегчается вследствие ее незначительной величины (0,4 га) и постоянных забот

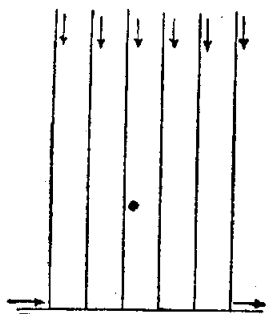


Черт. 214.

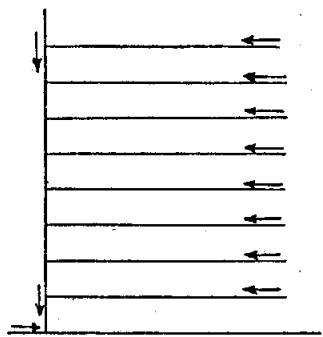
о поддерживании того уклона, который придан поверхности данного бассейна (1:200 — 1:500). Здесь для выпуска воды из *распределительных канав* непосредственно на поверхность бассейна устраиваются особые *камеры во избежание размыва грунта*, подобно тому, как это, напр., сделано на *фильтрационных полях* американского города Clinton (черт. 213 *a—b*). В том же Clinton'е был испытан способ распределения сточных вод по поверхности бассейнов посредством системы *деревянных желобов* (черт. 214), где сточные воды вытекали в восьми пунктах (1—8).

§ 3. **Дренаж и отведение очищенных вод с полей орошения и фильтрационных полей.** Для *регулярного отведения* очищенных на полях орошения и *фильтрационных полях* вод необходимо *устройство дренажной сети*, которая должна быть заложена *выше наибольшего уровня грунтовых вод*. Этим и объясняется, что при выборе места для полей орошения и *фильтрационных полей* необходимо произвести тщательные гидрогеологические изыскания с целью выяснить как роды почв, так и уровни грунтовых вод. Дренажная сеть устраивается или по *продольной системе* (черт. 215), или по *поперечной системе* (черт. 216), или по *диагональной системе* (черт. 217), где трубы укладываются под углом  $60^\circ$  к магистрали. При *перпендикулярной системе* всасывающие дрены непосредственно впадают в отводную канаву *выше наибольшего уровня протекающих по ней вод*, что облегчает надзор за ними в случае их засорения. При *поперечной системе* всасывающие дрены впадают сначала в *собирательную дренажную линию*, которая уже соединяется с отводной канавой. То же делается и при *диагональной системе*. Наиболее удобной

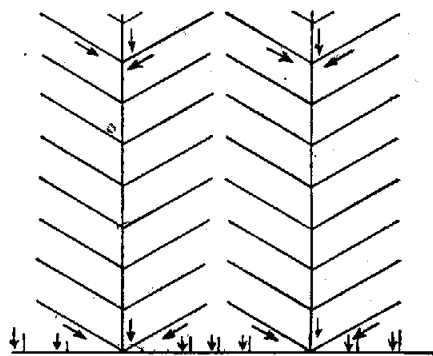
с эксплуатационной точки зрения является перпендикулярная система дренажной сети, хотя она обходится несколько дороже поперечной, так как приходится устраивать несколько выходов всасывающих дрен в отводную канаву (черт. 215) вместо выхода одной собирательной дрены при поперечной сети



Черт. 215.

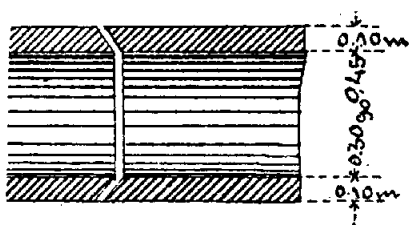


Черт. 216.

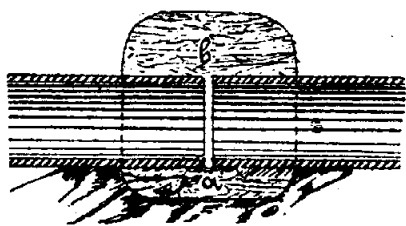


Черт. 217.

(черт. 216). Диагональная система требует значительно большего количества фасонных частей для присоединения всасывающих дрен к собирательным. Выбор поперечной или продольной системы дренажа зависит от формы дренируемого бассейна; необходимо избирать ту из этих систем, при которой получается кратчайшая длина дренажных линий. Диагональная система является удобной, если падение пласта, в котором укладываются дрены, очень большое, и требуется смягчить уклоны. Для всасывающих дрен употребляют обыкновенно гончарные или цементные трубы диам. от 75 до 150 мм, длиной от 0,30 м до 1 м, а для собирательных —



Черт. 218.



Черт. 219.

каменно-керамиковые диам. от 100 до 600 мм, длиной 0,8—1 м. При устройстве всасывающих дренажных линий стыки их или остаются открытыми (черт. 218), или же прикрываются торфом. Черт. 219 показывает устройство стыков дренажных линий на берлинских полях орошения, где под низ стыка подложена глина (a), а верх прикрывается торфом или корьем с кожевенных заводов; при

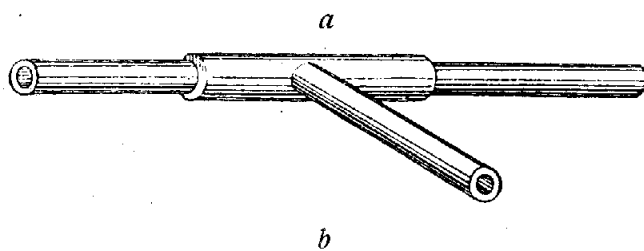


Черт. 220.

самом устройстве берлинских полей орошения стенки не были прикрыты, вследствие чего дренажные линии, заложенные в плывуне, через 12—14 лет засорились до половины сечения черным песком. В Англии для этих же целей употребляют подвижные муфты (черт. 220). Собирательные дренажные линии, состоящие из обыкновенных керамиковых труб, только получают воду из всасывающих дренажных линий, вследствие чего их стыки заделывают обычным способом на глине или асфальтовом гудроне<sup>1)</sup>. При пересечении всасывающих

<sup>1)</sup> Подробнее см. проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд. 1926.

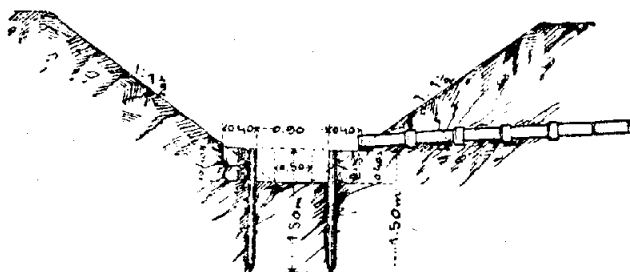
дренажных линий между собой употребляются специальные фасонные части, что чаще всего встречается при диагональной системе дренажа. Для соединения всасывающих дрен с собирательными также употребляют специальные фасонные части (черт. 221 *a—b*). Дренажные линии обыкновенно выводятся в *отводные каналы*, которые, соединяясь между собой, постепенно переходят в *главную отводную канаву*. Впрочем, на больших полях орошения и фильтрационных полях может быть устроено и несколько главных отводных канав. С эксплуатационной точки зрения для контроля за работой полей орошения желательно все очищенные сточные воды собрать в одну отводную канаву. На черт. 222 показан один из типов отвод-



Черт. 221.



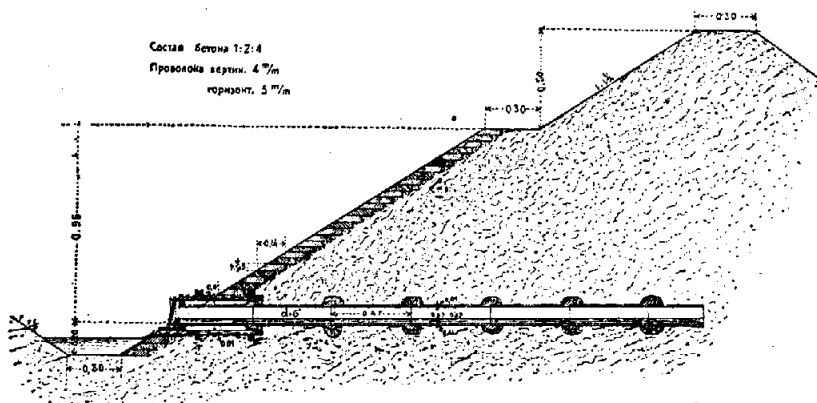
Черт. 222.



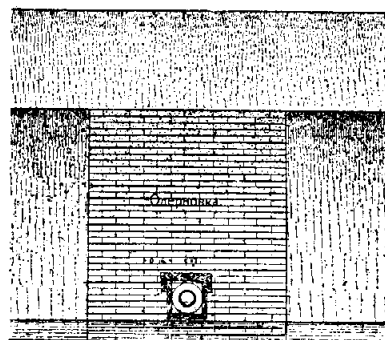
Черт. 223.

ных канав, примененных на московских полях орошения. На черт. 223 показан выход собирательной дрены в отводную канаву на берлинских полях орошения; здесь, вследствие прорыва канав в плывуне, нижняя часть канав отделана фашинами, укрепленными кольями через каждый м. На черт. 224

показано соединение собирательной дрены с отводной канавой на московских полях орошения.



Состав бетона 1:2:4  
Проволока сетки 4 мм  
горизонт. 5 мм

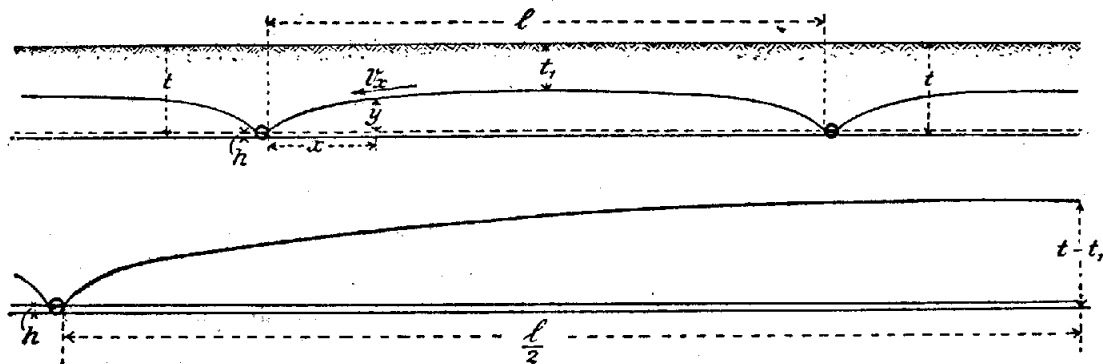


Черт. 224.



При разрешении вопроса о величине диаметров для всасывающих дренажных линий и расстояния между ними необходимо прежде всего установить количество сточных вод, подлежащих отведению.

В виде примера допустим, что на  $га$  площади полей орошения ежедневно приходится  $50$  куб. м. Как мы уже говорили выше, непосредственно заливается не менее  $\frac{1}{6}$  всей площади; следовательно, работающие участки полей орошения должны пропускать не более  $6 \times 50 = 300$  куб. м в сутки или  $\frac{300 \times 1000}{24 \times 3600} = \approx 3,5$  л/сек. на  $1$  га, если не принимать во внимание испарения. Если же принять во внимание неравномерный приток сточных вод, зависящий от суточных и часовых колебаний, то эта норма может быть повышена до  $5,2—7$  л/сек. на  $га$ . При применении общесплавной системы эта норма может возрасти еще вдвое или втрое в зависимости от избранного коэффициента разжижения. Зная расход сточных вод на  $га$ , надо установить, какое количество дренажных линий известного диаметра должно быть уложено при заданных условиях. Не требует объяснений, что количество дренажных линий на  $га$  будет зависеть от взятого нами расстояния между ними. Для того, чтобы подойти к этому вопросу с теоретической стороны, сделаем попытку обосновать выбор расстояния между дренами в зависимости от толщины слоя почв, которым мы располагаем в данном случае. Для этой цели мы сделаем три предположения: 1) почва между двумя дренами однородна; 2) весь приток сточных вод всасывается беспрепятственно дренажными линиями; 3) существует равновесие между количеством притекающей к дренам и вытекающей из них воды.



Черт. 225.

Исходя из этих предположений, исследуем случай продольного дренажа (черт. 225). Обозначим чрез  $l$  расстояние между всасывающими дренами,  $t$  — глубину заложения дрен и  $t_1$  — глубину слоя почвы, незаполняемого сточной водой при работе дрен,  $k_1$  — коэффициент водопроницаемости грунта (выражающий собой отношение объема пор к объему, занимаемому грунтом),  $v_x$  — скорость движения воды в сечении, характеризуемом абсциссой  $x$  и ординатой  $y$  кривой депрессии,  $k_2$  — коэффициент скорости, характеризующий сопротивление движению воды в грунте,  $q$  — количество воды, просачивающейся на единицу площади сточной воды.

Для установления зависимости между этими величинами напишем уравнение расходов в сечении, имеющем высотой ординату  $y$  и шириной  $l$ .

$$k_1 v_x y = q \left( \frac{l}{2} - x \right).$$

Согласно опытам Darcy при движении грунтовых вод скорость пропорциональна гидравлическому уклону, т. е.

$$v_x = k_2 J = k_2 \frac{dy}{dx}$$

Сопоставляя эти уравнения, получаем

$$k_1 k_2 y \frac{dy}{dx} = q \left( \frac{l}{2} - x \right)$$

Разделяя переменные, имеем

$$k_1 k_2 y dy = q \left( \frac{l}{2} - x \right) dx$$

Так как  $x$  изменяется от 0 до  $\frac{l}{2}$  и одновременно с ним  $y$  от  $h$  до  $t-t_1$ , то проинтегрируем это уравнение в указанных пределах

$$k_1 k_2 \int_h^{t-t_1} y dy = \int_0^{\frac{l}{2}} q \left( \frac{l}{2} - x \right) dx$$

$$k_1 k_2 \frac{(t-t_1)^2 - h^2}{2} = q \left( \frac{l^2}{4} - \frac{l^2}{8} \right) = q \frac{l^2}{8}$$

$$l^2 = \frac{4 k_1 k_2}{q} \left[ (t-t_1)^2 - h^2 \right]$$

Пренебрегая величиной  $h^2$ , вследствие незначительности ее в сравнении с  $(t-t_1)^2$ , имеем

$$l = \sqrt{\frac{4 k_1 k_2}{q} (t-t_1)^2} = 2 (t-t_1) \sqrt{\frac{k_1 k_2}{q}} \dots \dots \dots (23)$$

Уравнение (23) дает нам возможность сделать некоторые важные заключения.

Во-первых, расстояние между дренами возрастает при прочих равных обстоятельствах при увеличении разности глубин  $t$  и  $t_1$ , во-вторых, расстояние между дренами должно быть меньше, чем больше просачивается воды на единицу поверхности почвы, так как  $l$  — обратно пропорционально  $\sqrt{q}$ , наконец, в-третьих,  $l$  уменьшается с уменьшением коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$ .

Численные коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  изучены при постройке водопроводов, питающихся грунтовой водой, во многих случаях. Так, напр., их произведение  $k_1 k_2$  для Мангейма равняется 0,00235, для Дрездена 0,0017. Для лучшего ознакомления с формулой приведем численный пример.

Численный пример.  $k_1 k_2 = 0,0017$ ;  $t - t_1 = 0,5$ ;  $q = 10$  сек-л/га =  
 $= \frac{0,01}{10\,000}$  куб. м/кв. м

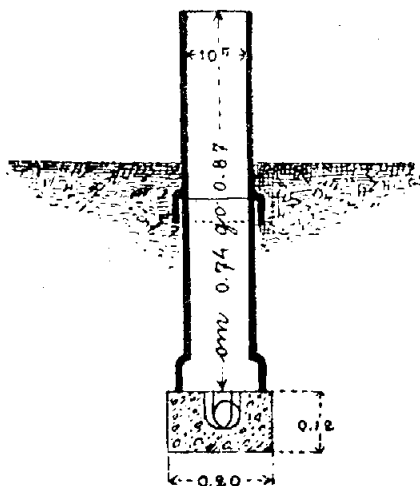
$$l = 2 \cdot 0,5 \sqrt{\frac{0,0017 \cdot 10\,000}{0,01}} = 41,2$$

Полученное в численном примере значение  $l$  несколько велико для полей орошения, так как обыкновенно для  $l$  выбирают значение между 10 и 25 м. Но для гравелистого песка без всякой примеси глины можно и на практике брать еще большие значения для  $l$ . Так, напр., на американских фильтрационных полях<sup>1)</sup>, обладающих подобной почвой, для  $l$  берут значение в 60 м и выше.

Для  $t_1$  на практике берут значения от 0,7 до 1 м, а для  $t_2$  — от 1,2 до 1,8 м. Впрочем, для примерного определения диаметров дренажных труб по максимальному расходу можно сделать расчет по известной формуле Ganguillet и Kutter, но с коэффициентом шероховатости 0,27; наибольшая скорость движения воды для данного случая колеблется от 0,20 до 0,35, в зависимости от способа защиты стыков дренажных линий. Подбор сечений собирательных дрен делается также по Ganguillet и Kutter'у, подобно тому, как это производится при подборе сечений водосточных каналов.

Для грубого определения расстояния между дренами  $l$  можно пользоваться эмпирическим приемом, употребляемым в Англии и построенном на умножении средней глубины заложения дрен  $\left(\frac{t+t_1}{2}\right)$  на численные коэффициенты в зависимости от рода почвы. Так, для пористых почв принимается для  $l$  от 10—12 глубин, для супесков и суглинков от 8 до 10 и для глин от 6 до 8.

Уклоны для всасывающих дрен желательно делать между 1:100 и 1:200, реже до 1:400, для собирательных — в зависимости от расхода и скорости. При выборе значений величин для  $t$  и  $t_1$  желательно при благоприятных местных условиях брать по возможности большие значения, так как в порах почв, помимо объема, предназначенного для просачивающейся воды, известная часть



Черт. 226.

объема должна быть предоставлена для почвенного воздуха, играющего важную роль для развития интенсивности происходящих в почве аэробных процессов. Так как постепенно почвенный воздух расходуется вследствие развития химических и биологических процессов, то дренажная сеть должна служить и для возобновления запасов почвенного воздуха. В этих целях наиболее высокие концы дренажных линий соединяются стояками с наружным воздухом. Так как по мере эксплуатации дренажные линии могут постепенно заноситься частицами почвы, что в особенности имеет место при увеличении до известного предела скорости втекания воды чрез

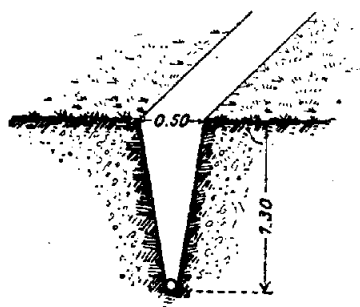
стыки труб или при отсутствии защиты стыков труб (обкладка стыков торфом, применение подвижных муфт), то может представиться надобность в промывке этих засорений в дренажных линиях. При коротких дренажных линиях достаточно одного промывного колодца в их верховьях, где по скоплению воды открывается щит и спускается промывная вода. При длинных линиях чрез известные расстояния следует расставить лампы колодцы (черт. 226), вода

<sup>2)</sup> Henneking, Die intermittierende Bodenfiltration, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwäss., Heft 12, 1909.

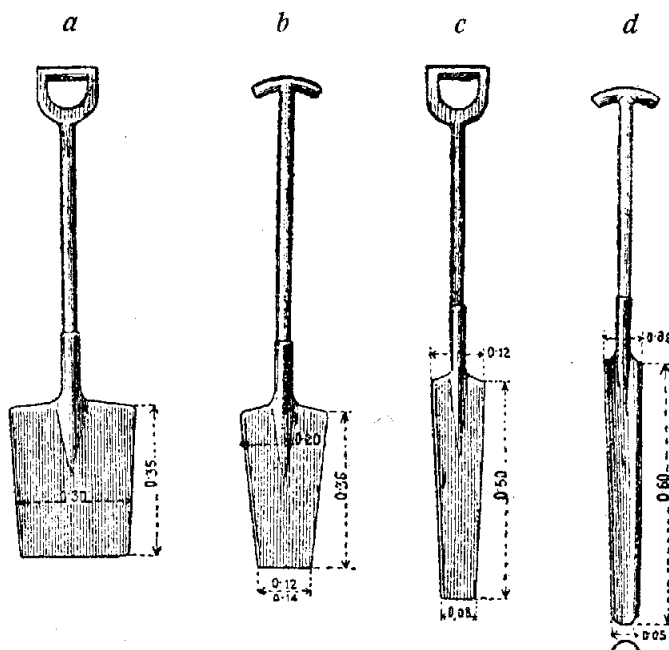
к которым подвозится в бочках; эти же колодцы служат и для вентиляции дренажной сети<sup>1)</sup>.

Мы уже упоминали выше, что необходимо при выборе места для полей орошения и фильтрационных полей отдавать предпочтение почвам с глубоким стоянием грунтовых вод. Но и при выполнении этого требования с течением времени, вследствие постоянного просачивания дренажной воды, может произойти поднятие уровня грунтовых вод, движение которых вследствие этого может при благоприятных условиях принять другое направление и способствовать появлению сырости в домах некоторых кварталов города. Подобный случай имел место на полях орошения г. Шарлоттенбурга<sup>2)</sup>, где с течением времени грунтовые воды приняли другое направление и способствовали появлению сырости в окрестностях, для предотвращения чего городу пришлось затратить на дренажные работы более 250 000 рублей и заплатить штрафов до 200 000 рублей по приговору суда за причиненные убытки.

§ 4. Производство дренажных работ. При устройстве *рвов* для укладки *дренажных труб* стремятся, в виду значительного их общего протяжения, по возможности сократить количество земляных работ. Для этой цели *ширина* дренажных рвов по дну делается в зависимости от *наружного диаметра дрена*, и *откосы рвов* имеют крутой уклон от 1:3 до 1:6 (черт. 227). Такое очертание рвов заставляет производить их рытье вне канавы посредством *лопат особой конструкции* (черт. 228 *a—c*). По мере увеличения глубины рва применяют лопаты более длинные и узкие. Перед укладкой дренажных труб



Черт. 227.



Черт. 228.

производится выглаживание дна рва и придание ему заданного очертания посредством *черпаковых лопат* (черт. 229 *a—b*). Производство работ по выравниванию рвов для дренажных труб видно из черт. 230.

*Разбивка дренажных рвов* должна вестись тщательно: особое внимание следует обратить на придание заданного уклона дну рвов, так как изменение в уклоне ведет к изменению проводимости дренажной линии. Для этой цели натягивают под заданным уклоном на визирках шнур, от которого посредством промежуточных визиров отсчитывают необходимые глубины (черт. 231).

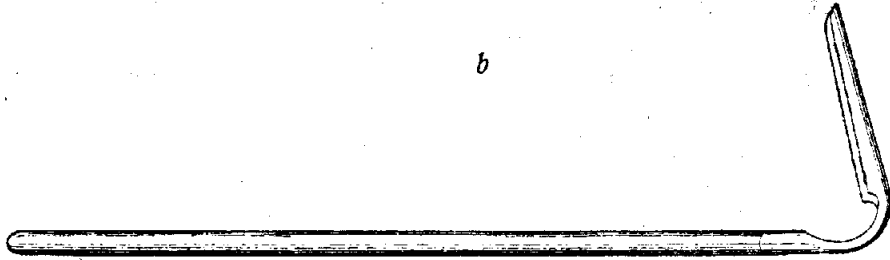
<sup>1)</sup> См. подробнее проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

<sup>2)</sup> Ingenieurwerke in und bei Berlin. Zeitschrift des Berliner Bezirksvereins deutscher Jng. 1906.

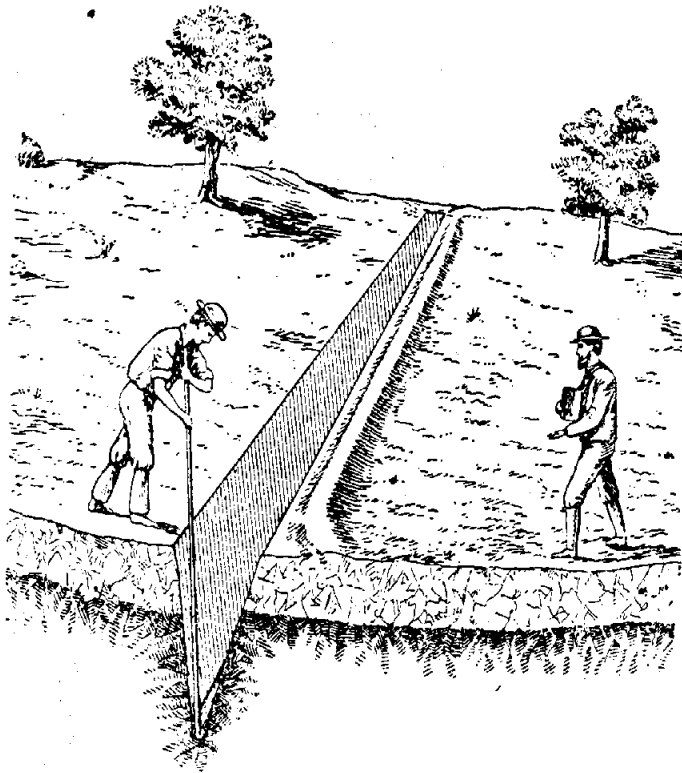
a



b



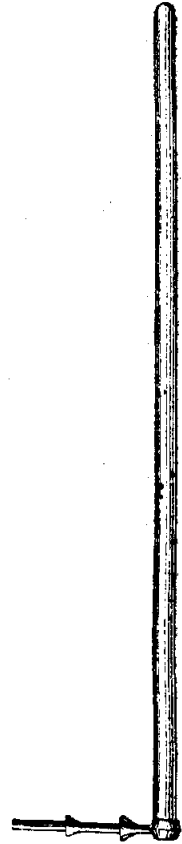
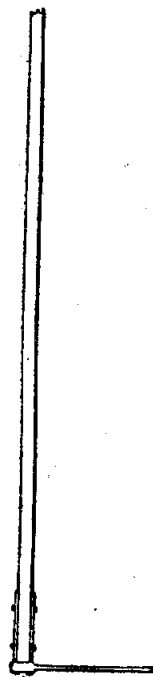
Черт. 229.



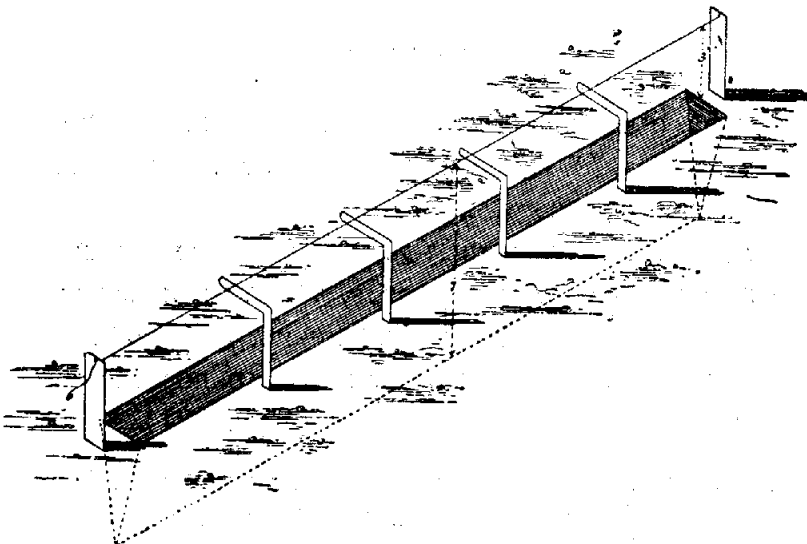
Черт. 230.

a

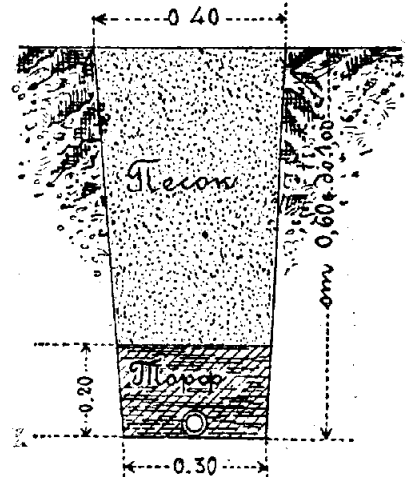
b



Черт. 232.

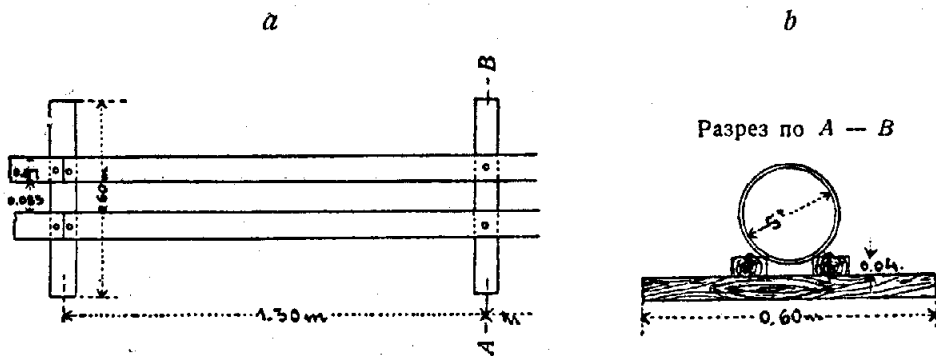


Черт. 231.



Черт. 233.

После окончания работ по рытью рвов необходимо спешить с укладкой труб, чтобы предупредить нарушения приданной им формы; для этой цели нужно заранее разложить вдоль рвов дренажные трубы. Опускание труб производится посредством горизонтального крюка, прикрепленного к шесту (черт. 232 а—б). Трубы должны быть уложены по прямой линии во избе-



Черт. 234.

жание засорений в дренажных линиях. По этой же причине верхние концы дренажных линий полезно от засорений прикрывать камнями. Опытный рабочий уложит в сутки до 200—300 пог. м дренажных труб.

Засыпка дренажных рвов производится вынутым грунтом небольшими слоями в 0,20—0,30 м. Если почва полей орошения или фильтрационных полей имеет мелкозернистое строение, то во избежание засасывания грунта в дрены рвы на высоту 0,20—0,30 м засыпаются торфом, а сверху песком. Подобный прием применен на московских полях орошения (черт. 233).

При прокладке дренажных труб в пльунах их укладывают на продольных лежнях, которые прикреплены к поперечным подкладкам. Подобное устройство применено на берлинских полях орошения (черт. 234 а—б). На больших полях орошения и фильтрационных полях представляется выгодным применение особых машин для рытья рвов для дренажных труб (тракторов),



Черт. 235.

что получило давно распространение в Сев. Америке. Черт. 235 изображает работу одной из американских машин, где рытье земли производится посредством колеса с черпаками, приводимого в движение поставленным на станине машины паровым двигателем.

§ 5. **Сельско-хозяйственные культуры. Зимнее орошение.** Как уже мы неоднократно упоминали выше, на полях орошения разводятся различные *сельско-хозяйственные культуры*, для произрастания которых в течение вегетационного периода утилизируется часть удобрительных веществ, содержащихся в сточных водах. Изучение этого вопроса во всей его широте относится к области агрономических дисциплин, вследствие чего мы считаем нужным рассмотреть его в настоящем параграфе в самом общем виде.

*Поля орошения* могут быть использованы под *полевую, огородную, садовую и лесную культуры*. При выборе культур, подходящих для полей орошения в данной местности, необходимо иметь в виду *климатические и почвенные условия, стоимость труда рабочих и условия сбыта разведенных продуктов*.

Но при решении этого вопроса необходимо выбирать *те растения*, которые *выносят большие порции воды* и удобрительных веществ.

С этой точки зрения на первом месте следует поставить *огородные растения* (корнеплоды), которые могут легко находить сбыт на городском рынке, несмотря на некоторое предубеждение среди интеллигентных кругов населения к продуктам полей орошения. Но выращивание этих продуктов требует значительного количества рабочих вследствие необходимости возделывать поверхность земли в виде грядок (глава XV, § 3). Кроме того, хранение их в течение долгого времени вследствие высокого содержания воды и азота представляется затруднительным, что заставляет продавать их иногда по очень дешевым ценам. К огородным растениям, возделываемым на полях орошения, следует отнести: репу полевую, морковь, картофель, спаржу, капусту, сельдерей и др. Из этих растений наибольшие затруднения представляет *картофель*, который доступен для орошения только в зимнее время.

Помимо *огородных культур*, значительная площадь полей орошения занята под *луговые культуры*. Из этих культур наиболее подходящей для произрастания на полях орошения являются травы, так как они могут выносить большие количества воды и удобрительных веществ и легко переносят невыгодные климатические условия.

Из различных сортов трав наиболее пригодным является для полей орошения итальянский рейграсс (*lolium italicum*), затем идут тимофеевская трава, клевер, песья трава, пырей, лисохвост и т. п.

*Кормовые хлеба* (рожь, пшеница, овес и ячмень) могут возделываться на полях орошения незначительными количествами воды; также превосходно выращивается и конопля.

*Плодовые деревья* могут давать урожай, но их чаще всего рассаживают вдоль многочисленных *дорог*, необходимых для вывоза продуктов (Париж). На южных полях орошения представляется возможным разведение винограда (Одесса).

*Среди деревьев*, произрастающих на полях орошения лишь *при тщательном выборе норм для их орошения*, выгодно выделяется *ива*, которая может

принимать огромные порции воды. Благодаря этому свойству ивы представляется весьма целесообразным устраивать на полях орошения *ивовые плантации*, куда в крайнем случае можно направлять избыточные количества сточной воды.

*Самым благоприятным временем для орошения* нужно считать *летний* и отчасти *весенний* периоды, так как в эти времена года солнце и ветер способствуют испарению, благодаря чему растительность защищается от пересыщения удобрительными веществами. Орошение в *осеннее время* затрудняется *выпадением дождей*, которые, насыщая почву влагой, препятствуют напуску сточной воды. В *зимнее* время орошение может производиться только в *теплых* странах, в странах же умеренных и холодных орошение является совершенно невозможным; в лучшем случае, как это мы увидим дальше, возможно при значительных затратах добиться фильтрации сточных вод чрез почву.

Что касается *сбыта продуктов с полей орошения*, то он зависит от рода и качества их, которое часто при неудачном ведении хозяйства бывает ниже среднего рыночного продукта.

Наиболее простым является сбыт *корнеплодов*, которые, благодаря дешевым ценам, легко находят себе путь на ближайших городских рынках. Значительно труднее *сбыт луговых растений*, которые дают на полях орошения от 5 до 6 жатв в течение оросительного периода. Затруднения, которые встречаются в сбыте подобных продуктов, заключаются в невозможности высушить их как вследствие высокого содержания воды и солей, так и за недостатком сухих площадей; только в очень жаркое время удается это сделать с одной жатвой. Желание использовать *луговые продукты в виде сена* заставило заведующих полями орошения прибегать к *искусственной их подсушке в сушильных аппаратах* (Берлин), но эти попытки пока не вышли из стадии опытов. В большинстве же случаев приходится *в помощь луговодству* создавать на полях орошения или *молочное хозяйство*, или *скотоводство*. *Молочное хозяйство* является более выгодным вблизи крупных населенных центров, где всегда имеется спрос на молоко. Что же касается *скотоводства*, то оно может быть выгодным, лишь если поля орошения находятся в районе, где имеется много использованного рабочего скота. Особенно выгодным *с санитарной точки зрения* разведение свиней и лошадей.

Из других растений легко утилизируется *ива*, которая идет на *изготовление корзиночных изделий*. Часть продуктов с полей орошения утилизируется для нужд рабочих и для прокорма лошадей, молочного скота и свиней, остальная часть может при умеренном орошении поступать в продажу. Вследствие *сложности сельско-хозяйственных операций* на полях орошения приходится, помимо помещений для высшего персонала, административного здания и квартир для рабочих, устраивать еще бараки для летних рабочих, конюшни, скотные дворы, молочные, мастерские, молотильные сараи, сараи для весов и инвентаря, элеваторы, силосы, амбары и пр.

Как мы уже упоминали выше, в странах с суровым климатом орошение в зимнее время не может производиться. Но так как в зимнее время спуск неочищенных сточных вод представлял бы еще *большую опасность в силу ухудшения условий самоочищения рек*, то естественно являлась мысль задерживать



сточные воды на зимнее время в особых земляных резервуарах, получивших название „накопных бассейнов“. *Накопные бассейны* представляют собой не-



Черт. 236.

глубокие резервуары, обнесенные земляными валами; для отведения воды дно этих бассейнов дренируется. Глубина слоя воды в бассейнах принимается не более 1 м. Емкость их исчисляется в зависимости от величины периода, когда орошение не может производиться. Из этого описания нетрудно видеть, что накопные бассейны, представляя собой ухудшенный

тип загнивателей, не могут очищать сточной воды, так как дно их быстро забивается осадками, и дренаж перестает действовать. Поэтому в них скопляются за зимнее время большие количества непереработанных осадков, которые летом



Черт. 237.

используются для сельскохозяйственных культур. При этом следует заметить, что утилизация всего скопленного за зиму слоя осадков в пределах территории самих бассейнов представляется практически невозможной, вследствие чего их избыток приходится развозить для удобрения отдельных участков или откосов дорог, что

требует значительных расходов. Кроме того, устройство накопных бассейнов, занимающих огромные площади, ведет к сильному распространению *запахов по всей территории*, что заставляет помещать их по возможности дальше от жилых построек. Вследствие этих причин на родине накопных бассейнов—Германии они в большинстве случаев (Берлин) превращены в обыкновенные участки для орошения. К тому же выяснилось, что сточные воды на полях орошения имеют температуру большую 0° (от 5°—10° С), что создает возможность фильтровать сточные воды через слои почвы, но при условии напуска более значительных количеств воды, вследствие чего снег и лед тают, и сточные воды проходят через почву. Но в дни больших морозов всякая фильтрация сточных вод прекращается и заменяется *послойным намораживанием* сточной воды. На черт. 236 показан один из участков полей орошения в зимнее время.

На северо-американских фильтрационных полях, которые устроены в местностях с очень суровой зимой, в большом употреблении другой способ зимнего орошения—это *орошение глубокими бороздами*. Как видно из черт. 237, образующийся на поверхности борозд лед, защищая почву от промерзания, дает полную возможность производить почвенную фильтрацию. Этот способ был испытан и у нас, в СССР, на московских полях орошения, но был оставлен из-за его дороговизны.

§ 6. Работа полей орошения и фильтрационных полей. При пропускании сточных вод через слои почв на полях орошения все частицы, размер которых меньше размеров пор грунта, механически задерживаются, при чем в дальнейшем часть задержанных частиц ассимилируется растениями, а часть по теории Дунбара (глава XV) подвергается био-химическим изменениям. В результате этих процессов химический состав сточных вод совершенно изменяется, удовлетворяя в этом отношении самым строгим гигиеническим требованиям.

Для характеристики состава очищенной воды на полях орошения приведены данные о составе дренажных вод на полях орошения гг. Бреславля и Москвы <sup>1)</sup> (таблицы XLIV и XLV).

Таблица XLIV.

В мг на л	Неочищенная сточная вода, поданная насосной станцией	Дренажная вода в конечных пунктах полей орошения
Растворенных частиц . . . . .	997	678
из них органических . . . . .	300	83
" минеральных . . . . .	697	595
Аммиака . . . . .	111	6,4
Хлора . . . . .	183	128
Азотной кислоты . . . . .	—	27,7
Серной кислоты . . . . .	129	125
Извести . . . . .	95	114
Магнезии . . . . .	25	25
Общая жесткость . . . . .	9,7	11,4
Окисляемость . . . . .	341	47

<sup>1)</sup> Анализы дренажных вод на полях орошения Берлина и Парижа можно найти в сочинениях проф. Calmette: Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout, Vol II, 1907.

Из таблицы XLIV можно видеть, что в сточной воде г. Бреславля <sup>2)</sup> после очистки на полях орошения произошло значительное уменьшение органических веществ до 72%, уменьшение аммиака до 94% и окисляемости до 86%. В то же время, как результат процессов минерализации в дренажных водах, появилась азотная кислота, количество хлора уменьшилось на 30%, жесткость несколько повысилась, а способность к загниванию очищенной сточной воды совершенно исчезла, вследствие чего дренажные воды с полей орошения Бреславля могли быть легко спущены в протоки с небольшими расходами. Обращаясь к таблице XLV, мы видим, что состав дренажных вод с московских полей орошения лучше состава воды в р. Плинтовке, в которую они отводятся, и р. Москвы, в которую впадает р. Плинтовка. Подобные результаты очистки получаются на всех хорошо эксплуатируемых полях орошения. Так, напр., в Берлине окисляемость в дренажных водах понижается на 89,9%, а количество аммиака на 97,7%, Брауншвейге — окисляемость на 85,1%, и аммиака на 97,1% а в Одессе окисляемость на 98,9%, и аммиака на 98,3%.

Таблица XLV.

В мг на л	Неочищенная сточная вода	Дренажная вода	Воды реки Плинтовки		Воды реки Москвы	
			Выше полей	Ниже полей	Выше полей на 426 м	Ниже полей на 426 м
Взвешенных веществ при 100° С . . . . .	703,4	0,0	3,2	24,4	6,9	26,5
Тоже после прокаливания . .	110,8	0,0	3,2	8,7	4,1	19,8
Сухого вещества при 100° С .	763,1	163,0	207,2	559,2	300,3	285,2
Тоже после прокаливания . .	421,1	74,8	149,2	297,1	174,3	176,4
Хлора . . . . .	160,0	12,3	14,5	85,4	24,1	26,0
Серной кислоты . . . . .	180,1	11,9	20,5	52,9	18,8	18,5
Фосфорной кислоты . . . . .	20,2	0,0	с	л	е	д
Общее количество азота . . .	106,4	17,1	6,8	19,9	5,3	8,8
Азота органических веществ .	14,2	—	2,6	2,7	0,4	1,9
Азотной кислоты . . . . .	5,1	52,4	5,4	28,9	7,4	8,8
Аммиака . . . . .	110,4	4,3	3,4	11,8	3,6	5,6
Азотистой кислоты . . . . .	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Окисляемость . . . . .	41,4	0,8	4,8	13,2	6,9	7,6

Для того, чтобы судить об изменении химического состава сточных вод после пропуска чрез *фильтрационные поля*, приведем таблицу XLVI, показывающую состав очищенных сточных вод на американских фильтрационных полях в штате Массачусетс в 1903 году.

Из этой таблицы можно заключить, что *результаты очистки с химической точки зрения вполне удовлетворительны* на большинстве американских фильтрационных полей.

<sup>2)</sup> Breslauer Statistik, Bd XXVIII, Heft 2.

Т а б л и ц а XLVI.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Среднее количество сточных вод, выпускаемых на га в куб. м	В миллиграммах на литр										Уменьшение аммиака в %		Уменьшение окисляемости в %
		Остаток после пропаривания	Аммиак		Хлор	Азот в		Потребление кислорода	Жесткость в нем. град.	Железо	Свобод.	Альбум.		
			свободный	альбуминный		нитратах	нитратах							
Concord . . . . .	945	17,56	0,00	0,01	2,59	0,85	0,00	0,11	5,1	0,00	99,8	93,9	91,9	
Brockton . . . . .	409	53,17	0,23	0,02	11,13	3,08	0,01	0,33	3,6	0,06	95,8	98,9	98,5	
Spencer . . . . .	403	17,95	0,15	0,02	3,16	0,37	0,02	0,33	6,1	0,35	91,8	96,6	92,9	
Framingham . . . . .	328	28,51	0,22	0,02	5,17	0,99	0,02	0,26	6,4	0,04	93,2	97,6	94,4	
Stockbridge . . . . .	375	19,95	0,10	0,02	1,81	0,16	0,00	0,30	9,8	0,13	91,6	89,6	79,9	
Marlborough . . . . .	998	27,05	1,24	0,06	5,97	0,35	0,03	0,73	6,3	0,30	60,7	88,5	83,6	
Andover . . . . .	342	26,07	1,10	0,07	5,37	0,83	0,02	0,74	4,8	0,31	77,1	90,0	84,9	
Gardner (Templeton system) . . . . .	1110	25,69	0,78	0,07	3,04	1,52	0,02	0,58	5,8	0,04	76,2	91,3	90,4	
Clinton . . . . .	334	41,66	1,02	0,08	5,55	0,44	0,02	0,12	6,4	1,20	74,8	91,9	90,1	
Leicester . . . . .	556	23,67	0,71	0,08	3,94	0,91	0,04	0,96	4,7	0,10	73,5	83,8	81,1	
Gardner (Gardner system) . . . . .	1208	23,48	1,80	0,08	3,02	0,04	0,00	1,07	6,1	1,36	26,6	86,0	78,3	
Westborough . . . . .	705	15,54	0,64	0,08	0,22	0,36	0,05	0,73	3,8	0,05	61,8	84,3	79,4	
Hopedale . . . . .	652	23,39	1,04	0,09	2,49	1,59	0,03	0,72	5,3	0,02	53,0	73,9	75,8	
Natick . . . . .	510	20,62	0,62	0,03	4,04	0,22	0,02	0,44	5,8	0,23	58,4	90,0	86,5	
Pittsfield . . . . .	672	33,38	0,26	0,04	2,29	0,66	0,02	0,44	13,1	0,23	82,0	96,3	95,2	
Southbridge . . . . .	483	10,96	0,39	0,04	1,74	0,20	0,01	0,38	3,1	0,03	80,2	91,4	91,0	

Несколько слабее работа фильтрационных полей в городах Hopedale, Gardner и Westborough, что легко объясняется местными условиями. В г. Hopedale нормальная суточная нагрузка на га в дождливую погоду, несмотря на применение неполной раздельной системы, доходит до 1 500 куб. м на га вследствие проникновения грунтовых вод в стыки канализационной сети. В г. Gardner нормальная нагрузка 1 110—1 200 куб. м на га, т. е. превышает предельную суточную норму для американских городов в 1 000 куб. м на га. В г. Westborough неудача при очистке сточных вод объясняется неправильной эксплуатацией фильтрационных полей, при которой ближайшие к приводному каналу участки орошаются значительно чаще, чем остальные.

С бактериологической точки зрения работа полей орошения и фильтрационных полей является *наилучшей из всех способов очистки*: процент уменьшения бактерий превышает 99%. Так, по данным Schottelius на полях орошения Фрибурга количество бактерий в дренажной воде составляло всего 6700 бактерий в 1 куб. м вместо 790 600 бактерий в неочищенной сточной воде, т. е. процент уменьшения количества бактерий здесь достигал 99,2. По исследованиям Beckurt и Blasius на полях орошения Брауншвейга вместо 2 000 000 бактерий в 1 куб. см количество бактерий в дренажной воде достигало 99,7%. По работам Salkowsky на берлинских полях орошения процент уменьшения бактерий достигнут 99,9. Средние абсолютные количества бактерий по отчету 1903 г. в дренажной воде 6 берлинских полей орошения колеблются от 2 207 (Falkenberg) до 86 320 (Grossbeeren) бактерий в 1 куб. см. Парижские поля орошения, работая вследствие благоприятных почвенных условий вполне удовлетворительно, в некоторых случаях дают сильные колебания в количестве бактерий в дренажной воде. Так, напр., на полях Mery-Pierrelaye количество бактерий с. 200 в некоторые дни увеличивалось до 39 785 и даже 161 780 бактерий в 1 куб. см. На одесских полях орошения процент уменьшения бактерий в 1927 г. достигает 99,6 по данным инж. А. А. Генслера.

Подобно полям орошения, дренажные воды фильтрационных полей также почти освобождены от бактерий. Так, напр., на фильтрационных полях г. Броктона (Сев. Амер.) получается дренажная вода, в которой количество бактерий уменьшается на 99,5—99,9% сравнительно с количеством, содержащимся в сточной воде.

Несмотря на столь выдающиеся результаты работы полей орошения и фильтрационных полей, *дренажные воды не могут быть признаны пригодными для питья*. Так, по наблюдениям Dupbar и Houston, в дренажных водах самых лучших полей орошения и фильтрационных полей нередко встречаются *кишечные палочки* (*bacillus coli*), что, по мнению гигиенистов, дает возможность предполагать, что и возбудители других болезней (брюшного тифа, холеры), могут без ослабления их вирулентности попасть в водные протоки. Далее, исследованиями Marchoux в Париже было отмечено, что потребление населением сырых продуктов с полей орошения ведет к появлению эпидемий *возвратного тифа*. Кроме того, для получения хороших результатов при очистке сточных вод на полях орошения необходима их *правильная эксплуатация*, при которой должно быть на первый план выдвинуто *санитарное значение полей орошения*, а не использование сточных вод с *сельско-хозяйственной точки зрения*. Так, при преимущественном использовании полей для сельск. - хозяйства нередко может быть выгодным спускать сточные воды помимо полей орошения в водные протоки, так как в данный момент избыток воды может оказаться вред-

ным для роста растений. Не требуется доказывать, что при подобном ведении дела *санитарное значение полей орошения сведется к нулю*. Такие явления и имеют место на тех полях орошения, где городскими управлениями сдаются в аренду *отдельные участки полей* (Париж, Киев), так как для арендаторов естественно на первом плане стоят заботы о прибыли на затраченный труд и капитал, а не получение безвредного с санитарной точки зрения продукта. С этой точки зрения *фильтрационные поля представляют больше гарантии, чем поля орошения*, так как они служат исключительно для санитарных целей.

При рассмотрении вопроса о работе полей орошения и полей фильтрационных естественно возникает вопрос, не представляется ли опасным с гигиенической точки зрения существование огромных площадей, орошаемых систематически сточными водами, для рабочих и окружающего населения. На этот вопрос приходится ответить отрицательно, так как до настоящего времени не удалось доказать, что поля орошения и фильтрационные поля способствовали возникновению эпидемий. Наоборот, многочисленные исследования Carpenter, Bertillon, Weyl и др. показывают, что на правильно эксплуатируемых полях орошения здоровью рабочих не угрожает никакая опасность, так как по статистическим данным *заболеваемость и смертность среди рабочих не отличается от заболеваемости и смертности окрестного населения*. Но при неосторожном употреблении рабочими дренажной воды для питья могут возникнуть желудочные заболевания (дизентерия, брюшной тиф, холера).

Далее, следует еще иметь в виду, что поля орошения и фильтрационные поля издают неприятный запах, который усиливается, если сточные воды подводятся к *полям орошения или фильтрационным полям в загнившем виде*. Запах увеличивается также в сырую погоду и при перегрузке полей орошения и при попутном ветре может достигать городских кварталов (Париж).

Поэтому нам представляется более рациональным окружать поля орошения и фильтрационные поля *хвойными деревьями и обсаживать деревьями все дороги*, служащие для передвижения по территории этих очистных сооружений.

## ГЛАВА XVII.

### Искусственные биологические способы очистки сточных вод. Материалы для загрузки биологических фильтров

§ 1. Материалы для устройства заливных и капельных биологических фильтров. В биологических фильтрах вместо естественных почв для очистки сточных вод пользуются искусственно подготовленными материалами, которые нагружаются в бассейны или насыпаются слоем известной толщины на непроницаемое дно. Прежде чем перейти к оценке каждого из вошедших в практику родов загрузочных материалов, рассмотрим сначала те общие условия, при соблюдении которых они могли бы лучше всего удовлетворять своему назначению.

Материалы, употребляемые для загрузки биологических фильтров, должны состоять из твердых кусков неправильной формы, с шероховатой поверхностью, обладать способностью сопротивляться разрушающим действиям сточной воды и морозов и стоить по возможности недорого; кроме того, в целях лучшей очистки желательно, чтобы загрузочный материал имел бы в своем составе железо. В самом деле, в случае употребления мягкого материала нижние слои его будут раздавливаться под давлением загрузки и воды и постепенно разрушаться от выветривания; вследствие этого раздавленные куски будут попадать в промежутки загрузочного материала и сцепляться с задержанными на нем частицами, что, в свою очередь, поведет к полной закупорке всего биологического фильтра. Далее, при пользовании гладким загрузочным материалом, состоящим из закругленных элементов, процессы задержания частиц на загрузке фильтров будут протекать менее интенсивно, так как здесь элементы загрузки имеют меньшую поверхность соприкосновения со сточными водами и вследствие гладкости своей поверхности не вызывают столь быстрого образования увлажнительной пленки, как это имеет место при употреблении шероховатого материала.

Наконец, при выборе материала для загрузки биологических фильтров стремятся выбрать из равных по качеству материалов тот, который с доставкой на место будет дешевле, что, в свою очередь, помимо своей стоимости на месте будет зависеть от веса 1 куб. ед. материала и расстояния пункта нахождения материала от пункта производства работ. Этим легко объясняется, что при постройке биологических фильтров делали попытку удешевить стоимость материала, пользуясь для этой цели теми материалами, которые имеются на местах производства работ.

Так, напр., в Манчестере и др. пунктах Англии пробовали применять для загрузки биологических фильтров обожженную глину, но этот опыт оказался неудачным. При производстве опытов было найдено, что обожженная глина при переменном смачивании сточными водами во время заливания фильтров и высушивания во время отдыха дает тончайшую пыль, которая, соединяясь с задержанными частицами, постепенно закупоривает все поры фильтра, т. е. делает его совершенно непригодным к дальнейшей работе.

По этой же причине в угольных районах пробовали употреблять в качестве грузочного материала уголь. Так как уголь быстро слеживался вследствие недостаточной его твердости, то и этот материал не получил широкого распространения.

*Для загрузки биологических фильтров пользуются на практике шлаками различных производств, коксом, кирпичным щебнем, естественными твердыми породами и пр.*

При употреблении *шлаков* для биологических фильтров следует серьезно считаться с качествами материала, так как вследствие разнообразия в составе сжигаемых в печах продуктов шлаки могут сильно отличаться друг от друга. При этом главное внимание следует обратить на способность шлаков к *раздавливанию*, что обуславливается, главным образом, их химическим составом. Так, напр., шлаки, содержащие в своем составе известь или серу, не годятся для загрузки биологических фильтров. Сера при смачивании сточными водами переходит в сероводород, а известь — легко расширяется в объеме; благодаря этому подобные шлаки легко разрушаются. Также шлаки, получающиеся от обжига кирпича, не должны иметь раковин, так как они представляют собой слабые части, легко поддающиеся размыванию. *Наилучшими* по своим качествам являются *шлаки*, получающиеся от *старых доменных печей*, так как они здесь лучше остекловываются и делаются тверже, чем в печах новейшей конструкции; кроме того, в подобных шлаках содержатся достаточные количества железа. Далее, в некоторых городах Англии (Hanley, Newcastle, Tenton) применяли для загрузки биологических фильтров с большим успехом *шлаки, получающиеся при обжиге фарфоровой глины (saggars, töpfereiabfälle)*. Так как для обжига фарфоровых изделий требуется высокая температура, то шлаки получают достаточно твердыми, будучи при этом пористыми и шероховатыми. Наконец, говоря о применении шлаков для биологических фильтров, нельзя не упомянуть о *шлаках с мусоросжигательных печей*. Это является особенно выгодным, если мусоросжигательная и очистные станции построены на одной территории, так как, помимо использования шлака, мусоросжигательные печи могут отдавать тепловую энергию для приведения в действие всех двигателей очистной станции и освещения станционной территории со всеми находящимися на ней постройками (Детское Село).

*Кокс*, получающийся как лишний продукт *газовых заводов*, может быть приобретен по низкой цене в местностях, соседних с большими городами. К числу его недостатков следует отнести *способность всплывать при затоплении его водой*, что, естественно, делает этот материал непригодным для *заливных фильтров*.

*Кирпичный щебень*, приготовляемый из лучших сортов клинкера, представляет собой вполне подходящий материал для загрузки биологических фильтров, если он обладает достаточной твердостью. В противном случае куски клинкера плохо очищаются от пыли, которая во время смачивания щебня водой легко к нему прилипает.



Из твердых пород, нашедших себе применение для загрузки биологических фильтров, следует указать на *песчаник, гранит и шифер*.

Но все эти материалы могут быть употреблены в дело только тогда, когда они находятся недалеко от места производства работ. В противном случае стоимость их значительно повышается благодаря увеличению расходов на перевозку тяжелого груза на значительные расстояния.

*Песчаник* нашел себе применение в английском городе Carlisle, но при испытании этот материал не оказался пригодным вследствие развития на его поверхности мха, который способствовал быстрой закупорке загрузки биологического фильтра.

*Гранит* применялся с успехом для заливных фильтров в Nuneaton и для капельных в Birmingham и Kenilworth (Англия). На этих установках выяснилось, что необходимо брать для загрузки невыветрившиеся слои породы, свободные от пыли, трухи и глины; твердость гранита не оставляла желать ничего лучшего.

*Шифер* применяется в виде пластин толщ. 10 см в пластинчатых заливных окислителях Dibdin'a (см. главу XII) и вполне удовлетворяет предъявляемым к загрузочным материалам требованиям. Главным препятствием к его распространению является высокая стоимость, связанная с большой стоимостью транспорта вследствие редкого нахождения этого материала в природе.

Помимо естественных материалов, для загрузки биологических фильтров применяют и искусственные материалы, содержащие в своем составе *железо*. Из таких материалов некоторым распространением в Англии пользуется *поларит* (polarite) или *карбо-феррит* (carbo-ferrite), слои которого толщиной 0,20—0,25 м обыкновенно вводятся в загрузку биологических фильтров (Hyde, Failsworth, Swinton и др.).

В заключение настоящего параграфа следует упомянуть, что делались попытки применить для биологических фильтров *песок и гравий*, но эти попытки не увенчались успехом по следующим соображениям. Слои *песка* вследствие незначительного размера составляющих его зерен и большой нагрузки на ед. поверхности сравнительно с полями орошения быстро заволакивались отлагающимися примесями, вследствие чего протекание через них воды совершенно прекращалось. *Гравий* же оказался непригодным, главным образом, из-за того, что составляющие его частицы были слишком закруглены.

**§ 2. Размеры зерен материала для загрузки биологических фильтров.** Для установления надлежащих размеров зерен загрузочного материала биологических фильтров представляется важным выяснить, какую будут иметь водоемкость биологические фильтры, состоящие из кусков определенного размера.

Чтобы подойти к разрешению этого вопроса, сделаем предположение, что все зерна загрузочного материала имеют форму шаров<sup>1)</sup>. Если мы возьмем куб с ребром в 3 м, то его объем будет равен 27 куб. м. Если в этот куб мы вложим шар с диаметром в 3 м, то он займет объем 14,14 куб. м. Отсюда водоемкость данного куба будет 12,86 куб. м. Если мы поместим в том же кубе 27 шаров с диаметром в 1 м, то занимаемый ими объем будет ра-

<sup>1)</sup> Report by colonel T. W. Harding and W. H. Harrison on sewage experiments at Leeds, 1905.

вен  $27 \times 0,5236 = 14,14$  куб. м, т. е. и в этом случае водоемкость материала будет равна 12,86 куб. м, что составляет  $47\frac{1}{2}$  процентов полного объема. Если взять  $31\frac{1}{2}$  шара диам. 1 м, то их объем будет 16,7 куб. м., а водоемкость  $\approx 40\%$ .

Из этих численных примеров можно придти к заключению, что *изменение размеров зерен материала мало влияет на увеличение водоемкости*. Но, с другой стороны, ясно, что *с уменьшением размеров зерен материала увеличивается их общая поверхность*, что, как мы уже знаем, имеет большое значение для увеличения эффекта очистки сточных вод.

В действительности водоемкость загрузочного материала вследствие неправильной формы зерен колеблется в пределах 40—50%, но по истечении четырех-пяти лет работы биологических фильтров падает до 27—33%. При выборе материала для загрузки биологических фильтров можно установить его водоемкость *теоретически*. Для этой цели мы определим объем и вес зерна известного размера; пользуясь этими данными, мы вычислим соответственный диаметр идеального шара того же веса. Зная диаметр шара, мы вычисляем занимаемый им объем, а затем определяем водоемкость подобно предыдущему. Если мы делаем загрузку фильтров из зерен разных размеров, то можем вычислить водоемкость для каждого размера тем же способом, сортируя зерна по их крупности чрез сита с отверстиями определенного размера. В результате мы можем получить %-ные отношения к общему объему для каждого сорта зерен материала. Подобный *механический анализ* загрузочного материала не дает нам точных данных для определения водоемкости, так как мы не знаем, как заполняют поры материала *самые мелкие частицы*. Поэтому и в этом случае было бы полезно установить *продуктивную величину и коэффициент однородности* для загрузочного материала, подобно тому, как это было сделано А. Hazen'ом для песка и гравия. Но за отсутствием подобных исследований для шлаков, кокса и других материалов нам представляется *более целесообразным* подойти к разрешению вопроса о водоемкости *эмпирическим* путем. Для этой цели берем ящик емкостью в 1 куб. м и заполняем его загрузочным материалом, предварительно смоченным для развития адсорбционной способности, и взвешиваем его. Затем напускаем в ящик воду до тех пор, пока вода не покажется на поверхности загрузочного материала; в этот момент мы вновь взвешиваем ящик с материалом. Разница в весах ящика без воды и ящика с водой покажет нам вес, а следовательно, и действительный объем, занимаемый водой.

Помимо определения водоемкости, *взвешивание материала* имеет значение для выяснения *стоимости транспорта материала* от его местонахождения к месту производства работ.

Здесь пользуемся случаем указать, что при приемке загрузочного материала из вагонов следует принимать его *не по весу, а по объему*, так как этот прием лучше гарантирует интересы заказчика. При приемке же материала по весу возможно смачиванием его водой добиться значительного увеличения веса, ведущего к оплате несуществующего в действительности материала.

Вопрос о *выборе размеров зерен загрузочного материала* не может быть разрешен вне зависимости от состава подлежащей обработке сточной воды

(количества взвешенных веществ, степени концентрации и пр.) и рода фильтров (заливных или капельных). Чем *меньше* содержится в сточных водах *взвешенных веществ*, что, как нам известно, зависит от степени их *предварительной обработки*, тем *мельче* могут быть выбраны *зерна загрузочного материала*. Выбор же небольших размеров зерен обеспечивает нам увеличение поверхности соприкосновения сточных вод с загрузочным материалом, что, в свою очередь, ведет к увеличению эффекта очистки. Но, с другой стороны, стремление уменьшить размеры зерен имеет свой предел, так как при очень мелком материале сточные воды вследствие сильного проявления капиллярных действий не будут вытекать полностью при спуске сточных вод из заливных фильтров, что нарушает ход аэрации во время периодов их отдыха.

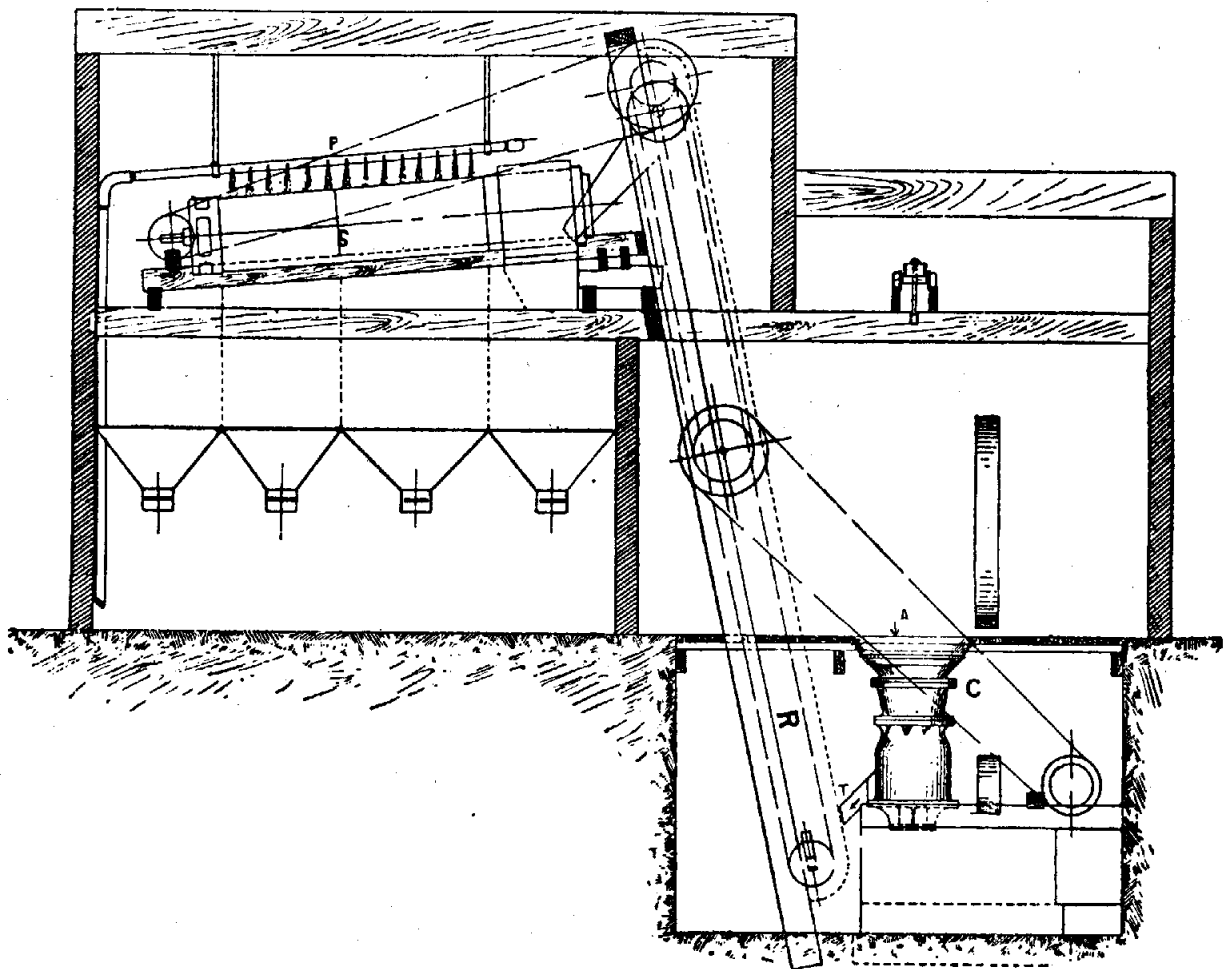
Помощью вышеприведенных соображений размеры зерен для *заливных* фильтров выбираются сообразно принимаемому для данного случая числу ступеней. Если заливные фильтры имеют одну ступень, то зернам придаются небольшие размеры от 3 до 8 мм; в случае же устройства двух ступеней первая ступень имеет размеры *зерна в 10—25 мм, а вторая 5—10 мм*. Для *капельных* фильтров размеры зерен выбираются в более широких пределах от 6 до 75 мм, а в некоторых случаях и до 100 мм. Это делается по тем соображениям, что здесь, благодаря их конструкции, сточные воды, протекая непрерывно чрез фильтры, очищаются лишь вследствие соприкосновения их с загрузочным материалом, т. е. здесь эффект очистки зависит от длины фильтра и от времени контакта, так как в этом случае аэрация задержанных частиц происходит беспрепятственно. На эти нормы не следует смотреть, как на абсолютные, а лишь как на общие цифры, которыми следует руководствоваться при проектировании подобных сооружений.

### § 3. Подготовка материала для загрузки биологических фильтров.

Так как результат очистки сточных вод, помимо многих вышеуказанных факторов, зависит от степени однородности их материала, то последний перед загрузкой должен быть *тщательно отсортирован и очищен от пыли*. *Сортировка* загрузочного материала производится посредством просеивания его чрез грохоты с круглыми отверстиями заданной величины, при чем одновременно производится и обмывание его в целях очищения от пыли. *Просеивание* загрузочного материала лучше всего делать *на месте производства работ*, так как при перевозке подготовленного материала возможно его дальнейшее измельчение. Сортировка и промывка являются достаточными при применении таких материалов, у которых куски имеют размеры, близкие к требуемым. К таким материалам нужно отнести большинство шлаков и кокс. В случае же использования для загрузки биологических фильтров каменных пород или шлаков крупных размеров необходимо к операциям по сортировке и промывке присоединить еще операцию по *раздроблению загрузочного материала на куски, близкие к заданным размерам*.

В настоящее время *раздробление* твердых материалов желательно производить *не вручную*, а посредством *механических дробилок*. Подобное *механическое* дробление имеет то преимущество пред ручным, что, помимо экономических выгод, позволяет работу по подготовке загрузочного материала выполнить в *более короткий срок*.

Для механического дробления в Англии употребляются *конические камнедробилки*. Они представляют собой коническую воронку, внутри которой вращается насаженная эксцентрически ось; на этой оси надет конус для дробления материала. Таким образом, в этом типе дробление производится посредством двух конических поверхностей (неподвижной наружной и внутренней подвижной). Материал поступает в верхнюю часть камнедробилки и, вследствие эксцентрического вращения конической оси, по мере движения книзу раздробляется на более и более мелкие куски. Коническая камнедробилка может размалывать твердые породы или шлаки на куски от 50 мм и менее и дает немного пыли. Раздробленный материал из камнедробилки поступает в наклонные *грохоты*, где одновременно с просеиванием производится и *промывка*.



Черт. 238.

*Грохоты* обыкновенно располагаются на такой высоте, чтобы промытый и просеянный материал чрез воронки непосредственно падал бы в вагонетки. Подобная установка показана схематически на черт. 238. Здесь *камнедробилка С* установлена в углублении на особом фундаменте, так что ее приемная воронка находится в уровне с полом; раздробленный материал по наклонному рукаву *T* поступает в черпаки *нории R*, которая в свою очередь передает его во вращающийся грохот *S* с отверстиями; во время вращения грохота производится обмывание кусков материала напорной водой из трубы *P*, снабженной рядом отверстий. Из грохота просеянный и промытый материал

спускается через воронки в вагонетки (не показанные на черт. 238), которые подвозятся к фильтрам. В результате работы конической камнедробилки получается кусков диаметром:

3 мм (включая и пыль)	10 %
6 "	20,5 %
9 "	13,07%
12,5 "	13,63%
18 "	19,20%
25 "	11,50%

*Стоимость механического раздробления и просеивания по английским данным не превышает 1 коп. с пуда материала по довоенным ценам.*

## ГЛАВА XVIII.

### Искусственные биологические способы очистки сточных вод. Заливные окислители

§ 1. Общие соображения о работе заливных окислителей. *Заливные (контактные) биологические окислители* представляют собой кирпичные, бетонные или железобетонные резервуары, заполненные фильтрующим материалом, состоящим из зерен определенного размера. В эти резервуары напускаются сточные воды после известной предварительной обработки до полного наполнения фильтров сточной водой, затем фильтры стоят некоторое время наполненными и, наконец, выпускаются в течение известного промежутка на новый заливной фильтр с мелкозернистым материалом. После спуска сточных вод заливные фильтры некоторое время не подвергаются новому заполнению, как бы „отдыхают“, для того, чтобы дать доступ воздуху, необходимому для работы аэробных бактерий. Таким образом, для работы заливных фильтров приходится затратить известное время на его *наполнение, стояние наполненным, выпуск сточных вод и отдых. Величина времени, необходимого для этих манипуляций, зависит от числа наполнений в день.* В настоящее время установлено, что число наполнений не должно быть больше двух в сутки, так как опыты стремя наполнениями оказались неудачными. При трех наполнениях в сутки наступало быстрое уменьшение водоемкости и заиливание заливных фильтров, чем парализовалось преимущество этого приема—повышение почти в  $1\frac{1}{2}$  раза производительности фильтров. Поэтому по современным взглядам считается необходимым для всего цикла операций *при двух наполнениях* затрачивать на *наполнение  $1\frac{1}{2}$ —2 часа, на стояние наполненным 2 часа, на опорожнение 1—2 часа* и на *отдых от 4 до 12 часов.* Последняя норма применяется для второго заполнения фильтра, так как это дает возможность исключать заливные фильтры из работы в ночное время, в течение которого сточные воды могут скопляться в сооружениях для предварительной обработки сточных вод или сборных бассейнах. Заливные фильтры очень редко устраиваются в виде одной параллельной серии бассейнов (*одной ступени*), а обыкновенно из первой серии фильтров сточные воды спускаются еще на вторую серию заливных фильтров с зернами меньшего размера (*вторая ступень*), подвергая таким образом сточные воды двойному соприкосновению с фильтрующим материалом (*двойной контакт*). В исключительных случаях (Bradford, Oldbury, Hampton on Thames) устраиваются и три ступени (тройной контакт), применяя для окислителей третьей ступени песок или гравий. При определении количества загрузки

зочного материала для *двухступенчатых* заливных фильтров необходимо иметь в виду, что водоемкость вторичного заливного окислителя, как состоящего из мелкозернистого материала, будет меньше, чем в первичном окислителе. Поэтому приходится во вторичном окислителе придавать фильтрам или большую толщину, или же делать добавочные фильтры. Заливные окислители состоят всегда из нескольких отделений, число которых не должно быть менее двух. Соблюдение этого правила дает гибкость всему сооружению, благодаря чему можно легко регулировать работу фильтров сообразно нагрузке.

Так как заливные фильтры устраиваются в открытых непроницаемых бассейнах, то представляется весьма важным выяснить, как влияет зима на происходящие в фильтрах био-химические процессы. Вообще в зимнее время сточные воды имеют меньшую температуру, что объясняется понижением температуры водопроводной воды. Фабричные сточные воды при введении их в общую канализационную сеть всегда обуславливают повышение ее температуры. Так, напр., на московской биологической станции в нижних слоях заливных фильтров температура их не падала ниже  $+5,5^{\circ}\text{C}$ . В холодную погоду вследствие понижения температуры притекающей на заливные фильтры сточной воды замечается некоторое ослабление био-химических процессов и ухудшение результатов очистки, при продолжительных же морозах в течение нескольких дней подряд наблюдается *обмерзание поверхностного слоя*, которое не распространяется вглубь благодаря притоку сточной воды, температура которой все же не спускается ниже  $+5^{\circ}$ . Для борьбы с обмерзанием поверхностного слоя фильтров делали в Accrington и Leeds опыты по подогреванию сточной воды, но они не имели успеха вследствие больших затрат на топливо. Поэтому вместо подогревания притекающей воды покрывают *поверхность контактных окислителей защитным слоем щебня*, под которым уже производится напуск сточных вод, или прикрывают *слоями торфа, досками, соломенными матами, торфяными досками и т. п.*; впрочем, к последнему приему следует прибегать только в крайнем случае, так как при его применении прекращается доступ воздуха к окислителям, и очистка сточной воды ухудшается.

Говоря о работе заливно-биологических фильтров, следует иметь в виду, что они могут давать полный эффект очистки не сразу после момента пуска их в работу, так как для того, чтобы фильтры вработались или „созрели“, необходимо известное время. Это время зависит от местных условий и колеблется по данным Schiele<sup>1)</sup> от двух недель до пяти месяцев. Для сокращения периода созревания представляется более выгодным пускать заливные фильтры в работу в *летнее время*. Также полезно во время созревания фильтра нагружать его меньшим количеством сточной воды, чем при нормальной работе. В этих же целях для скорейшего разведения микроорганизмов на фильтрах возможно их искусственное культивирование<sup>2)</sup>.

**§ 2. Определение основных размеров заливных биологических окислителей.** Для определения основных размеров заливных биологических фильтров нам необходимо прежде всего установить *количество потребного для*

<sup>1)</sup> Schiele, Abwässerbeseitigung von Gewerben und gewerbereichen Städten.

<sup>2)</sup> Аверкиев, Процессы нитрификации при искусственных культурах аэробных микроорганизмов при очистке и обезвреживании сточных вод биологическим способом.

*сточных вод материала.* Разрешение этого вопроса не может быть математически точным вследствие разнородности факторов для каждого данного случая, обуславливающих собой потребность в том или ином количестве материалов. Поэтому наилучшим способом, в особенности при применении каких-либо новых материалов, является постройка небольших *опытных* фильтров и систематическое наблюдение за их работой. Но этот прием может быть использован лишь при условии постройки очистных станций после постройки канализационной сети, как это обыкновенно имеет место за границей и у нас в некоторых городах (Киев, Самара). Но, если приходится проектировать одновременно и канализационную сеть и очистные сооружения, то приходится подсчитывать а priori и количество материала.

*Факторы, которые обуславливают собой выбор нормы для обезвреживания 1 куб. м сточных вод, следующие:*

1) *система канализации*, так как при общесплавной системе расход сточных вод, подлежащих обработке, может возрасть в 2—3 раза в зависимости от коэффициента разжижения стока;

2) *состав сточных вод*, который колеблется в течение дня (глава II);

3) *способ предварительной обработки* (глава XI и XII);

4) *характер того протока*, в который предполагается спускать сточные воды;

5) *температура воздуха* в зимнее время, так как охлаждение его понижает работу окислителей.

В виду невозможности точно учесть все эти факторы довольствуются общими нормами для нагрузки на заливные фильтры, исходя из данных опыта. Подобные нормы отнесены различными исследователями к разным единицам: к единице площади фильтра, к количеству материала на жителя и, наконец, к куб. содержанию фильтра. Самой правильной является последняя норма, так как при первой не учитывается высота фильтра; второй нормой можно руководствоваться лишь при указании водопотребления одним жителем в сутки. Для *неполных раздельных систем* при употреблении шлака или кокса *проф. Thumt*<sup>2)</sup> дает для очистки 1 куб. м сточных вод обычного состава на заливных фильтрах следующие нормы для фильтрационного материала: 1,7 куб. м для *одноступенчатых* и 2,2 куб. м для *двухступенчатых*. Нормы Thumt'a построены на водоемкости фильтров в 30% и легко могут быть выведены теоретически. В самом деле, в 1 куб. м материала может поместиться  $0,3 \frac{n}{z}$  куб. м сточной воды, где  $n$ —число наполнений в сутки и  $z$ —число ступеней;

отсюда для очистки 1 куб. м сточных вод требуется  $3,33 \frac{z}{n}$  куб. м.

При  $n=2$  и  $z=1$  мы имеем 1,67 или  $\approx 1,7$  куб. м., а при  $n=3$  и  $z=2$ —2,22 или  $\approx 2,20$  куб. м. *Инж. Schiele*<sup>1)</sup> для английских очистных станций приводит следующие нормы для очистки 1 куб. м сточных вод: для *одноступенчатых окислителей*—1,5 куб. м, а для *двухступенчатых*—2 куб. м. Эти

<sup>2)</sup> *Thumt*, Augenblicklicher Stand der Abwasserreinigung nach dem sogenannten biologischen Verfahren, Mitt. d. Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, 1905.

<sup>1)</sup> *Schiele*, Abwässerbeseitigung von Gewerben und gewerbereichen Städten, 1909.



нормы построены на водоемкости окислителя в 33% и могут быть допущены в случае более тщательной предварительной обработки сточных вод, что и имеет место в Англии. Инж. Imhoff<sup>2)</sup> на основании изучения 17 немецких биологических станций предлагает норму в 0,13 куб. м материала на одного жителя для предварительно обработанных сточных вод, очистка каковых должна быть доведена до незагниваемости фильтрата. Предлагая свою норму вместо нормы Thumt'a, Imhoff считает возможным при определении количества материала делать сравнительный расчет по обеим нормам, и выбрать для практики то количество материала, которое будет большим.

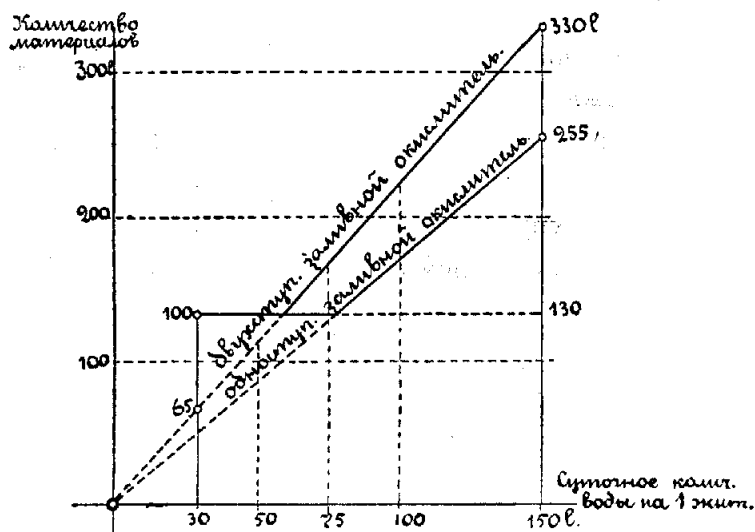
#### Численный пример.

Возьмем город с населением в 20 000 жителей, канализированный по неполной раздельной системе; потребление воды на человека в сутки достигает 90 л. Тогда по норме Thumt'a для одноступенчатого фильтра потребуется  $\frac{1,7 \cdot 20\,000 \cdot 90}{1\,000} = 3\,060$  куб. м, по Imhoff'у  $0,13 \cdot 20\,000 = 2\,600$  куб. м; при двухступенчатом заливном фильтре по Thumt'у  $\frac{2,2 \cdot 20\,000 \cdot 90}{1\,000} = 3\,960$  куб. м, по Imhoff'у по прежнему 2600 куб. м. Так как в обоих случаях нормы Thumt'a выше, то принимаем для одноступенчатого фильтра—3 000 куб. м, для двухступенчатого—4 000 куб. м.

Соотношение изменится, если мы будем иметь дело с небольшими количествами сточных вод. Возьмем город в 10 000 жителей с водопотреблением в 50 л на человека в сутки; для одного контакта по Thumt'у—

$$\frac{1,7 \cdot 10\,000 \cdot 50}{1\,000} = 850 \text{ куб. м; по Imhoff'у—} 10\,000 \cdot 0,13 = 1\,300 \text{ куб. м.}$$

Для облегчения расчетов Imhoff'ом составлен график (черт. 239), по которому можно сразу выбрать расчет, дающий большее количество материала.



Черт. 239.

Из рассмотрения этого графика видно, что при водопотреблении в 60 л для двойного контакта и в 75 л для одиночного—количество материалов при обоих способах подсчета будет одинаково. При меньших водопотреблениях, которые имеют место в небольших городах, следует применять нормы Imhoff'a, а при

<sup>2)</sup> К. Imhoff, Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland, Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin, Heft 7, 1906.

больших—нормы Thumt'a. Нормы Imhoff'a имеют то значение, что на маленьких установках вследствие недостаточного надзора за их работой всегда выгоднее исчислять количество фильтрационного материала несколько шире. Так как при установлении этих норм были для *двухступенчатых* фильтров приняты 3 наполнения в сутки, то при принятии 2 наполнений нормы должны быть увеличены на 50%, т. е. норма Imhoff'a будет равна 0,20 куб. м на человека в сутки, а норма Thumt'a 3,33 или  $\approx 3,3$  куб. м на 1 куб. м сточных вод.

Все эти нормы выведены для шлака и кокса и для сточных вод обычного среднего состава. При употреблении *кирпичного или каменного щебня* они должны быть увеличены на 25—33%. При введении больших количеств фабричных вод эти нормы также должны быть повышены.

Приведенные выше нормы могут быть отнесены и к единице поверхности при установлении средней толщины фильтрационного слоя. Если принять ее равной 1,5 м, то на 1 кв. м поверхности одноступенчатого заливного окислителя по нормам Thumt'a можно будет очистить  $\frac{1,7}{1,5} = 1,13$  и двухступенчатого  $\frac{2,2}{1,5} = 1,47$ , а по нормам Schiele  $\frac{1,5}{1,5} = 1$  и  $\frac{2}{1,5} = 1,33$  куб. м сточных вод.

При применении *общесплавной системы* канализации возникает вопрос об обработке дождевой воды, добавление которой может в несколько раз увеличить количество сточных вод, подлежащих обработке на заливных окислителях.

Если *проток*, в который спускаются очищенные воды из биологических фильтров, обладает достаточной *самоочистительной способностью*, то не следует допускать большого количества дождевой воды на биологические сооружения. В этом случае следует, подражая немецким установкам, устраивать предбиологическими сооружениями *ливнеспуски*, которые начинали бы свою работу при коэффициенте разжижения  $1\frac{1}{2}$ . Ливнеспуски располагаются вслед за теми сооружениями для предварительной обработки сточных вод, где не развиваются гнилостные процессы (песколовки, осадочные бассейны и колодцы, гидролитические танки и т. п., см. главы V, VII, VIII, X и XII).

Наоборот, при *выпуске очищенных сточных вод в маловодные протоки* приходится подвергать *обработке и дождевые воды*, подобно тому, как это принято в Англии. При коэффициенте разжижения 2—3 дождевые воды после их совместной предварительной обработки напускаются на заливные фильтры, на которых вследствие этого число наполнений возрастает. При больших же коэффициентах разжижения приходится устраивать особые заливные фильтры для дождевой воды, описание которых нами будет дано ниже, в главе XXI.

Установив необходимое для данного случая количество фильтрационного материала, мы должны определить внутренние размеры биологических фильтров, т. е. их *высоту, ширину и длину*.

При разрешении вопроса о *глубине* заливных фильтров необходимо иметь в виду, чтобы в них был бы доступ для поступления атмосферного воздуха.

Отсюда становится ясным, что при мелкозернистых материалах глубина должна быть меньше, а при крупнозернистых больше. На основании данных практики рекомендуется выбирать глубину в следующих пределах:

для зерен 25 — 8 мм . . . . .	1,8 — 1,5 м.
„ „ 8 — 5 „ . . . . .	1,5 — 1 „
„ „ 5 — 3 „ . . . . .	1 — 0,5 „

Если нам по местным условиям необходимо несколько выиграть в уклоне, то приходится уменьшать глубину, взамен чего соответственно возрастает общая площадь. В холодном климате значительное уменьшение глубины может вызвать необходимость перекрыть биологический заливной фильтр. Выбрав сообразно нашему заданию глубину и зная кубатуру загрузочного материала, мы легко вычисляем общую площадь, которую и разбиваем на отделения в зависимости от величины этой площади, характера притока сточных вод и строительных сооружений. Форма поперечного сечения обыкновенно делается прямоугольной, что позволяет использование стен одного отделения для другого. Соотношения между шириной ( $x$ ) и длиной ( $y$ ) при наличии нескольких отделений определяются по приведенной в VII главе экономической формуле

$$x = \frac{n+1}{2n} \cdot y \dots \dots \dots (19)$$

Но кроме прямоугольного очертания, на некоторых станциях устраивают фильтры круглого очертания, секториального и пр. Пределом для площади одного отделения можно считать 2 000 кв. м, так как при большей величине было бы затруднительно устраивать распределение на поверхности фильтра и отвод очищенной воды. В целях ознакомления с размерами заливных фильтров приведем в нижеследующей таблице XLVII данные о станциях с заливными фильтрами в различных государствах.

#### Численный пример.

Требуется определить основные размеры заливных ступенчатых окислителей, загруженных шлаком, при суточном расходе в 2 000 куб. м; число наполнений 2, система канализации — неполная раздельная, число жителей 30 000.

Количество фильтрационного материала по нормам Thumm'a будет  $3,3 \times 2\,000 = 6\,600$ , а по нормам Imhoff'a  $0,2 \times 30\,000 = 6\,000$  куб. м. Остановившись на нормах Тумма и распределяя материал между двумя ступенями, получаем для каждой ступени 3 300 куб. м. Принимая для высоты окислителей 1-ой ступени 1,5 м, а второй — 1,2 м, получим общие площади для первой ступени  $\frac{3300}{1,5} = 2\,200$  кв. м и второй  $\frac{3300}{1,2} = 2\,750$  кв. м. Разделим

общие площади на три отделения, тогда площадь отделения 1-ой ступени  $\frac{2200}{3} = 733,33$ ,

а второго  $\frac{2\,750}{3} = 916,66$ . Берем размеры для первичного окислителя  $20 \times 38 = 760$  кв. м >

> 733,33, а для второго  $25 \times 40 = 1\,000$  кв. м > 916,66. Добавляя четвертое отделение, как запасное, получим общую площадь для 4 окислителей  $4(760 + 1\,000) = 7\,040$  кв. м. Так как эта площадь вычислена только для загрузочного материала, то, прибавляя 30% на стенки между отделениями, дороги и пр., получим площадь земли, необходимую для очистной станции,  $7\,040 \times 1,3 = 9\,160$  кв. м или  $\approx 9\,200$  кв. м. В эту площадь не входит потребное количество земли для административных зданий, лабораторий, квартир для рабочих и пр., на что требуется добавить 20—30% вычисленной площади.

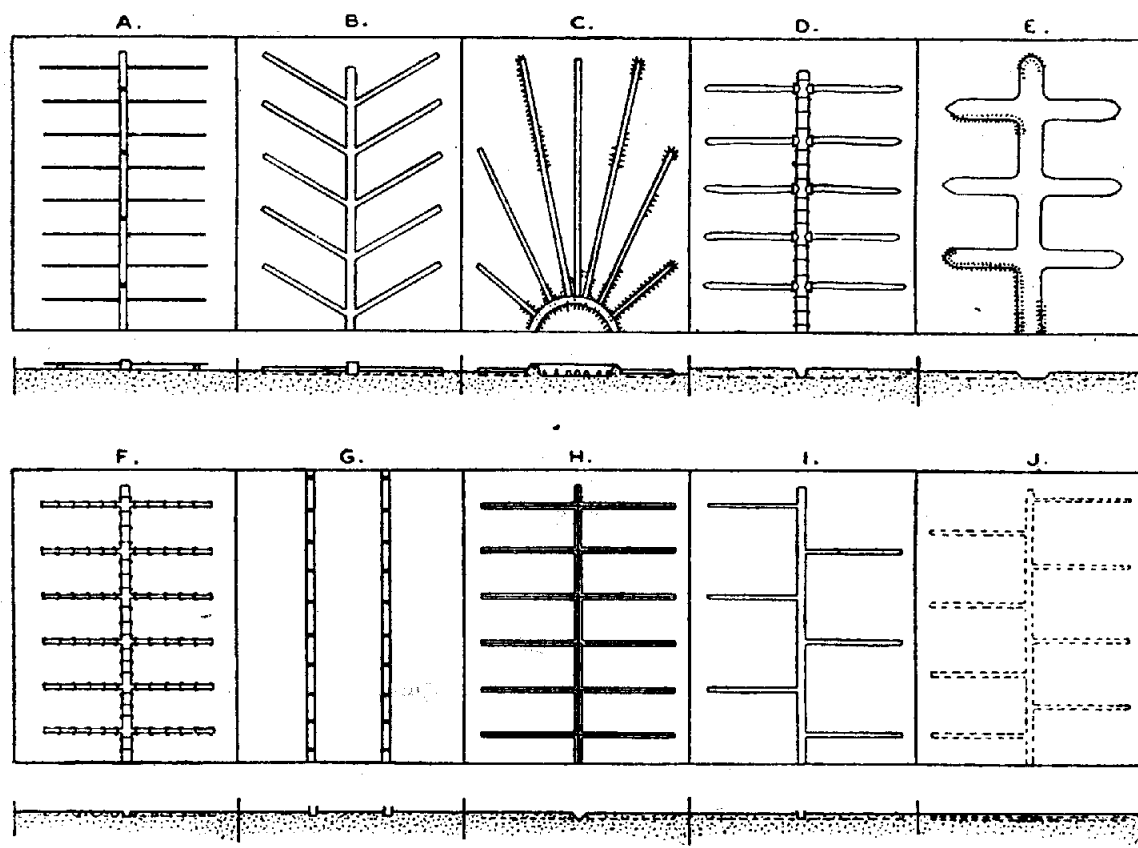
Таблица XLVII.

Название города	Суточный расход сточн. вод в сухую погоду в куб. м	Толщина фильтрационного слоя в м	Число заливн. фильтров			Размеры площади отдел. заливн. фильтр.		
			Первичных	Вторичных	Третичных	Отдельные размеры отделения в кв. м	Площадь отделения в кв. м	Общая площадь всех отделений в кв. м
Andover . . . . .	680	1,20	8	—	—	13,2 × 7,5	99	792
Baden bei Wien . . .	1 200	0,95	6	—	—	39 × 9	351	2106
Brieg . . . . .	2 500	1,05	—	6	—	39 × 9	351	2106
Brieg . . . . .	2 500	1,5	6	—	—	30 × 12	360	2160
Exeter (St. Leonards) .	320	1,5	5	—	—	10,8 × 6 (4 отд.)	64,8	324
Exeter (Main Works) .	5 900	1,35	12	—	—	и 9 × 7,20 (1 отд.)	64,8	324
Exeter (Main Works) .	5 900	1,35	12	—	—	—	836	10032
Calverley . . . . .	55	0,90	3	—	—	8,1 × 11,2	90,7	
Calverley . . . . .	55	0,90	3	—	—	10 × 11,2	112	316,9
Calverley . . . . .	55	0,90	3	—	—	10,2 × 11,2	114,2	
Guildford . . . . .	1 820	0,75	5	—	—	—	335	1675
Guildford . . . . .	1 820	0,75	5	—	—	—	443	2215
Guildford . . . . .	1 820	0,75	5	—	—	—	443	2215
Halton . . . . .	160	1,30	4	—	—	8,4 × 4,8	40,3	161,2
Halton . . . . .	160	1,00	—	5	—	8,4 × 6,4	53,8	269
Hartley Wintney . . .	205	1,20	8	—	—	7,2 × 7,2	51,8	414,4
Hartley Wintney . . .	205	1,20	8	—	—	7,2 × 7,2	51,8	414,4
Hartley Wintney . . .	205	1,20	8	—	—	7,2 × 7,2	51,8	414,4
Hampton . . . . .	860	1,20	5	—	—	15,2 × 10,3	156,6	783
Hampton . . . . .	860	1,20	5	—	—	17,2 × 10,8	185,7	928,5
Merseburg . . . . .	1 200	—	—	—	5	18,7 × 10,8	202	1010
Merseburg . . . . .	1 200	—	2	—	—	15 × 8	120	240
Oswestry . . . . .	1 590	1,35	—	2	—	15 × 22,5	337,5	675
Oswestry . . . . .	1 590	1,35	9	—	—	—	47	423
Toulon . . . . .	11 000	1,25	10	—	—	82,2 × 13,9	1142,6	11426
Toulon . . . . .	11 000	1,25	10	—	—	69,8 × 18,9	1301,2	13012
Withnell . . . . .	26	1,5	2	—	—	9,6 × 3,1	29,8	59,6
Withnell . . . . .	26	1,05	—	1	—	8,7 × 5,4	47	47
Москва . . . . .	6 200	1,5	6	—	—	27 × 27	729	4434
Москва . . . . .	6 200	1,2	—	6	—	27 × 33	991	5946

§ 3. Распределение сточных вод на заливных окислителях. При напуске сточных вод на заливные окислители необходимо стремиться к тому, чтобы *распределение сточных вод было бы по возможности равномерно по их поверхности*, так как в противном случае в пунктах перегрузки возможно быстрое заиливание поверхностных слоев фильтрационного материала. Для выполнения этой задачи довольствуются *устройством на поверхности фильтров сети распределительных желобов*, которые получают воду из распределительного резервуара или приводного канала. При устройстве центрального резервуара или приводного канала по середине длина распределительных желобов значительно уменьшается, благодаря чему ослабляется и разница в силе просачивания сточных вод чрез фильтры. Распределительные желоба устраиваются из пропитанных креозотом досок, разрезных керамиковых труб, железных швеллеров, или вырываются в толще окислителя, при чем их поверхность обсыпается мелкозернистым материалом для предотвращения прохода взвешенных

веществ в тело фильтров. Детали устройства сети распределительных желобов (типы А—J) показаны на черт. 240.

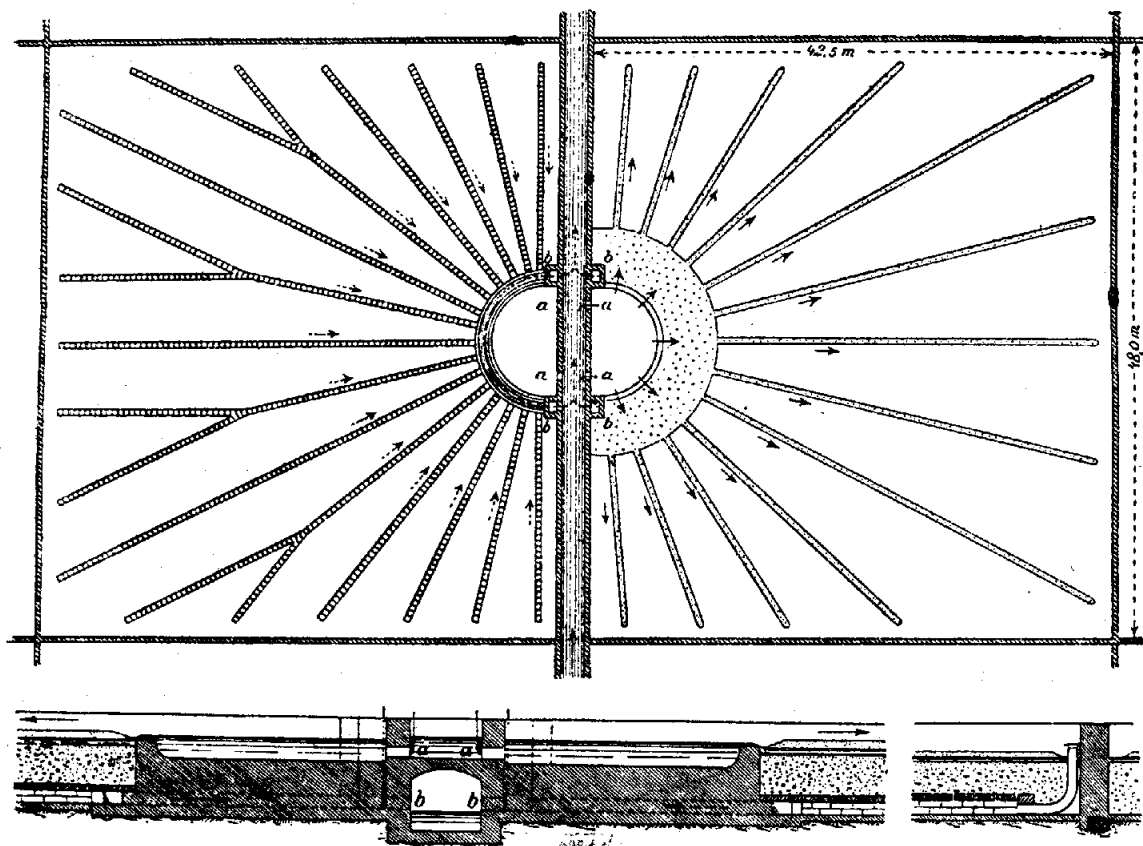
В типе А центральный деревянный канал питает поперечные железные дырчатые трубы. В типе В из центрального деревянного желоба расходятся под углом в  $45^\circ$  поперечные деревянные желоба прямоугольного сечения. В типе С из центрального резервуара выходят радиальные желоба, которые делаются из мелкозернистого материала (золы, клинкера) и возводятся над поверхностью фильтров. В типе D центральный канал, устроенный из керамиковых полутруб, питает поперечные каналы, вырытые в толще загрузочного материала. В типе E все каналы вырыты в толще фильтрующего материала. В типе F все каналы сделаны из полутруб. В типе G два деревянных продольных канала с поперечными выпусками трапециoidalного сечения. В типе H все желоба—треугольные, а в типе I все—прямоугольные. В типе J все желоба сделаны из керамиковых труб и уложены под поверхностью фильтров.



Черт. 240.

Для фильтров с значительной площадью представляется удобным применение типа С, так как в этом случае важно сократить длину разводных желобов. Тип С был применен на одной из самых крупных английских биологических установок с заливными фильтрами (г. Манчестер), где очишалось в сутки до 100 000 куб. м, не считая дождевой воды. Деталь устройства одного из манчестерских заливных окислителей, имеющих площадь в 2 000 кв. м, показана на черт. 241. Здесь приводной канал разрезает окислитель на две прямоугольные части ( $42,5 \text{ м} \times 48 \text{ м}$ ); из этого канала чрез отверстия, закрываемые щитами а, сточные воды изливаются в полукруглые резервуары глубиной

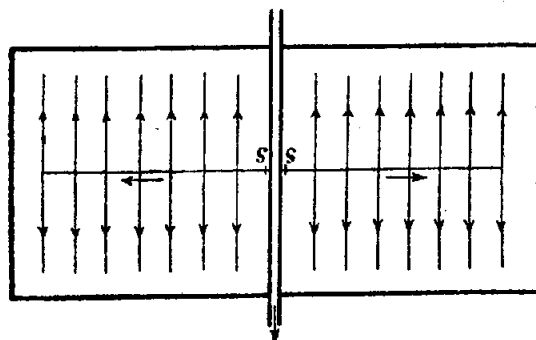
20 см, из коих в свою очередь вода поступает в лучеобразную сеть желобов, сделанных из мелкозернистого шлака; эти желоба возвышаются над поверхностью фильтров таким образом, что их дно находится на уровне поверхности



Черт. 241.

фильтра. Благодаря этому заливные фильтры защищаются от быстрого заиливания, так как взвешенные вещества отлагаются в желобах и удаляются из них через известные промежутки времени.

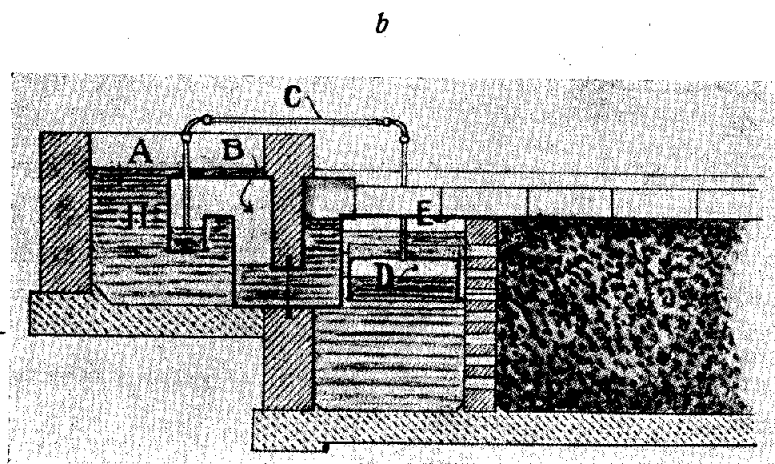
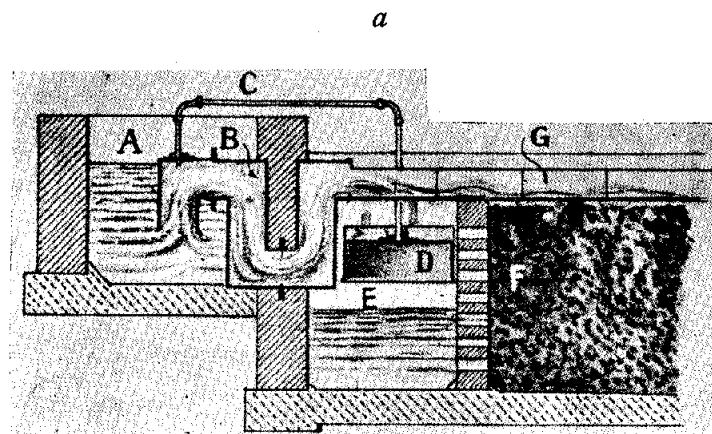
Также в целях сокращения длины разводящих желобов прибегают к введению двух поперечных магистралей. Такой прием имел место в г. Exeter'e (черт. 242). Для маленьких установок предпочтительнее пользоваться типами В, Н и J, как наиболее дешевыми вследствие применения дерева; из них несколько хуже тип Н, так как очистка треугольных желобов от взвешенных веществ затруднительна. По этой же причине затруднительна эксплуатация и типов с дырчатыми трубами (А и J). В особенности трудно очищать сеть труб в типе J, так как они недоступны непосредственному осмотру. Тип G не следует применять, так как при нем не достигается равномерного распределения. В типах D и E, где применены желоба, вырытые в толще фильтра, приходится с течением времени при проникновении взвешенных веществ в толщу фильтра перекапывать желоба и устраивать их на новых местах. Тип F с полукруглыми керамиковыми трубами представляется удобным для



Черт. 242.

эксплоатации, так как удаление из них взвешенных веществ не представляет затруднений. Расчет разводных каналов делается по обычной формуле Ganguillet и Kutter с коэффициентом шероховатости 0,30.

Как мы уже упоминали выше, сточные воды попадают на заливные окислители из различных сооружений для предварительной обработки сточных вод (см. главы XI и XII). Вследствие этого наполнение заливных фильтров сточными водами зависит от притока сточных вод из сооружений для предварительной обработки сточных вод. Это представляется весьма неудобным, в особенности при малом притоке сточных вод к заливным окислителям, так как это вызывает удлинение времени, предназначенного для наполнения заливных окислителей. Поэтому в первые же годы применения заливных фильтров были введены промежуточные резервуары, которые воспринимали непосредственно притоки из сооружений для предварительной обработки сточных

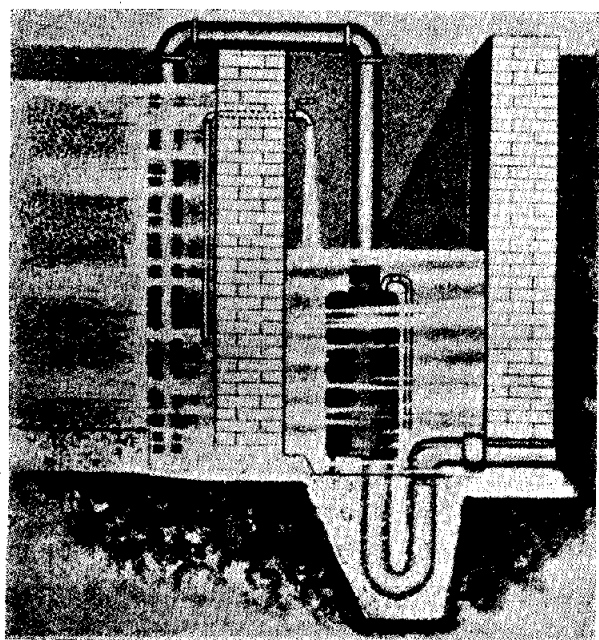


Черт. 243.

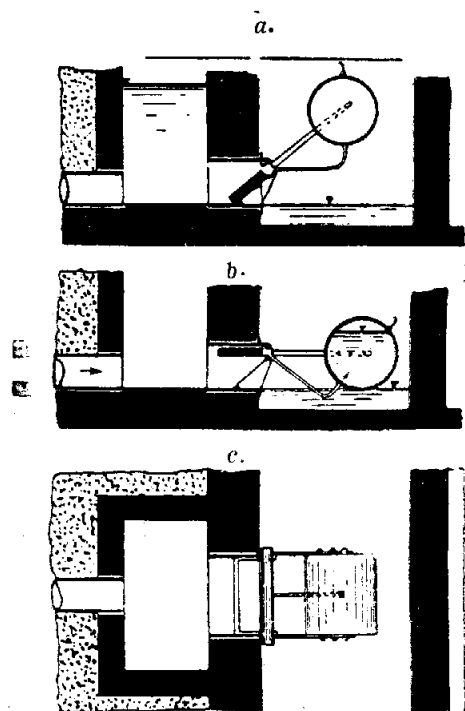
вод, и содержание которых быстро опорожнялось посредством автоматических приборов на заливные фильтры. Впервые подобные приборы были сконструированы английской фирмой Adams для первой биологической установки в г. Sutton.

Устройство автоматического прибора Adams'a, применяемого в ряде английских установок, состоит в следующем (черт. 243 a—b). Осветленная вода притекает из приводного канала в изогнутую трубку AB, из которой она поступает в распределительную сеть. Труба AB связана воздушной трубкой C с колоколом D, плавающим в маленьком резервуаре E, заполняемом очищенной водой. По мере поднятия уровня в резервуаре E подымается колокол D, вследствие чего воздух в трубке C начинает выходить в левое колено трубки AB и производит давление на поверхность притекающей сточной воды к AB. При наивысшем уровне в резервуаре E, получающемся при полном заполнении заливного фильтра, воздух из трубки C совершенно прекратит доступ осветленной сточной воды из приводного канала на данный заливной фильтр; в это время осветленная сточная вода начнет поступать на другой заливной фильтр.

Для автоматического выпуска очищенных сточных вод из фильтров Adams применил следующее устройство (черт. 244). У выходной стороны заливного фильтра устраиваются две небольших камеры, соединенные между собой тонкой трубкой. Время наполнения первой камеры посредством тонкой трубки рассчитано в зависимости от времени пребывания подлежащей очищению осветленной воды в заливных фильтрах. Когда наступает время окончания пребывания осветленной воды в фильтрах, в камерах получается разница уровней, необходимая для работы сифона<sup>1)</sup>, который, вступая в действие, опорожняет заливной окислитель до уровня дренажных каналов. Прибор Adams'a не имеет подвижных частей, что составляет его безусловное преимущество. Тем не менее, некоторые из приборов с подвижными частями пользуются значительным распространением вследствие своей невысокой цены. К числу таких приборов принад-



Черт. 244.



Черт. 245.

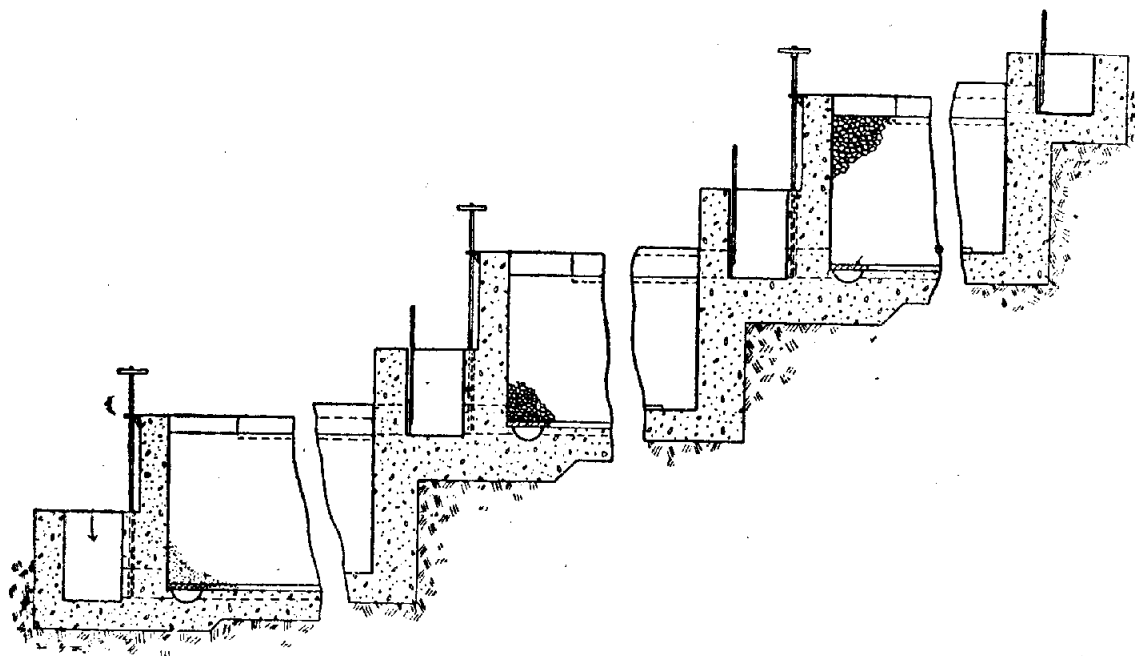
лежит прибор для выпуска очищенной воды из заливных фильтров по системе Mather и Platt (черт. 245 a—c). В этом приборе автоматический выпуск очищенной воды зависит от открытия поворотного затвора, к которому прикреплен полый цилиндр с верхним отверстием для выпуска воздуха. Выходная камера и полый цилиндр связаны изогнутой трубкой. По достижении наивысшего уровня в камере цилиндр заполняется водой, опускается в свое нижнее положение и открывает поворотный затвор (черт. 245 b), давая тем самым выход для очищенной воды; во время опорожнения из цилиндра выливается вода, и он вновь запирает поворотный затвор.

*Автоматические приборы* для наполнения и опорожнения заливных фильтров пригодны только для маленьких установок, где сильнее отражаются колебания притока сточных вод. Кроме того, в местностях с суровым климатом эти аппараты легко обмерзают и прекращают свою работу. Так, напр., подобный

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.



случай имел место в штатах Ohio, Wisconsin и Illinois в 1905 году, где во время зимы половина приборов прекратила работу. Поэтому и при применении автоматических приборов все же необходим тщательный надзор. На больших же установках эксплуатация является более обеспеченной при надзоре за наполнением и выпуском посредством небольшого числа рабочих, на обязанности которых лежит наблюдение за правильным открытием и закрытием приводных



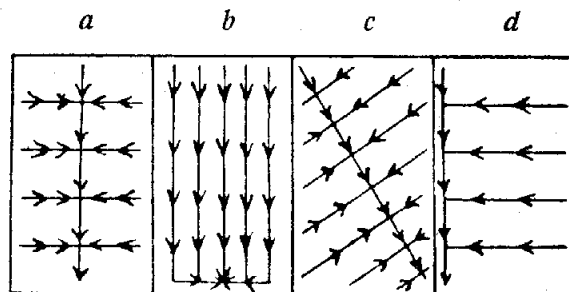
Черт. 246.

и спускных щитовых затворов. Пример большой установки с тремя заливными окислителями, управляемыми ручными затворами, показан на черт. 246. Для предотвращения заиливания вторичных окислителей взвешенными и коллоидальными веществами, содержащимися в дренажных водах первичных окислителей, полезно устраивать между ними осадочные бассейны. Разумеется, для устройства подобных установок необходимо, чтобы местность имела достаточный уклон.

§ 4. Отведение очищенных вод из заливных окислителей. *Отведение* очищенных вод из заливных фильтров производится посредством сети *дренажных каналов*. При спуске очищенных вод из заливных фильтров важно, чтобы было достигнуто полное опорожнение, так как в противном случае в застоявшейся части жидкости начнутся гнилостные процессы. Поэтому при устройстве дренажной сети располагают главные сборные каналы в самом дне фильтров с необходимым по расчету уклоном. Второстепенные каналы укладываются по дну фильтров и защищаются от засорения мелкими частицами слоем крупнозернистого материала толщиной 10—15 см.

Главный сборный канал укладывается или по середине дна окислителя (черт. 247 *a*), или параллельно выходной его стороне, перпендикулярно к которой располагаются поперечные длинные каналы (черт. 247 *b*), или по диагонали окислителя (черт. 247 *c*), или проходит по краю фильтра (черт. 247 *d*), или все каналы располагаются радиально (черт. 241). Во всех схемах для наилучшей работы дрен частям пола между ними придаются уклоны к дренам. Из этих систем дренажных сетей для больших фильтров пригодны схемы

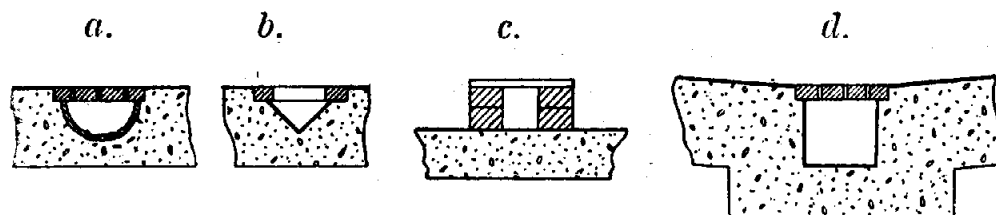
247 *a* и *c*, а для небольших—схемы 247 *b* и *d*, так как в последнем случае дрены имеют незначительную длину. Поперечные сечения и уклоны всасывающих и собирательных дрен определяются по обычной формуле Ganguillet и Kutter'a с коэффициентом шероховатости 0,27—0,30, в зависимости от наибольших расходов и заданного времени опорожнения заливных фильтров; уклоны дрен на практике делаются в 1:100. При этих расчетах необходимо иметь в виду, что не следует придавать дренам очень большие сечения, так как первые порции сточной воды быстро попадают в дрена, где, застаиваясь, стекают при спуске плохо очищенными. В особенности это имеет значение при применении одного контакта.



Черт. 247.

Простейшие типы дренажных каналов полукруглого, треугольного и прямоугольного сечения показаны на чертежах 248 *a—d*.

На некоторых очистных станциях вместо дренажной сети для лучшей аэрации фильтрационного слоя устраивали помимо сплошного дна, второе дырчатое дно, на котором покоится фильтрационный материал. Конструкция различных



Черт. 248.

типов дырчатого дна будет приведена нами ниже, в главе XX. Кроме того, в тех же целях аэрации верхние концы дренажных труб соединяются с атмосферным воздухом вертикальными вентиляционными трубами (черт. 241), или же по всей поверхности фильтров размещаются вентиляционные трубы, которые вводятся в толщу фильтров и соединяются с дренажными каналами. Последний прием является целесообразным при постройке биологических фильтров в отдельных закрытых зданиях или подвалах для отдельных зданий.

§ 5. Уменьшение емкости заливных окислителей. По мере хода эксплуатации заливных фильтров в них замечается постепенное уменьшение первоначальной водоемкости, которое может повести к полной невозможности вести на них дальнейшую обработку сточных вод. Как мы уже упоминали выше, в § 2 главы XVII, расчетная водоемкость для первичных окислителей принимается в 27—33% общей емкости фильтра, а для вторичных в 40%, хотя первоначально по укладке материала в фильтры она доходит даже до 50%. Это уменьшение емкости, проявляющееся сильнее зимой, чем летом, зависит от целого ряда факторов, частью непредотвратимых, частью же таких, с влиянием которых можно до известной степени бороться. Так, на уменьшение емкости заливных фильтров влияют: 1) уплотнение и разрушение филь-

рующего материала; 2) объем жидкости, пропущенной через заливные фильтры; 3) количество взвешенных веществ, содержащихся в пропущенной через заливные фильтры сточной жидкости; 4) плохие дренаж и аэрация; 5) недостаточный отдых; 6) отложение коллоидальных веществ; 7) развитие организмов; 8) неудачный выбор размеров зерен фильтрующего материала; 9) капиллярное действие воды.

Уплотнение свежесыпанного фильтрующего материала происходит естественно, подобно всем сыпучим телам, под давлением собственного веса. Кроме того, уплотнению способствуют постоянные наполнения и опорожнения заливного фильтра, так как при этом происходит с течением времени разрушение фильтрующего материала; получающиеся при раздавливании мелкие частицы частью вымываются из фильтров вместе с очищенной жидкостью, частью же осаждаются в промежутках между более крупными кусками материала, благодаря чему уменьшается водоемкость контактных окислителей. Подобное же явление замечается и при неоднородности зерен загрузочного материала (см. главу XVII). Наконец, уплотнение и разрушение материала происходит и при производстве операций по очистке поверхностных слоев фильтров от взвешенных частиц, так как здесь рабочим приходится ходить по их поверхности. С этим трудно бороться при больших размерах окислителей, тогда как на маленьких станциях можно производить очистку поверхности со стен окислителей.

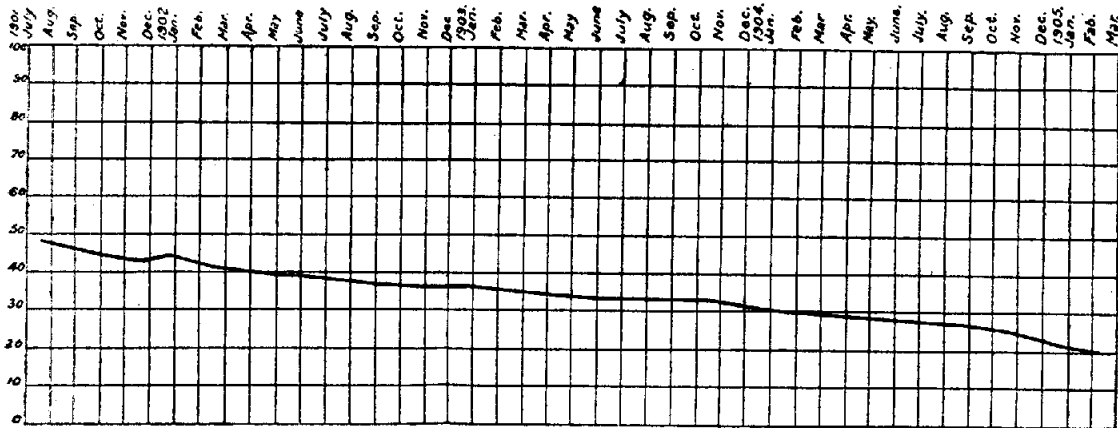
Объем жидкости, пропущенной в известный период времени, несомненно оказывает влияние на уменьшение водоемкости заливных фильтров. Чем больше этот объем, тем больше наполнений, и тем меньше остается времени для аэрации, что вызывает увеличение в промежутках фильтра количества взвешенных веществ. Независимо от этого количество остающихся в первичном окислителе взвешенных веществ прямо пропорционально количеству взвешенных веществ в жидкости, напускаемой на фильтры. Правильность этого заключения подтверждается наблюдениями Английской Комиссии<sup>1)</sup>, которая нашла, что отложившиеся в окислителях вещества находятся по преимуществу в коллоидальном состоянии. Для борьбы с отложением коллоидальных веществ в биологических фильтрах та же Комиссия находит необходимым производить предварительную обработку сточных вод в таких сооружениях, где достигается наибольшее выделение взвешенных и коллоидальных веществ<sup>2)</sup>. Уменьшение емкости заливных фильтров из-за чрезмерного роста бактерий и зооглей была доказана Фоулером (Fowler), который параллельно с этим нашел, что от развития этих микроорганизмов зависит до известной степени качество фильтрата. В случае, если рост микроорганизмов достигнет очень большого развития, Фоулер рекомендует выключение данного заливного фильтра из работы на период времени не свыше двух недель.

На значение *капиллярности* при употреблении материала с зернами небольших размеров (3—10 мм) во вторичных и третичных окислителях до последнего времени мало обращалось внимания. Между тем, сила капиллярности естественно возрастает по мере работы фильтра вследствие отложения

<sup>1)</sup> Fifth report of Royal Commission on sewage disposal.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов, Способы предварительной обработки сточных вод, 1911.

в порах материала коллоидальных веществ. Поэтому при выпуске воды из заливных фильтров не вся вода может уйти через дрена, а часть останется вследствие капиллярности в теле заливного окислителя, что нарушает правильность аэрации, а следовательно, и работу самого окислителя. Все эти причины, обуславливающие собой *уменьшение емкости окислителей*, ведут к тому, что *через 4—5 лет работы приходится выключать фильтры для промывки и просеивания и прибавлять при этом, по английским данным, от 20 до 40% нового материала.*



Черт. 249.

Графическое изображение падения водоемкости первичного заливного окислителя в г. Leeds в течение  $4\frac{1}{4}$  лет при двух наполнениях и при напуске обработанной в загнивателях жидкости показано на чертеже 249. На абсциссах этой диаграммы отложены месяцы, а на ординатах величины водоемкости окислителя в  $\%$ -ах.

§ 6. Работа заливных окислителей. Предварительно обработанные сточные воды после очистки на двухступенчатых заливных окислителях, правильно построенных и эксплуатируемых, *не способны к загниванию вследствие минерализации содержащихся в них примесей*. Изменения в химическом составе сточных вод после пропуска через первичный и вторичный заливные окислители видны из данных, приведенных в таблице XLVIII<sup>1)</sup>.

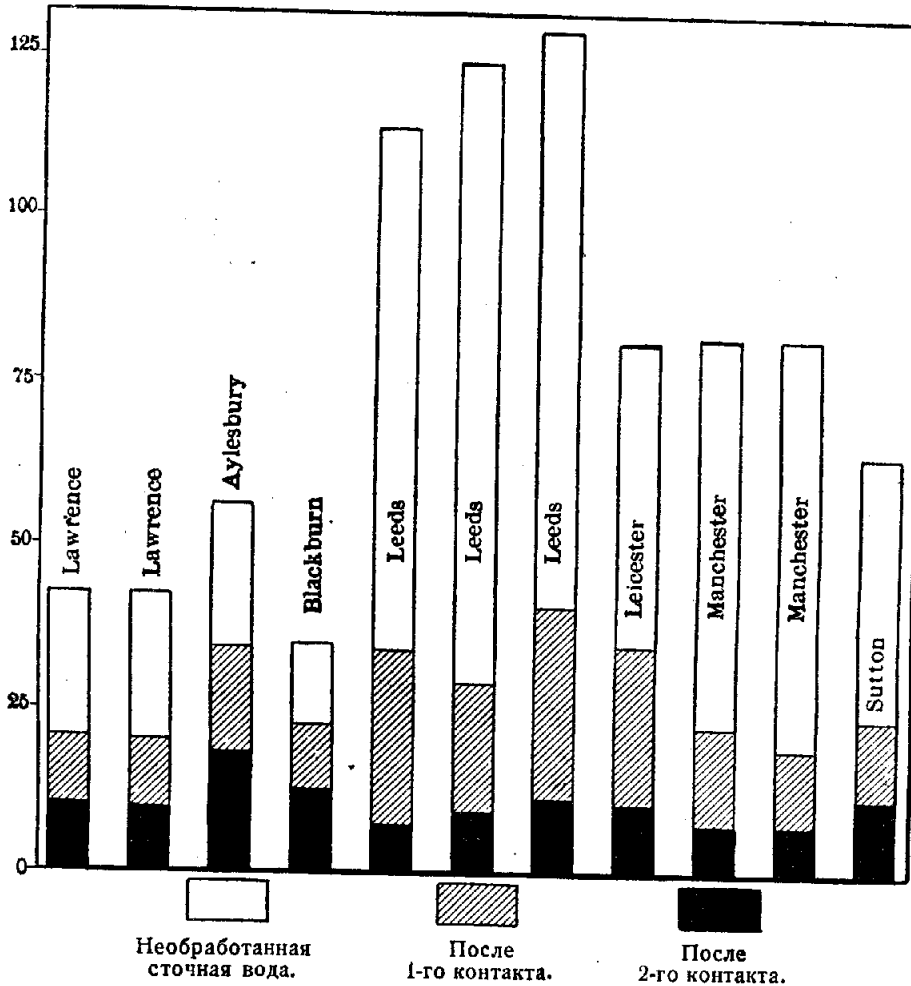
Из этой таблицы видно, что *первичные окислители выделяют более половины органических веществ*, содержание коих измеряется по потребленному кислороду и альбуминному аммиаку, и *около одной трети взвешенных веществ*. В истоке из второго контакта остается немного взвешенных и органических веществ. Поэтому-то и в результате стоки из второго контакта теряют способность к загниванию. Выделение органических веществ на окислителях наглядно видно на следующем графике (черт. 250, стр. 319), составленном для ряда английских и американских городов. Пропуск сточных вод через третий контакт, по данным опытов в Leeds'e, не дает такого улучшения качества истока, которое оправдывало бы увеличение затрат на биологические сооружения.

Помимо изменений в химическом составе, стоки из заливных окислителей претерпевают изменения и своего *бактериологического состава*. В виде при-

<sup>1)</sup> Winslow and Phelps, Investigations on the purification of Boston sewage, with a history of the sewage disposal problem, 1906.



мера подобных изменений мы можем привести данные, полученные на очистной станции американского города Plainfield. Так, там в 1 куб. см воды, прошедшей через песколовку с решетками, содержалось 2 370 000 бактерий, каковое количество после прохода через загниватель уменьшилось до 1 150 000, т. е. почти на 50%. Далее, после прохода через первичный окислитель оно спусти-



Черт. 250.

лось до 810 000, и, наконец, исток из вторичного окислителя содержал в себе только 470 000 бактерий, т. е.  $\approx 20\%$  первоначального количества. Таким образом, заливные двухступенчатые окислители в Plainfield задерживают только до 80% бактерий. В этом слабом сравнительно с полями орошения задерживающем эффекте и заключается основной недостаток биологических фильтров. Но, при принятии некоторых мер, о которых мы будем говорить ниже, можно достигнуть эффекта, равноценного с работой фильтрационных полей и полей орошения. В заключение мы считаем нужным упомянуть, что в настоящее время заливные фильтры вследствие сложности манипуляции по управлению ими вышли из практики, и что поэтому они на многих опытных станциях за границей заменены капельными, к описанию которых мы и перейдем в следующей главе.

## ГЛАВА XIX.

### Искусственные биологические способы очистки сточных вод. Капельные окислители

§ 1. Общие соображения об устройстве и работе капельных окислителей. *Капельные окислители* представляют собой или резервуары, заполненные фильтрующим материалом, или слои фильтрующего материала, насыпанные под известным откосом на водонепроницаемом основании. Сточные воды напускаются на них или *непрерывно*, или *через известные промежутки времени*, при чем происходит или *орошение сточными водами всей их поверхности сразу*, или же *орошение в каждую единицу времени известной части общей поверхности*. Сточные воды после излияния на поверхность капельных окислителей проходят через слои фильтрующего материала и стекают через *дренажную сеть в отводной канал*.

Для капельных окислителей пользуются, как мы уже упоминали выше, материалом с более крупными зернами от 6 до 75 мм. Это обстоятельство, в связи с характером самой работы капельных окислителей, ставит на первое место вопрос о *высоте* капельных фильтров, так как с ее величиной непосредственно связан и вопрос о *времени соприкосновения сточных вод с фильтрующим материалом*, а следовательно, и о результате самой очистки. Таким образом, *во времени*, затрачиваемом на прохождение сточных вод через капельные окислители, можно видеть известный масштаб, по которому а priori можно судить о достаточности очищения.

В подтверждение этого можно сослаться на опыты, произведенные в г. Salford с капельными окислителями, имевшими высоту 1,5 и 2,5 м, при нагрузке их в 2,8 куб. м на кв. м. Исток с первого окислителя требовал для окисления 6,5 мг на л кислорода, а со второго—5,5 мг.

Для освещения этого вопроса были произведены интересные опыты *Клиффордом* (Clifford)<sup>1)</sup>, который поставил себе задачей выяснить, какое именно количество воды проходит через капельный фильтр во время его работы, и какое время затрачивает капля воды на проход через капельный окислитель.

Всякий капельный окислитель во время своей работы отдает *почти всю сточную воду*, которая изливается на его поверхность. В любой момент работы капельного окислителя часть сточной воды находится в промежутках фильтрационного материала, часть же

<sup>1)</sup> W. Clifford, The Time of passage of liquids through percolating beds, Journal of Chemical Industry, 1907—1907;

*Idem*, Percolating Beds for sewage Treatment, Engin Rec., 1909.

находится еще на самой поверхности окислителя. Назовем первую порцию сточных вод—*адсорбированной водой* ( $A$ ), а вторую—*поверхностной* ( $Z$ ). С другой стороны, по прекращении работы окислителя *известный объем очищенной воды вытекает из него, а другой объем всегда остается в окислителе*. Назовем первый объем воды *дренируемой водой* ( $D$ ), а второй *недренируемой водой* ( $N$ ). Clifford под дренируемой водой понимает тот объем, который стекает из капельных фильтров в течение 20 часов после прекращения напуска сточной воды на окислители. Во время регулярной работы капельного окислителя будет существовать следующее равенство:

$$D + N = A + Z \dots \dots \dots (24)$$

В этом уравнении  $D$  и  $A$  определяются непосредственным измерением, для определения же  $N$  необходимо произвести два последовательных измерения. Если бы мы залили водой капельный фильтр и оставили его в течение большого промежутка времени стоять наполненным, то весь фильтрующий материал был бы насыщен водой. Пусть все количество, необходимое для заливания, будет  $M$  л. Если при спуске после 20-часового стояния воды из окислителя будет стекать  $m$  л, то  $N$  будет равно  $M - m$ . Тогда

$$Z = D - A + N = D - A + M - m \dots \dots \dots (25)$$

Clifford для устройства опытного фильтра взял керамиковую трубу диам. 70 см, заделал один ее конец, и в этом дне устроил выпускной кран.

Распределение воды на этом окислителе производилось посредством опрокидывающегося желоба, из которого вода изливалась в желоб с продырявленным дном, поднятым на 5 см над поверхностью опытного окислителя. В качестве материалов для опыта исследователем были использованы уголь, щебень, шлак из печей с высокой температурой и из мусоросжигательных печей. Просеивание материала производилось чрез ручные сита, при чем каждый род материала имел от 3 до 5 сортов зерен, размеры которых брались от 3 до 30 мм.

Опыты состояли в следующем. Просеянный сухой материал после взвешивания накладывался в трубу, после чего полученный таким образом фильтр заполнялся водой. По истечении 36—48 часов труба доливалась водой до сделанной наверху трубы черты. После этого открывался выпускной кран, и в течение 20 часов измерялась стекающая вода ( $D$ ). Разница между использованной для заполнения водой и  $D$  давала количество недренируемой воды  $N$ .

По окончании этого опыта заливной фильтр был переделан в капельный, который работал в течение 4 часов при определенной нагрузке. Затем был открыт выпускной кран, и в течение 20 часов измерялась стекающая вода ( $D$ ). Количество адсорбируемой воды ( $A$ ) измерялось чрез взвешивание загрузочного материала после того, как он пролежал 36—48 часов в воде и был подсушен с поверхности. При этом было обнаружено, что куски угля и кирпича адсорбировали в 3—5 раз больше воды, чем другие материалы. В результате опыты показали, что в теле фильтра помещается от 61 л (крупнозернистый щебень) до 221 л (мелкозернистый шлак от сжигания мусора). Количество адсорбированной воды колеблется между 14 л (щебень) и 70 л (шлак из мусоросжигательных печей), тогда как уголь адсорбировал 67 л, а шлак из доменных печей—50 л. Количество  $Z$  колебалось в зависимости от величины зерен материала и нагрузки на фильтр. При нагрузке в 1 куб. м на 1 кв. м поверхности фильтра в сутки  $Z$  колебалось между 48 и 104 м на 1 куб. м материала.

Для разрешения вопроса о времени прохода сточных вод чрез фильтры до опытов Clifford'a пользовались одним из трех нижеследующих приемов.

*Первый прием* заключается в напуске на фильтр *красящих веществ*, и в наблюдении за моментом появления окраски в истоке<sup>1)</sup>.

*Второй прием* заключается в наблюдении момента, когда в только что пущенном в ход фильтре *появлялась вода* в отводном канале; этот же прием

<sup>1)</sup> Этот метод был испытан автором на биологической станции Киевского Политехнического Института.



варьировался наблюдением того момента, когда по прекращении притока воды к фильтру начинается уменьшение количества истекающей воды.

Третий прием заключался в добавлении к притекающей воде поваренной соли и в наблюдении того момента, когда в истоке появится повышенное содержание последней.

Эти методы, по мнению Клиффорда, дают только приблизительные результаты. Поэтому им был предложен новый метод определения времени прохода сточных вод через фильтр, который построен на следующих основаниях. Если капля воды попадает на капельный окислитель, то она в нем разделяется на отдельные молекулы, с которыми смешивается ранее находящаяся в теле окислителя вода, и которые по различным траекториям проходят через окислитель. Поэтому Clifford находит необходимым ввести понятия „о среднем времени протекания сточных вод через окислители“, в течение которого все молекулы известного объема воды совершают свое нисходящее движение через тело окислителя.

Для вычисления этого времени следует ввести в состав сточной воды известное количество легко различаемых молекул, напр., хлористых соединений. Если адсорбция не будет иметь места, то эти молекулы будут двигаться по тем же траекториям, что и молекулы воды. После введения молекул хлористого соединения берутся через незначительные промежутки времени (напр., 5 мин.) пробы в истекающей воде, и в них определяется содержание хлора. Если обозначим чрез  $t$ —ту минуту, которая соответствует содержанию хлора  $Q$ , то среднее содержание хлора за все время производства опыта будет равняться  $\frac{Q \sum t}{\sum Q}$ . По среднему содержанию хлора можно определить среднее время протекания сточной воды через окислители.

Результаты опытов Clifford'a с пропусканием хлористых растворов в капельных фильтрах от различных материалов приведены в нижеследующей таблице XLIX пробы для этих опытов отбирались чрез каждые 5 минут.

Таблица XLIX.

Материал	Высота капельного фильтра	Нагрузка в куб. м на 1 кв. м поверхности	Среднее время пропускания жидкости чрез фильтры в минутах
Крупный щебень . . .	0,72 м	1,1	15
Мелкий щебень . . .		1,1	33,7
Крупный уголь . . .		1,1	34,3
Мелкий уголь . . .		1,1	54,7
Крупный шлак . . .		0,9	30,0
Мелкий шлак . . .		0,9	148

Из этой таблицы можно заключить, что времена протекания воды при одинаковой нагрузке увеличиваются с уменьшением размеров зерен фильтрующего материала, с чем связано увеличение количества поверхностей воды  $Z$ .

Отсюда

$$cT = \frac{Z}{B} \dots \dots \dots (26),$$

где  $c$ —постоянная, значение которой по данным опытов равняется 0,013,  $T$ —время протекания воды через окислители и  $B$  нагрузка на кв. м.

На основании этих опытов Clifford'a мы видим, что *время протекания воды в капельных фильтрах*, а следовательно, и *продолжительность контакта* колеблется в широких пределах. Так, напр., для окислителя высотой 1,8 м при нагрузке 0,9 куб. м на 1 кв. м при размерах зерен в 3—9 мм  $T$  равно почти 6 часам, тогда как при размерах зерен в 18—25 мм  $T$  достигает всего 44 минут.

Из формулы (26) мы получаем равенство

$$Z = cTB \dots \dots \dots (27).$$

Задавая для  $T$  значением в 100 минут, для  $B$ —0,7 куб. м на кв. м в сутки, мы можем вычислить по формуле (27) значение для  $Z$ . Отсюда, разделяя общее количество поверхности воды на количество поверхностной воды в 1 куб. м, мы можем вычислить для различных размеров зерен необходимую при  $T=100$  мин. высоту фильтра, как это можно видеть из таблицы L.

Таблица L

Щебень		Уголь		Шлак из доменных печей		Шлак из мусоросжигательных печей	
Величина зерен в мм	Высота фильтра в м	Величина зерен в мм	Высота фильтра в м	Величина зерен в мм	Высота фильтра в м	Величина зерен в мм	Высота фильтра в м
25—18	2,5	18—15	2,2	31—18	1,8	25—18	1,8
18—15	2,2	13—9	1,6	18—15	1,6	15—9	1,1
15—13	2,0	9—6	1,3	15—9	1,4		
13—6	1,3	6—3	1,2	9—6	1,2		
				6—3	1,2		

Приведенные в этой таблице числа относятся к *чистой воде*; для биологических капельных фильтров цифры должны быть несколько *повышены*, так как здесь на время прохода сточной воды через фильтр, помимо рода и величины зерен материала, высоты фильтра и суточной нагрузки, имеет большое значение и *род распределительных приспособлений*.

Для выяснения влияния рода распределителей на величину времени протекания сточных вод через фильтры соответственных опытов еще не сделано. Можно лишь заметить, что  $T$  будет больше *при периодических распределителях*, действующих через долгие промежутки времени, чем при распределителях, постоянно изливающих небольшие количества сточной воды на поверхность капельных

фильтров. Для лучшего освещения этого вопроса приводим в таблице LI данные о высоте капельных фильтров на различных очистных станциях.

Таблица LI.

Название страны	Название города	Способ предварительной обработки	Род фильтрационного материала	Размеры зерен в мм	Толщина фильтрационного слоя в м
Германия .	Biskupitz . .	Загниватели	Шлак	50— 60	2,35
С. Америка	Baltimore . .	Осад. бассейны	—	—	2,5
Германия .	Brockau . .	" "	—	—	2,0
Германия .	Holzwickede .	Эмшер. колод.	Каменноуг. шлак	30 —80	3,75
Швейцария	St-Gallen . .	Осад. бассейны	—	—	1,5
С. Америка	Mount-Vernon	" "	Галька	25—150	2,4
Германия .	Mühlhausen .	" "	Щебень	—	1,2
Англия . .	Croydon . . .	" "	—	—	1,8
Франция .	Mont-Mesly .	Загниватели	Шлак	10— 80	2,0
Англия . .	Dorking . . .	Осад. бассейны	Клинкер	50—100	1,7
Англия . .	Leeds . . . .	" "	Клинкер	более 30	2,85
Англия . .	Accrington . .	Загниватели	Кокс или клинкер	50—100	2,10—2,75
Англия . .	Birmingham .	"	Кирпичный или гранитный щебень, шлак	5— 50	1,8—2,1
Германия .	Wilmerdorf .	"	Кокс	60—200	2,5
Германия .	Unna . . . .	"	Шлак	3— 50	1,4—1,95
Англия . .	Hanley . . . .	"	Горшечные шлаки	6— 12	1,5
Англия . . .	Dorking . . .	Хим. очистка	Песок, полларит и гравий	50—100	1,65
Англия . .	Normanton . .	" "	Песок, полларит и гравий	Очень мелкозернистый	0,95
СССР . .	Харьков . . .	Загниватели	Шлак	1— 60 (Заш. слой)	1,2
СССР . .	Детское Село	" "	Кокс	Крупнозернистый	2,1

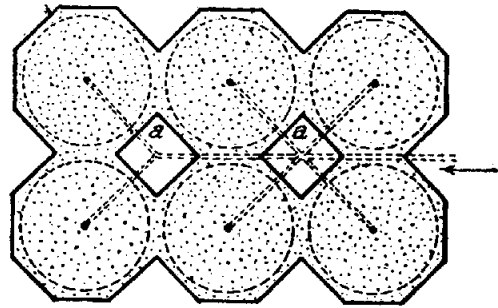
Из табл. LI можно видеть, что высота капельных окислителей колеблется между 1,5 и 2,5 м, наибольшие высоты встречаются в городе Holzwickede (3,75 м) и Leeds (2,85 м). Но помимо соображений об эффекте очистки, при разрешении вопроса о выборе *высоты* приходится считаться с *уклоном местности*. Если при большой высоте окислителя нам приходится *поднимать*

сточные воды, то в этих случаях берут меньшие размеры в 1,5 м, уменьшая их в исключительных случаях до 1,3 м. Дальнейшее стремление в выигрышу в высоте приводит нас к применению двухступенчатых окислителей с меньшей высотой. Примерами таких устройств служат гор. Neustadt an Haardt, где имеются двухступенчатые фильтры с высотой в 1,1 м, Reigate — с двухступенчатыми капельными фильтрами в 1,2 м, г. Frome (Англия) и г. Харьков.

Таким образом, мы видим, что при конструировании капельных окислителей местные условия играют большую роль, чем при заливных окислителях.

Очертание капельных окислителей в плане зависит от того или иного способа распределения сточной жидкости по поверхности окислителей, подробное описание которых будет дано ниже.

При применении неподвижных распределителей (желобов, распылителей) и некоторых типов подвижных (опрокидывающихся желобов, оросителей с поступательным движением) окислители имеют в плане прямоугольное очертание. При вращающихся распределителях (спринклерах) очертание капельных окислителей делается круглым или восьмиугольным (черт. 251 и 252).



Черт. 251.

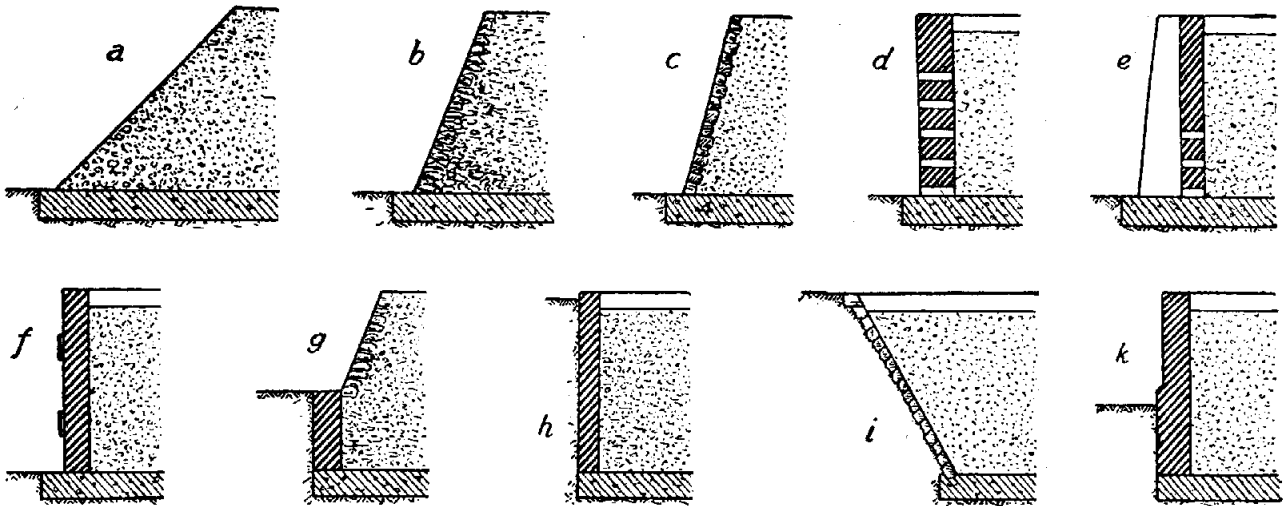
Как мы уже упоминали выше, капельные окислители представляют собой или слой материала, насыпанного под известным откосом на подготовленное для них дно, или же окружены частью стенками, или же, наконец, помещаются в резервуарах.



Черт. 252.

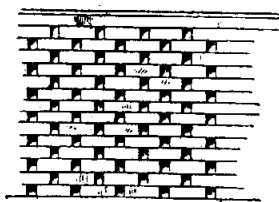
На черт. 253 (а—к) показаны различные типы капельных окислителей. Простейшим типом является тип а, где слой фильтрующего материала насыпан под углом естественного откоса. Необходимость при такой конструкции занять большую территорию и израсходовать больше денег на материал заста-

влияет признать более экономичными типы *b* и *c*, где для уменьшения откоса уложены по периферии фильтра или более крупные куски материала (тип *b*), или тесовый камень (тип *c*). Дальнейший выигрыш в месте при постройке капельных окислителей получается, если окружить их стенками. Такие окислители показаны на типах *d*, *e* и *f*, где стенки сделаны из кирпича или бетона. Для лучшего доступа воздуха к фильтрующему материалу в стенках сделаны



Черт. 253.

отверстия (типы *d* и *e*). По мнению инженера Raikes<sup>1)</sup>, основанному на наблюдениях за окислителями с боковой вентиляцией на очистных станциях в городах York, Accrington, Derby и др., и данным опытов в Шарлоттенбурге боковая вентиляция не имеет большого практического значения, так как воз-



Черт. 254.

дух поступает в тело окислителей главным образом через его поверхность, а кладка стен с отверстиями вызывает добавочные расходы (черт. 254). Типы *g* и *k* на черт. 253 представляются весьма удобными по строительным соображениям, так как здесь фундамент закладывается неглубоко; в типе *g* надземная часть насыпана под откосом; в типе *k* окислитель окружен стенками. Типы *h* и *i* — представляют собой подземные окислители или с вертикальной обделкой, или наклонной из тесового камня. Тип *i* обладает тем недостатком, что в нем верхняя поверхность больше нижней, вследствие чего части окислителя, прилегающие к стенкам, нагружаются неравномерно. Выбор типов надземных, полуподземных или подземных окислителей зависит от имеющегося в нашем распоряжении уклона местности, так как желательно, чтобы сточные воды из сооружений для предварительной обработки самотеком поступали на окислители, и после очистки на последних самотеком же поступали или на последующие сооружения, или в водные протоки и вместилища. Необходимый для пропуска сточных вод через капельные окислители уклон, помимо падения, затрачиваемого на движение жидкости в приводном канале, расходуется на сопротивление при движении по распре-

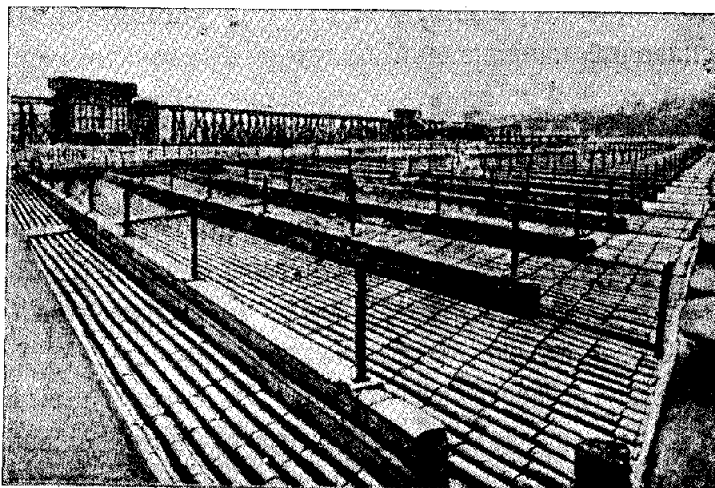
<sup>1)</sup> Raikes, Sewage disposal works, 1911.

делительным каналам, на приведение в движение подвижных распределителей, на проход через толщу фильтра и на сопротивление в дренажных каналах. Для преодоления этих сопротивлений при толщине фильтров в 1,8 м необходимо затратить по английским данным не менее 2,40 м, при чем 0,60 м расходуется на распределители и 0,30 м на дренаж.

Капельные окислители устраиваются в большинстве случаев открытыми, так как по данным многочисленных опытов (Шарлоттенбург, Вильгельмсдорф), сделанных на различных станциях, даже в очень сильные морозы температура истока держится всегда выше нуля. Только для *маленьких установок*, где приток сточных вод временами прекращается и где желательно предотвратить развитие неприятных запахов, окислители устанавливаются в *крытых помещениях*. При устройстве окислителей, состоящих из нескольких отделений, выгоднее придавать им *прямоугольную форму*, так как при ее применении *сокращается количество промежуточных стен и общая площадь, занятая всем сооружением*. При *дороговизне земли* возможно не строить промежуточных стен на полную высоту, а вместо них заделывать в стенки *металлические стойки*, к которым прикрепляются

рельсы для передвижения подвижных распределителей. Черт. 255 показывает нам подобный тип капельных фильтров г. Columbus (штат Ohio) во время их постройки.

При *постройке капельных фильтров* число их даже для *маленьких установок* не должно быть *менее двух*, так как является иногда необходимым исключать их из работы вследствие заилиения и необходимости смены части



Черт. 255.

материала. Кроме того, наличие нескольких отделений позволяет нам исключать часть окислителей из работы в ночное время вследствие сокращения притока воды; это представляется вполне возможным и в дни *наименьшего потребления воды*.

При *большом числе* круглых фильтров выгоднее перейти к меньшему числу прямоугольных, при чем последним не следует придавать ширины *больше 20 м*.

С влиянием холода на работу биологических капельных фильтров приходится считаться лишь в местностях с суровым климатом. Опасность обмерзания поверхности окислителей усиливается, если низкая температура ( $-30$  и более) стоит несколько дней подряд. Но по существу непрерывность работы окислителей зависит от принятой системы распределителей; при неподвижных—приходится их защищать от замерзания, тогда как подвижные оросители действуют в большинстве случаев весьма исправно даже в суровые морозы.

**§ 2. Определение основных размеров капельных окислителей.** В предыдущей главе при изложении аналогичного вопроса для заливных окислителей

нами были приведены все необходимые соображения, которыми следует руководствоваться при определении основных размеров биологических фильтров. В виду того, что все эти предварительные соображения сохраняют свою силу и для *капельных фильтров*, мы считаем возможным перейти к непосредственному изложению числовых норм для определения количества фильтрационного материала.

*Проф. Thumt* дает для неполных отдельных систем при употреблении шлака или кокса 1,4 куб. м сточных вод. Норма *Thumt*'а близка к нормам, принятым в Англии, где в большинстве очистных станций для очистки 1 куб. м сточных вод употребляют от 1,4 до 2 куб. м материала. *Проф. Schiele* на основании изучения 12 английских станций дает норму в 1,8 куб. м для очистки 1 куб. м сточных вод. Эта норма выведена для среднего потребления в 146 л на человека в сутки, что соответствует 0,265 куб. м материала на одного жителя. Но при пользовании этой нормой необходимо иметь в виду, что она построена для общесплавной системы канализации, при пользовании каковой очистные станции должны, согласно предписаниям Английских санитарных учреждений, очищать трехкратное количество сточных вод во время дождя. В Германии, как мы уже упоминали выше, довольствуются при общесплавной канализации полуторным коэффициентом разжижения. Поэтому является допустимой и приведенная выше норма *Jmhoffa*—0,13 куб. м на 1 жителя, что соответствует при суточной норме потребления в 100 л на человека 1,3 куб. м материала на 1 куб. м сточных вод. Но необходимо иметь в виду, что в большинстве немецких станций приняты большие нормы. Так, напр., на недавно построенной станции в *Wilmersdorf* принято 2 куб. м материала на 1 куб. м сточных вод, или 0,2 куб. м на жителя (при суточном водопотреблении в 100 л на человека), что, впрочем, объясняется большими размерами зерен шлака. Приведенные нами нормы справедливы для шлака (котельного) и кокса, а в случае употребления других, более дешевых материалов (кирпичного или каменного щебня), необходимо их повысить на 25—30%.

Установив количество материала и выбрав в зависимости от принятого нами размера зерен и местных условий *высоту*, мы получим общую площадь всех капельных фильтров. Разделение этой общей площади на площади для окислителей должно делаться в зависимости от избираемого нами типа фильтра и рода распределительных приспособлений, которые оказывают большое влияние на величину площади резервных фильтров. Вообще, следует разбивать площадь фильтров на столько частей, чтобы, выключая один из окислителей, не нарушать регулярной работы очистной станции. Чем больше очистная станция, тем меньше будет площадь резерва. Поэтому для маленьких установок при применении подвижных распределителей, по данным V отчета Английской Комиссии по очистке сточных вод, число единиц станции не должно быть менее трех.

При употреблении неподвижных распылителей очень легко выключать трубы с распылителями из работы; это дает нам возможность признать, что теоретически площадь фильтров могла бы быть бесконечно большой. Но, разумеется, приходится считаться с затруднениями при постройке подобных бассейнов и с трудностью устройства дренажа, который потребовал бы при боль-

Таблица II.

Название страны	Название города	Суточный расход сточных вод в сухую погоду в куб. м	Число и тип капельных окислителей	Размеры отделения капельных окислителей		Общая площадь в кв. м
				Длина и ширина или диаметр в м	Площадь в кв. м	
Сев. Америка . . .	Baltimore . . .	—	4 прямоугольника	100 × 120	12 000	48 000
Германия . . .	Biskupitz . . .	300—400	4 восьмиугольника	9	~ 65	585
Англия . . .	Bradford . . .	370	1 круглый	18	~ 255	255
Англия . . .	(Greengates) . . .	—	—прямоугольн.	110 × 35	3 850	—
Германия . . .	Birmingham . . .	500	8 прямоугольников	—	100	800
Сев. Америка . . .	Brockau . . .	91 000	8 " "	66,6 × 75,7	~ 5 050	40 400
Англия . . .	Columbus . . .	13 600	18 круглых	30	~ 706	12 708
Германия . . .	Derby . . .	—	12 прямоугольников	12 × 50	600	7 200
Англия . . .	Halberstadt . . .	4 100	15 восьмиугольников	19	~ 285	4 275
Англия . . .	Hyde . . .	1 800	17 " "	18	~ 255	3 825
Англия . . .	Failsworth . . .	10 000	10 прямоугольников	—	1 000	10 000
Англия . . .	Ilford . . .	1 350	8 " "	—	—	1 600
Германия . . .	Lichfield . . .	5 200	6 " "	32 × 25	800	4 800
Сев. Америка . . .	Müllhausen . . .	12 000	5 " "	64 × 15	960	4 800
Англия . . .	Mount Vernon . . .	54 500	— прямоугольн.	—	22 000   10 000	32 000
Англия . . .	Salford . . .	240	2 круглых	27	~ 572	1 144
Швейцария . . .	Skegness . . .	—	4 прямоугольника	—	2 000	8 000
Франция . . .	St.-Gallen . . .	900	{ 1 прямоугольный 1 круглый	50 × 15 15	750 ~ 176	{ 926
СССР . . .	Vallée de Vaux . . .	7 500	12 { I ступ. 12 II ступ. 12	45 × 10 { 23 × 10 45 × 12 { 23 × 12	450 { 230 540 { 276	{ 9 842
СССР . . .	Харьков . . .	6 400	2 { I ступ. 2 прямоуг. 2	25 × 6 12 × 6	150 72	{ 444
СССР . . .	Детское Село . . .	—	2 " "	—	—	—



шой длине отводных каналов большой затраты падения. При употреблении *вращающихся оросителей* величина фильтров ограничена длиной рукавов и величиной напора, или механической энергии, необходимой для их вращения. Предельным диаметром круглых или восьмиугольных фильтров можно считать 30—36 м. При применении *передвижных оросителей для прямоугольных фильтров* ограничение площади окислителя создается затруднениями как в конструировании оросителей большого пролета, так и удлинением промежутка между двумя последовательными орошениями, если бы длина окислителя была увеличена.

При очень больших установках возможно соединение круглых и прямоугольных фильтров, что может при разных родах распределения облегчить гибкость станции. Для лучшего освещения этого вопроса приведем в таблице LI (стр. 329) данные *о размерах капельных окислителей на различных очистных станциях.*

При определении площади земли, необходимой для капельных окислителей, также необходимо цифру, полученную от разделения сточных вод на единичную норму, помножить на коэфф. 1,2—1,3 для устройства стенок, каналов и пр.

Для лучшего уяснения расчета по определению основных размеров капельных окислителей приведем численный пример.

#### Численный пример.

Требуется определить основные размеры капельных окислителей при расчетном расходе 1 800 куб. м; система канализации неполная раздельная.

Количество шлака по нормам Тумма будет равняться  $1\,800 \times 1,4 = 2\,520$  куб. м. Принимая высоту окислителей в 1,8 м, получаем общую площадь в 1 400 кв. м. Так как эта площадь не велика, то мы разбиваем ее на два отделения по 700 кв. м и прибавляем к ней третье запасное отделение той же площади.

При прямоугольном очертании внутренние размеры отделения 20 м  $\times$  35 м или 17,5 м  $\times$  40, при круглом очертании диаметр окислителя будет около 30 м. Таким образом, общая площадь окислителей равняется 2 100 кв. м.

Площадь земли при прямоугольных окислителях  $2\,100 \times 1,2 = 2\,520$  кв. м, а при круглых  $2\,100 \times 1,3 = 2\,730$  кв. м. В эту величину не включена площадь, необходимая для административного здания, лаборатории, жилых домов и проч., каковая составляет до 20—30% вычисленной площади.

**§ 3. Распределение сточных вод на поверхности капельных окислителей.** *Устройство распределительных приспособлений для орошения поверхности капельных окислителей имеет очень важное значение для получения необходимого эффекта очистки.* Все применяющиеся для этой цели разнообразные конструкции должны орошать *равномерно поверхность* капельных окислителей, так как в противном случае известная часть окислителей будет работать с нагрузкой, превышающей для данного случая установленную норму, что, естественно, вызовет ухудшение среднего состава фильтрата. Поэтому в ряде городов (Bradford, Leeds, Hanley, Birmingham) производили долготлетние опыты для выбора наилучшего типа распределителей, обуславливающих равномерное разливание или разбрызгивание сточных вод на поверхности окислителей.

Вопрос о распределении сточных вод и о зависящем от него движении сточных вод в капельных окислителях был исследован американским ученым

Taylor'ом<sup>1)</sup>, который в специально сконструированном им для этой цели аппарате поставил ряд опытов с различными фильтрационными материалами.

Заключения, к которым пришел исследователь, следующие:

- 1) неравномерное распределение сточной воды на поверхности окислителя с крупнозернистым материалом мало изменяется в толще окислителя;
- 2) распределение сточных вод у дна окислителя часто бывает неравномернее, чем на поверхности;
- 3) равномерное распределение сточной воды на поверхности окислителей необходимо;
- 4) в целях равномерного движения сточных вод в толще окислителя выгоднее периодический напуск больших количеств сточной воды, чем непрерывное питание окислителей сточной водой.

Руководствуясь опытами Taylor'a, необходимо признать, что употребляющиеся для капельных окислителей приспособления должны быть сконструированы таким образом, чтобы вытекающие из них на поверхность окислителей сточные воды *разбивались бы на отдельные струйки*, из которых каждая орошала бы определенную площадь фильтров.

Сточные воды из распределительных приспособлений поступают на поверхность окислителей или непрерывно, или чрез небольшие промежутки времени. Вследствие колебаний в количестве сточных вод (глава II) применение непрерывного питания возможно лишь при достаточном и постоянном их притоке и объеме сооружений для предварительной обработки. Но, основываясь на вышецитированных опытах Тэйлора, *периодическое орошение капельных окислителей является предпочтительнее в целях получения более однообразного фильтра*. Кроме того, при периодическом орошении требуется меньше падения для приведения в действие распределителей, работающих при определенном напоре притекающей воды, а в загрузку окислителя ~~свободно поступает воздух~~, что имеет большое значение для очистки сточных вод.

При общесплавной системе возможно применение обоих способов питания окислителей, как порознь, так и вместе; в последнем случае вода во время расхода в сухую погоду будет поступать на окислители периодически, а во время дождей — непрерывно.

Приспособления для орошения поверхности капельных окислителей должны удовлетворять следующим условиям:

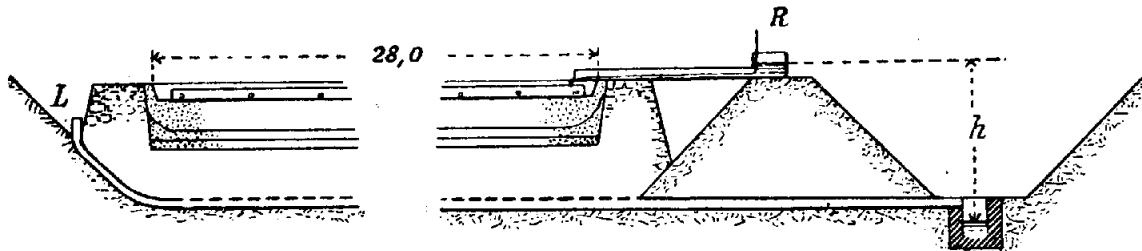
- 1) *давать равномерное распределение воды на поверхности окислителя, т. е. такое, при котором каждая единица поверхности окислителя должна получать одинаковое количество сточной воды;*
- 2) *производить распределение в форме капель;*
- 3) *давать возможность контролировать распределительные приборы;*
- 4) *иметь по возможности меньше подвижных частей;*
- 5) *требовать незначительного количества механической энергии для их передвижения;*
- 6) *стоять по возможности дешево;*
- 7) *не вызывать больших эксплуатационных расходов.*

<sup>1)</sup> Taylor, Subsurface distribution in percolating sewage filters, Eng. Rec. 1909.

Проф. В. Ф. Иванов. О движении сточных вод чрез капельные окислители, Труды XI Водопроводного Съезда, 1913.

с экономической точки зрения. Эксплуатация их в зимнее время не представляет больших затруднений, если приводные каналы и желоба защищены от холода.

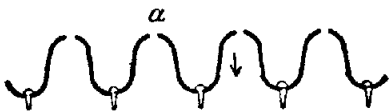
Распределение сточных вод посредством защитного слоя нашло себе применение в немецких городах Ascherleben, Beuthen, Halberstadt, Harzburg, Müllhausen, Уппа и др.; у нас в СССР защитный слой применен в г. Харькове для земской больницы (Сабурова дача) и для главной очистной станции города.



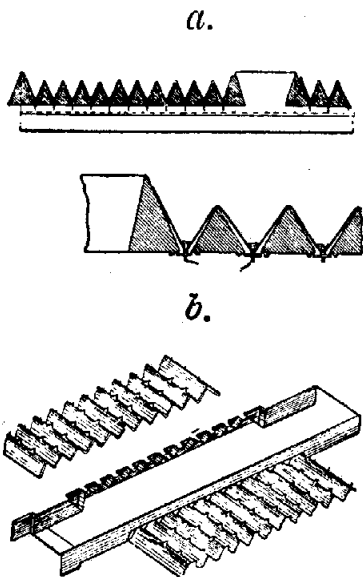
Черт. 258.

Дырчатые желоба введены в практику Стоддартом (Stoddart) в г. Бристоле, который чрез их применение достиг *раздробления сточных вод на отдельные капли* перед поступлением их на поверхность капельных фильтров.

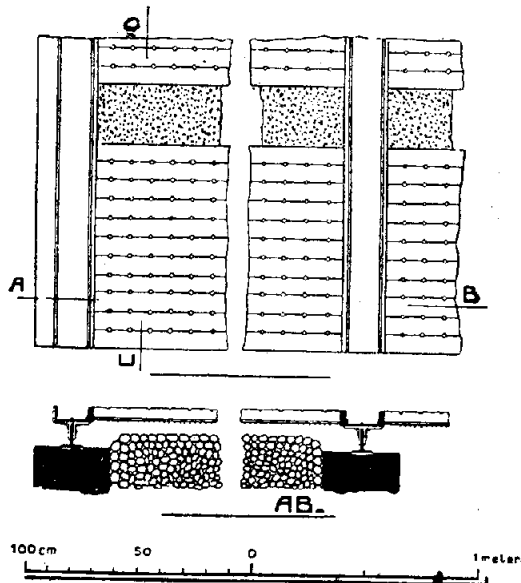
Поперечное сечение желобов Stoddart'a делается или U-образным (черт. 259), или треугольным (черт. 260 a — b). Сточные воды из приводных каналов, устанавливаемых на известной высоте над капельным фильтром, поступают в желоба, шириной от 0,6 до 0,9 м., расстояние между которыми делается около 5 см. Далее сточные воды стекают по боковым плоскостям в нижнюю часть желобов, из которой чрез маленькие насадки падают в виде капель на поверхность фильтров. Расстояние между приводными каналами делается в 2—2,5 м (черт. 261).



Черт. 259.



Черт. 260.



Черт. 261.

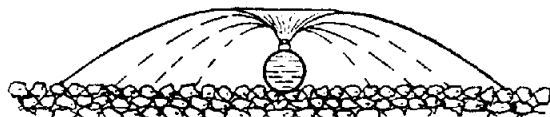
Для достижения *равномерного распределения* желоба Stoddart'a должны быть уложены совершенно *горизонтально*; для той же цели необходима регулярная *очистка желобов от засорений* вследствие отложения взвешенных веществ и *от льда* в зимнее время.

К достоинствам этого способа распределения следует отнести незначительную величину падения на движение воды в желобах — 0,10—0,15 м. Кроме того, поверхность окислителей доступна для притока воздуха, не считая того, что и капли сточной воды во время падения также насыщаются воздухом; это обстоятельство по адсорбционной теории Дунбара и др. исследователей имеет огромное значение для результатов очистки.

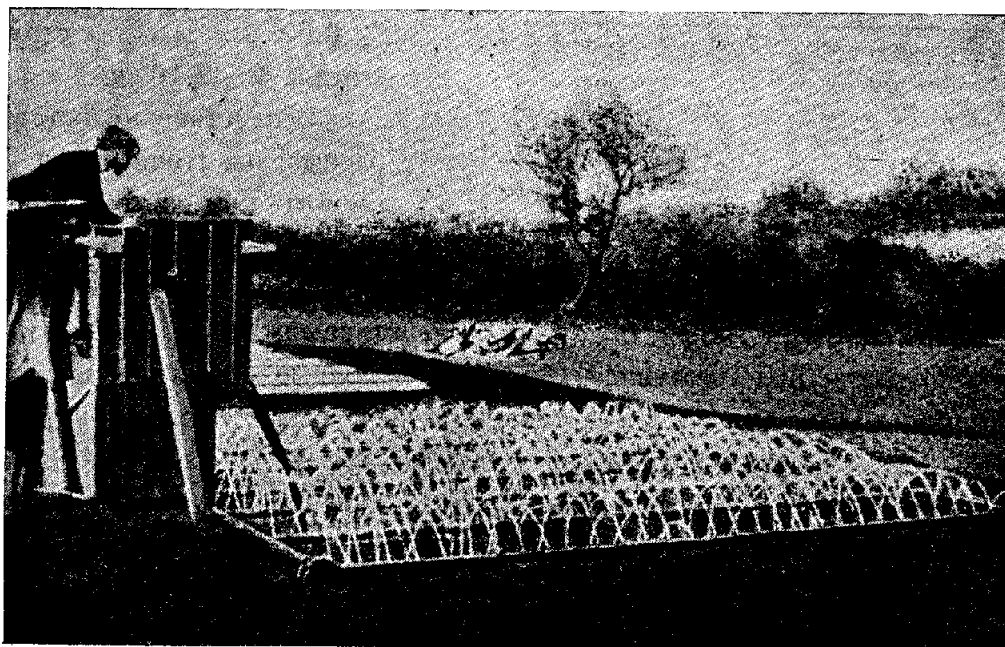
К недостаткам этого способа распределения следует отнести то, что для очистки загрязнений на поверхности фильтра приходится снимать желоба, каковая операция является до некоторой степени обременительной. Для парализования этого недостатка следует употреблять при применении этого способа крупнозернистый материал. Кроме того, на желобах Stoddart'a развиваются грибки, плесени и пр., которые могут закупоривать отверстия и нарушать равномерность распределения.

Желоба Stoddart'a пропускают чрез 400 насадок около 1 куб. м на 1 кв. м. Система распределения Stoddart'a применена в предместьях Бристоля — городах Horfield и Knowle и в ряде мелких установок в Англии. У нас в СССР эта система была применена на Днепропетровской городской больнице.

Дырчатые трубы укладываются по поверхности капельных фильтров и для своей работы нуждаются в определенной величине напора. Для того, чтобы при употреблении труб достигалось более равномерное распределение, необходимо, чтобы число отверстий было по возможности больше (черт. 262). Но,



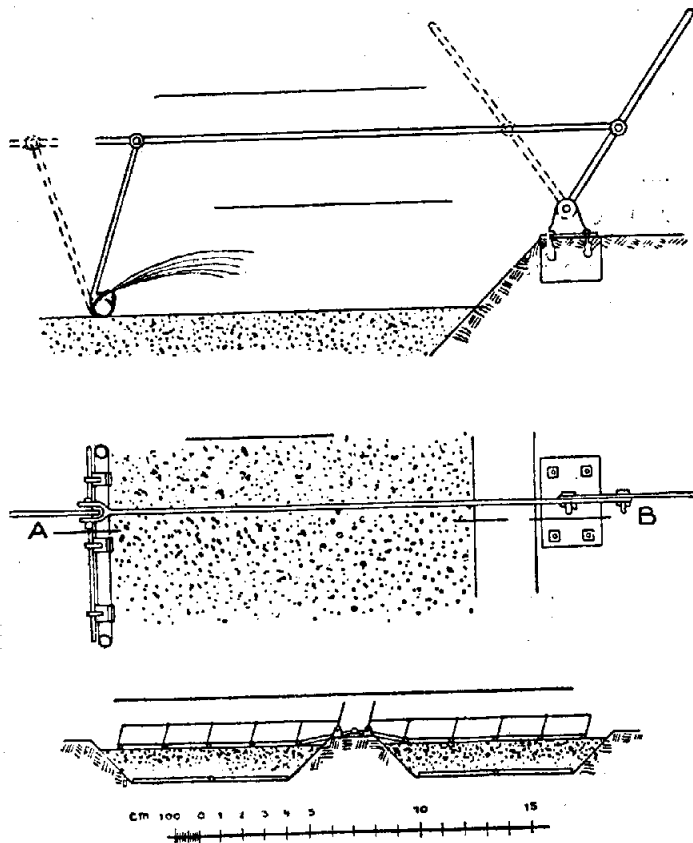
Черт. 262.



Черт. 263.

с другой стороны, увеличение числа отверстий ведет к уменьшению размеров их площадей, вследствие чего приходится их часто очищать от засорений. На черт. 263 изображена установка в г. Derbyschire, где применены дырчатые трубы с двумя отверстиями в их верхней части. На этой станции сточные

воды из распределительной камеры, автоматически опорожняемой через определенные промежутки времени, поступают в трубу, диам. 150 мм, которая приподнята над поверхностью фильтра на высоту 0,60 м. Из этой трубы под напором в 0,60 м сточные воды протекают в три распределительные трубы, диам. 75 мм, из которых воды поступают на непосредственно уложенные на расстоянии 1 м друг от друга по поверхности фильтров дырчатые трубы диам. 25 мм с отверстиями в 3 мм, расстояние между которыми сделано в 75 мм. Для лучшего распыления струй в отверстия вделаны маленькие конические мундштуки. Применение



Черт. 264.

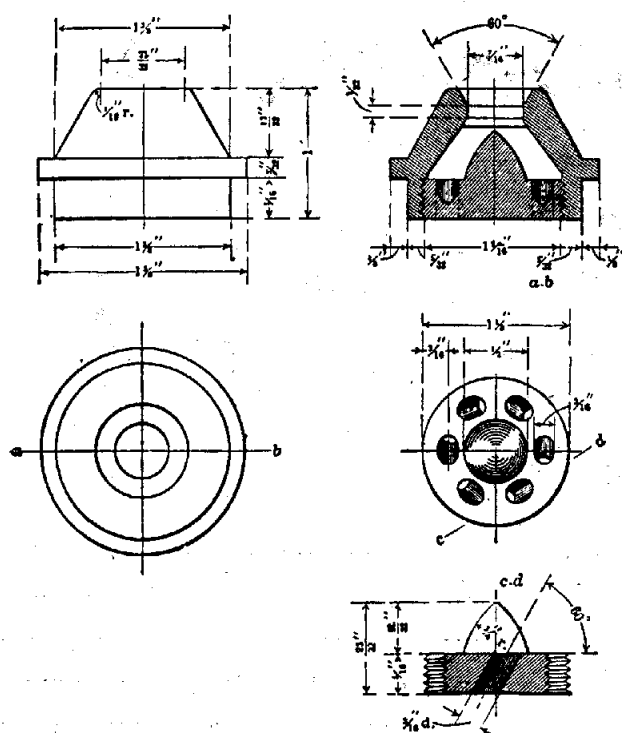
дырчатых труб было также сделано еще в 1898 году в гор. Lichfield (черт. 264). Как видно из чертежа 264, трубы из гальванизированного железа, диаметром 20 мм, снабжены отверстиями в 3 мм с коническими насадками, которые посредством ручного коленчатого рычага могут по желанию перемещаться в любую сторону, благодаря чему является возможность орошать по очереди то правую от трубы часть поверхности фильтра, то левую. Дырчатые трубы были уложены на расстоянии  $\approx 0,90$  м, высота струй достигала 2—2,10 м.

Вследствие недостаточного распыления сточных вод, достигаемого при употреблении для выбрасывания струй отверстий с простыми насадками, эта конструкция вытеснена новыми, в которых струи сточных вод разбивались на мельчайшие капли и изливались со всех четырех сторон; вследствие этого в насадках новой конструкции могли быть допущены большие выходные отверстия, так как они орошали большую площадь. Эти распылители были введены в практику Corbett'ом в г. Salford. Устройство распылителя в г. Salford заключалось в следующем (черт. 265). Распылитель состоит из латунной конической насадки, которая просто вставляется в сделанное для нее отверстие в трубе и держится в нем плотно благодаря выступам; в эту насадку ввинчен диск с конусообразным выступом в середине и с шестью скошенными сверху вниз отверстиями. Благодаря такой конструкции распылителя вода выбрасывается в виде водяного конуса и разбрызгивается вокруг распылителя.

Дальнейшую эволюцию типа распылителей представляет собой система Watson, принятая на очистной станции г. Бирмингама (черт. 266).

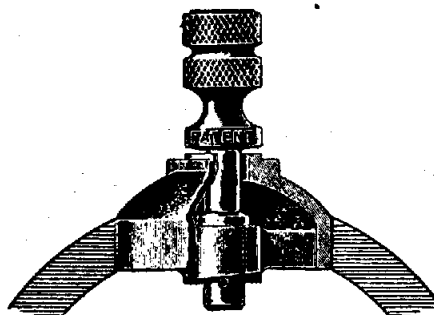
Бирмингамский распылитель имеет в центре подвижной штифт, вращая который можно по желанию регулировать выбрасываемое им количество воды

сообразно давлению, которое имеется в распределительных трубах. В случае засорения отверстий распылителя можно совершенно вынуть штифт, благодаря чему сильная струя вымывает отложения. Распылитель вставлен в особую насадку, ввинченную в распределительную трубу. Наименьшее давление, под которым работает распылитель Watson'a, 1,4 м, наивыгоднейшее — 1,8 м; площадь, орошаемая распылителем, имеет диаметр в 3,6 м.



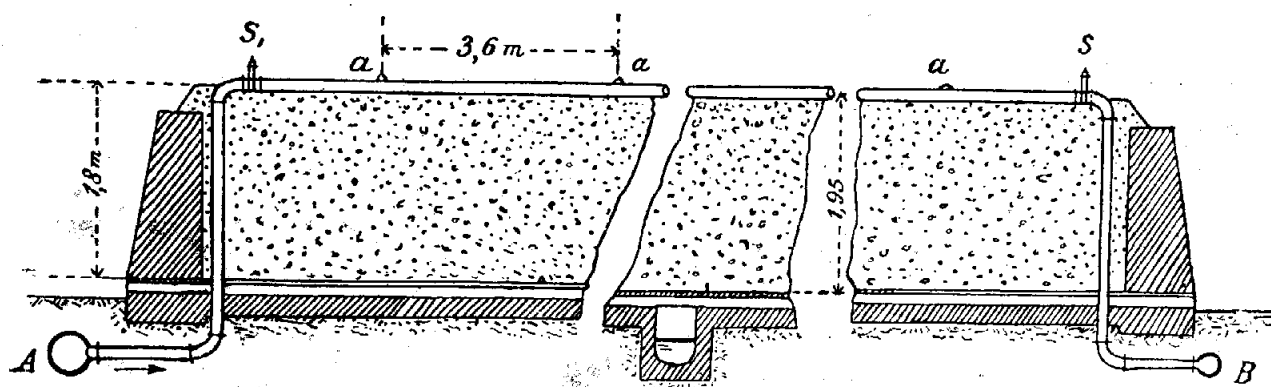
Черт. 265.

Установка распылителей в Бирмингеме показана на черт. 267. Сточные воды поступают по трубе А в распределительные трубы, к которым на расстоянии 3,6 м при-



Черт. 266.

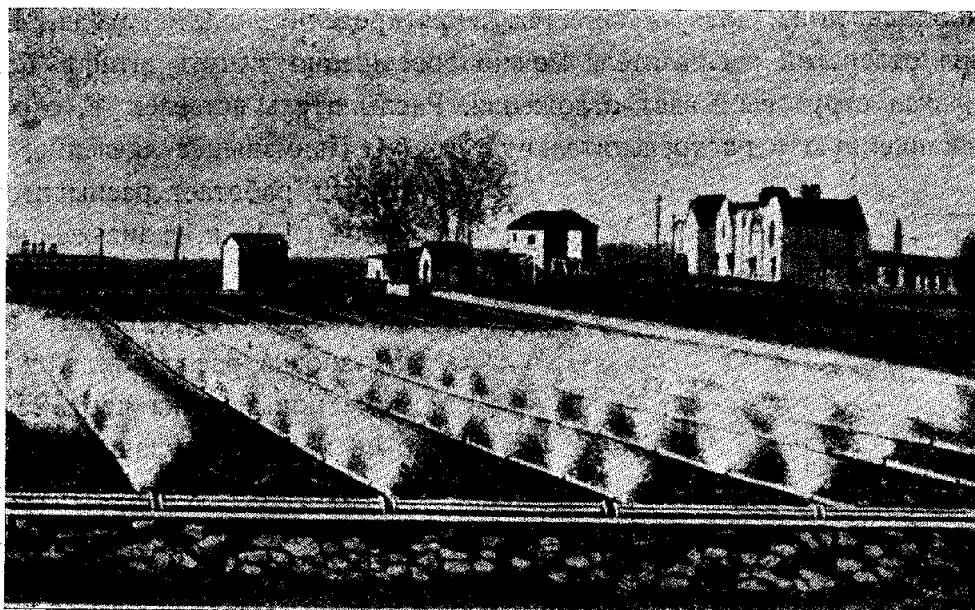
креплены распылители; задвижка  $S_1$  закрывается в случае необходимости сократить работу фильтров вследствие уменьшения притока. С другой стороны фильтра проложена труба В с вертикальными отрезками, запертыми задвижками  $S$ ; эта труба соединена с напорным трубопроводом и в случае надобности служит



Черт. 267.

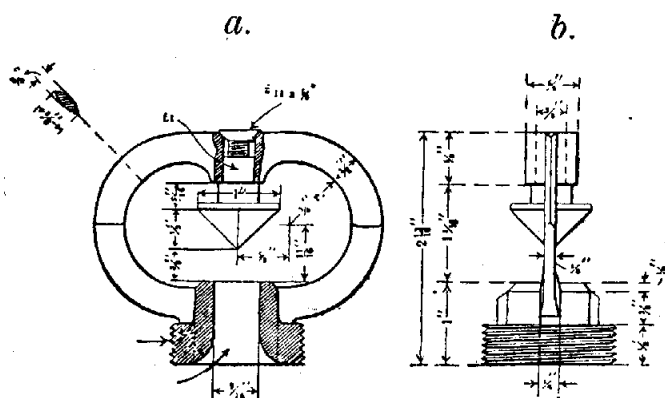
для промывки распределительных труб. При применении распылителей бирмингемского типа возможно пропускать около 1 куб. м на 1 кв. м поверхности окислителя. Черт. 268 изображает работу распылителей в Бирмингеме.

Распылители системы Griggs с широкими выходными отверстиями применены после ряда испытаний Hering'a и Fuller'a на очистной станции г. Columbus (черт. 269). Сточные воды поступают чрез круглые отверстия в 14 мм,



Черт. 268.

благодаря чему устраняется опасность от их засорения, и ударяются об обратный конус, благодаря чему они разбрызгиваются на отдельные струйки, кото-



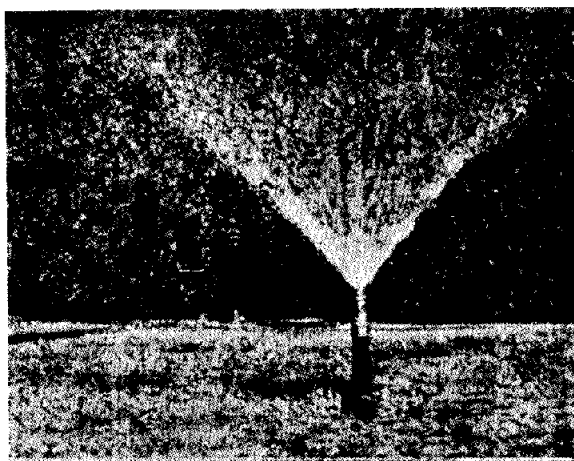
Черт. 269.

рые орошают поверхность капельных окислителей; концы ввинчены в плоское гладкое кольцо, в нижнюю часть которого вставлена насадка. *Распылители типа Columbus* при давлении в 0,85 м дают 45 л, а при 1,5 м — 60 л в минуту. Они ввинчены в вертикальные отростки, соединенные с горизонтальными трубами на расстоянии 4,65 м (черт. 269). К до-

стоинствам распылителей этого типа следует отнести, что их действие не прекращается даже во время сильных морозов; (черт. 270) показывает работу распылителя типа *Columbus* в гор. Бостоне.

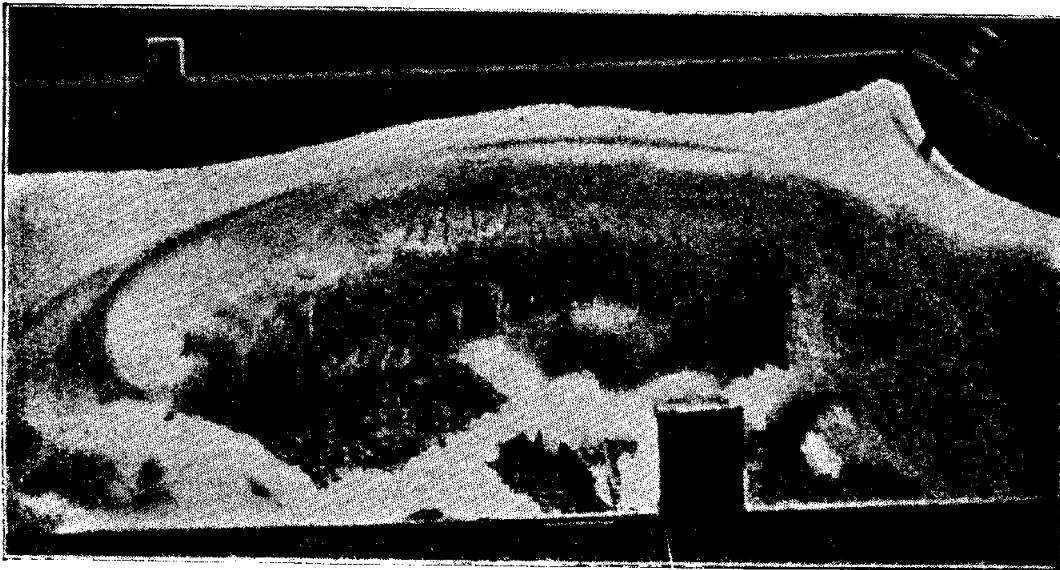
Распылители на очистной станции *Columbus* поставлены в шахматном порядке, благодаря чему сокращается величина неорошаемой ими площади до 10% вместо 21,5% при параллельной установке (черт. 272 *a—b*).

К этой же группе распылителей относится *тип Кроун (Crown)*, примененный в Харькове для части окислителей первой ступени. *Распылители Кроуна* (черт. 273), состоят из бронзовой конической коробки, привинченной к стоякам, диам. 75 мм,



Черт. 270.

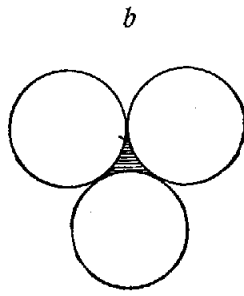
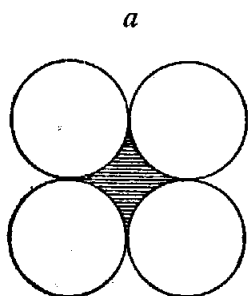
размещенным по поверхности фильтра на расстоянии 2,13 м в шахматном порядке; верхний диаметр конуса 75 мм. Выходящие под напором чрез конус сточные воды ударяются в верхний бронзовый конус и, отражаясь от него,



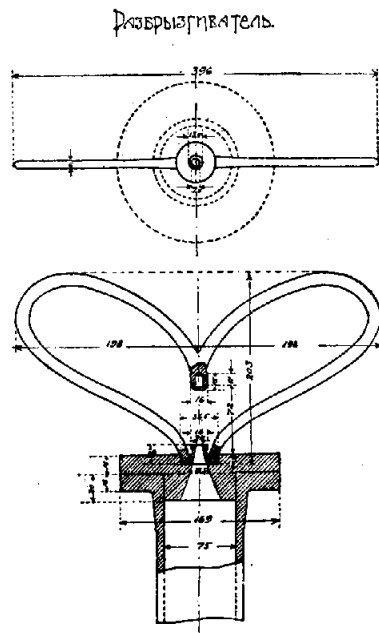
Черт. 271.

орошают поверхность фильтра. Каждый распылитель в Харькове орошает площадь в  $\approx 4,5$  кв. м.

Использование всей поверхности для орошения достигается при применении распылителей системы Adams'a, которые орошают квадратную площадь (черт. 274). Распылители, орошающие квадратные площадки, были применены Taylor'ом в американском городе Waterbury, где после ряда опытов остановились на следующей конструкции (черт. 275). Распылитель системы Taylor'a имеет два выхода: нижний непосредственно у трубы, где вода, ударяясь об опрокинутый конус, вытекает в количестве  $\frac{1}{5}$ , и верхний в виде чаши, из кото-



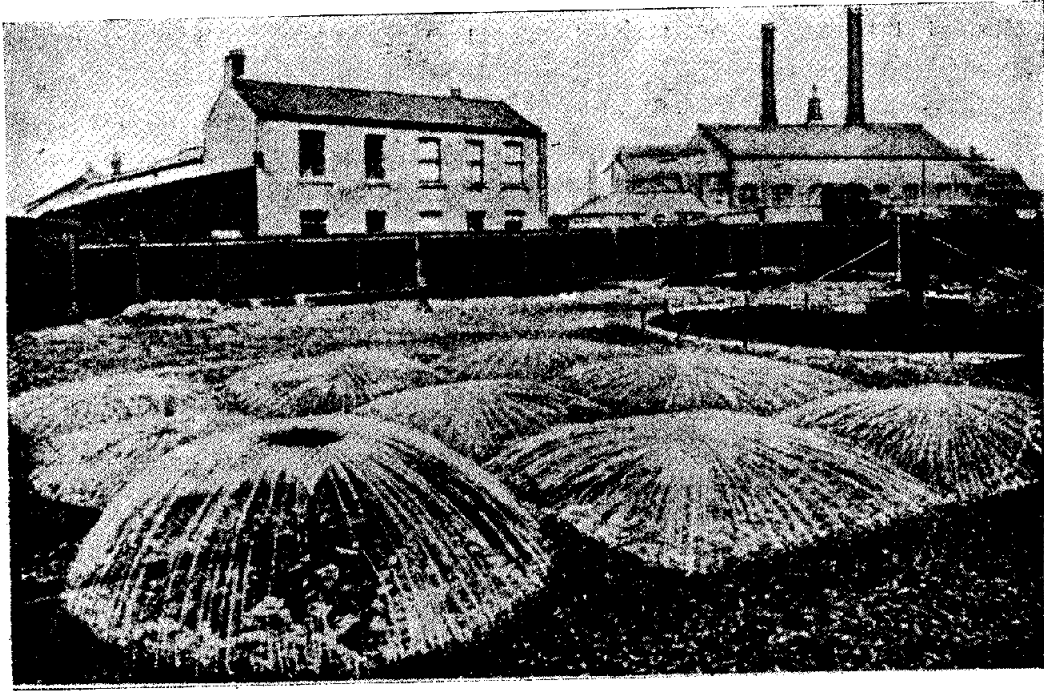
Черт. 272.



Черт. 273.

рой изливается  $\frac{4}{5}$  всего расхода. Этим регулируется работа оросителей при падении давления в распределительных трубах. Эти распылители работают при давлении в 2,1 м, и при высоте верхней чаши в 0,30 м над поверхностью фильтров орошают площадки в 18 кв. м. На черт. 276 изображен тип распылителя, установленного на опытной станции в Москве. Как



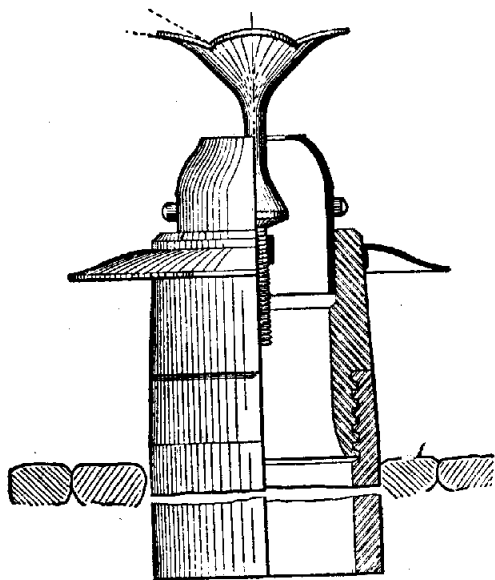


Черт. 274.

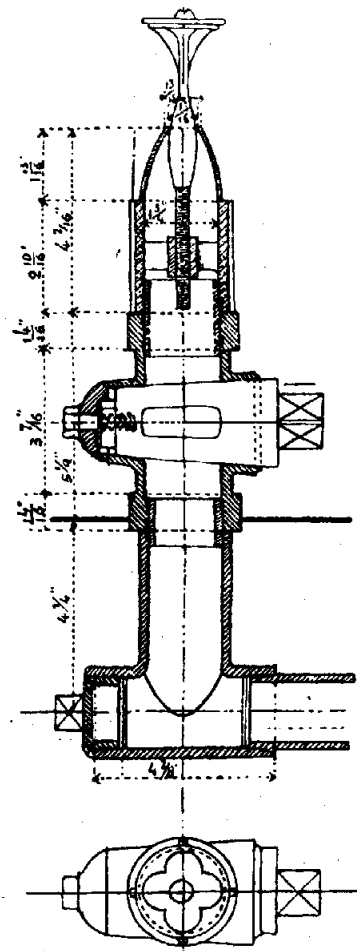
видно из чертежа 276, он отличается от типа в Waterbury лишь введением запорного крана, который позволяет в случае надобности снять распылитель для осмотра и ремонта.

Для работы рассмотренной нами группы распылителей необходимо иметь достаточное давление в распределительных трубах (от 1,3 м до 2,30 м в зависимости от применяемого типа). Для получения этого давления приходится скоплять сточные воды в особых резервуарах, устанавливаемых на высоте, достаточной для получения потребного напора.

Вследствие постепенного понижения уровня



Черт. 275.



Черт. 276.

воды при опорожнении резервуаров ослабляется напор в распределительных трубах, что, в свою очередь, влечет за собой сокращение площади, орошаемой распылителями. Это составляет слабую сторону работ *распылителей*, правильное действие которых нарушается еще *силой ветра*. Далее, большинство типов распылителей может орошать лишь около 80—90% *всей поверхности фильтров*. Наконец, распылители способствуют развитию дурных запахов. *К достоинствам их нужно отнести*: возможность легко приспособляться для любого расхода путем выключения из работы отдельных ветвей с распылителями, отсутствие подвижных частей, дешевое устройство, недорогую эксплуатацию и непрерывную работу в зимнее время. С целью выяснить характер работы распылителей различных типов недавно в университете Purdue<sup>1)</sup> в г. Лафайете (штат Indiana) были сделаны разнообразные опыты, имевшие своей целью установить необходимое для них давление.

*Резервуары*, которыми пользуются для скопления воды для работы распылителей, опорожняются автоматически посредством сифонов и других автоматических приспособлений (см. главу XX). Вместо резервуаров возможно применять качающиеся желоба, конструкция которых будет дана несколько ниже.

*Сечения распределительных труб* подбираются по обычной формуле Ganguillet и Kutter'a (с коэффициентом шероховатости 0,30) в зависимости от предназначаемого для них расхода и падения, затрачиваемого на трение в трубах.

---

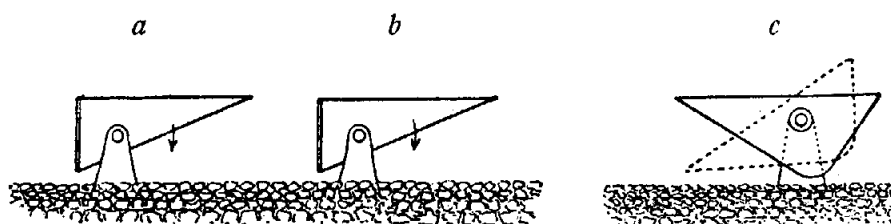
<sup>1)</sup> Zucrow, A method for comparing sprinkler nozzle performance, Eng. News Rec., 1924.

## ГЛАВА XX.

### Искусственные биологические способы очистки сточных вод. Капельные окислители

§ 1. Подвижные и вращающиеся оросители. Качающиеся желоба принадлежат к простейшим типам подвижных оросителей, которые или непосредственно изливают сточные воды на поверхность окислителей, или в систему неподвижных распределительных труб.

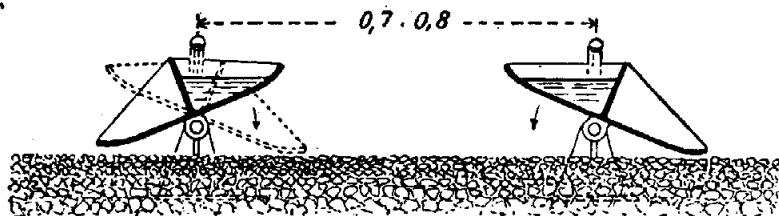
После заполнения сточной водой качающихся желобов в них перемещается центр тяжести, и они, опрокидываясь, изливают жидкость, после чего вновь приходят в прежнее положение. На черт. 277 *a—c* показаны одиночные качающиеся желоба.



Черт. 277.

Черт. 278 показывает двойной качающийся желоб сист. Discat.

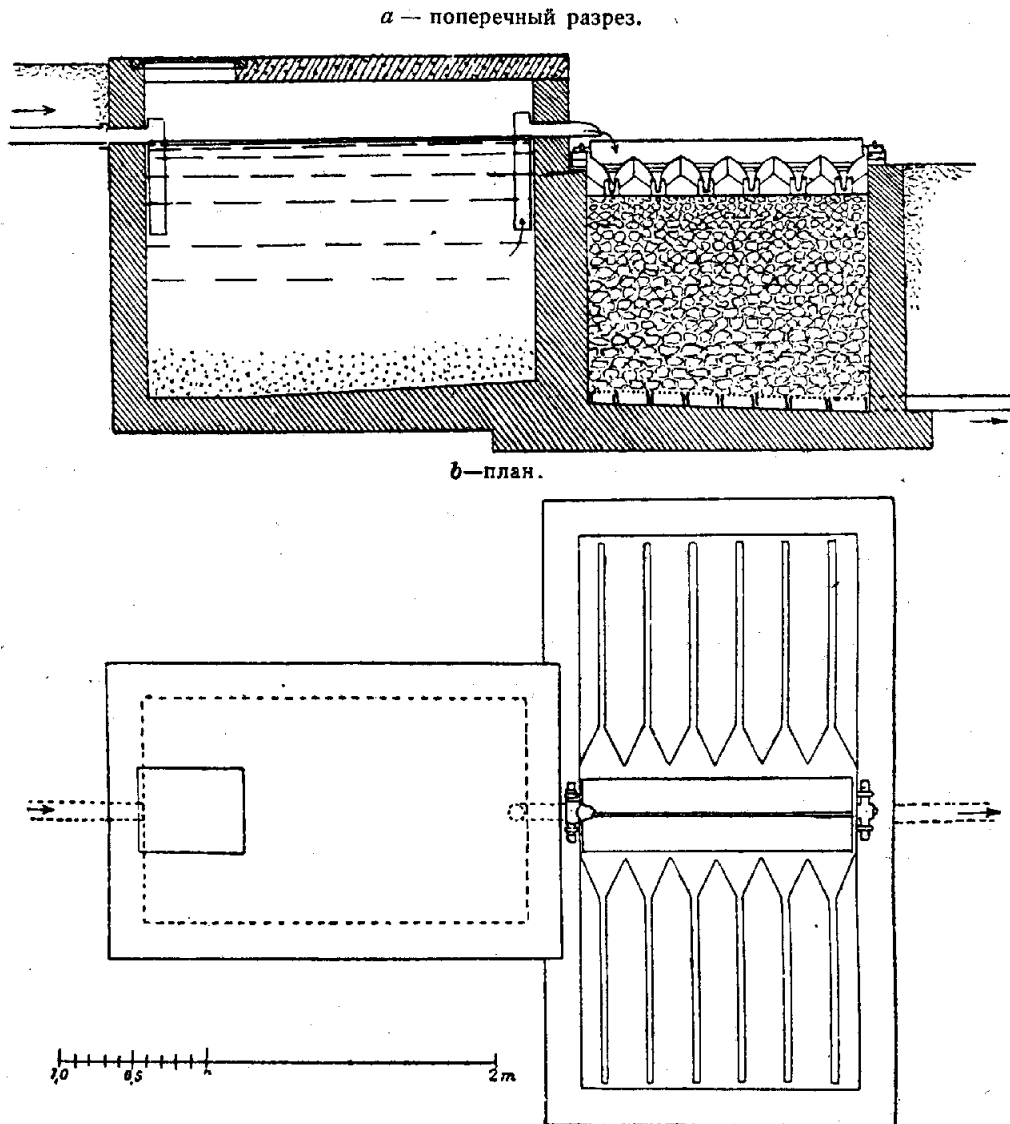
На черт. 279 *a—b* показано соединение качающихся желобов с рядом параллельных неподвижных дырчатых желобов по системе Фаггера (Бирмингам). Для того, чтобы при изливании сточных вод из желобов не было бы проникания крупных взвешенных частиц внутрь окислителя, под желобами уклады-



Черт. 278.

вается защитный слой из мелко-зернистого материала. Конструкция неподвижных желобов по системе Фаггера показана на черт. 280. Эти желоба сделаны из оцинкованного железа; для выпуска сточных вод внизу в стенках имеются круглые отверстия в 6 мм диам., на расстояниях 0,3 м, благодаря чему в них не отлагаются осадки. Вместо железа в целях удешевления желоба могут быть сделаны из дерева.

Качающиеся желоба для своей работы требуют небольшого падения — не более 20—30 см (15—20 см на желоба и 5—10 см на распределение), что составляет несомненное их преимущество. Также к достоинствам качающихся желобов следует отнести, что они работают с одинаковым количеством

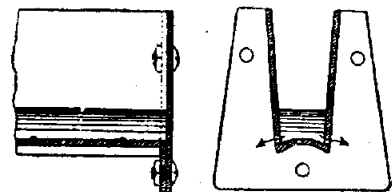


Черт. 279.

воды, что при их опрокидывании смываются отложившиеся на дне осадки, и что в большинстве случаев желоба могут работать без особой защиты в зимнее время.

Сферой применения качающихся желобов остаются до настоящего времени небольшие очистные станции для фабрик, заводов и пр., так как в противном случае пришлось бы им придавать большие размеры. Обычные размеры качающихся желобов на существующих установках в Англии колеблются от 1,2 до 5,5 м; длина распределительных желобов — не свыше 4 м. Отсюда наибольшая двойная площадь капельного окислителя немного больше 40 кв м, что соответствует суточному притоку в 25—30 куб. м.

Для устранения недостатков, присущих дырчатым трубам и распыли-



Черт. 280.

телям, в большинстве конструкций которых не достигалось равномерного орошения *всей* поверхности капельных окислителей, пришлось прибегнуть к конструированию распределителей, которые бы *перемещались* по всей поверхности окислителей или путем вращения, или путем *поступательного движения*.

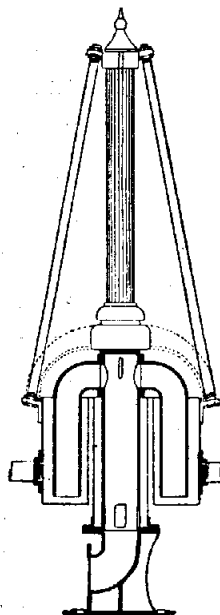
Большинство конструкций *вращающихся* распределителей, будучи построено на применении принципа *Сегнера* колеса, заключается в прикреплении *дырчатых труб в виде рукавов к полой оси, чрез которую в них доставляется сточная вода*. Сточная вода, вытекая из отверстий, сделанных в рукавах, поднятых над поверхностью окислителей, производит *вращение* этих рукавов, а следовательно, и *постепенное орошение их поверхности*. Каждое из отверстий, устроенных в рукавах, описывает круг определенного радиуса, вследствие чего при расположении отверстий на одинаковом расстоянии друг от друга орошение поверхности окислителей производилось бы из-за постепенного уменьшения напора *неравномерно*. Эта неравномерность в орошении для окислителей небольших размеров не имеет большого значения, но на больших круглых окислителях (диам. 30—36 м) количество сточной воды, выпускаемой на обоих концах рукава, сильно разнится друг от друга. В этом случае приходится или сближать отверстия у оси и разъединять в крайнем конце, или же совершенно не делать отверстий в ближайшей у оси части трубы, прибегая в этом случае к добавлению двух коротких рукавов, а в некоторых случаях и четырех.

*На вращение рукавов около оси, на трение при движении воды в рукавах и на потери при истечении сточных вод из отверстий* приходится затрачивать некоторый напор; величина этого напора не превышает 0,10—0,90 м, т. е. значительно меньше потребного напора для распылителей, что при отсутствии большого падения местности составляет их *важное преимущество*. *Величина отверстий* в рукавах делается от 3 до 10 мм, которые по мере эксплуатации легко забиваются вследствие незначительной величины проходных отверстий и должны периодически (от 1 до 2 недель) прочищаться проволочными штифтами. При конструировании вращающихся оросителей имеет важное значение *длина рукавов*, зависящая, в свою очередь, от диаметра окислителя. Чем *длиннее рукава*, тем *труднее подвешивание к оси и уравнивание их для поддержания в горизонтальном положении и сопротивление действию ветра*, который может при известной силе заставить вращаться оросители в противоположном направлении. *Обычная длина* рукавов не превышает 10 м, что соответствует диаметру окислителя в 20 м. В исключительных случаях длина рукавов достигает 15 и даже 18 м (Reigate). *Распределительные рукава* подвешиваются посредством стальных тяжей к опорным столбам. Остов этих столбов обыкновенно делается из *чугуна*, но части, подверженные наибольшему напряжению, из *стали*; опоры, на которых производится вращение оросителей, делаются из *стали*. Распределительные рукава делаются или из *меди* (Англия), или из *Маннегманновских труб* (Германия).

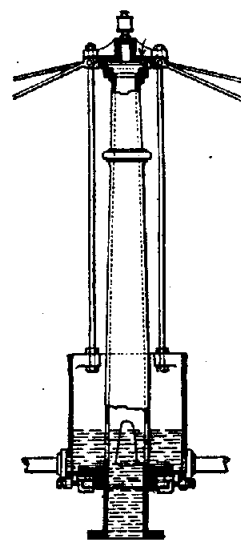
Перейдем к описанию наиболее употребительных конструкций вращающихся оросителей. Одним из простейших типов оросителей является *ороситель сист. Дженнингса (Jennings)*. Устройство оросителя этой системы заключается

в следующем (черт. 281). Сточная вода поднимается по центральной трубе и изливается через сифоны в круговой желоб, питающий непосредственно распределительные рукава. Применение сифонов данной конструкции мешает сточной воде выливаться из центральной трубы на поверхность окислителя.

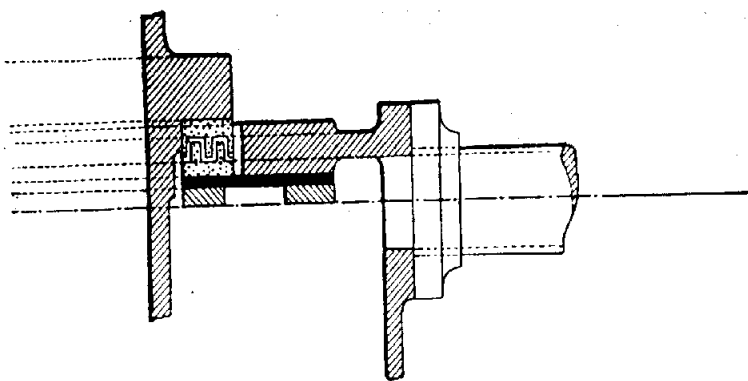
На черт. 282 показано устройство оросителя по системе „Simplex“. Здесь сточная вода поступает из центральной трубы через отверстие в резервуар, который питает непосредственно прикрепленные к нему распределительные рукава. Резервуар с рукавами подвешен тросами к находящемуся наверху столба листу, который вращается на стальных шариках, благодаря чему уменьшается трение при вращении оросителей. Кроме того, для уничтожения толчков под резервуаром прикреплены направляющие ролики, которые передвигаются по обточенной поверхности центральной трубы. В этом типе, как и в большинстве типов вращающихся оросителей, стыки распределительных рукавов расположены ниже уровня воды в питающем резервуаре; вследствие этого необходимо обеспечить их непроницаемость без значительного увеличения трения при вращении окислителей, так как это повело бы в свою очередь к увеличению падения, необходимого для передвижения оросителя. Стык типа „Simplex“ (черт. 283) состоит из двух латунных колец с прямоугольными зубцами, которые устроены таким образом, что зубцы одного кольца плотно входят в пазы другого; верхнее кольцо связано посредством резиновой прокладки с распределительным рукавом, а нижнее



Черт. 281.



Черт. 282.

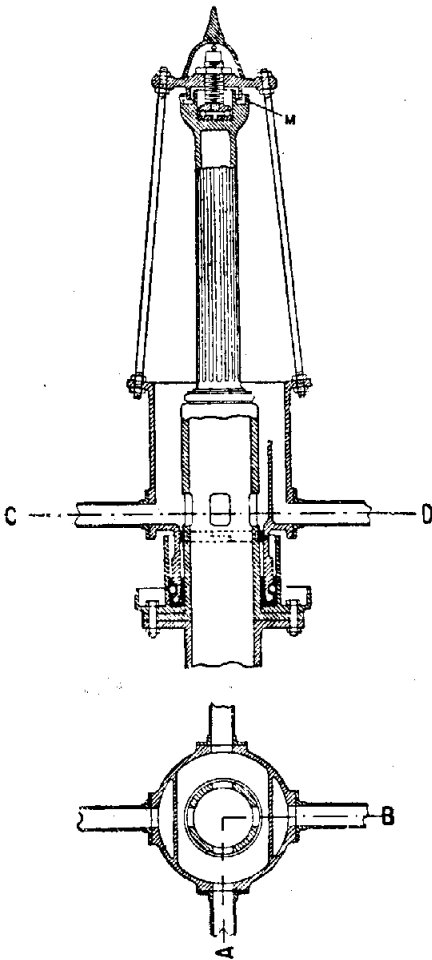


Черт. 283.

одето на выступ центральной трубы. Плотность стыка здесь достигается давлением воды в распределительном рукаве. Стремление упростить соединение распределительных рукавов с резервуаром для их питания привело к замене эластичных соединений гидравлическими затворами.

На черт. 284 изображен ороситель *Candy-Whitaker* с ртутным затвором. Сточная вода поступает в центральную трубу и по продольным четырехугольным отверстиям изливается через резервуар в распределительные рукава. Резервуар с распределительными рукавами подвешен тросами к головной части колонны и вращается на сферической опоре, опущенной в желоб, наполненный маслом. В нижней части питающего резервуара помещен ртутный затвор

высотой 6—10 см, который вследствие удельного веса ртути, превышающего в 12 раз вес воды, может уравнивать столб воды в резервуаре в 0,72—1,2 м.



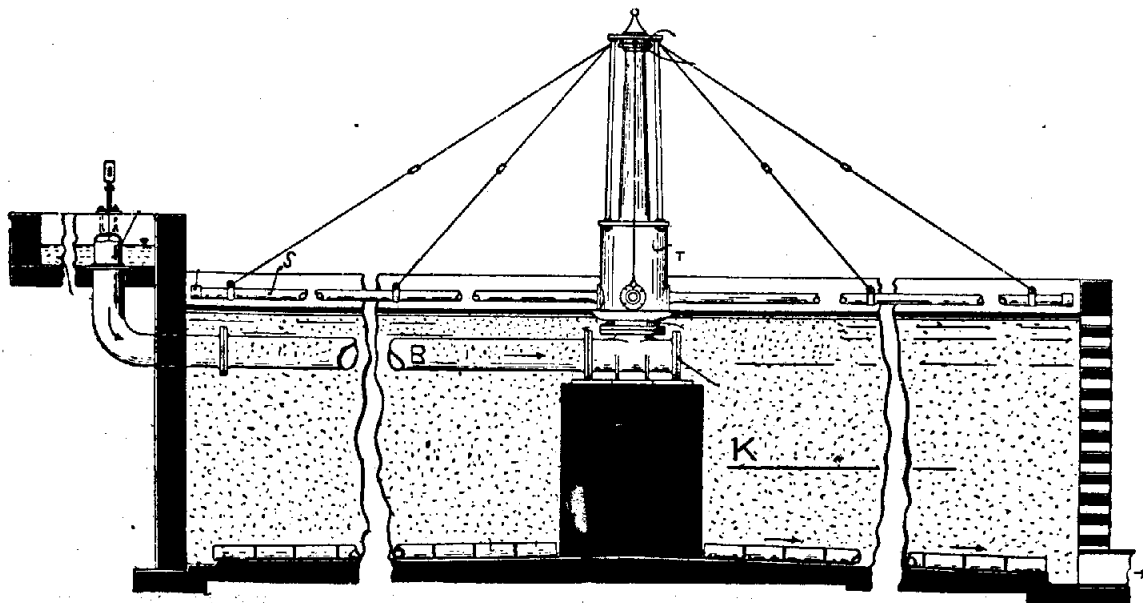
Черт. 284.

При случайном превышении давления в резервуаре было бы возможно выдавливание ртути из затвора и изливание ее на поверхность окислителя. Для предотвращения этого в новейших конструкциях введено бронзовое кольцо в верхней части резервуара; кроме того, для ослабления трения вращение нижней части резервуара производится по стальным шарикам. Независимо от этих приспособлений при сильном притоке сточная вода поступает через водослив и приводит в движение два вспомогательных распределительных рукава. На черт. 285 показана полная установка оросителя системы Candy-Whitaker с резервуаром для его питания на капельном фильтре К. Система Candy-Whitaker применена в городах Leeds, Reigate, Rochdale, Worcester и др.

Варианты оросителей с *ртутным затвором* представляют собой немецкие типы *Wurl* (черт. 286 а—с) и *Freund* (черт. 287), которые отличаются от типа Candy-Whitaker незначительными конструктивными деталями.

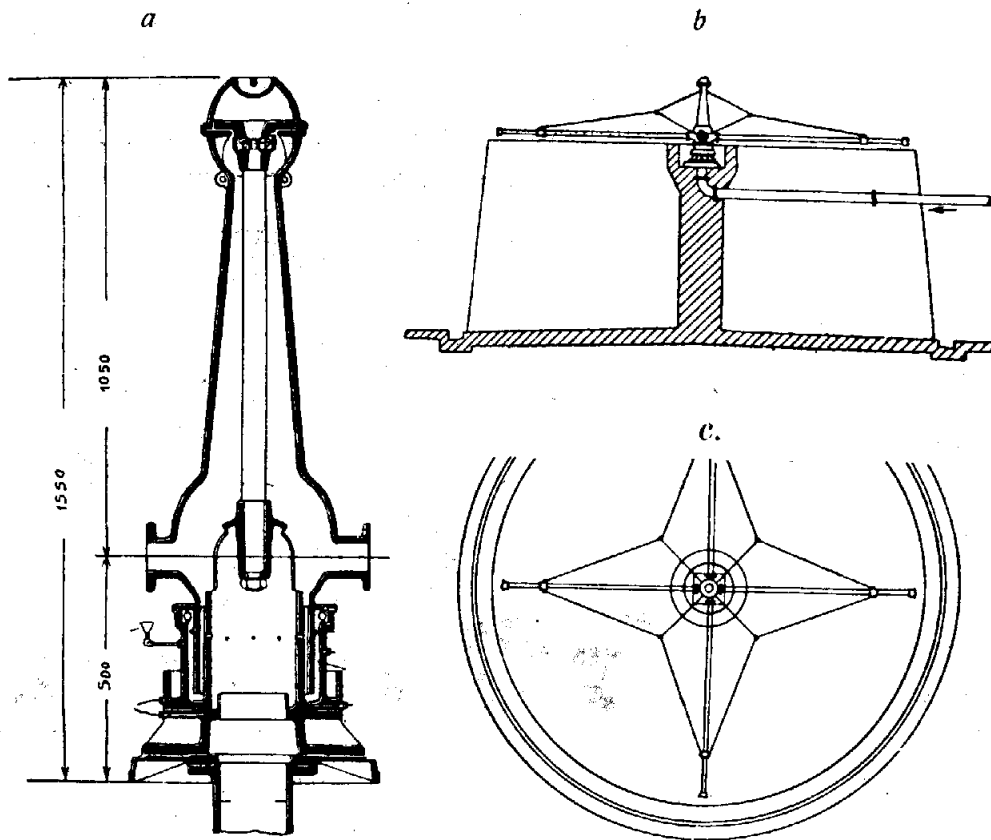
Дальнейшее улучшение типа вращающихся оросителей состояло в замене *ртутного затвора* водяным, что и было достигнуто в типе „Cresset“ системы Adams'a (черт. 288). По-

ступление воды в распределительные рукава аналогично предыдущему. Резервуар с рукавами подвешен посредством тяжей к помещенной в верхней части колонны и защищенной от дождя листом шаровой опоре, постоянно смачиваемой

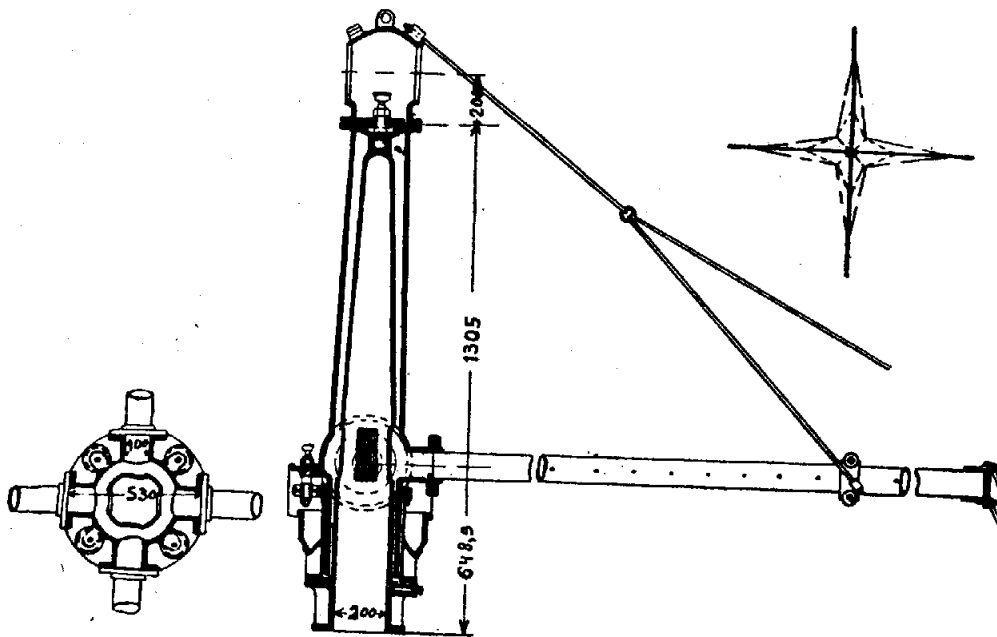


Черт. 285.

из масленки маслом. Особенность этой конструкции составляет *двойной водяной затвор*, образованный двумя concentрическими железными цилиндрами (питательным резервуаром и добавочным цилиндром), которые входят в два неподвижных кольца; последние кольца образуются между тремя неподвижными



Черт. 286.

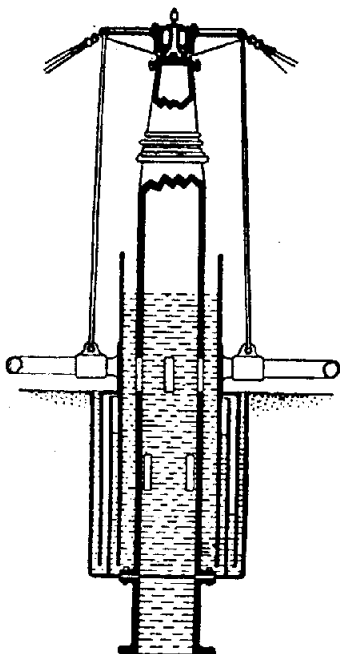


Черт. 287.

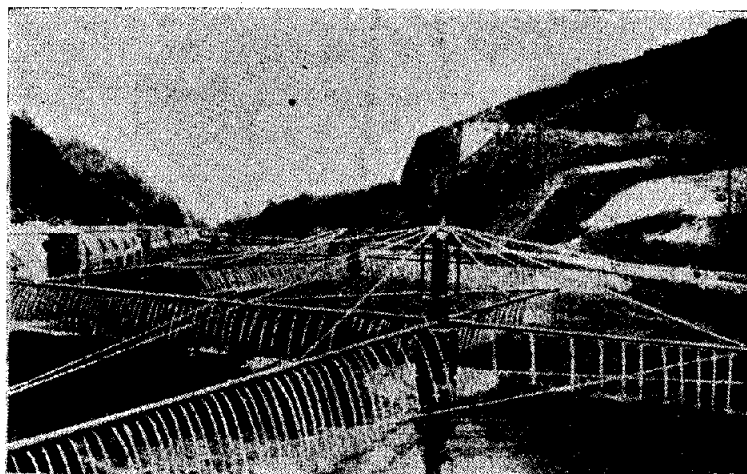
цилиндрами, связанными фланцами с центральной трубой. Непроницаемость стыка образуется благодаря воздуху, скопляющемуся в этих гидравлических затворах при заполнении водой наружного кольца. Из черт. 288 можно видеть, что уровень воды в затворах зависит от уровня поддерживаемой ими сточной воды;



нормальная разность уровней определяется в 0,75 м, но она может быть увеличена до 1,05 м без прорыва воздушных затворов. В случае же перехода чрез этот предел необходимо остановить ороситель на 5 минут и впустить вновь воздух для восстановления затвора посредством специального воздушного крана. Благодаря такому устройству стыка нижняя часть оросителя испытывает очень небольшое сопротивление движению вследствие незначительной величины трения в воде. В случае применения оросителей этой системы на больших окислителях они двигаются по рельсам, уложенным на стенках окислителей.

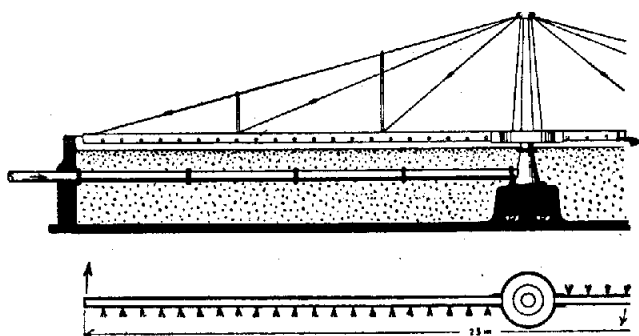


Черт. 288.

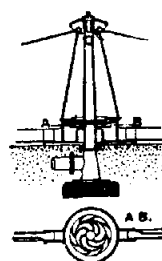


Черт. 289.

Оросители Adams'a имеют обыкновенно 4 распределительных рукава; только на маленьких фильтрах будет достаточно 2 рукавов. Для своего передвижения оросители требуют *незначительного напора в 0,15—0,25 м.* Оросители сист. Adams'a применены в гор. Bradford, Darwen, Buxton, Birmingham, Derby и др. Черт. 289 иллюстрирует работу оросителя этой системы в г. Buxton, работающего при напоре в 0,15 м.



Черт. 290.



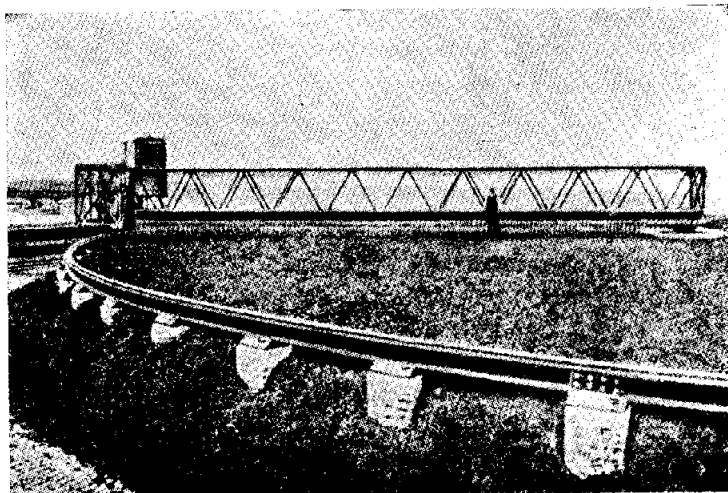
Черт. 291.

Ороситель системы Mather and Platt отличается от описанных конструкций заменой закрытых труб для распределения сточных вод на поверхности окислителей открытыми желобами (черт. 290—291). Эти открытые желоба имеют с одной стороны отверстия для вытекания сточной воды. Помимо вращения оросителя, получающегося от истечения струй чрез отверстия, *вращение* поддерживается от насаженной на центральную трубу турбины с гори-

зонтальной осью, для движения которой сточная вода поднимается несколько выше в центральной трубе. Так как в этой конструкции вращение создается главным образом турбиной, то *расположение отверстий в желобах* может быть сделано *гораздо чаще, чем в закрытых трубах*. Сточные воды после падения на турбину попадают в круговой желоб, из которого протекают в 2 или 4 открытых железных желоба. Вся конструкция подвешена к шаровой опоре, лежащей на верхушке колонны. Преимущество открытых желобов перед трубами заключается в их более легкой очистке от осадков, но зато они представляют *большую поверхность для действия ветра*. Поэтому при больших длинах желобов к их концам прикрепляются направляющие колеса, которые катятся по заложенным на периферии окислителей рельсам; во время ветров такие окислители передвигаются посредством *двигателей*. Вследствие вышеизложенного, *оросители системы Mather and Platt* применяются только для *маленьких установок* (Penistone, Bolsover и пр.).

Во всех описанных оросителях, за исключением последнего типа, их вращательное движение создается *за счет известного напора* приводимой к ним жидкости. В тех же случаях, когда имеющееся для этой цели падение местности недостаточно, или когда желают, чтобы оросители работали бы при строго определенной нагрузке, приходится приводить во вращение оросители посредством *специальных двигателей*.

К оросителям подобной системы принадлежит *ороситель Scott-Moncrieff*, приводимый в действие *керосиновыми моторами* (черт. 292). Ороситель состоит из одного распределительного открытого желоба (шириной 0,90 м, глубиной 0,45 м и длиной 19,5 м), прикрепленного одним концом к вертикальной питательной трубе, которая образует собой центральную ось вращения оросителя; к другому концу желоба прикреплено колесо, которое катится по уложенному на столбах круговому рельсу. Для того, чтобы желоб не прогибался вследствие своей большой длины под тяжестью собственного веса и заполняющей его воды, он на всем своем протяжении раскреплен парными



Черт. 292.

треугольными связями, образующими собой решетчатую форму. Сам желоб не служит для непосредственного изливания на поверхность окислителей, а для этой цели вдоль одной из его сторон прикреплен *вспомогательный желоб* меньших размеров (0,10 × 0,2 м). Этот *рабочий желоб* по всей его длине разделен перегородками на отделения длиной 2 м, в которые сточная вода поступает чрез водосливные отверстия. Площади водосливных отверстий могут меняться в зависимости от медленного открытия или закрытия прикрывающих их щитков,

благодаря чему можно регулировать величину назначенной нагрузки. Ширина водосливных отверстий возрастает по мере удаления от центральной оси, благодаря чему количества изливаемой из каждого отделения воды чрез боковые отверстия на окислители строго пропорциональны орошаемым ими площадям.

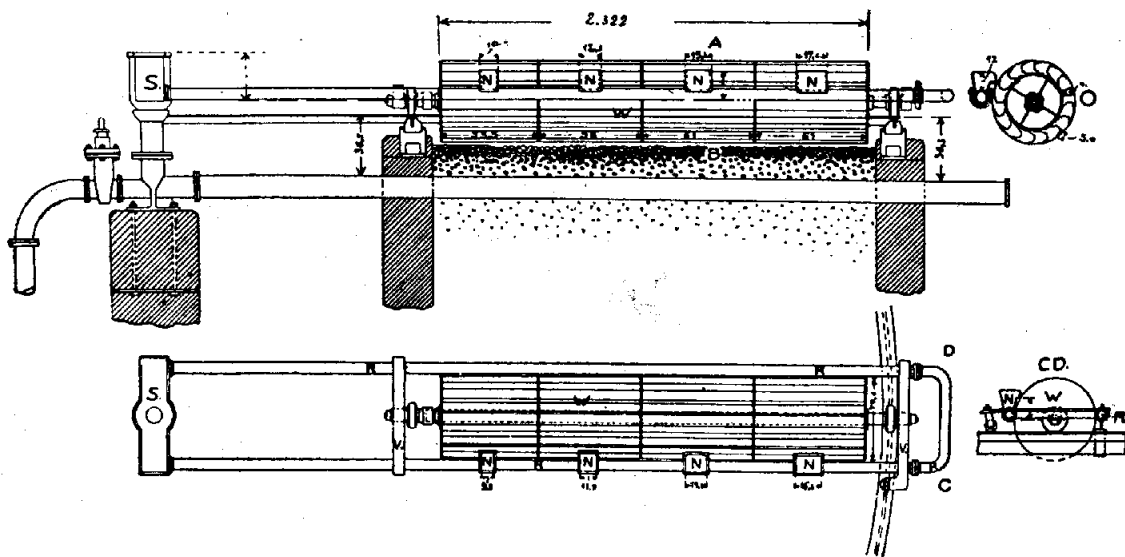
Для вращения этого оросителя требуется двигатель в  $5\frac{1}{2}$ —6 НР. Этот двигатель помещен над ведущим колесом, с которым он соединен посредством передачи.

Таким образом, ороситель Scott-Moncrieff'a медленно движется вне зависимости от нагрузки над поверхностью окислителя и дает равномерное распределение сточных вод в самой совершенной форме. Нагрузка на 1 кв. м для оросителя этой системы колеблется в пределах от 0,3 до 1,1 куб. м.

Ороситель Scott-Moncrieff'a был установлен в г. Hanley на капельном окислителе (диам. 20 м) и работал точно во все время опыта. Время оборота его было 8 мин.; но, меняя передачу, можно придать ему и другую скорость вращения. К недостаткам этого окислителя следует отнести его высокую стоимость, обусловливаемую его большим весом (около 12 т). Ороситель этой системы применен в гг. Hanley, Birmingham и др.

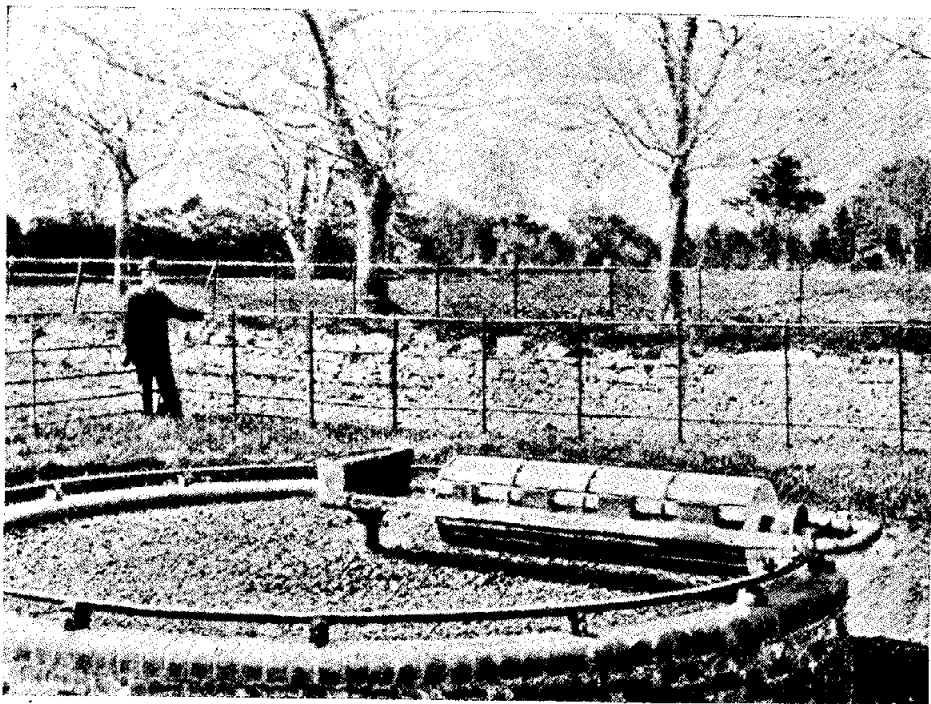
От только что описанной группы вращающихся оросителей, построенных по принципу Сегнерова колеса, резко отличается ороситель системы английского инженера Fiddian'a, где для его вращения использована сила падающей воды.

Ороситель системы Fiddian'a представляет собой верхнее наливное водяное колесо  $W$  диам. 25—50 см в виде цилиндра с ковшами, сделанными по всей его производящей; один конец его прикреплен к центральному питательному резервуару  $S$ , который служит ему осью вращения, а другой прикреплен



Черт. 293.

к колесам, катящимся по рельсам, уложенным по наружным стенкам фильтра (черт. 293). Из центрального питательного резервуара  $S$  сточные воды поступают в горизонтальную трубу  $R$ , параллельную оси колеса Fiddian'a, которая на маленьких оросителях идет кругом колеса  $A$ . На этой горизонтальной трубе чрез известные промежутки устроены особые сосудики  $N$  в виде конических

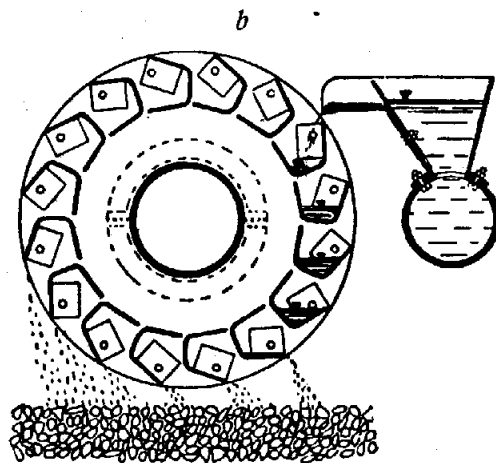
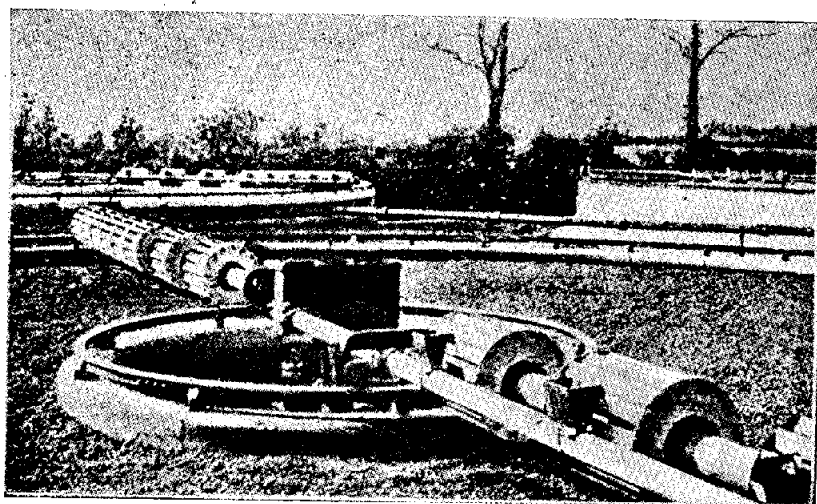


Черт. 294.

патрубков с водосливами, чрез которые вода изливается в ковши колеса, вследствие чего происходит их поворот, а следовательно, и постепенное вращение всего колеса Fiddian'a.

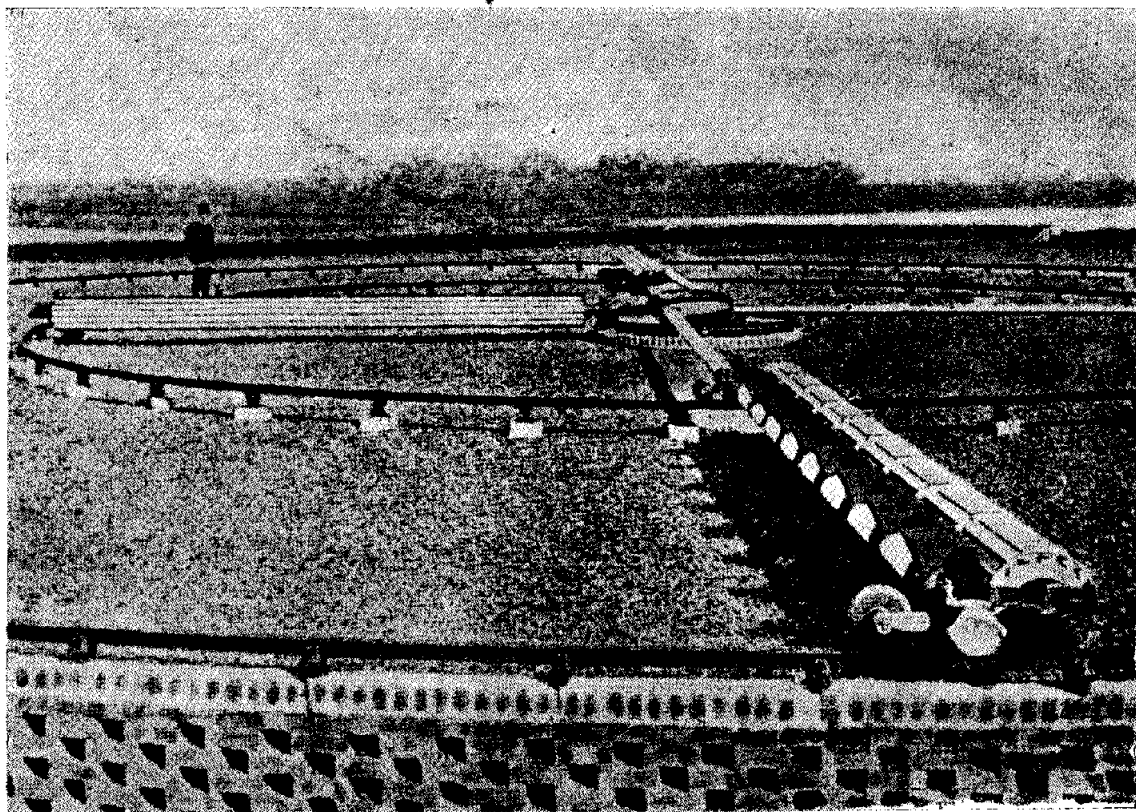
Ковши по длине колеса разделены перегородками, благодаря чему получают отделения, из коих каждое обслуживается своим сосудиком  $N$ ; ширина водосливов в отделениях возрастает по мере удаления от оси вращения. Из этого описания мы видим, что интенсивность вращения оросителя Fiddian'a зависит от количества и напора поступающей воды; при отсутствии притока он совершенно останавливается. Для движения оросителя Fiddian'a требуется напор в  $0,40 - 0,45$  м, имеющийся между поверхностью окислителя и сооружением для предварительной обработки сточной воды.

Для маленьких фильтров с диаметром не более  $9$  м применяется одиночное колесо Fiddian'a (черт. 294). Для фильтров с диаметрами от  $9$  до  $16$  м употребляют двойные колеса Fiddian'a (черт. 295 а — б).



Черт. 295.

В этом случае колеса имеют только на внешней половине своей длины сточные ковши, а на внутренней половине устраиваются колесики с промежутками между ними, при чем промежутки одного колеса орошаются колесиками другого. Это сделано с целью урегулировать распределение, которое при таком устройстве делается равномерным. Для больших фильтров диаметром от 18 до 36 м применяют ороситель из трех колес Fiddian'a. На черт. 296 показана установка тройного оросителя Фиддиана в г. Ливерпуле. При таком устройстве для передвижения внутреннего колеса вводится еще третий рельс, уложенный на металлических стойках.



Черт. 296.

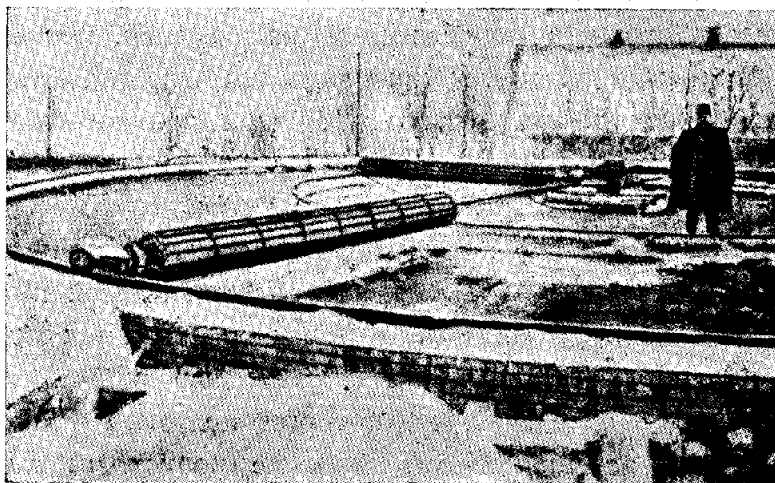
К достоинствам оросителей сист. Fiddian'a следует отнести, что их работа не нарушается действием ветра при нормальном притоке сточных вод. Только при слабой нагрузке (1—1,2 л/сек) получают отклонения от нормальной работы, как это можно видеть из таблицы LIII.

Таблица LIII.

Нагрузка в л/сек.	Сила ветра в баллах	Время, за- трачиваемое на 1 оборот оросителя в секундах	Продолжительность полу- оборота оросителя в се- кундах	
			Против ветра	По ветру
1—1,12	2	102	54	48
" "	3—4	106	56	50
" "	1—5	97	56	51
" "	4—5	93	54	39

Кроме того, неоднократными наблюдениями за границей<sup>1)</sup> и у нас в СССР<sup>2)</sup> установлено, что оросители системы Fiddian'a работают исправно зимой во время сильных морозов ( $20^{\circ}$ — $25^{\circ}$  С).

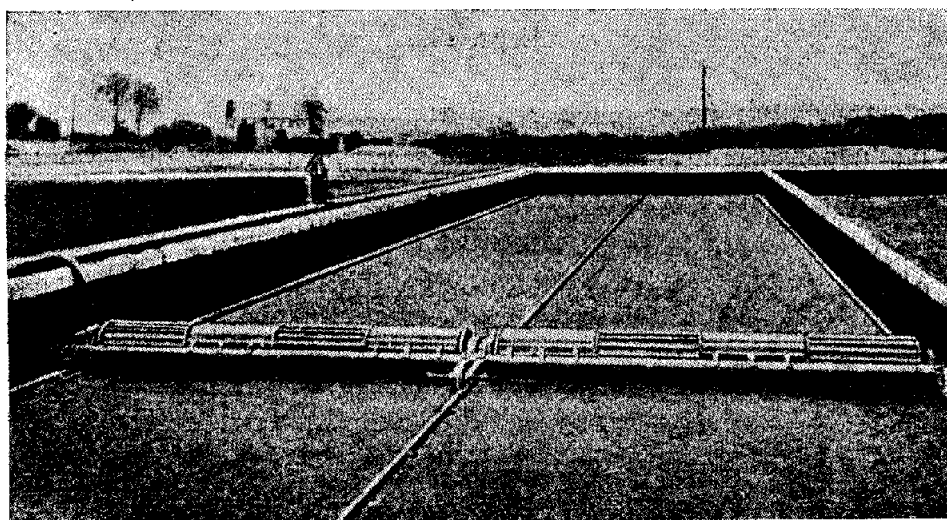
Черт. 297 представляет зимнюю работу оросителей Fiddian'a на биологической станции гор. Днепропетровска. Оросители сист. Fiddian'a применены на многочисленных английских очистных станциях (Sibley, Dereham, Enfield, Liverpool и др.) и у нас в СССР в Днепропетровске и Москве.



Черт. 297.

Недавно английская фирма Jones и Atwood внесла в конструкцию оросителя Фиддиана некоторые изменения:  $\frac{1}{3}$  длины конструируется по старому типу, а  $\frac{2}{3}$  сделаны в виде дырчатой трубы<sup>3)</sup> (аналогично описанному в следующем параграфе типу Carlton Engineering).

§ 2. **Передвижные оросители.** Все вращающиеся оросители пригодны только для распределения сточных вод на поверхности *круговых* или *восемьюугольных* капельных фильтров. Для прямоугольных фильтров пользуются *пере-*



Черт. 298.

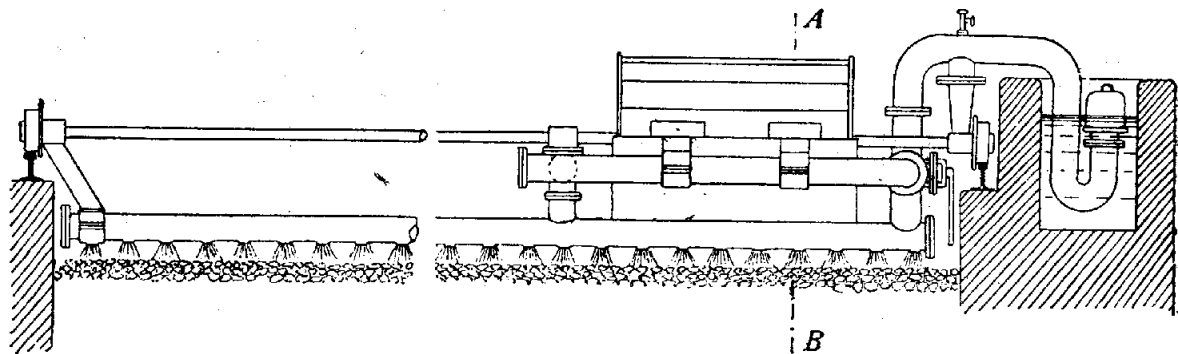
*движными* оросителями другой конструкции, которые ходят взад и вперед по поверхности окислителей. К этой группе следует отнести прежде всего ороситель системы Fiddian'a (завода Ham, Baker and Co) (черт. 298). В этом типе питание водой оросителя производится из открытого желоба, в который

<sup>1)</sup> Vogelsang, Versuche mit dem Kremer-Apparat und mit verschiedenen Tropfkörpermaterialien, Mit. d. Kon. Prüf. f. Was. und. Abwas., Heft 12, 1909.

<sup>2)</sup> Н. Д. Аверкиев, Биологический метод очищения сточных вод, 1909.

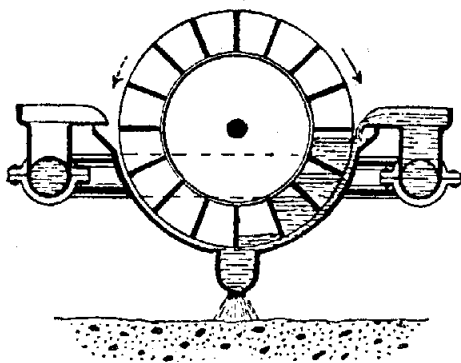
<sup>3)</sup> Sewage distributors, Surv., 1925.

опущен сифон, непосредственно связанный с трубами, параллельными оси оросителя и расположенными с обеих его сторон. При движении в одну сторону изливаются сточные воды на *половину лопаток* оросителя и заставляют его передвигаться в определенном направлении, при чем для облегчения передвижения к концам его прикрепляются тележки, которые катятся по уложенным на стенках окислителей рельсам; при ширине окислителей больше 6 м укладывается на середине окислителя третий рельс (черт. 298). Когда ороситель дойдет до конца фильтра, то он ударяется о буфер, благодаря чему меняется распределение, т. е. закрывается клапан, пускавший воду из желоба в правую питательную трубу, и открывается клапан левой питательной трубы. Тогда ороситель начнет двигаться в противоположном направлении, пока не ударится опять о буфер и начнет повторять свою работу. Благодаря разделению оросителя на отделения, из которых *половина работает при прямом ходе, а половина при обратном*, здесь не происходит перегрузки концевых частей фильтров, и таким образом поддерживается *равномерное распределение*.



Черт. 299.

При эксплуатации оросителей этого типа возникают некоторые затруднения для их передвижения при противном ветре, вследствие чего может несколько замедляться их ход. Передвижные оросители типа Fiddian'a были применены в городах Wednesbury, Wolverhampton, Bolton, Bradford, Детское Село и др.



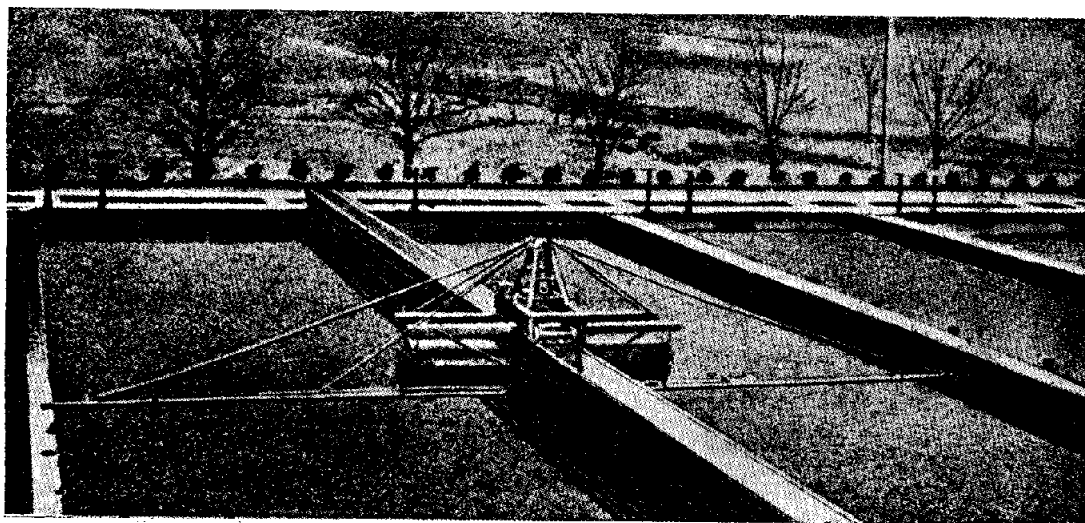
Черт. 300.

К этому же классу оросителей принадлежит *ороситель Carlton Engineering*, где колесо устроено *не по всей ширине* окислителя, а только *на незначительном протяжении* с целью использовать его, как *двигатель* (черт. 299—300) для вращения оросителя. Орошение же здесь производится из специально устроенной ниже колеса распределительной трубы. Весь прибор передвигается

посредством колес на рельсах, уложенных на стенах. Дальнейшую эволюцию типа *передвижных* оросителей представляет собой *ороситель сист. „Simplex“*, где применен тот же принцип, что и в типе Carlton Engineering, т. е. пользование водяным колесом в качестве двигателя (черт. 301).

В этом оросителе колесо состоит из двух самостоятельных половин, которые питаются сифонными трубками из общего желоба. Таким образом, ко-

лесо представляет собой род вагонетки, движущейся благодаря притоку из желоба. Распределение сточных вод по поверхности окислителя, как и в типе Carlton, производится из распределительных труб, которые посредством проволочных вант поддерживаются в горизонтальном положении. При движении в одну сторону работает одна половина водяного колеса и одна распределительная труба. Когда ороситель дойдет до конца своего хода, он ударяется о буфер, меняется распределение, и вода начинает поступать в другую часть колеса и двигать ороситель в противоположном направлении. Таким образом, здесь для передвижения оросителя фильтр делится на две половины, которые орошаются попеременно.



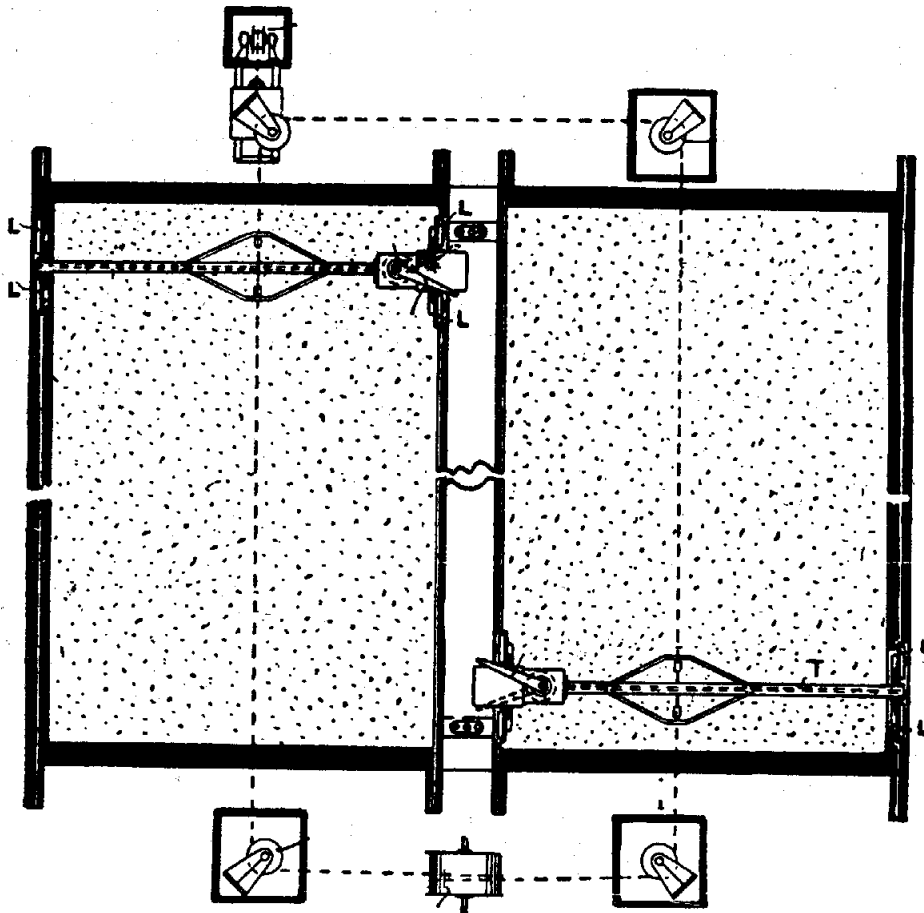
Черт. 301.

Это деление фильтра на две части также проведено в *двойном оросителе системы Willcox and Raikes, приводимом в движение электромотором* (черт. 302—303). Ороситель этой системы состоит из распределительной трубы с насадками для изливания воды на поверхность фильтра; эта труба, будучи прикреплена к тавровой балке, питается водой посредством сифона из открытого канала; для движения трубы приделаны как по середине, так и по концам двухколесные тележки, катящиеся по рельсам.

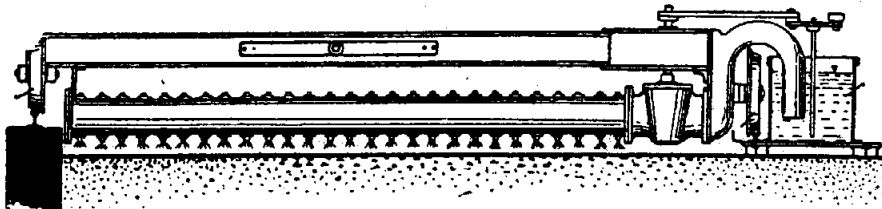
Движение этого оросителя производится посредством проволочных канатов, перекинутых чрез блоки и барабан и приводимых в движение поставленным в отдельном помещении электромотором (черт. 302). Как видно из этого чертежа, движение оросителя урегулировано таким образом, что когда один из них движется в одну сторону, другой движется в противоположную. Когда любой из распределителей после орошения поверхности дойдет до конца окислителя, то благодаря рычагу автоматически закрывается кран, и прекращается доступ воды в ороситель. Тогда этот ороситель двигается, не производя орошения, до другого конца окислителя, где открывается запорный кран, и вновь начинается работа оросителя.

Насадки диам. 18 мм для изливания сточных вод на поверхность окислителя, размещенные по длине трубы чрез каждые 75 мм, имеют своеобразную конструкцию (черт. 304), благодаря которой сточная вода стекает на поверх-





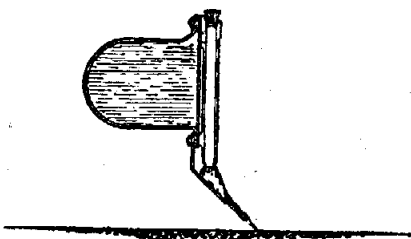
Черт. 302.



Черт. 303.

ность окислителя в виде струек без распыливания, чем ослабляется запах от *подготавливаемой* в загнивателях сточной воды.

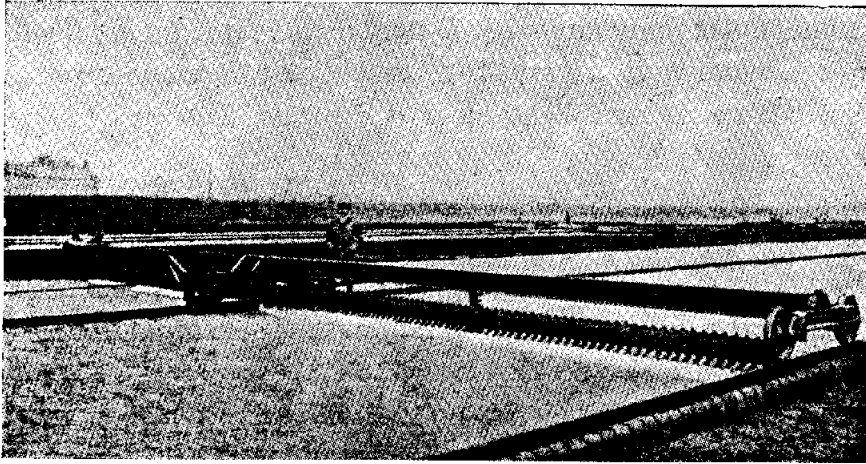
Время для оборота оросителя при прямом и обратном движении, при котором получаются наилучшие результаты, на очистной станции в г. Hanley было определено в 7 минут. Отсюда суточное число оборотов двойного оросителя системы Willcox and Raikes равняется 200, при чем толщина слоя излившейся им воды равна 5 мм за один оборот или 1 м в сутки.



Черт. 304.

Количество энергии, потребное для передвижения оросителей этого типа, зависит от их размеров, которые в свою очередь подчиняются размерам самих окислителей. На очистной станции Hanley, где двойные оросители системы Willcox and Raikes нашли себе наиболее широкое применение, при площади фильтров в 2000 кв. м (шириной 31,5 м, длиной 63 м) и при сечении открытого канала  $0,5 \times 0,5$  м требовался электромотор в 6 HP.

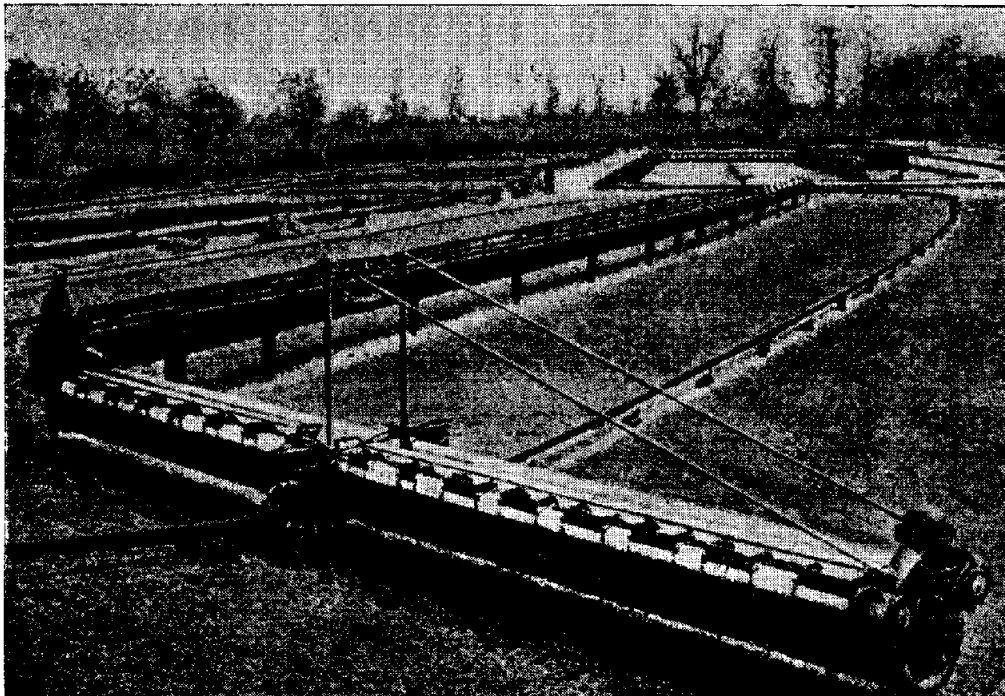
Оросители этой системы вполне удовлетворяют своему назначению, как показывали наблюдения за их работой в Hanley в течение 5 лет. Но, к сожалению, они очень дороги и в постройке, и в эксплуатации; особенно не-



Черт. 305.

экономичным является обратный пробег прибора без орошения поверхности. На черт. 305 изображена работа оросителей системы Вилькокса и Рэйкиса в гор. Хенлей.

Значительное упрощение в конструкции передвижных оросителей представляет собой *новый тип сист. Фиддиана*, примененный для орошения окислителя



Черт. 306.

площадью в 840 кв. м в англ. гор. Nuncaton (черт. 306). Здесь устроен только один желоб для питания окислителя. Ороситель катится по одному центральному рельсу, который в концевых частях окислителя имеет круговые закругления. Нетрудно видеть, что *при применении нового типа оросителя Fiddian'a*

достигается *равномерное орошение поверхности окислителя*, при чем для достижения этих результатов *исключается применение буферных приборов*, требующих тщательного надзора и частого ремонта.

§ 3. Оценка распределительных приспособлений для орошения поверхности капельных окислителей. Вследствие большого разнообразия описанных нами в предыдущих параграфах конструкций распределительных приспособлений необходимо дать некоторые *основания для выбора надлежащего типа при проектировании биологических капельных фильтров*.

Этот выбор диктуется прежде всего очертанием *окислителей в плане*. Для *прямоугольных фильтров* могут найти применение: защитный слой, неподвижные дырчатые трубы, распылители, качающиеся желоба и передвижные оросители. Для *круглых и восьмиугольных* фильтров несомненно могут применяться только *вращающиеся оросители*.

Помимо формы фильтра при их оценке следует руководствоваться теми общими требованиями, которые нами приведены в § 3 XIX главы.

Из употребляемых в настоящее время на практике типов распределительных приспособлений не существует таких, которые могли бы удовлетворить всем выставленным в § 3 XIX гл. условиям во всей их совокупности.

*Неподвижные и качающиеся* желоба могут с успехом применяться при устройстве *небольших установок в отдельных учреждениях* (больницах, школах и т. п.), так как при больших площадях окислителей трудно достигнуть равномерного орошения поверхности. Кроме того, для их применения требуется незначительный напор (0,10—0,15), что является выгодным при плоских местностях.

Покрытие *поверхности окислителей защитным слоем* из мелкозернистого материала не ограничено размерами окислителей, но при эксплуатации фильтров с защитным слоем приходится периодически (через 7—14 дней) очищать поверхность окислителей от осадков, при чем во время очистки приходится удалять *и часть мелкозернистого слоя*. Кроме того, пропускная способность защитного слоя уступает всем другим распределительным приспособлениям, вследствие чего эта система *почти вышла из употребления*.

*Неподвижные дырчатые трубы и распылители* употребляются на очистных станциях, удаленных от поселений, так как при распыливании выделяются *пахучие газы*. Их установка также не зависит от размеров окислителей, но для их работы требуется сравнительно *большой напор* (1,3—2,3 м), вследствие чего их можно применять в тех случаях, когда *местность имеет достаточное падение*. К их достоинствам следует отнести *применение на прямоугольных фильтрах и возможность исключения из работ любой группы распылителей на случай ремонта или смены материала*. Это же свойство дает возможность при расчете очистной станции на 20—30 лет осуществлять ее *постепенно* по мере нарастания расхода сточных вод, благодаря чему сокращаются первоначальные расходы по постройке сооружений и уменьшаются эксплуатационные расходы. Несмотря на достоинства и сравнительную дешевизну устройства распылителей, против их применения имеются некоторые возражения *с гигиенической точки зрения*, так как несомненно, что *при распыливании сточной воды должны попадать в воздух микроорганизмы*. *Вращающиеся*

достигается *равномерное орошение поверхности окислителя*, при чем для достижения этих результатов *исключается применение буферных приборов*, требующих тщательного надзора и частого ремонта.

§ 3. *Оценка распределительных приспособлений для орошения поверхности капельных окислителей.* Вследствие большого разнообразия описанных нами в предыдущих параграфах конструкций распределительных приспособлений необходимо дать некоторые *основания для выбора надлежащего типа при проектировании биологических капельных фильтров.*

Этот выбор диктуется прежде всего *очертанием окислителей в плане.* Для *прямоугольных фильтров* могут найти применение: защитный слой, неподвижные дырчатые трубы, распылители, качающиеся желоба и передвижные оросители. Для *круглых и восьмиугольных* фильтров несомненно могут применяться только *вращающиеся оросители.*

Помимо формы фильтра при их оценке следует руководствоваться теми общими требованиями, которые нами приведены в § 3 XIX главы.

Из употребляемых в настоящее время на практике типов распределительных приспособлений не существует таких, которые могли бы удовлетворить всем выставленным в § 3 XIX гл. условиям во всей их совокупности.

*Неподвижные и качающиеся желоба* могут с успехом применяться при устройстве *небольших установок в отдельных учреждениях* (больницах, школах и т. п.), так как при больших площадях окислителей трудно достигнуть равномерного орошения поверхности. Кроме того, для их применения требуется незначительный напор (0,10—0,15), что является выгодным при плоских местностях.

Покрытие *поверхности окислителей защитным слоем* из мелкозернистого материала не ограничено размерами окислителей, но при эксплуатации фильтров с защитным слоем приходится периодически (через 7—14 дней) очищать поверхность окислителей от осадков, при чем во время очистки приходится удалять *и часть мелкозернистого слоя.* Кроме того, пропускная способность защитного слоя уступает всем другим распределительным приспособлениям, вследствие чего эта система *почти вышла из употребления.*

*Неподвижные дырчатые трубы и распылители* употребляются на очистных станциях, удаленных от поселений, так как при распыливании выделяются *пахучие газы.* Их установка также не зависит от размеров окислителей, но для их работы требуется сравнительно *большой напор* (1,3—2,3 м), вследствие чего их можно применять в тех случаях, когда *местность* имеет достаточное падение. К их достоинствам следует отнести *применение на прямоугольных фильтрах и возможность исключения из работ любой группы распылителей на случай ремонта или смены материала.* Это же свойство дает возможность при расчете очистной станции на 20—30 лет осуществлять ее *постепенно* по мере нарастания расхода сточных вод, благодаря чему сокращаются первоначальные расходы по постройке сооружений и уменьшаются эксплуатационные расходы. Несмотря на достоинства и сравнительную дешевизну устройства распылителей, против их применения имеются некоторые возражения *с гигиенической точки зрения*, так как несомненно, что *при распыливании сточной воды должны попадать в воздух микроорганизмы.* *Вращающиеся*

оросители ограничивают размеры круглых и восьмиугольных фильтров 30—36 м, но требуют для своего вращения *сравнительно незначительного напора* (0,10—0,90 м). Их слабую сторону составляет *способность под действием сильных ветров вращаться в противоположную сторону*, благодаря чему происходит вытекание сточной воды не только что орошенную поверхность. В этом отношении занимает *выгодное положение ороситель сист. Fiddian*, который благодаря своему значительному весу может во время сильного ветра только замедлять свой ход. Но оросители этой системы, обеспечивая действительно равномерное распределение, *стоят сравнительно дорого*, и их эксплуатация требует значительных расходов.

Для *очень больших окислителей* пригодны передвижные оросители с механической тягой (Willcox and Raikes), что особенно важно, если территория очистной станции не имеет *уклона, достаточного для приведения в действие оросителей*. Не требует доказательства, что оросители типа Willcox and Raikes требуют значительных *эксплуатационных расходов на добывание энергии, необходимой для их передвижения*.

§ 4. **Питание оросителей.** Ознакомившись с различными типами распределителей для капельных фильтров, мы считаем необходимым перейти к рассмотрению способов их питания.

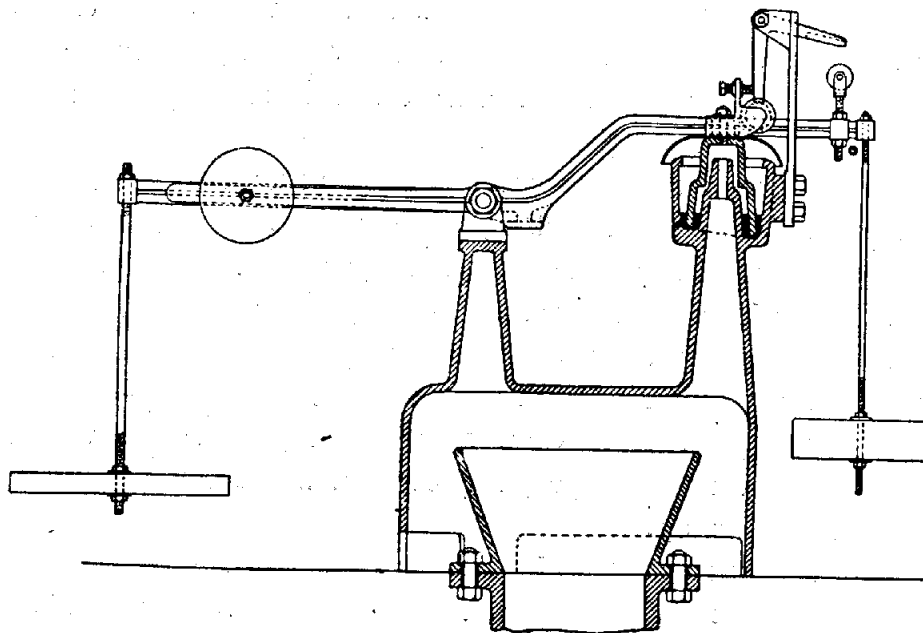
Мы из предыдущего знаем, что для *приведения в действие некоторых типов оросителей* (распылителей, вращающихся оросителей) *необходим значительный напор*, без которого они не могут начать свою работу, и что *периодическое питание окислителей повышает эффект очистки*. Для достижения этих целей прибегают к *скоплению сточной воды в резервуарах и опорожнению скопленной воды в трубу, подводющую воду к оросителям*. Такой способ эксплуатации имеет за собой преимущества в том, что более сильные потоки воды вымывают отложения в отверстиях распределительных труб или в насадках распылителей. Для движения распределителей различных систем изобретены многочисленные приспособления для быстрого опорожнения резервуаров для скопления воды, которые, кроме того, могут служить для измерения количества воды, и называются в этом случае измерительными камерами (measuring chamber, messkammer); для этой цели в камерах устанавливаются поплавки с автоматическими счетчиками, вычерчивающими диаграммы наполнения камер.

*Объем сборной камеры* рассчитывается в зависимости от количества воды, которое необходимо для приведения в движение питающихся из нее распределительных приборов в течение определенного промежутка времени. Английский инженер Raikes<sup>1)</sup> считает, что это время должно быть равно по крайней мере 5—10 минутам. Другие специалисты находят достаточным рассчитывать сборные камеры на скопление сточной воды в течение 1—2 минут. Норма Raikes'a нам кажется подходящей для общесплавной системы, где во время дождя накопление воды будет идти быстрее; малые нормы пригодны для неполной раздельной системы. После скопления воды в мерных или сборных камерах последние должны быстро опорожняться в питательную трубу посредством автоматических клапанов или сифонов.

<sup>1)</sup> Raikes, Sewage disposal works, 1908.

Теперь мы перейдем к описанию главнейших приборов, употребляющихся для опорожнения сборных или мерных камер.

Остроумную конструкцию представляет собой прибор системы *Sandy-Whitaker*, применяемый для приведения в движение вращающихся оросителей той же системы и представляющий собой комбинацию поплавков и рычагов (черт. 307). Устройство его заключается в следующем. Труба, приводящая

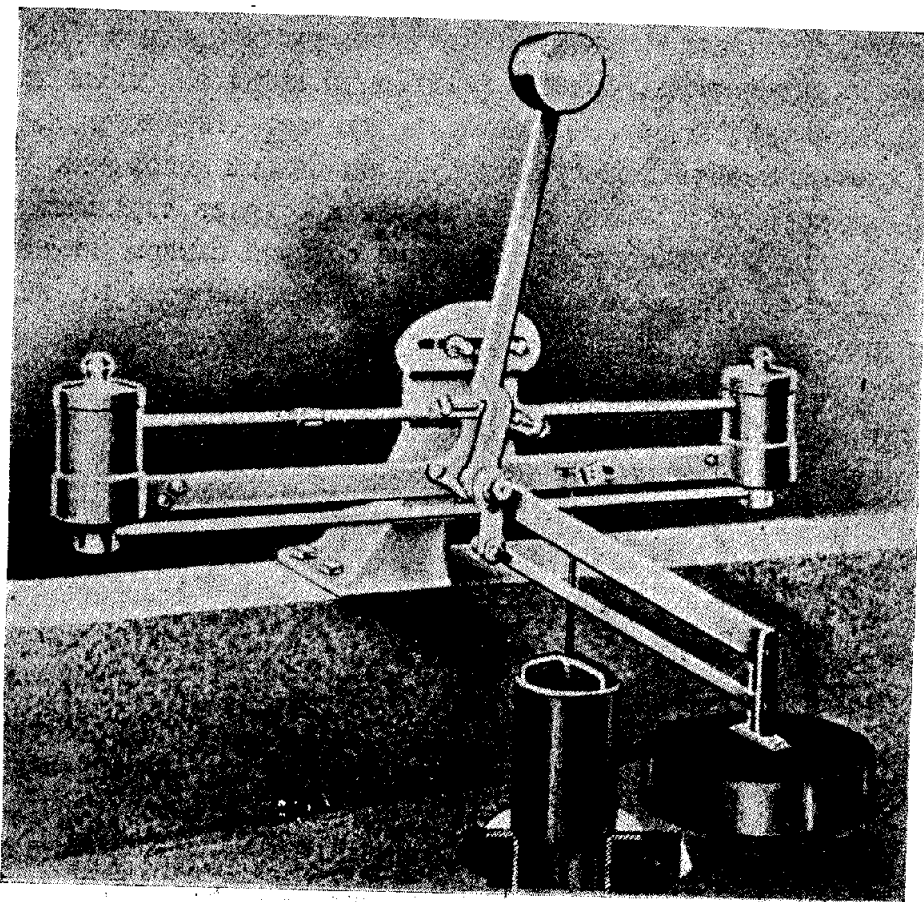


Черт. 307.

воду к вращающемуся оросителю, прикрыта фасонной чугунной коробкой с двумя коническими патрубками, из коих низкий служит подставкой для подшипника рычага, а высокий приспособлен для поступления сточной воды в приводную трубу. Конец этого патрубка представляет собой воздушную трубку, вокруг которой устроена чаша. Воздушная трубка прикрыта подвешенным к рычагу колпаком, концы которого опущены в слой ртути, налитой в чаше; вследствие такого устройства под колпаком скопляется воздух. К обоим концам рычага прикреплены два поплавка, из коих левый уравнивается грузом, передвигающимся по плечу рычага. Когда уровень воды в камере поднимается, то правый поплавок приподнимет колпак и откроет выходное отверстие для выпуска сточной воды. Когда после выпуска сточной воды из камеры уровень воды понизится, то этот же поплавок будет стремиться закрыть выходное отверстие воздушной трубки, в которой образуется вакуум после опорожнения камеры. В этот момент вступает в действие левый поплавок, вес которого равен весу воды; он действует тогда, когда уровень в сборной камере сильно понизится. Благодаря поднятию поплавком колпака воздух входит вновь в воздушную трубку и этим прекращает истечение в приводную трубу.

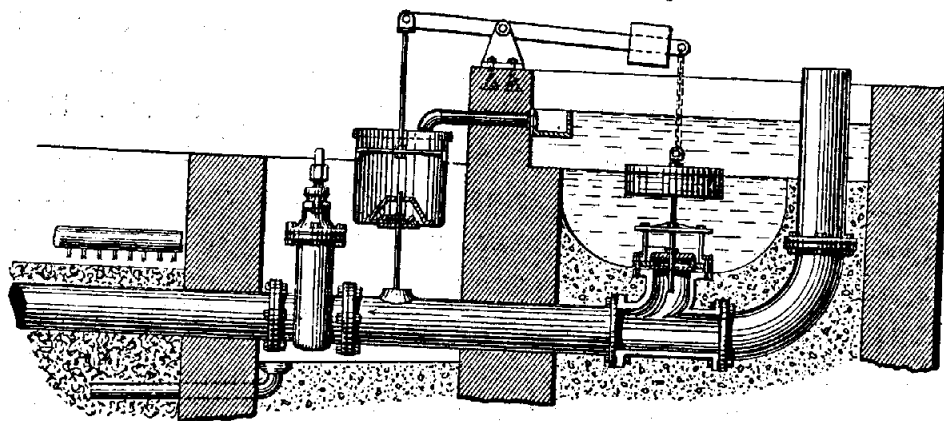
Прибор *Coleman* представляет собой некоторое видоизменение прибора *Sandy-Whitaker*, так как в нем также применены ртутные гидравлические затворы (черт. 308). Но в этом приборе сосуды со ртутью имеются на обоих концах рычага, при чем они связаны между собой соединительной трубкой, по которой ртуть из одного сосуда может двигаться по направлению к другому в тех случаях, когда равновесие уровней ртути будет нарушено поднятием или

опусканием поплавок. При передвижениях поплавок противовес будет падать в ту или другую сторону, нажимая при этом на установительный винт, который заставляет ртуть передвигаться из одного сосуда к другому, благодаря



Черт. 308.

чему открывается или закрывается клапан на трубе, подводящей воду к оросителям. При поднятии поплавок этот клапан быстро открывается, а при спуске закрывается. Прибор Coleman, установленный на ряде английских очистных станций, работает вполне исправно и в холодное время.

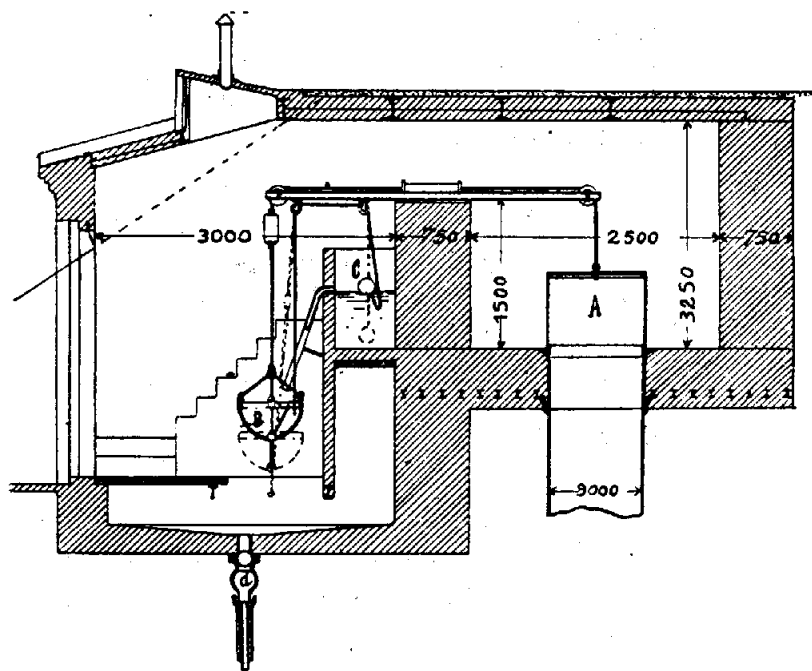


Черт. 309.

*Система Ham, Baker and C-ie* также представляет собой комбинацию поплавков и рычагов (черт. 309). Труба, приводящая воду к оросителю, прикрывается тарельчатым клапаном, прикрепленным к поплавку. Поплавок цепью

прикреплен к концу рычага с противовесом; к другому концу посредством тяжа прикреплен плоский поршень, движущийся в цилиндре, который трубкой связан с приводной трубой. Когда в сборной камере уровень сточных вод достигает наивысшего предела, то вода начнет сначала изливаться в желоб, а из него по трубе, вделанной в стенку сборной камеры, в цилиндр. По мере изливания воды плоский поршень будет опускаться, и когда он, дойдя до нижнего положения, нажмет на затворный клапан и откроет его, вода из цилиндра быстро опорожнится в питательную трубу. При низком положении поршня по закону рычага поднимется поплавок в сосуде и откроет тарельчатый клапан, после чего немедленно начнется опорожнение сборной камеры до тех пор, пока уровень воды не спустится до низшего горизонта, показанного на чертеже. Так как к этому моменту цилиндр будет пуст, то благодаря противовесу на другом конце рычага плоский поршень займет прежнее положение.

Вариант сборной камеры сист. Ham, Baker and C-ie представляет собой камеру, примененная для питания окислителей в Wilmersdorf<sup>1)</sup> и Biskupitz<sup>2)</sup>,



Черт. 310.

снабженных оросителем сист. Freund. В этой камере (черт. 310) отверстие выходной трубы закрыто подвижным отростком А, который подвешен к стальному канату, перекинутому через стенку; на другом конце рычага прикреплен сосудик В, внизу которого имеется отверстие, запертое клапаном, связанным цепочкой с шаром С. Когда начнет скопляться в сборной камере вода, то она будет

поступать и в переднюю камеру по соединительному каналу. После того, как в передней камере уровень воды поднимется до известного предела, то из нее начнет изливаться вода по изогнутой трубке в сосуд В. После того, как сосуд В наполнится водой и займет положение, показанное на чертеже 310 пунктиром, то он приподнимет отросток А и откроет выход в питательную трубу. Когда же сосуд В займет самое низкое положение, то шар С, опустившись на дно, откроет клапан и опорожнит его содержимое в отводную трубу d. Тогда сосуд В поднимется вверх и поставит отросток А в первоначальное положение, благодаря чему прекратится выпуск воды из резервуара.

1) Pritzkow, Beobachtungen und chemisch-physicalische Untersuchungen an der biologischen Reinigungsanlage der Gemeinde Wilmersdorf, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abw., Heft 13.

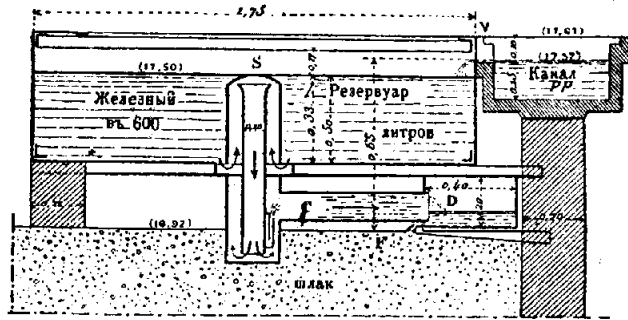
2) Schiele, Biologische Abwasser-Reinigungsanlagen in Biskupitz, Was. und. Abwas., 1910.



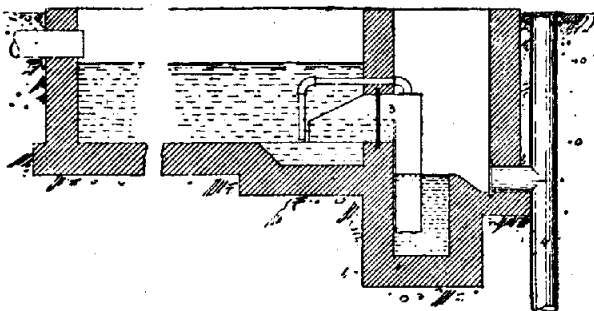
Все описанные в настоящем параграфе приборы имеют общий недостаток: в них имеется много *подвижных частей* (рычагов, противовесов), *изнашивающие которых по мере службы требуют их частого ремонта и даже смены во избежание приостановки в работе очистной станции.* Этими соображениями легко объяснить, что параллельно с конструированием подобных приборов развилось применение сифонов для опорожнения сборных камер.

К простейшим установкам этого типа принадлежат сифоны Дультона, пропагандируемые проф. Calmette. Как видно из черт. 311, в резервуаре, получающем воду из приводного канала, установлен сифон Дультона; после наполнения резервуара опорожнение его производится чрез 2—3 минуты.

Для устройства подобных камер с сифонами Дультона требуется затратить большое падение, что редко является возможным. Этот недостаток устранен в сифонах сист. Adams, где это достигается вытягиванием передней части сифона, благодаря чему можно придавать сборным камерам незначительную глубину (черт. 312).



Черт. 311.

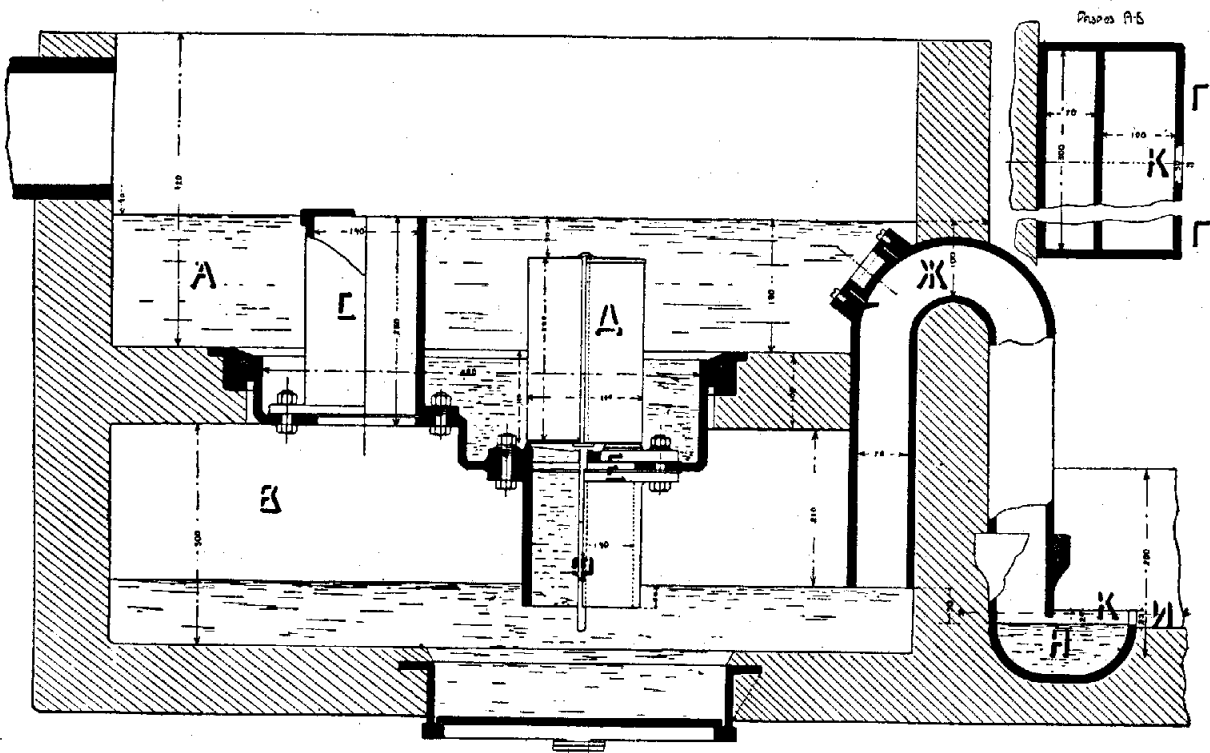


Черт. 312.

Общие недостатки установок с сифонами заключаются в том, что они при слабом притоке сточной воды не заряжаются, а лишь пропускают сточную воду, и что они не могут вполне опорожнить сборные камеры, благодаря чему сточная вода в них застаивается и может выделять свои примеси.

Эти недостатки устранены в русском аппарате системы Б. Е. Заславского. Сборная камера по этой системе имеет следующее устройство (черт. 313). Камера состоит из двух отделений А и В, при чем верхнее отделение снабжено переливной трубкой С, устанавливающей сообщение между обеими частями камеры. Кроме того, в дне верхнего отделения имеется отверстие Е, закрытое подвижным цилиндром Д, насаженным на ось Г. Из нижнего отделения выходит сифонная труба Ж, снабженная на конце гидравлическим затвором Н с выступающим гребнем И; в гребне И сделано небольшое отверстие К. Когда начинает наполняться сточной водой верхнее отделение А, то цилиндр Д плотно закрывает отверстие Е. По достижении уровня переливной трубки С сточная вода начнет переливаться в нижнее отделение В; после заполнения водой отделения В цилиндр Д под давлением ее снизу приподнимается и открывает отверстие Е, после чего начинается выпуск воды из верхнего отделения. В этот момент сифон заряжается и опорожняет сборную камеру. Когда вместе с падением уровня жидкости в верхнем отделении цилиндр Д опускается, то его надежная посадка на седло обуславливается отсутствием давления в патрубке, который

помещен под цилиндром в нижнем отделении *В*. Благодаря устройству гребня *И* всегда образуются затворы *Н* в конце сифона, так как он подает больше воды, чем может ее пройти через отверстие *К*.



Черт. 313.

Количество сборных камер на очистной станции должно быть согласовано с числом фильтров и с колебаниями сточной воды. Если приток сточной воды на станцию подвержен незначительным колебаниям, то все же *число сборных камер не должно быть менее двух* для предотвращения перерыва в работе станции, что является особенно опасным при применении приборов с подвижными частями. С этой точки зрения устройство одной камеры, как это было сделано в Вильмерсдорфе, нам представляется нецелесообразным.

§ 5. Отведение очищенной воды из капельных окислителей. Для защиты почвы от проникания в нее очищенной на капельных окислителях сточной воды *пол фильтров должен быть водонепроницаемым* и иметь по возможности гладкую поверхность, по которой сточные воды могли бы беспрепятственно стекать в дренажные и отводные каналы. В противном случае застаивающаяся вода могла бы существенно ухудшить качества истока. Наиболее подходящим материалом для устройства пола является *бетон*, так как он при известном составе обладает достаточной водонепроницаемостью и очень удобен для придания полу необходимого уклона. Нормальная толщина пола фильтров в хорошем грунте делается в 0,15 м, в случаях более слабых грунтов она достигает 0,25—0,30 м; в очень же слабых грунтах является вполне уместным в целях усиления конструкции применение железобетона.

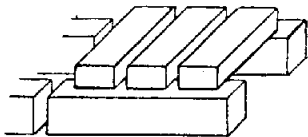
*Дренаж для капельных фильтров* имеет своим назначением не только отвести очищенные сточные воды, но и дать выход тяжелому газу — углекислому, которая, благодаря протеканию при очистке био-химических процессов, заполняет промежутки загрузочного материала фильтров и тем самым мешает

аэрации окислителей. Для того, чтобы удовлетворить этому двойному назначению, дрены должны быть большего диаметра, чем это требовалось бы по расчету, так как при полном заполнении не было бы выхода для этого газа.

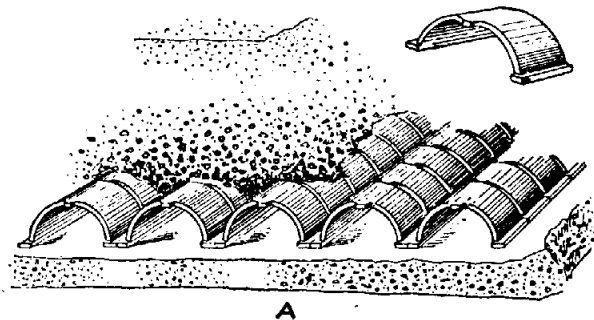
Расположение дренажных каналов и в капельных окислителях может быть при прямоугольном очертании фильтров сделано по одной из схем, указанных на черт. 247 *a—b* (глава XVIII). При круглом же очертании окислителей устройство дренажа может быть сделано двояко: сборный дренажный канал укладывается по периферии, а дно фильтра делается в виде конуса, по которому укладываются всасывающие дрены, или, наоборот, дно делается в виде обратного конуса, к центральному отверстию которого направлены все всасывающие дрены.

При укладке дренажных труб важно заранее принять меры к тому, чтобы их можно было бы промыть или прочистить. Это может быть выполнено легко в подземных окислителях, где верховые концы дрен могут быть выпущены в наружные стенки фильтров, что является выгодным и в целях вентиляции фильтров. Уклоны дрен делаются не менее 1:100, а заполнение равным  $\frac{1}{2}$ .

Типы дренажных каналов в первоначальных установках капельных окислителей делались такими же, как и в заливных (черт. 248 *a—d*), но за последнее время эти конструкции вытеснены в целях лучшей вентиляции окислителей новыми, в которых сеть всасывающих дрен заменена дырчатыми плитами или шашками, укладываемыми по непроницаемому дну фильтра. Благодаря такому устройству образуется второе дырчатое дно, на котором уже лежит фильтрующий материал.

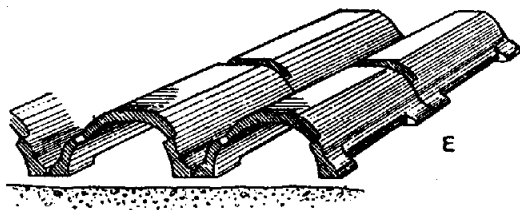


Черт. 314.

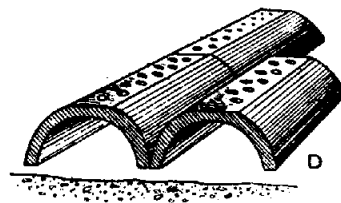


Черт. 315.

Простейший тип дырчатого пола заключается в выстилке непроницаемого дна кирпичом, подобно тому, как это показано на черт. 314. Этот тип является пригодным для небольших капельных окислителей. Для фильтров же значительных размеров в Англии в большом ходу фасонные трубы и шашки.



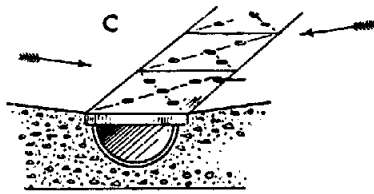
Черт. 316.



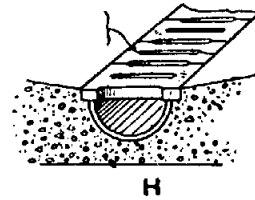
Черт. 317.

На черт. 315 показан тип фасонной трубы системы Mansfield, представляющей собой полукруглую трубу с выступами на концах; сточные воды просачиваются через стыковые отверстия, которые здесь получают благодаря трем выступам на лобовом сечении. Вследствие незначительной длины труб, полу-

чающиеся при укладке их отверстия очень часты. Трубы Mansfield применены на очистной станции г. Бирмингама. Близки по конструкции к типу Mansfield трубы, показанные на черт. 316—317. Из этих двух типов тип 317 подвержен быстрому засорению продуктами размыва биологических фильтров; очистка

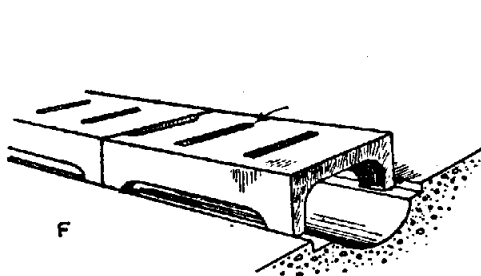


Черт. 318.

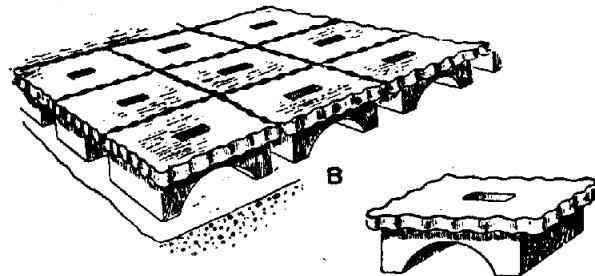


Черт. 319.

приемных отверстий в этом типе представляет несомненные затруднения. Весьма удобными для прочистки являются типы каналов, устраиваемые в толще бетонного дна и прикрытые фасонными плитками (черт. 318—320). Из этих более подходящими являются типы, показанные на черт. 319—320; тип с (система

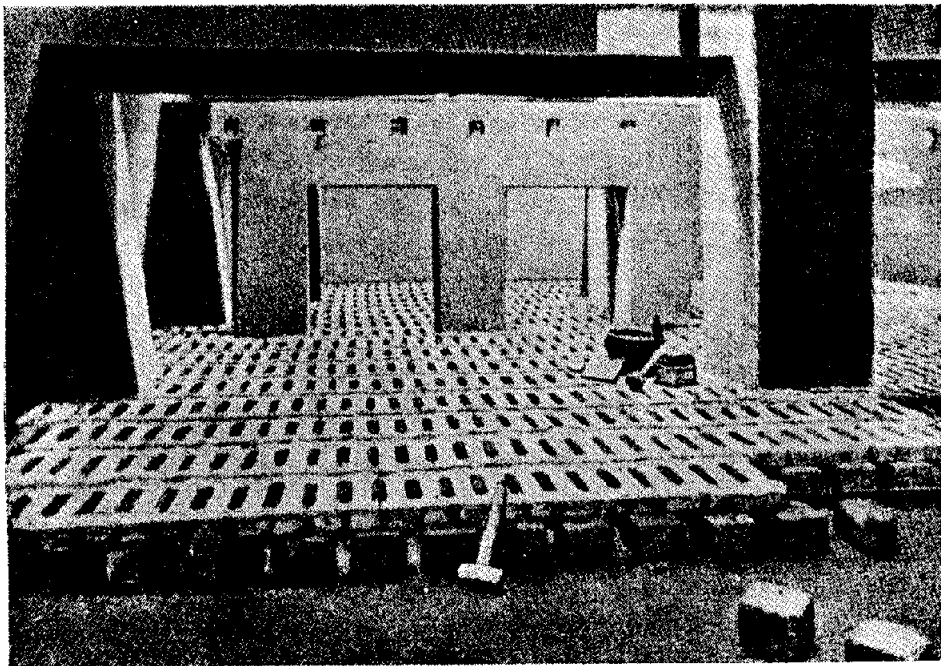


Черт. 320.



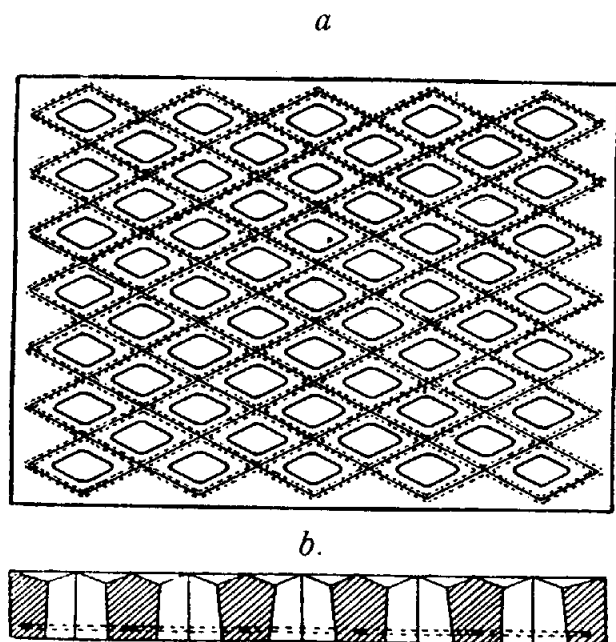
Черт. 321.

Stiff) находит себе применение, когда желают уменьшить сечение дрен в пределах пола, что имеет значение для слабых грунтов. Близко к плиткам системы Stiff стоят плитки системы Ames (черт. 321), конструкция которых ясна из чертежа. Незначительные отверстия между плитками, образуемые рифлеными поверхностями, не позволяют применять для их прочистки скребков.

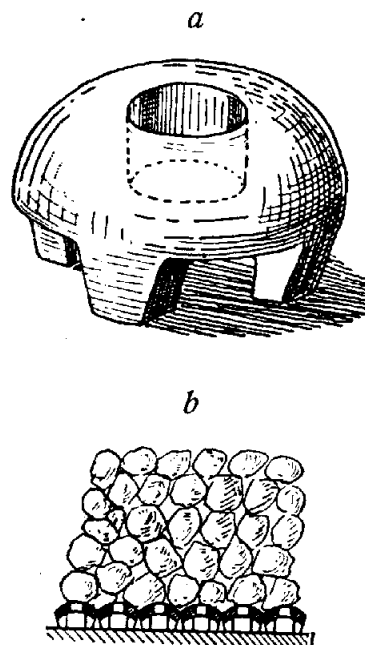


Черт. 322.

Вместо сравнительно дорогих фасонных керамиковых труб и плит за последнее время стали устраивать дырчатый пол из бетона или железобетона. К таким конструкциям принадлежит: устройство дырчатого дна из бетонных шашек системы Александра (черт. 322) и из железобетонных плит



Черт. 323.



Черт. 324.

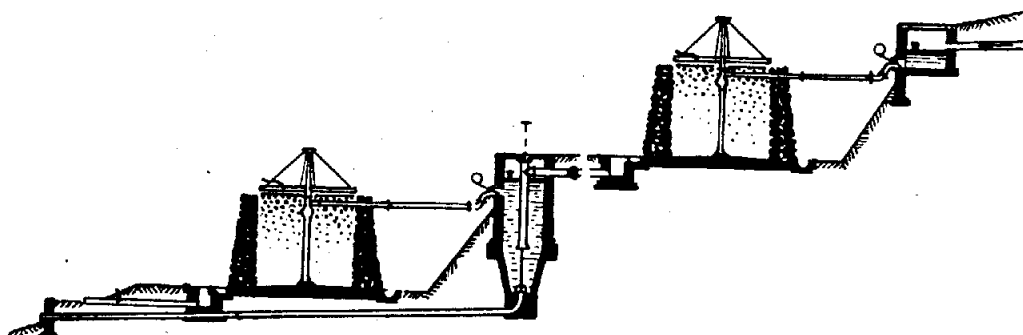
(черт. 323 *a—b*). Как шашки, так и плиты для образования дырчатого пола укладываются на столбики из бетона или кирпича. Применение железобетона является необходимым, если фильтры имеют значительную высоту. Вместо железобетонных плит инж. Баттиге<sup>1)</sup> предложены железобетонные фасонные камни с отверстиями по середине, не требующие для своей установки отдельных столбов (черт. 324 *a—b*).

§ 6. Двойная фильтрация. Заиливание окислителей. На некоторых установках, как уже об этом упоминалось выше, вместо одной ступени капельных окислителей устраивают две ступени, подобно заливным фильтрам, при чем первая ступень устраивается из крупнозернистого материала, а вторая из мелкозернистого. Для предотвращения загрязнения поверхностных слоев капельных окислителей между первой и второй ступенью устраиваются осадочные бассейны.

Едва ли нужно доказывать, что, разделяя весь определенный по нормам, приведенным в главе XIX, материал на две ступени, мы должны получить лучший эффект очистки, так как здесь фильтрационные слои имеют меньшую глубину, и наружная поверхность фильтров, чрез которую поступает воздух, увеличена. С другой стороны, не приходится доказывать, что при устройстве двухступенчатых окислителей все расходы по постройке фильтров, за исключением загрузочного материала, сильно увеличиваются. Кроме того, при этом способе увеличиваются затруднения по подысканию участка земли для очистной станции с падением, достаточным для перехода окислителей из одной сту-

<sup>1)</sup> Battige, Sohlenstein für Oxydationstropfkörper, Ges. Ing. 1911.

пени чрез осадочные бассейны в другую. Вследствие этого поневоле возникает вопрос, является ли целесообразным применение *двухступенчатых окислителей* в широком масштабе. Ответ на этот вопрос дает практика. Можно определенно сказать, что *подобные установки встречаются только в виде исключения в тех случаях, когда этого требует состав сточной воды* (значительные примеси промышленных вод), или же когда воды большого города выпускаются в очень маловодную реку. Так, напр., двухступенчатые капельные окислители устроены для сточных вод больницы в г. Бирмингеме (черт. 325). Далее, имеются примеры подобных установок в английском гор. Frome<sup>2)</sup>, где значительную часть сточных вод составляли воды



Черт. 325.

пивоваренных заводов, и у нас в Харькове и Симферополе, где выпуск сточных вод производится в маловодные р. Лопань, Салгир и Детском Селе, где выпуск устроен в небольшой ручей. Но и в этих случаях можно было бы добиться улучшения состава истока иными путями, которые будут изложены ниже, в главе XXII, но при условии, если из одноступенчатых окислителей получается фильтр, неспособный к загниванию.

*По мере службы капельные окислители заиливаются подобно заливным.* Заиливание капельных окислителей зависит также от содержания в сточной воде нерастворимых примесей, от размера зерен и от других факторов, о которых мы уже упоминали в XVIII главе. Так как употребляющийся для капельных окислителей материал имеет сравнительно с заливными большие размеры, то их заиливание наступает медленнее. Разумеется, что на процесс заиливания оказывает большое влияние *способ предварительной обработки сточных вод*. Пока загрязнение фильтров, у которых размеры зерен колеблются от 10 до 20 мм, проявляется в поверхностных слоях окислителей на глубине 0,15—0,20 м, полезно давать им *короткий отдых*. В случае же проникания примесей на большую глубину 0,40 м, необходимо вынуть загрязненный слой и подвергнуть его *промывке*. При крупнозернистых окислителях промывка *водопроводной напорной водой* может легко удалить содержащиеся в них примеси, но и в этом случае полезно систематически выключать каждое отделение на известное время для отдыха. Это особенно удобно делать в ночное время, когда сильно падает приток воды. В это время можно ежедневно подвергать отдыху любое из отделений фильтров. Кроме того, в целях устра-

<sup>2)</sup> *Harding, Sewage purification at Frome, Surveyor, 1910.*

нения проникания загрязнений на большую глубину необходимо заботиться о чистоте поверхностного слоя, удаляя все осевшие примеси регулярно, не менее трех раз в неделю.

§ 7. Меры для уничтожения запахов от капельных окислителей. На всех биологических станциях с капельными окислителями при орошении их осветленными в сооружениях для предварительной обработки водами выделяются пахучие газы, которые, распространяясь на известном расстоянии от очистных станций, вызывают жалобы со стороны окрестного населения. Хотя эти газы и не оказывают, по наблюдениям автора, непосредственного вредного влияния на здоровье жителей, тем не менее их появление в воздухе является весьма неприятным для населения, которое в этих случаях нередко обращается к санитарным и административным органам.

Появление пахучих газов в окружающем окислителе воздухе зависит, главным образом, от способа предварительной обработки сточных вод. Если сточные воды пред напуском на окислители подвергаются обработке в загнивателях, то растворенные в сточных водах пахучие газы (сероводород, аммиак) при разбрызгивании сточных вод на поверхности окислителя распыливателями и вращающимися оросителями легко выделяются в атмосферу. Количество выделяющихся пахучих газов возрастает, если загниватели не имеют вентиляционных труб для их отвода, и если в сточных водах содержится много промышленных вод<sup>1)</sup> (в особенности сточных вод красильных фабрик и кожевенных заводов). Этими явлениями объясняется, что сначала вместо загнивателей на новых очистных станциях применяли осадочные бассейны и колодцы<sup>2)</sup>. Затем же, когда выяснилось, что при механических методах очищения не устраняется гнилостный характер осветленной в них воды, начали применять такие сооружения для предварительной обработки, в которых бы достигалось отделение свежих вод от загнивших (см. главу XII). Помимо изменений в методе предварительной обработки, в тех случаях, когда очистная станция намечалась вблизи поселений, вместо капельных фильтров применяли заливные, закрывая окислители первой ступени досками. Далее, некоторые ученые (Rideal, Dunbar)<sup>3)</sup> предлагали дезодорировать стоки из загнивателей хлористой известью или железными опилками, но эти способы не вышли из стадии лабораторных опытов. Кроме того, их применение удорожает и усложняет эксплуатацию очистных станций.

Наиболее практичным является сплошная обсадка очистных станций высокими хвойными деревьями, которые и в зимнее время не утрачивают способности к дезодоризации<sup>4)</sup>.

<sup>1)</sup> Eddy Vrooman and Hommon, Disposal of manufactural wastes and sewage at Gloversville, Eng. Rec. 1910.

<sup>2)</sup> Sewage disposal works at Indiana, Eng. Rec. 1910; The sewage disposal plant at Roebling, Eng. Rec. 1910; Leicester Sewage Works. Sanit Rec. 1910; Chase, Operation on the Reading sewage purification works, Eng. Rec., 1910 и т. п.

<sup>3)</sup> Prof. Dunbar, Bericht über eine im Juli 1909 ausgeführte Instruktionsreise nach England zwecks Besichtigung städtischer Abwasserreinigungsanlagen, Ges. Ing. 1910.

<sup>4)</sup> Salomon, Ueber Geruchsbelästigungen bei künstlichen biologischen Abwasserreinigungsanlagen, Gesundheit, 1910.

В случае устройства небольших очистных станций для отдельных учреждений (высших учебных заведений, больниц и т. п.) в закрытых зданиях удаление пахучих газов можно производить посредством вентиляторов, которые, высасывая испорченный воздух из помещений, нагнетают его в высокие дымовые трубы<sup>1)</sup>. Этот способ является особенно выгодным, если учреждение располагает своей электрической станцией, для котельной которой устроена дымовая труба.

§ 8. Работа капельных окислителей. *Капельные окислители*, подобно заливным, при правильном устройстве и эксплуатации дают в результате *продукт, неспособный к загниванию*. Предварительно обработанные сточные воды после прохода через капельные окислители претерпевают значительные изменения в своем *химическом составе*, как об этом можно судить из данных, приведенных нами в таблице LIV, где % на понижение окисляемости указывает нам на достаточное выделение органических веществ в фильтрате.

*Исток из капельных окислителей* сохраняет свою *неспособность к загниванию* в течение долгого времени, как это было доказано опытами, произведенными Clark<sup>2)</sup> на опытной станции в г. Lawrence (Massachusetts). Для оценки работы капельных окислителей Hering<sup>3)</sup> сделал попытку дать аналитическое выражение, построенное на определении поверхности зерен фильтрационного материала, суточного объема воздуха, потребного для окисления сточной воды, и времени соприкосновения сточных вод с капельным окислителем.

Для этой цели Hering дал следующую формулу

$$p = bat \dots \dots \dots (28),$$

где  $p$  — представляет собой полученный на капельных окислителях эффект очистки,  $b$  — бактериальная поверхность, приходящаяся на одного жителя,  $a$  — суточное количество воздуха в куб. фут. и  $t$  — время в минутах.

Очистка считается по этой формуле превосходной при  $p = 216\ 000$ , хорошей при  $p = 75\ 000$  и плохой при  $p = 17\ 000$ . Так как формула Hering'a не в состоянии обнять все сложные явления, происходящие в капельных окислителях, то на нее надо смотреть только как на *условное выражение работы капельных фильтров*.

Помимо изменений химического состава, осветленные в сооружениях для предварительной обработки воды изменяют и свой *бактериологический состав*. Благодаря употреблению крупнозернистого материала для постройки капельных окислителей количество задержанных на них бактерий уступает не только полям орошения и фильтрационным полям, но и заливным окислителям. Так, по данным опытов Johnson<sup>4)</sup> на очистной станции Columbus процент задержания бактерий на шести капельных окислителях колеблется от 21 до 74%.

<sup>1)</sup> The sewage disposal at Mount Vernon, Eng. Rec. 1910.

<sup>2)</sup> Clark, A study of the stability of the effluents of sewage filters of coarse materials, including investigations upon putrefaction and secondary decomposition, Thirty third Annual Report of the State Board of Health of Massachusetts, 1902.

<sup>3)</sup> Hering, Fundamental principles of sewage purification, Eng. News, 1909.

<sup>4)</sup> Johnson, Report on sewage purification at Columbus, 1905.



Таблица LIV.

НАЗВАНИЕ ГОРОДА	Способ предварительной обработки сточной воды	Система окислителей	Род жидкости	Твердые примеси		Азота в виде				Кислород, поглощенный в 4 ч. при 80° F			
				Общее количество	Количество взвешенных веществ	свободного аммиака	альбумино-аммиака	нитритов	нитратов	Количество поглощенного кислорода	% уменьшен. с округл.		
мм в 1 л													
Accrington	загниватели	—	сточная очищен.	—	—	—	—	—	—	—	—	49,9	64
Hendon	отсутствует	Ducat	сточная очищен.	—	—	—	—	—	—	—	23,3	18,1	95
Hude	загниватели	Whitaker	сточная очищен.	—	—	71,6	2,5	—	—	—	4,8	147,0	86
Leeds I	осад. бас.	Whitaker	сточная очищен.	—	—	39,5	5,1	—	—	—	13,7	114,0	82
" II	загниватели	—	сточная очищен.	1 120	187	21,2	5,1	—	—	—	—	57,5	86
" III	отсутствует	Ducat	сточная очищен.	1 000	80	8,1	1,3	—	—	7,8	—	9,8	81
" IV	тоже	Ducat	сточная очищен.	1 110	229	21,7	5,4	—	—	—	—	59,7	97
" V	тоже	Ducat	сточная очищен.	1 010	110	6,2	0,9	—	—	—	—	8,4	90
Wolverhampton	химич. очист.	угольный	сточная очищен.	1 850	768	33,9	12,8	—	—	—	—	114,0	92
York	загниватели	—	сточная очищен.	1 820	—	11,7	1,4	—	—	—	—	10,1	86
				1 820	850	32,8	12,6	—	—	—	—	141,0	86
				986	—	1,9	0,5	—	—	12,1	—	3,4	86
				1 470	486	23,5	9,4	—	—	—	—	116,0	86
				979	—	3,2	1,3	—	—	6,2	—	12,1	86
				—	—	47,1	3,3	—	—	1,4	—	43,3	86
				—	—	23,8	0,6	—	—	16,4	—	3,6	86
				—	—	31,8	5,9	—	—	—	—	42,0	86
				—	—	2,1	0,6	—	—	113	—	6,6	86

Проф. Calmette <sup>1)</sup> указывает, что на опытной станции Madeleine в г. Лилле общее количество бактерий с 5 000 000 в 1 куб. см в свежей сточной воде уменьшилось до 800 000, т. е. на 84<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, и что количество бактерий coli communis уменьшилось на 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (с 20 000 в свежей сточной воде до 2 000 в истоке из капельных окислителей). На опытной станции Технологического Института в г. Бостоне <sup>2)</sup> процент задержания общего числа бактерий колебался между 42 и 85<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Из данных вышецитированных опытов можно прийти к заключению, что в некоторых случаях, о которых мы будем говорить ниже, в XXIV гл., необходимо принимать *специальные меры для уничтожения бактерий.*

---

<sup>1)</sup> Prof. Calmette, Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout. Vol. II, 1907.

<sup>2)</sup> Winslow and Phelps, Investigations on the purification of Boston sewage in septic tanks and trickling filters, 1905—7.

## ГЛАВА XXI.

### Искусственные биологические способы очистки сточных вод. Очистка сточных вод активным илом в аэро-тэнках

§ 1. *Опыты по очистке сточных вод активным илом за-границей и в Москве.* Известный английский инженер Fowler<sup>1)</sup>, ознакомившись с опытами Clark, Adams и de Gage, произведенными в 1912 г. на ст. Lawrence (Massachusetts) с бассейном, снабженным вертикальными шиферными окислителями (Lawrence-tank), организовал лабораторные опыты в г. Манчестере, установившие *важность продувания воздухом для интенсификации очистки сточных вод.* После опытов Фоулера его сотрудники Arden и Lockett<sup>2)</sup> продолжали исследования в той же лаборатории над Манчестерской сточной жидкостью, продувая ее воздухом, и первые установили, что *прибавка получаемого при этом процессе осадка в количестве 25% сокращает время продувания до 6 часов.* Этот осадок был назван ими *активированным илом (activated sludge)*, переименованным русским ученым С. Н. Строгановым в *активный ил, т. е. ил, производящий активную работу для очистки сточных вод.*

После лабораторных опытов Арден и Локкет перешли к изучению *очистки активным илом на открытом воздухе в бочках, где аэрация производилась чрез уложенные на дне пористые черепицы.* Этими опытами было установлено, что *для успешного протекания процессов очистки сточных вод активным илом достаточно впускать воздух в бочки по норме, не выше 4,56 куб. м на 1 кв. м, в течение 4 часов и добавлять ил в количестве 25%.* После продувания воздухом очищенные воды отстаивались в течение 1—2 часов. В результате этих опытов произошло очищение сточной воды, *более интенсивное, чем на большинстве биологических фильтров (падение окисляемости на 90%, уменьшение аммиака: солевого на 94% и альбуминного на 90%).* Эти опыты, для которых по существу были устроены *первые заливные аэро-тэнки,* были повторены Melling и Duckworth<sup>3)</sup> в Сальфорде, где для этого был использован один из предварительных фильтров. После удаления из него загрузки был получен бассейн, емкостью около 38,5 куб. м, и загружен активным илом в количестве 25%. После заполнения бассейна сточ-

1) G. Fowler and E. Mumford, Preliminary note on the bacterial clarification of sewage, Journ. of Royal Sanit. Inst., 1913.

2) E. Arden and W. Lockett. Experiments on oxydation of Sewage without the aid of filters, San. Rec. 1914.

3) W. H. Duckworth, The activated sludge experiments at Salford, 1915.

ной водой и продувания через дырчатые трубы в течение 3 часов были получены результаты, приведенные в нижеследующей таблице LV.

Таблица LV.

	Mг на 1 л		Изменение в %
	До аэрации	После аэрации	
Окисляемость (4 ч. проба)	71,1	7,5	90
Аммиак солевой . . . . .	28,0	0,1	99
„ альбуминный . . . . .	5,3	1,3	76
Нитриты и нитраты . . . . .	1,0	11,0	—
Поглощен.кислород (5 дн.)	—	4,6	—

Очищенная сточная вода отстаивалась, а затем в количестве 75% сливалась в реку; оставшиеся 25% (смесь очищенной воды с илом) служили для очистки вновь приливавшейся сточной воды. После сальфордских опытов были поставлены опыты с заливными аэро-тэнками в Манчестере (Manchester)<sup>1)</sup> Милльуоки (Millwaukee) в САСШ. К этому же периоду (1915—1917) относятся поставленные в Москве под общим руководством С. Н. Строганова Н. А. Базякиной лабораторные опыты по изучению процесса очистки сточных вод путем аэрации<sup>1)</sup> и инж. И. Г. Поварниним опыты на пробных установках на люблинских полях орошения<sup>2)</sup>.

Опыты Н. А. Базякиной дали возможность сделать следующие выводы:

1) В процессе очистки сточных вод путем вдувания в них воздуха устанавливаются две фазы: а) *коагуляция*, заканчивающаяся в течение 5—10 минут продувки при добавлении к жидкости активного ила в количестве 25% по отношению к количеству сточной воды и б) *минерализация*, продолжающаяся в последующее время с постоянной скоростью и дающая в результате нитраты;

2) *скорость очистки* зависит от интенсивности аэрации и от количества активного ила;

3) *процесс очистки* замедляется при резких колебаниях температуры, но при длительной работе нормальная скорость восстанавливается;

4) при прохождении жидкости через слой активного ила наилучшие результаты получаются при средней скорости движения в 0,10—0,25 мм/сек; при скоростях, больших 1,08 мм/сек, наблюдается вынос ила из опытного резервуара;

5) очистка сточных вод при аэрации протекает более интенсивно не при распределении воздуха в жидкости (аэро-тэнки), а жидкости в воздухе (аэро-фильтры).

Опыты инж. И. Г. Поварнина, произведенные им на оригинальном колонном тарельчатом аппарате, проверили работу аэро-тэнков англо-американского типа, установили выгодность коагуляции сточных вод активным илом в сооружениях для предварительной обработки сточных вод и, наконец, выдвинули выгодность применения продуваемых биологических фильтров (аэро-фильтров).

Проточные аэро-тэнки были применены впервые в Милльуоки для очистки сточных вод в количестве от 86 до 275 куб. м. В результате этих

<sup>1)</sup> Н. А. Базякина. Лабораторные опыты по изучению процесса очистки сточной жидкости путем аэрации, 1916—1917 г., Труды Московского Собрания по очистке сточных вод за 1914—1922 гг., V отчет.

<sup>2)</sup> И. Г. Поварнин. Изучение процесса аэрации на пробных установках люблинских полей орошения. Там-же.

опытов стали применять две системы *аэро-танков*: одну (английскую) — Фоулера<sup>1)</sup>, где для введения сжатого воздуха в бассейн на дне устраиваются пористые пластины или дырчатые трубы, и вторую (американскую) — Хэрда<sup>2)</sup>, где в целях интенсификации процесса в аэро-танках сжатый воздух вводится с одной стороны бассейнов. После этих способов, основанных на вдувании воздуха в бассейны, появились новые системы, основанные на получении воздуха из атмосферы механическим путем, что имело целью понизить расходы по нагнетанию воздуха. В настоящее время применяются три системы механической аэрации: Гауорза (Haworth), Болтона (Bolton) и Хартлея (Hartley).

*Система Haworth*<sup>3)</sup> (био-аэрация), примененная в гор. Шеффилде, была основана на изучении процессов движения горных рек, где происходит постоянное и энергичное перемешивание речной воды с кислородом воздуха. Она заключалась в устройстве колес, приводимых в движение электричеством и высасывающих воздух из атмосферы.

*Система Bolton*<sup>4)</sup> (Simplex), примененная впервые в г. Бэри, была построена на введении в осадочные колодцы механических мешалок, вызывающих введение в колодцы атмосферного воздуха. Система Hartley<sup>5)</sup>, примененная в г. Бирмингаме, также построена на приведении в движение системы черпаков и мешалок, заимствующих атмосферный воздух для колодцев. В 1923 г. Н. А. Базякиной<sup>6)</sup> были вновь поставлены опыты над методом аэрации для очистки сточных вод на люблинских полях орошения, но уже на *аэро-фильтрах*; эти опыты сыграли огромную роль в области очистки сточных вод и дали твердые основания для проектирования *аэро-фильтров*, являющихся таким образом русским изобретением, хотя, как мы увидим дальше, значительно позже появились некоторые конструкции и за границей. Эти опыты велись над двумя аэро-фильтрами, для которых были взяты чугунные трубы, диам. 50 см, длиной 4 м; загрузка первого из них была из шлака 10—25 мм, а второго 2—10 мм; она покоилась на поддерживающем слое крупного шлака; общая высота загрузки—3,5 мм. Сточная вода поступала сверху, а воздух—снизу. Главнейшие выводы, которые можно сделать из опытов Н. А. Базякиной, заключаются в следующем:

1) допустимое количество сточных вод, пропускаемое через аэро-фильтры в сутки, равняется 4 объемам загрузочного материала, т. е. высоте  $3,5 \times 4 = 15$  м;

2) количество воздуха, необходимое для успешной работы аэро-фильтра, равняется 4—6 объемам очищаемой сточной воды;

1) Fowler. The activated sludge process of Sewage purification, Surv., 1916.

2) Hurd. Spiral circulation in the activated process, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., London, 1924;

Он-же. Methods of treatment and general construction features of Indianapolis Activated Sludge Plant, Rep. of the Board of sanit. Commiss., 1921.

3) Haworth, Bio-aeration at Scheffield, Surv., 1922.

4) Bolton, Elasticity of the Activated Sludge Process, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., 1924.

5) Kohn, Ueber die neueren Verfahren der Ahwasserbeseitigung, Ges. Ing., 1927.

6) Н. А. Базякина. Опыты очистки сточных вод на аэро-фильтрах в 1923 г., V отч. Сов. по очистке сточных вод.

- 3) давление воздуха при этом колеблется от 4 до 20 мм водяного столба;  
 4) время окисления сточной воды на крупно-зернистом фильтре—12 минут, а на мелко-зернистом 25 мин. при нагрузке 4 объемов сточной воды.

После ознакомления с англо-американскими установками и русскими опытами, немецким инженером Imhoff были поставлены в 1924 г. опыты в г. Эссен-Реллингхаузен<sup>1)</sup>, после которых он приступил к постройке аэро-тэнков своей конструкции, представляющих соединение аэро-тэнков американского типа с механическими мешалками<sup>2)</sup>.

Также Imhoff<sup>3)</sup> была построена после годовых опытов установка в Essen-Rellinghausen, представляющая собой соединение заливного биологического фильтра, продуваемого воздухом, с эмшерским колодцем. Таким образом, Imhoff был сконструирован *заливной аэро-фильтр*. Кроме того, были произведены еще опыты по очистке сточных вод с активным илом во Франции (Mont Mesly)<sup>4)</sup>, Польше (Варшава), Голландии (Naage), Дании (Holte) и др., но подробных данных о полученных ими результатах в нашем распоряжении не имеется.

В заключение этого параграфа мы считаем нужным упомянуть, что *первым инженером*, введившим 25 лет тому назад *воздух в осадочные колодцы* своей конструкции, был немецкий инж. Mairich<sup>5)</sup>; но он не разработал никакой теории для своего способа.

**§ 2. Классификация способов очистки сточных вод активным илом.**  
**Предварительная обработка сточных вод.** Все искусственные биологические способы очистки сточных вод активным илом, в которых основную роль играет процесс аэрации, могут быть разбиты на две основные группы: *аэро-тэнки* (осадочные бассейны или колодцы, которые продуваются нагнетаемым в них воздухом, или же колодцы и желоба, для работы которых необходимый воздух будет заимствован из атмосферы) и *аэро-фильтры* (биологические фильтры с искусственным продуванием их воздухом). В целях уяснения дальнейшего изложения мы предлагаем следующую классификацию современных способов очистки сточных вод активным илом:

### I — Аэро-тэнки:

- 1) *аэро-тэнки с искусственным вдуванием в них воздуха*  
 а) *через пористые пластинки,*  
 в) *через трубы;*

<sup>1)</sup> Sierp, Eine Laboratoriumversuchsanlage für belebten Schlamm, Ges. Ing., 1926.

<sup>2)</sup> Imhoff, New activated-sludge plant of Essen, Eng. News. Rec., 1926.

Imhoff und Fries, Die neue Schlammbelebungsanlage des Ruhrverband im Essen-Rellinghausen, Techn. Gem. 1926.

<sup>3)</sup> Imhoff, Die Zusammenhänge der Belebungsverfahren in der Abwasserreinigung, Ges. Ing., 1926.

<sup>4)</sup> Cambier et Cavel, Epuration des eaux d'égout du departament à la station experimentale de Mont-Mesly en 1922, Ann. de services techniques d'hygiène de la ville de Paris, 1923.

<sup>5)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Очистка городских сточных вод, 1914;

prof. Weldert. Eine alte, nach neuzeitlichen Grundsätzen erbaute Kläranlage, Ges. Ing., 1927.

2) *аэро-тэнки со впуском атмосферного воздуха, добываемого механическим путем*

а) *с добыванием воздуха вращением водяных колес,*

в) *с добыванием воздуха мешалками;*

3) *аэро-тэнки, представляющие собой использование обеих систем (искусственное нагнетание воздуха и взбалтывание).*

## II — Аэро-фильтры:

1) *заливные,*

2) *капельные.*

Для действия как аэро-тэнков, так и аэро-фильтров необходима *предварительная обработка сточных вод пред напуском их на биологические сооружения*<sup>1)</sup>.

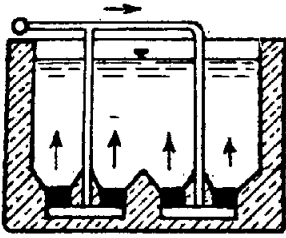
Подготовка их совершается всегда *механическим путем* (решетки, сита, песколовки, осадочные бассейны и колодцы), что является важным в целях удешевления обработки осадков, так как *обработка постепенно скопляющегося в сооружениях активного ила* обходится значительно дороже. Можно определенно сказать, что в ряде американских очистных станций (Brooklin, Cleveland, Chicago и др.) для предварительной обработки применяют *решетки с прозорами от 18 до 40 мм и сита с отверстиями 1—3 мм*. В некоторых же американских городах (напр., Millwaukee), пропускающих большой расход сточных вод, для предварительной обработки сточных вод применяют *решетки с прозорами от 40 до 80 мм, песколовку и цилиндрическое сито, диам. 2,4 м*. Английские же специалисты (Fowler и др.) считают необходимым применение для подготовки сточной воды *отстойников с решетками* в целях наилучшей ее очистки на аэро-тэнках и нагнетание в них воздуха. В *механических же аэро-тэнках* подготовка сточной воды в *осадочных бассейнах или колодцах* считается *необходимой*. Подготовка сточной воды является обязательной также для обработки ее на *аэро-фильтрах*. Для *заливных аэро-фильтров* пока применяют эмшерские колодцы, хотя, конечно, вполне возможно использовать любые конструкции сооружений для предварительной обработки (см. главы V—VIII). Для *капельных же аэро-фильтров* предварительная обработка сточных вод является сложной: сначала устраиваются *песколовки* для задержания тяжелых веществ, преимущественно, минерального происхождения, со вдуванием в них воздуха, затем идут аэро-тэнки для коагуляции, откуда они попадают в осадочные бассейны или колодцы, и, наконец, поступают для окончательной очистки сточных вод на *капельные аэро-фильтры*. Такая схема (московская) рекомендуется при устройстве новых очистных станций, но в случае применения этого способа к существующим биологическим станциям может идти речь только о *необходимой перестройке ее, и потому представляется вполне возможным утилизация имеющихся у нее сооружений для предварительной обработки сточных вод*<sup>2)</sup>.

§ 3. *Аэро-тэнки со вдуванием воздуха компрессорами*. Сначала *аэро-тэнки при постановке опытов* над очисткой сточных вод активным

<sup>1)</sup> Prof. Weldert. Das Schlammbelebungsverfahren, Ges. Ing., 1926.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Водоснабжение и канализация поселков, 1927.

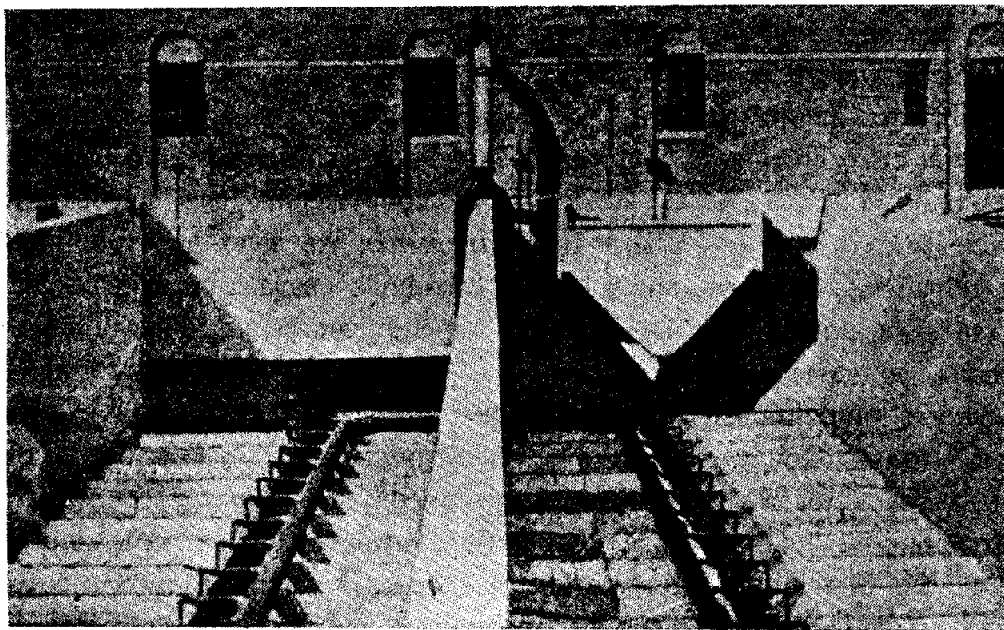
илом в различных городах устраивались *наливными*, но после перехода к *по-*  
*стройке очистных станций* естественно были вытеснены *аэро-тэнками про-*  
*точного типа*, почему мы в дальнейшем описании будем касаться только по-  
добных устройств, снабженных *сооружениями механического типа* для пред-



Черт. 326.

*варительной обработки*. В настоящее время, как можно видеть из классификации, приведенной в предыдущем параграфе, применяются две системы аэро-тэнков со вдуванием в них воздуха: *английская (Fowler)* и *американская (Hurd)*. *Английские аэро-тэнки* представляют собой узкие бассейны, со средней глубиной 3—4,5 м, дно которых сделано в виде *воронок*, представляющих собой трапециодальные призмы (черт. 326).

Необходимый для действия аэро-тэнков *воздух* подводится к каждой воронке и пропускается перед введением в аэро-тэнк через *кварцевые пористые пластинки* (кварц-фильтры, фильтросы), заделанные в железные коробки. В новейших установках в целях теснейшего и более долгого соприкосания осветленной воды с воздухом *аэро-тэнки* делятся по ширине продольными перегородками, чем обуславливается перемена направления движения воды. Устраиваемые таким образом в аэро-тэнках галереи имеют *ширину в 10—15 раз меньше*, чем длину. Применение *кварцевых пластинок*, сечением в 75 кв. см, толщ. 4 см, пропускающих согласно данным от 0,014 до 0,34 куб. м воздуха при давлении 50 мм водяного столба, для СССР представляет *серьезные затруднения* из-за отсутствия заводов, занимающихся их изготовлением. Поэтому для нас является более интересной другая *система аэраторов — трубы с круглыми отверстиями*, укладываемые на дне аэро-тэнков, преиму-



Черт. 327.

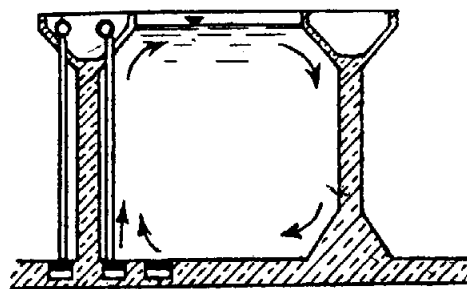
щества которых были выяснены испытаниями в Бруклине, Чикаго, Кливлэнде, Москве и др. Согласно опытных данных наиболее подходящим является *диаметр для дырчатых труб — 25 мм*, а диаметр отверстий  $1 - 1\frac{1}{4}$  мм; рас-



стояние между трубами — 30 см, а между отверстиями от 5 до 15 см. В целях прочистки таких труб от засорений представляется полезным устроить соединение их с водопроводом, если он служит для проведения хозяйственной воды, и паропроводом для удаления жира. В целях лучшего освещения конструкции аэро-фильтров с пористыми пластинками приводим фотографию аэро-тэнка в американском городе Милльуоки (черт. 327).

Английские аэро-тэнки применены в гг. Millwaukee<sup>1)</sup>, Worchester, Withington, Tunstall<sup>2)</sup>, Chicago<sup>3)</sup>, Pasadena, Houston<sup>4)</sup> и др.

Американские аэро-тэнки сист. Hurd'a имеют размещение труб—аэраторов вдоль одной из длинных стенок, благодаря чему восходящий ток осветленной воды сталкивается с продольным ее течением в бассейне, в результате чего в аэро-тэнке получаются спиральные вихри, медленно перемещающиеся (черт. 328) по аэро-тэнку. У дна бассейна скорость спиралеобразного движения воды достигает величины 0,5 м/сек., что препятствует осаждению ила. И в этой системе в целях удлинения периода аэрации устраиваются продольные или не доходящие до дна поперечные перегородки, на среднем расстоянии от 5 до 7,5 м.



Черт. 328.

Американские аэро-тэнки Hurd расходуют для своей работы на  $\frac{1}{3}$  меньше воздуха и энергии, чем английские сист. Fowler. Они нашли себе применение в гг. Manchester, Indianapolis<sup>5)</sup>, Chicago (North Side), Reading<sup>6)</sup>, Stattfort, Coventry и др.

Для характеристики основных размеров аэро-тэнков обеих систем приводим таблицу LVI.

Для иллюстрации американской системы Hurd приводим фотографию аэро-тэнков сист. Hurd'a в г. Индианополисе (чер. 329). Расчет основных размеров аэро-тэнков со вдуванием воздуха производится при учете количества подлежащей очищению сточной воды в сутки— $Q$  в куб. м, периода аэрации в часах  $t$  и из количества обратно перекачиваемой с илом жидкости, обыкновенно принимаемого в 50% количества сточной воды, помещающейся в аэро-тэнке за одну нагрузку. За  $t$  часов помещается  $\frac{Qt}{24} + 0,5 \frac{Qt}{24} = \frac{Qt}{16}$ ; задаваясь, глубиной аэро-тэнков  $h$ , мы получаем величину их общей площади  $\omega$ , которую мы можем

<sup>1)</sup> Hatton, Copeland and Wilson, Reports in the 10 thann. Rep. of the Sewerage Commission of the City of Millwaukee, 1923.

<sup>2)</sup> Coombs, The mechanic of the Activated Sludge Process, Journ. Inst. San. Eng., 1923.

<sup>3)</sup> Pearse, The Des Plaines River Activated Sludge Plant, Eng. News Rec., 1920.

<sup>4)</sup> Mc-Vea, Operation of activated sludge plants Houston, Texas, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., London, 1924.

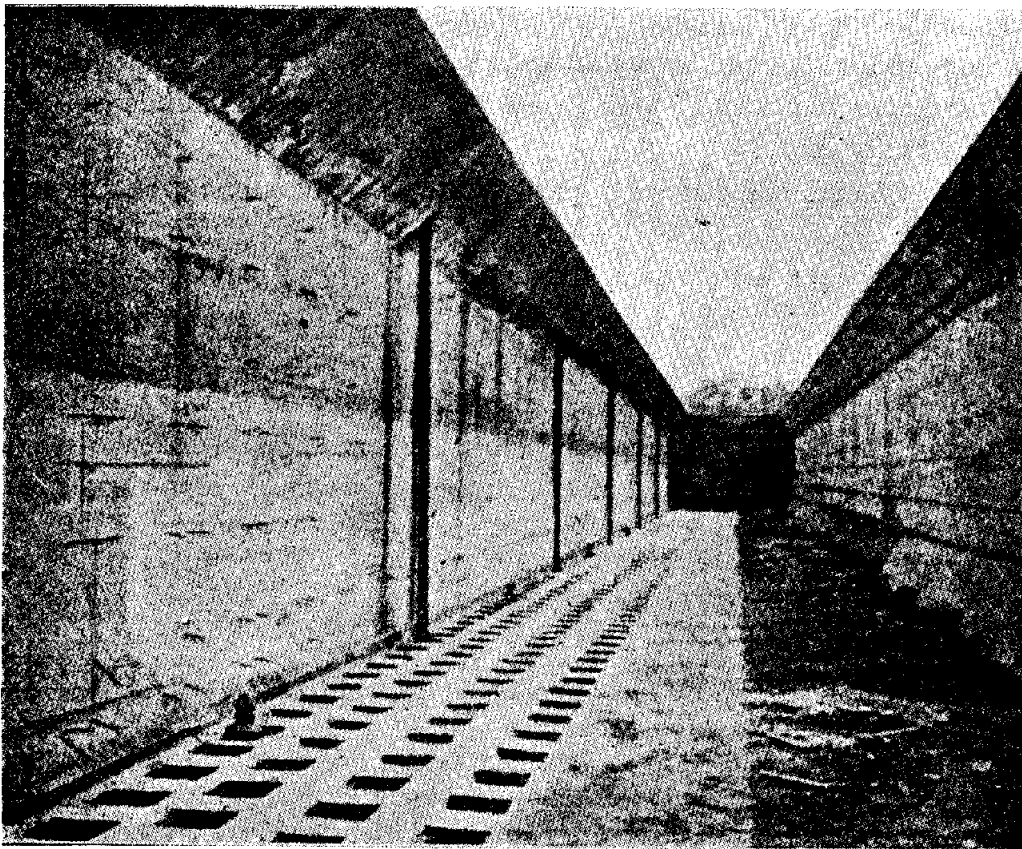
<sup>5)</sup> Hurd, Methods of treatment and general construction features of Indianapolis sewage disposal plants, Rep. of the Board of Sanit. Commissioners, Indianapolis, 1921.

Он-же. Spiral circulation in the activated sludge, Trans. of the Intern. Conference on Sanitary Engineering, London, 1924.

<sup>6)</sup> Anonim, Activated sludge process at Reading, Surveyor, 1923.

Таблица LVI.

Названия городов	Милуоки (САСШ)	Индианополис (САСШ)	Чикаго (Сев. Стор.)	Чикаго (Депленс)	Хоустон (Техас)	Пасадена (Калиф.)	Лоди (Калиф.)	Уорчестер (Анг.)	Гастония (Кал.)	Ридинг (Анг.)
Система аэро-тэнков	англ.	амер.	амер.	англ.	англ.	англ.	—	англ.	—	амер.
Производительность станции в куб. м в сутки . . . . .	324 000	190 000	670 000	17 000	13300—35000	5 150	7 200	3 400	6 200	13 600
Число аэро-тэнков . . . . .	24	6	36	4	7	18	4	1	4	4
Число галлерей . . . . .	2	4	—	2—4	—	—	—	5	—	2
Ширина галлерей в м . . . . .	6,6	6,0	10,3	6,2—9,0	5,4	3,0	3,4	2,4	2,4	4,4
Глубина галлерей в м . . . . .	4,5	4,5	4,5	3,0—4,5	2,7	4,5	4,5	5,1—5,4	3,1	6,7
Длина аэро-тэнка в м . . . . .	71	71,5	125	38,0	84,0	20,0	37,4	24,0	19,8	33
Производительность аэро-тэнка в куб. м . . . . .	1 350	31 600	18 500	—	4 450—8 750	286	1 800	3 400	1 500	4 500
Период аэрации в часах . . . . .	6	5	6	—	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4	6	—	4	9,5



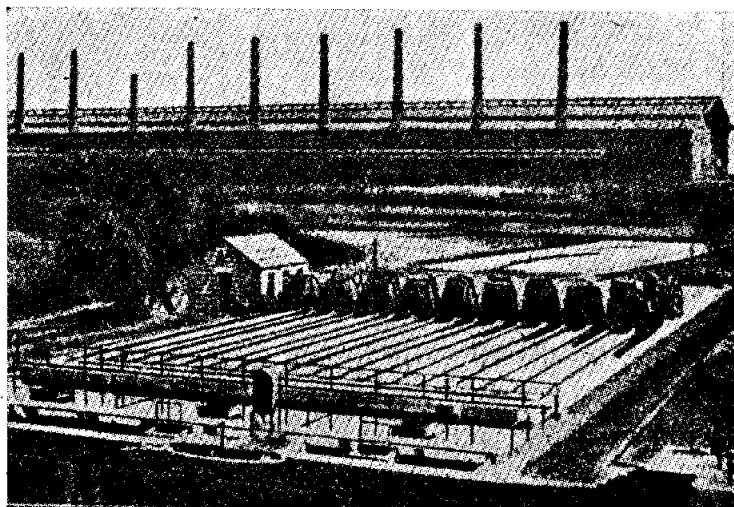
Черт. 329.

разбить на несколько отделений продольными стенками:  $\omega = \frac{Qt}{16h}$ , зная, что ширина ( $b$ ) к длине ( $l$ ) относится, как 1:10—1:15, получим, что при  $b=0,1l$ .

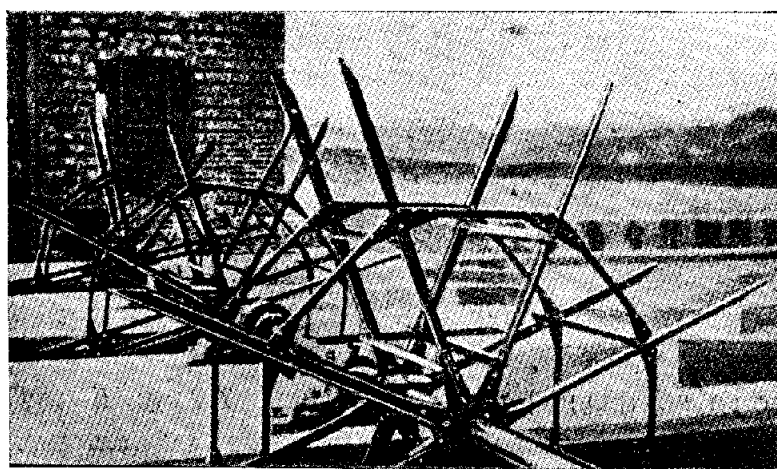
$\omega = bl = \frac{l^2}{10}$  или  $l = \sqrt{10 \omega} = \sqrt{\frac{5Qt}{8h}}$ . Поясним сказанное численным примером.

Численный пример.  $Q = 1000$  куб. м,  $t = 6$  часов. Тогда в течение 6 часов в аэротенке должно находиться  $\frac{1000 \times 6}{16} = 375$  куб. м; при глубине аэротенка в 4 м, необходимая  $\omega = \frac{375}{4} = 93,75$  или  $\approx 94$  кв. м. Отсюда  $l = \sqrt{10 \cdot 94} = 30,7$  м и  $b = 3,07$ ,  $l \times b = 94,24$  или  $\approx 94$  кв. м.

§ 4. Механические аэротенки. Система Haworth (bio-aeration, paddelverfahren, био-аэрация), примененная им<sup>1)</sup> впервые в английском гор. Шеффильде, заключается в устройстве 18 узких желобов, размерами 1,2 м × 1,2 м, куда поступает предварительно обработанная сточная вода, при чем в этих желобах благодаря продольным стенкам удлиняется путь движения сточной воды до величины 1000 м. Движение воды в желобах со скоростью около 0,5 м/сек создается посредством 18 погруженных до середины и помещенных на 2 параллельных валах колес, установленных по середине желобов и делающих до 15 оборотов в минуту; движение всех 18 колес вызывается вращением электромотора мощностью 20 HP. Каждое колесо, диам. 3 м, имеет по 8 лопаток. Очищенная на этих желобах вода поступает в колодцы для осаждения примесей и активного ила. В целях представления о работе биоаэраторов приведем фотографии очистной станции в г. Шеффильде (черт. 330 и 331).



Черт. 330.



Черт. 331.

На черт. 330 показаны колеса во время работы с защитными чехлами, а на черт. 331 без чехлов. По этой же системе в 1924 г. перестроена вся био-

<sup>1)</sup> Haworth, Bio-aeration at Scheffield, Surv., 1922.

логическая станция в Scheffield на 68 000 куб. м в сутки, являясь самой крупной в Европе. <sup>1)</sup> Сверх того, био-аэраторы применены в г. Rotherham <sup>2)</sup>, East Ham около Лондона <sup>3)</sup>, Mont-Mesly около Парижа <sup>4)</sup> и др. С целью дать общую характеристику био-аэраторов Haworth, приводим таблицу LVII.

Таблица LVII.

Название города	Год постройки	Суточная производительность в куб. м	Число резервуаров	Число каналов в каждом резервуаре	Каналы			Скорость течения в см	Величина электр. энергии
					Ширина	Глубина	Общая длина		
					в м				
Scheffield . . . . .	1921	3 400	1	18	1,2	1,2	1 200	50	20
Scheffield . . . . .	1924	68 000	16	22	1,8	1,3	1 690	—	—
Rotherham . . . . .	1923	9 100	2	18	1,2	1,2	1 600	—	—
East Ham . . . . .	1923	1 820	1	14	1,3	1,6	1 000	42	—
Mont-Mesly . . . . .	1924	6 000	1	18	1,33	1,33	1 010	55	16

Из этой таблицы (LVII) можно видеть, что сточная вода при протекании через био-аэратор затрачивает 30—35 минут и перемешивается с находящейся в нем жидкостью в количестве 1 200 куб. м. Из отчетов о работе био-аэраторов можно видеть, что в них получается очень высокий эффект очистки и *вытекающая из осадочных бассейнов жидкость совершенно светлая, лишена способности загнивать и без всякого запаха.* Это легко объясняется тем, что притекающая в био-аэратор жидкость *подвергается смешиванию с перемещающейся в ней и уже очищенной водой*, составляя незначительный процент ее объема. Поясним сказанное численным примером.

**Численный пример.** Объем био-аэратора—1 200 куб. м; суточный приток в био-аэратор—2 400 куб. м; следовательно, время пребывания сточных вод в био-аэраторе—12 часов. При скорости движения в канале 0,5 м и площади их  $1,2 \times 1,2 = 1,44$ , секундный расход жидкости в канале  $Q = 1,44 \times 0,5 = 0,72$  куб. м. Секундное количество притекающей к биоаэратору сточной воды— $q = \frac{2\,400}{24 \times 3\,600} = 0,028$  куб. м. Поэтому коэффициент разбавления  $\mu = \frac{q}{Q} = \frac{0,028}{0,720} = \frac{1}{26}$  т. е. 3,9 или  $\approx 4\%$  всего количества воды, находящегося в аэротэнках.

*Система Bolton* <sup>5)</sup> (surface aeration, Wurfkreisel Verfahren, поверхностная аэрация) примененная им в г. Вигу для очистки 228 куб. м сточных вод на опытной станции, имеет следующее устройство (черт. 332 а и в).

Сточная вода поступает во внутренний резервуар, диам. 7,2 м и глуб. 5,4 м. сверху по боковой трубе; в центр резервуара опущена *вертикальная*

<sup>1)</sup> Haworth, Sewage disposal at Scheffield, Surv., 1924.

<sup>2)</sup> Turner, Rotherham sewage disposal works, Surv., 1924.

<sup>3)</sup> Birch, Sewage disposal at East Ham, Surv., 1923.

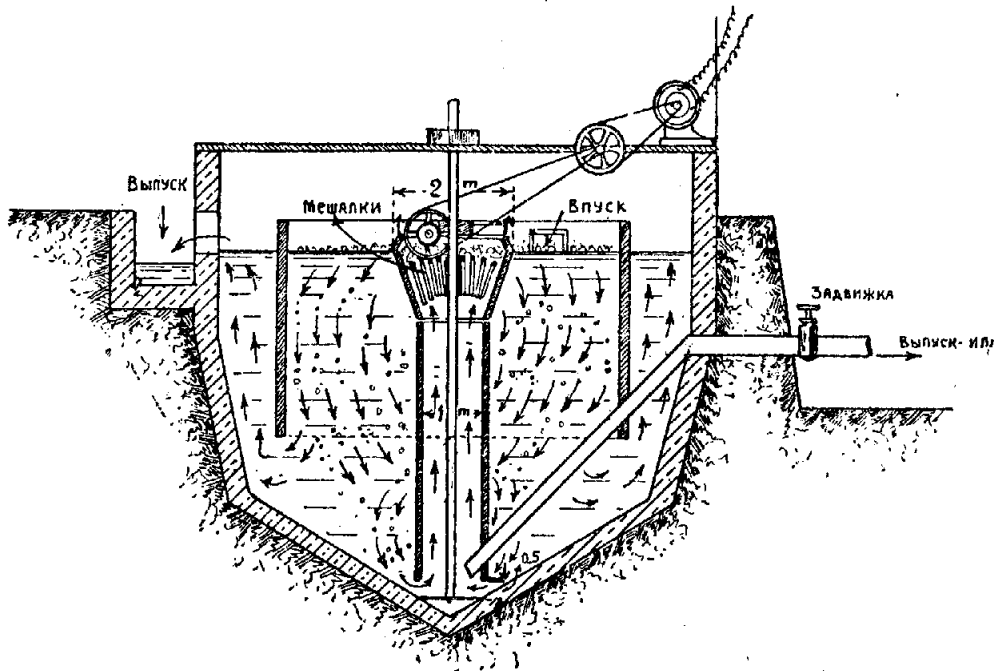
<sup>4)</sup> Cavel, Le traitement des eaux d'égout par les boues activées, Revue d'Hygiene, 1925

<sup>5)</sup> Bolton, Elasticity of the activated sludge process, Trans: of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., 1924.

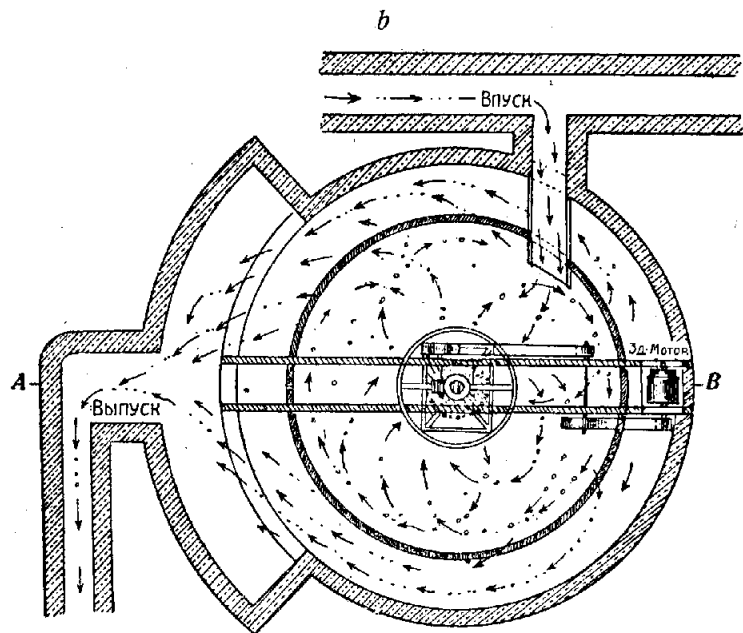
Он же, Aeration experiments at Bury, Surv., 1922.

труба, диам. около 1 м, не достоящая до дна его на 0,15 м и снабженная наверху конической насадкой, диам. около 2 м. В этой насадке вращается приводимый в движение электромотором в 3 HP особый конус с лопатками,

a



вызывающий восходящее движение жидкости, энергично вспениваемой его вращением на поверхности. Сточная вода после выхода из трубы опускается вниз и вновь засасывается центральной трубой. Благодаря такому приему достигается *перемешивание осветленной воды с активным илом и одновременно с этим насыщение ее воздухом*, увлекаемым в виде мелких пузырьков током жидкости. Очищенная вода протекает через кольцевой отстойник, из которого изливается в водный проток.



Черт. 332.

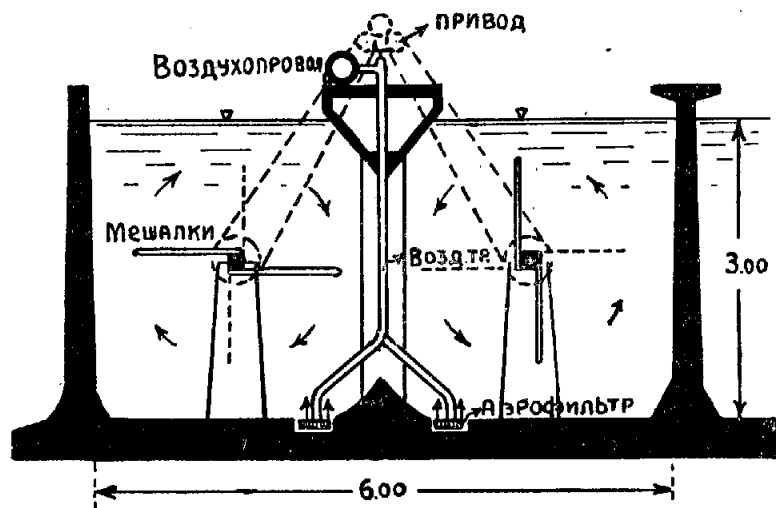
В целях беспрепятственного стока очищенной жидкости уровень выходного канала из резервуара Bolton, называемого изобретателем „Simplex“ и эксплуатируемого фирмой Ames Crosta Sanitary Engineering & Co, должен быть ниже уровня во входном канале на 0,60 м. Удаление осадков из колодцев „Simplex“ производится по опущенной в нижнюю часть трубе. Здесь, как и в био-аэраторах Гаурзса, происходит *постоянное перемешивание притекающей отстаившейся воды с очищенной*, для чего достаточно аэрировать ее 3 раза в час, и даже

является допустимым совершенно прекращать аэрацию в ночное время. По мнению проф. Строганова в аэраторе Bolton'a достигается только первая фаза очистки — коагуляция. Аэраторы „Simplex“ требуют меньше места, чем био-аэраторы, так как здесь мы имеем дело с колодцами большей глубины. Аэраторы Bolton применены в г. Вугу, Birmingham, Paris (Colombes), Bolton и др.

Кроме этих двух систем недавно появилась и третья система Хартлей (Hartley), примененная им в Бирмингеме<sup>1)</sup>.

Она заключается в системе мешалок и черпаков, вспенивающих предварительно обработанную сточную воду. Не имея в своем распоряжении чертежей этого устройства, мы ограничиваемся указанием, что по своим результатам она должна быть близка к системе „Simplex“.

Несколько особо стоит от этих способов аэратор инж. Imhoff в г. Essen-Rellinghausen, представляющий собой комбинацию обеих вышеописанных систем<sup>2)</sup> (черт. 333). Станция в Essen-Rellinghausen построена для обработки 22 000 куб. м в сутки



Черт. 333.

и прежде состояла из следующих частей: решеток для задержания крупных веществ, песколовки из 3 отделений и 6 эмшерских колодцев, снабженных газоуловителями; сверх того, были устроены высоко лежащий резервуар для окончательного осветления и хлоратор системы Орнштейна на время эпидемий.

После же окончания опы-

тов в 1925 г.<sup>3)</sup> была пущена в эксплуатацию новая станция с установками, работающими на активном иле. Очистная станция состоит из 4 аэро-тэнков, 2 отстойных бассейнов и машинного здания. Аэро-тэнки Имхофа (шир. 6 м и глуб. 3 м) делятся на две части, в каждой из которых по середине установлены мешалки; разделительной стенки между частями бассейна не сделано для уничтожения трения. Кроме мешалок, воздух вводится в обе части аэро-тэнка через пористые пластинки. В осадочных колодцах, поставленных за аэро-тэнками, удаление осадков производится по трубам, которые приводят их частью в аэро-тэнки, частью же в эмшерские колодцы. Общий расход электроэнергии для мешалок, нагнетания воздуха и насосов для удаления осадков 40 HP; для одних же мешалок 7 HP или 1,8 HP на 1000 куб. м.

<sup>1)</sup> Prof. Kuhn, Über die neueren Verfahren der Abwasserbeseitigung, Ges. Ing., 1927.

<sup>2)</sup> Imhoff, Die neue Schlammbelebungsanlage des Ruhrverbandes in Essen-Rellinghausen, Techn. Gembl, 1926.

<sup>3)</sup> Sierp, Eine Laboratoriums-Versuchsanlage für belebten Schlamm, Ges. Ing., 1926.

## ГЛАВА XXII.

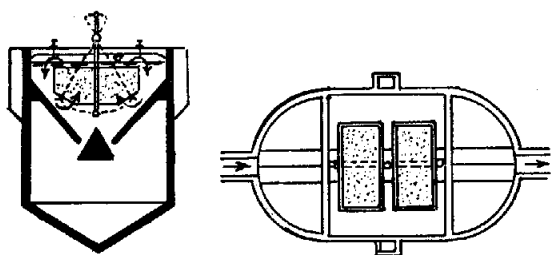
### Искусственные биологические способы очистки сточных вод. Очистка сточных вод активным илом в аэро-фильтрах. Колодцы для выделения осадков из аэро-тэнков. Машины для добывания сжатого воздуха и воздухопроводная сеть. Свойства активного ила и его обработка

§ 1. Очистка сточных вод активным илом в аэро-фильтрах. Как известно, очистка сточных вод на биологических фильтрах осуществляется на *заливных и капельных окислителях*. Поэтому является вполне естественным, что в результате опытов с *аэро-тэнками* явилась мысль об использовании для нового способа и *продувания биологических фильтров воздухом*, каковые конструкции и получили название в Санитарной Технике — *аэро-фильтров*. Исторически значительно раньше (около 8 лет тому назад) появились разработанные московскими опытами *капельные аэро-фильтры*, давшие возможность приступить к постройке очистной станции в Москве для 12 300 куб. м. Только недавно Бахом и инженером Имхоф были предложены *заливные аэро-фильтры*. Но, следуя законам логического построения, мы начнем изложение с *заливных аэро-фильтров* Bach'a<sup>1)</sup>. *Аэро-фильтр* Баха, названный им Emscher-Filter, представляет собой *заливной окислитель, продуваемый воздухом*, примененный им после ряда лабораторных опытов для очистки концентрированных фабричных вод в промышленном округе Emscher (дрожжевых и коксовых заводов для добывания вспомогательных продуктов). *Эмшерский фильтр* имеет следующую конструкцию. На дне колодцев или бассейнов, загруженных котельным шлаком, уложены дырчатые трубы, приводящие воздух в фильтр. Сточная вода, смешиваясь с воздухом, поступает в колодезь снизу, протекает чрез загрузку фильтра наверх и изливается по окончании контакта через водослив. *Количество загрузочного материала*, необходимого для работы, по данным Bach'a, в 8—10 раз меньше, чем для *заливных биологических фильтров*. Этот способ является, по мнению изобретателя, наиболее *подходящим для очистки промышленных вод, не содержащих взвешенных частиц*, для которых очистка в аэро-тэнках не может протекать удовлетворительно из-за невозможности вызвать в очищаемой воде *коагуляции*, этого первого этапа при очистке сточных вод активным илом.

Другой конструкцией *заливных аэро-фильтров* является предложенный инженером Imhoff и устроенный в осадочной части эмшерского колодца за-

<sup>1)</sup> Bach, Das „Emscher-Filter“, eine neue Form des biologischen Körpers für Abwasserreinigung, Was. und Gas, 1926.

ливной продуваемый аэро-фильтр<sup>1)</sup> (черт. 334). В этом типе аэро-фильтр всегда находится в воде, а необходимый для его работы сжатый воздух подводится по подвижной дырчатой трубе к нижним углам фильтра, играющей



Черт. 334.

как бы роль маятника. Аэро-фильтры состоят из 2 частей и заполнены хворостом, покоящимся в ящике из деревянных досок, пробуранных дырочками для поступления воздуха. В этом способе не нужно затрачивать паде-ния местности при поступлении жид-кости из эмшерского колодца в аэро-фильтр. Так как вся конструкция находится под водой, то здесь не развива-ются мухи и не распространяется запах.

Заливные аэро-фильтры Imhoff применены в гг. Kettwig и Langedreer (Эмшерская область). Строящиеся московские капельные аэро-фильтры, для Симоновской очистной станции представляют собой обыкновенные капельные биологические окислители, продуваемые снизу воздухом, как об этом уже говорилось выше, в предыдущей главе. Перед поступлением на аэро-фильтр сточная вода проходит ряд сооружений, на которых производится предвари-тельная обработка ее и конструкция которых разработана согласно ходу про-цессов очистки сточных вод активным илом на опытных установках и упро-щению их эксплуатации. Конструкция их во избежание повторений будет дана ниже, в главе XXV, при общем описании станций с аэро-тэнками и аэро-фильтрами.

Первым звеном сооружений для предварительной обработки сточных вод являются песколовки, куда эжекторами засасывается ил из находящихся перед ними отстойников в количестве 25—50% и поступает вместе со стоками в песколовки. Вертикальная скорость движения воды в песколовках принимается в 16 мм—19 мм/сек, что является достаточным для успешного осаждения тяжелых и крупных взвешенных веществ. Время прохождения сточной воды чрез песколовки—5 мин. (определение ее размеров приведено в § 2 главы V). Осадки из песколовки удаляются механическим путем. Из песколовки сточная вода направляется в аэро-тэнки или аэро-коагуляторы, куда вдувается воз-дух, и где для интенсификации процессов коагуляции установлены попе-речные перегородки, удлиняющие путь прохода жидкости. Время пребывания жид-кости в аэро-коагуляторах—15 мин. Вертикальная скорость прохождения жидкостью аэро-коагулятора равна 16 мм/сек, что обеспечивает взвешенное состояние ила, усиливаемое вдуванием воздуха в количестве 2½ объемов от количества проходящей жидкости в час. Из аэро-коагуляторов жидкость по-ступает чрез распределительный желоб в отстойники, где и пребывает в те-чение 1½ часов, оставляя в них от 85 до 90% взвешенных веществ. Их объем рассчитывается как для протока сточной воды, так и для осаждения хлопьев из взвешенных веществ и ила. Вертикальная скорость движения в отстой-

<sup>1)</sup> Imhoff, Die Zusammenhänge der Belebungsverfahren in der Abwasserreinigung, Ges. Ing, 1926.

Он-же, Die Fortschritte der Abwasserreinigung, Zweite Auflage, 1926.



никах 0,47 мм/сек. Избыток ила, кроме той части, которая засасывается эжектором в песколовку, спускается в 2 иловые камеры, находящиеся между отстойниками; после пребывания ила в камерах в течение 2 недель он может быть спущен на иловые площадки. Из отстойников обработанная сточная вода поступает в резервуары, регулирующие равномерное поступление воды на аэро-фильтры, где самое распределение производится спринклерами. Объем загрузочного материала в аэро-фильтрах составляет  $\frac{1}{4}$  среднего суточного расхода. Высота фильтрующего материала принята в 4 м; зерна шлака должны иметь размер от 5 до 15 мм. Аэро-фильтры снабжены двойным дном, верхнее устраивается дырчатым, к которому и подводится воздух под небольшим давлением (не свыше 200 мм водяного столба) в количестве до  $2\frac{1}{2}$  кратного объема от объема проходящей через аэро-фильтр жидкости или 10 объемов от количества находящейся в коагуляторе жидкости. Чтобы воспрепятствовать выходу воздуха через отводную трубу, последняя снабжается водяным затвором высотой 25 см. Очищенная вода спускается в р. Москву. Так как эта станция находится в постройке, то данных о результатах ее работы в нашем распоряжении не имеется. Помимо этой строящейся крупной установки имеется еще несколько мелких, представляющих в большинстве случаев перестроенные биологические станции.

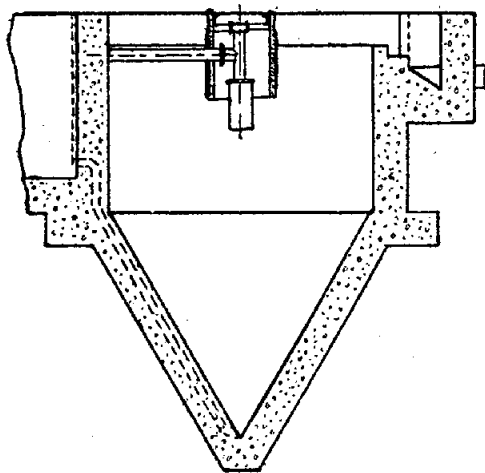
На основании вышеизложенного приведем краткие расчетные данные для сооружений, входящих в состав строящейся в Москве очистной станции с аэро-фильтрами. При расчетном количестве  $Q$  куб. м в секунду емкость песколовки и отстойных бассейнов должны быть рассчитаны на  $1,5 Q$ , имея в виду помещение в них активного ила. Время пребывания  $t$  — в песколовке — до 5 мин., аэро-коагуляторе — 10 — 15 мин. и отстойниках — 1,5 часа. Объем фильтрующего материала в аэро-фильтрах принимается в  $0,25 Q$ . Наибольшее количество воздуха —  $V$  —, определяемое по отношению к часовому количеству проходящей через очистное сооружение воды, устанавливается в 2,5 объема для аэро-коагуляции и 10 объемов для аэро-фильтров. Руководствуясь этими данными, приводим численный пример.

#### Численный пример:

Требуется очистить 12 300 куб. м в сутки, что дает  $Q$  час. =  $\approx 513$  куб. м и  $Q$  сек. = 0,143 куб. м. При  $t$  в песколовке  $\approx 5$  м. ее общий объем равняется  $0,143 \times 5 \times 60 = 42,9$  куб. м. Берем 3 работающие песколовки по 13,5 куб. м, что дает 40,5 куб. м и 4-ую запасную той же емкости. Под полезной емкостью песколовки разумеется только ее работающую параллелопипедоидальную часть; нижняя (пирамидальная) часть песколовки, служащая для складывания осадков активного ила, определяется из выражения  $0,5 \times 13,5 = 6,75$  куб. м, что соответствует принимаемым размерам песколовки: 3 м (длина)  $\times$  2,5 м (ширина) и 2,7 м (глубина). При  $t = 15$  м, общая емкость аэро-коагуляторов получается в 128 куб. м; число их принимаем равным 3, тогда емкость каждого 64 куб. м, а размеры: 8 м (длина), 4 м (ширина) и 2 м (глубина). При  $t = 10$  число аэро-коагуляторов будет равно 2, размеры те же. В обоих случаях прибавляется по одному запасному отделению. Для отстойников вертикального типа берем число их равным 6, исходя из  $t$  около 1,5 часов; емкость рабочих частей 120 куб. м, а для осадков и активного ила 150 куб. м. Отсюда общая емкость каждого из отстойников 270 куб. м,  $v$  около 0,5 мм. Общий объем загрузочного материала равняется  $513 \times 6 = 3 078$  куб. м. При принятой высоте аэро-фильтров в 4 м общая площадь всех отделений 769,5 кв. м при общем числе отделений 12 — площадь каждого будет равна 64 кв. м. Отсюда размеры загрузочного материала

в каждом аэро-филт্রে будут равны  $8 \text{ м} \times 8 \text{ м} \times 4 \text{ м}$ . Количество воздуха для аэро-коагуляторов в час равняется  $128 \times 2,5 \times 1 = 320 \text{ куб. м}$ , в минуту  $20 \text{ куб. м}$ ; количество воздуха для аэро-филтра в час  $3078 \times 2,5 = 7690 \text{ куб. м}$  или в минуту  $128 \text{ куб. м}$ .

§ 2. Колодцы для выделения осадков из аэро-тэнков. Для выделения хлопьев, образовавшихся в аэро-тэнках при перемешивании с активным илом под давлением воздуха, устраиваются осадочные колодцы. Из разнообразных конструкций для этой цели<sup>1)</sup> наиболее практичным является тип отстойного колодца со впуском сист. инж. Клиффорда (Clifford). Как видно из черт. 335, выпуск воды из аэро-тэнка в отстойный колодезь, устраиваемый круглым или



Черт. 335.

квадратным, производится по трубе с вертикальным отростком, заканчивающимся цилиндрической муфтой большего диаметра; эта труба, закрепленная в небольшом колодце, имеет верхнее отверстие открытым в целях надзора за правильностью ее действия. Дно отстойников устраивается в виде конических воронок со стенками, наклоненными к вертикали под углом в  $60^\circ$  в целях более удобного сползания осадков в их нижнюю часть; в некоторых американских конструкциях дно осадочных колодцев делается плоским, вследствие чего удаление из них осадков производится

скребками (Fiedler, Dorr). Выпуск очищенной воды делается чрез водосливы или особые сливные желоба (Millwaukee).

При определении гидравлических размеров отстойников нужно исходить из расхода воды, увеличенного на  $40 - 60\%$  примесью активного ила. Расчет производится по простейшим выражениям Гидравлики:  $Q = v \cdot \omega$  и  $h = v \cdot t$ . 60. Для  $t$  нужно брать значение 1 час, а для механических аэраторов—2—3 часа;  $h$  колеблется на практике между 2 и 4,5 м. Вертикальную скорость движения воды в отстойниках для наших условий согласно московским опытам нужно принимать в 0,5 мм. В американских же установках величина этой скорости колеблется от 0,73 до 1,13 мм.

Для характеристики размеров отстойников приведем данные об их размерах, принятых в САСШ и Канаде (таблица LVIII).

§ 3. Машины для добывания сжатого воздуха и воздухопроводная сеть. Для действия аэро-тэнков и аэро-филтров необходим сжатый воздух, который должен быть подан по трубам из машинного здания, в котором устанавливаются воздухоподъемные механизмы. Воздухопроводные магистрали, укладываемые на глубине промерзания грунта, могут быть сделаны из чугунных труб с раструбными соединениями, из железных или железобетонных труб, тщательно оштукатуренных; распределение же воздуха по дну аэро-тэнков и аэро-филтров делается в железных и чугунных трубах. Необходимое давление

<sup>1)</sup> Проф В. Ф. Иванов. Водоснабжение и канализация поселков, 1927; Buswell, Brensky and Neave, Chemical and biological reactions in the Dorr-Peck tank, Amer. Journ. of Public Health, 1922.

Таблица LVIII.

Название городов	Millwaukee	Indianopolis	Chicago (North)	Chicago (Des Plaines)	Howston	Pasadena	Lody	Hastonia	Worcester
Суточная производительность станции в куб. м	324 000	190 000	670 000	9 800—24 600	21 000—35 000	5150	7200	6200	3400
Число отстойников . . .	11	12	30	12	30	2	2	4	8
Длина или диаметр одного отстойника в м . .	29,4	23,4	23,1	7,2	5,6	15,0	9,0	9,0	2,6
Ширина в м {	—	12,6	23,1	7,2	3,0	15,0	9,0	2,5	2,6
Глубина в м {	4,5	4,5	3,7-4,8	4,5	6,8	3,6—4,8	4,5	2,4	5,4
Площадь в м {	795	278	547	52,0	16,8	225	83,5	23,3	6,7
Максимальная вертикальная скорость в мм/сек	0,75	0,98	0,75	0,45	0,80	0,70	0,68	1,13	0,73

сжатого воздуха для аэро-тэнков и аэро-фильтров неодинаково и зависит, главным образом, от тех сопротивлений, которые приходится преодолевать воздуху при поступлении в очистные сооружения. В целях наглядности приведем таблицу LIX, где будут указаны необходимые давления воздуха для различных систем аэро-тэнков и аэро-фильтров.

Таблица LIX.

№№ по порядку	Тип аэро-тэнка или аэро-фильтра	Величина давления	
		в at	в м (высота водяного столба)
1	Аэро-тэнки английские с пористыми пластинками, глубокие аэро-тэнки .	0,75	7,5
2	Аэро-тэнки американские с пористыми пластинками . . . . .	0,5	5,0
3	Тоже, но при подаче воздуха дырчатыми трубами . . . . .	0,25	2,5
4	Московские аэро-фильтры :		
	а) аэро-коагуляторы .	0,3	3
	в) аэро-фильтры . . .	0,02	0,2

При подборе диаметров труб воздухоприводной сети необходимо вести расчет по формуле Энуина (Unwin)<sup>1)</sup>, имея в виду образовать при входе в аэро-тэнк или аэро-фильтр необходимое давление согласно таблицы LIX.

<sup>1)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.

Но, если принять во внимание, что между воздуходушными машинами и станцией вряд ли будет расстояние более 200—1000 м, то можно пользоваться в целях упрощения вычисленными нами таблицами для труб, диаметром от 75 до 150 мм по вышеназванной формуле  $U_{\text{пр}} \text{win}$  (табл. LX).

Таблица LX.

Диаметр труб в мм	Скорость движения воздуха в м/сек.	Пропускаемое количество воздуха в куб. м/сек.	Потеря напора на 1000 пог. м в абс. ат	Примечание
75	4,56	0,021	0,00174*)	*) Все цифры взяты с небольшим округлением
100	4,86	0,029	0,00145	
125	5,15	0,056	0,00135	
150	5,45	0,100	0,00127	

К потере напора на трение воздуха о стенки труб нужно прибавить ту величину свободного напора, которая нам необходима для работы в аэротэнках или фильтрах (см. табл. LIX). При тех количествах воздуха, которые могут быть нужны для работы аэротэнков и аэро-фильтров в СССР, вряд-ли потребуются диаметры большие, чем 75—100 мм.

Прежде, чем перейти к вопросу о выборе типа *воздуходувки*, посмотрим, какова будет *теоретическая величина необходимой энергии*, при чем будем пользоваться формулой *адиабатического сжатия*, наиболее подходящей для данного случая и, кроме того, дающей больший расход энергии.

Выражение полезной мощности воздуходувки при адиабатическом сжатии

$$N \text{ будет иметь вид: } N_{\text{ef}} = \frac{Q}{60 \cdot 75} \cdot \frac{x}{x-1} \cdot p_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{x-1}{x}} - 1 \right] \quad (28),$$

где  $Q$  — расход воздуха в одну минуту в куб. м, считая на первоначальный объем;  $x = \frac{C_p}{C_v}$  — отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме; для воздуха при сжатии без охлаждения  $x = 1,405$ ;  $p_1$  — начальное давление (атмосферное) в кг на кв. м и  $p_2$  — конечное давление сжимаемого воздуха в кг на один кв. м. *Теоретический расход энергии на сжатие 100 куб. м воздуха для давления от 0,01 до 1 ат* приведен в нижеследующей таблице LXI.

Таблица LXI.

Конечное давление воздуха в ат	1,0	0,75	0,30	0,30	0,25	0,20	0,15	0,12	0,05	0,025	0,020	0,015	0,010
Необходимое количество энергии в НР.	170,9	135,0	95,3	61,0	51,6	41,6	31,7	24,0	10,5	5,39	4,32	3,25	2,16

Для обычных *аэро-танков* являются наиболее подходящими турбокомпрессоры<sup>1)</sup>, для *аэро-фильтров* турбокомпрессоры и вентиляторы Леймана. Коэффициент полезного действия турбокомпрессоров  $\eta$ —около 0,5—0,6. Отсюда  $N_i$  (индикаторная мощность)  $= \frac{N_{ef}}{\eta}$ . В целях облегчения расчетов приводим таблицы LXII и LXIII для расчета силовой установки для аэро-танков и аэро-фильтров при условии обработки московской сточной жидкости.

Таблица LXII (для аэро-танков).

Суточная производительность станции при нагрузке в 4 объема		Необходимый расход воздуха в 1 мин. в куб. м при интенсивности дутья в 10 объем/час	Теоретический расход энергии в HP при давлении воздуха 0,25 at	Индикаторная мощность машин при соотв. коэф. полез. действия в HP
куб. м	ведер			
3 075	250 000	128,25	66,2	120
6 150	500 000	256,5	132,5	240
12 300	1 000 000	513,0	265,0	465
61 500	5 000 000	2 565,0	1 325,0	2 400
123 000	10 000 000	5 130,0	2 650,0	4 640

Таблица LXIII (для аэро-фильтров).

Суточная производительность аэро-фильтров при нагрузке в 4 объема		Необходимый расход воздуха в куб. м в минуту при интенсивности дутья—2 объема в час	Теоретический расход энергии при давлении воздуха в 0,015 at	Индикаторная мощность машин при соотв. коэф. полез. действия в HP.
куб. м	ведра			
3 075	250 000	25	0,82	2,75
6 150	500 000	50	1,63	5,5
12 300	1 000 000	100	3,25	10,0
61 150	5 000 000	500	16,25	50,0
123 000	10 000 000	1 000	32,50	1 00,0

Кроме указанного в таблицах расхода энергии будет необходимо ее затрачивать на перекачку ила на дренажные площадки или другие сооружения для обезвреживания, регенерацию его при коагуляции, освещение территории и зданий и пр.

§ 4. Свойства активного ила и его обработка. Работа аэро-танков и аэро-фильтров основана на обработке активным илом, который осаждается вместе с захваченными при его воздействии примесями в осадочных колодцах. Часть осадившегося в колодцах активного ила возвращается обратно в аэро-

<sup>1)</sup> Ostertag, Kolben und Turbo-Kompressoren, 1923.

танки для смешивания с ним предварительно обработанной сточной воды; при применении же аэро-фильтров московского типа активный ил примешивается в песколовки для дальнейшей работы в *аэрокоагуляторы* и окончательного осаждения в *отстойных колодцах*, расположенных за аэрокоагуляторами. Хотя часть активного ила постоянно расходуется для развития необходимых биологических процессов, все-таки в осадочных колодцах постепенно скопляется активный ил, который должен быть удален из этих сооружений и подвергнут специальной обработке с целью его обезвреживания или более легкого удаления со станционной территории. Таким образом, при применении способа очистки сточных вод активным илом приходится иметь дело с *осадками из сооружений для предварительной обработки сточных вод и осадками, перемешанными с активным илом*. Осадки первого рода могут быть обработаны одним из способов, рассмотренных нами в главе XIV; что же касается *осадков второго рода*, смешанных с *активным илом*, или одного избыточного *активного ила*, то этот вопрос заслуживает особого рассмотрения. *Активный ил*, взвешенный в воде, согласно московским исследованиям, представляет *буроватые хлопья, легко взмучиваемые и очень быстро оседающие при покойном стоянии жидкости*. Влажный ил, собранный на фильтре, имеет вид темнокоричневой грязи с землистым запахом, которая легко отдает воду и, высыхая, превращается в плотные, прочные корки.

*Химический состав* активного ила зависит, разумеется, от характера сточной жидкости и от способа предварительной обработки сточных вод, но, как видно из нижепомещенной таблицы (LXIV), эти колебания невелики.

Таблица LXIV.

Название города	% воды в сыром осадке	В % к воздушному сухому веществу							
		Влажных	Органич. вещ.	Минер. вещ.	Общ. N	F <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Жиры	K	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Manchester . . . . .	95,0	—	64,7	35,3	4,6	2,6	5,8	—	—
Millwaukee . . . . .	98,0	100%	57,3	32,5	4,5	2,3	5,8	—	—
Cleveland . . . . .	97,5	—	44,0	51,0	2,2	1,73	6,77	0,29	—
Chicago . . . . .	99,5	100%	62,6	37,4	5,5	2,05	6,00	0,43	—
Urbana (III) . . . . .	95,5	—	75,0	25,0	6,3	3,31	4,00	—	—
Москва (1916) . . . . .	96,0	120%	84,4	15,6	3,6	1,14	2,90	—	1,58
Norwood . . . . .	97,7	—	74,8	25,2	—	—	11,6	—	—
New-Britain . . . . .	99,5	—	70,0	30,0	4,5	—	16,0	—	—
New-Haven . . . . .	94,3	—	47,7	—	3,2	—	5,3	—	—
Millwaukee . . . . .	—	—	67,8	32,2	5,8	—	2,2	—	—
Houston . . . . .	—	—	62,9	37,1	4,6	—	7,1	—	—

Удельный вес активного ила в Чикаго при 99,5% воды—1,020, в Милльуоки при 97,7% воды—1,014.

*Микроскопические исследования* нам показывают, что хлопья ила состоят из желатинозной массы, заселенной бесчисленным количеством бактерий и различными представителями макрофауны. Различными исследователями: R. Russel<sup>1)</sup>, W. Камп, Fowler<sup>2)</sup>, Л. М. Горовиц-Власовой<sup>3)</sup> и др. были выделены из активного ила чистые культуры нитрифицирующих организмов—Nitrobacter и Nitrosomonas, ничем не отличающихся морфологически от обычно выделяемых из почвы. На основании работ этих исследователей можно заключить, что в окислительных процессах играет важную роль *аэробная бактериальная флора*. Кроме микроорганизмов были найдены в активном иле *черви* (Aeolosoma Hemprichii), *сувойки* и *коловоротки*. Но, оценивая химический и бактериологический состав активного ила, не следует упускать из виду, что его основной составной частью являются *взвешенные и коллоидальные* (псевдо-растворенные) *примеси*, интенсивное выделение которых и вызывается активным илом. Вследствие выделения коллоидов при развитии этого процесса искусственной биологической очистки сточных вод *повышается как общее количество осадков, так в особенности азота (до 5—6%) и фосфаты (до 3%), т. е. количество этих элементов превышает вдвое их содержание в обычных осадках сточных вод.*

Выделению коллоидов в этом процессе очистки сточных вод мы и обязаны *увеличением объема ила*, что необходимо иметь в виду при изучении способов обработки осадков, смешанных с активным илом.

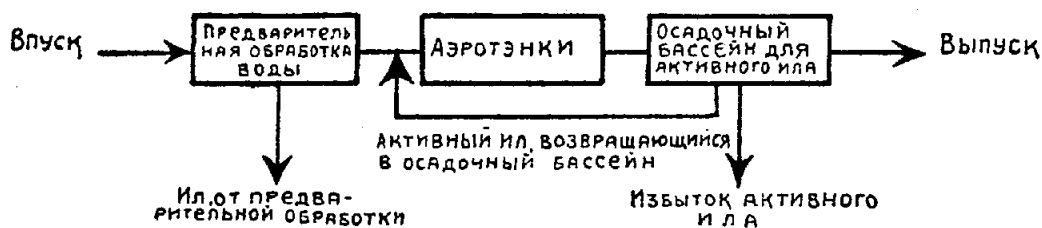
Таким образом, и процесс очистки сточных вод активным илом представляет собой совокупность процессов *физических, химических и биологических* такого же характера, какой свойственен *естественным и искусственным биологическим способам*.

Но самым важным заключением, которое можно сделать, является то, что напряженность этих *способов очистки* зависит от *дозы ила*, т. е. *отношения объема ила к объему очищаемой им воды*. *Доза ила*, необходимая для успешного окисления сточной жидкости, многочисленными иностранными и русскими исследователями была установлена в 25% по объему, но на строящейся московской станции для очистки 12 300 куб. м принята более широкая норма от 25 до 50% вследствие значения этой станции, как опытной установки для испытания *аэро-фильтров*. *Активный ил для аэро-танков* обыкновенно из бассейнов для его осаждения направляется для поступления вместе с предварительно обработанной сточной водой (черт. 336); в этой же схеме показано, что *избыточный активный ил* направляется прямо из осадочного бассейна для его обработки. Инж. Имгоф предлагает направлять *избыточный активный ил* в сооружения для *предварительной обработки* и оттуда спускать его в рядом расположенный *бассейн для выгнивания* (черт. 337); при таком приеме, разумеется, будет сокращаться *объем ила*; после *выгнивания ила и осадков в бассейнах* их легче *транспортировать для сельскохозяйственных целей*. Само собой разумеется, что в обоих случаях активный ил удаляется или

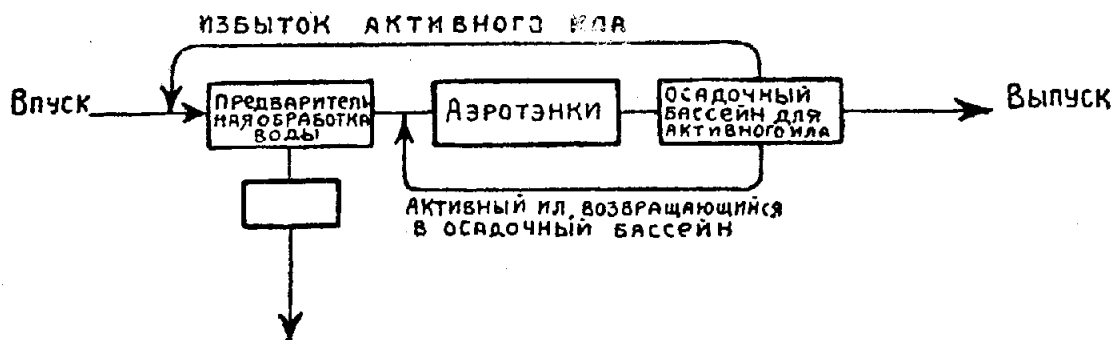
1) R. Russel and E. Bartow. Bacteriological study of sewage purification by aeration. Univ. of Ill. Wat. Supply, 1915.

2) G. Fowler. The Activated Sludge process of sewage purification, Surv., 1916.

3) Л. М. Горовиц-Власова. К вопросу об очистке сточных вод посредством аэрации, Врач. Газ., 1922.



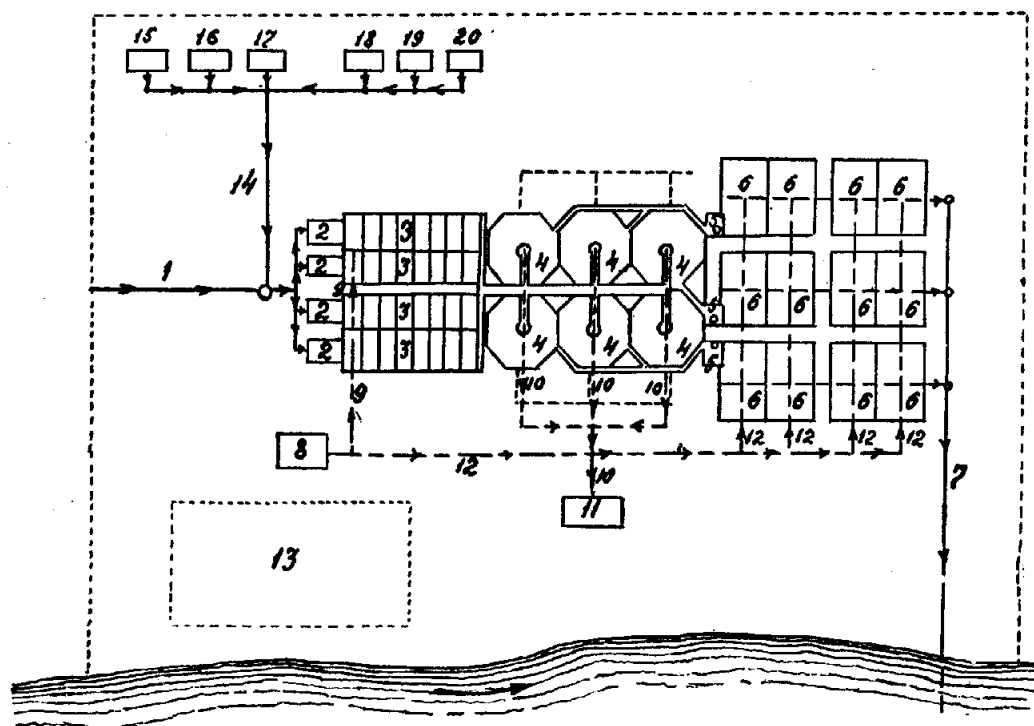
Черт. 336.



Черт. 337.

пневматически эжекторами или специальными турбо-насосами. По московской же схеме избыточный ил сначала направляется в специальные *септические камеры*, помещенные между отстойниками, т. е. тут в известной мере находит себе применение схема Имгофа.

Схема московской аэро-станции будет иметь следующий вид (черт. 338).



1—главный коллектор; 2—песколовки; 3—аэро-тенки; 4—осадочные колодцы; 5—регуляр. резервуары для напуска воды на аэро-фильтры; 6—аэро-фильтры; 7—главный отводной канал; 8—машинное здание для выработки сжатого воздуха; 9—труба для проведения сжатого воздуха к аэро-коагуляторам; 10—трубы для отведения избыточн. ила; 11—здание для перебраживания осадков; 12—трубы для проведения сжатого воздуха в аэро-фильтры; 13—территория для обработки осадков; 14—коллектор от лаборатории и жилых зданий; 15—лаборатория; 16-17—дома для служащего персонала; 18-20—дома для рабочих.

Черт. 338.



Для определения количества избыточного активного ила в разных государствах пользуются своими нормами, отвечающими тому водопотреблению, которое имеется в этих городах, т. е., другими словами, это количество активного ила определяют сообразно степени концентрации сточных вод. В американских городах (Милльуоки, Кливлэнд) количество избыточного активного ила колеблется от 0,3—0,6% от суточного расхода сточных вод. Для московских условий, где приходится иметь дело с концентрированной сточной водой, проф. С. Н. Строганов<sup>1)</sup> определяет количество избыточного ила в 1% от объема обрабатываемой воды.

Установив количество избыточного ила, перейдем к рассмотрению способов обработки активного ила, отличающегося высоким содержанием воды. Для этой цели мы рассмотрим те приемы, которые установились для обработки ила. В Англии, где пока установки с активным илом составляют некоторую часть их очистных (преимущественно биологических) станций, избыточный активный ил вместе с осадками из сооружений для предварительной обработки сточных вод поступают на существующие там сооружения для обработки осадков. Такими сооружениями являются или песчаные недренированные площадки (0,4—0,6 кв. м на жителя) или искусственные (шлаковые) площадки (0,1—0,2 кв. м). В некоторых городах (Бирмингам, Уорчестер) подсушенный на площадках ил продается местным фермерам; цена за т подсушенного ила в Бирмингаме достигает 1 р. 62 коп. с продажей его на самой станции, вследствие чего очистная станция избавляется от расходов по вывозу осадков. Для наших условий этот прием является наиболее подходящим даже при условии бесплатного отпуска крестьянам и огородникам.

По данным доклада Пирса (Pearse)<sup>2)</sup> в САСШ, помимо вышеописанного способа, получили распространение методы обезвоживания ила и добытия удобрительного порошка, вызванные стремлением сэкономить в территории. Опыты с обезвоживанием активного ила производились в гг. Чикаго, Индианополисе, Милльуоки, Урбане, Нов. Британии и Хоустоне. Задача по удалению воды заключается в том, чтобы ил, содержащий 98,5—99,5% воды, сначала обезводить до 80%, доведя ил до состояния лепешки, а затем высушиванием довести влажность его до 10%. Трудности процесса обезвоживания ила (dewatering activated sludge) заключаются: в физическом состоянии твердых частиц, упорно удерживающих воду, от затруднений, связанных с выделением всех твердых частиц из ила и от большого количества ила, подлежащего обработке.

Способы для обработки ила, частью уже изложенные нами в главе XIV, могут быть разбиты сообразно их значению на две группы: первую группу составляют способы, обезвоживающие ил до 80% и более. К ним принадлежат:

1) подсушивание на воздухе на поверхности или на подготовленных песчаных площадках;

<sup>1)</sup> С. Н. Строганов. Обзор современного состояния очистки сточных вод посредством искусственной аэрации с активным илом, 1925.

<sup>2)</sup> L. Pearse, Experience in dewatering activated sludge, Trans. of the Inter. Conf. on Sanit. Eng., 1925.

2) *фильтрация*: а) через мелкие проволочные сита, б) через пластинчатые фильтры и с) через поглощающие материалы;

3) *фильтрация с добавочным давлением*:

а) с гидравлическим

аа) фильтр-прессование (камерные и рамные прессы);

бб) фильтрация через мешки;

сс) вакуум-фильтры (вращающиеся);

4) *центрофугирование*,

5) *всплывание*,

6) *разбрызгивание*.

Вторую группу составляют следующие способы:

1) *жаровые вращающиеся сушители*,

2) *передвижные ременные сушители*.

Описание некоторых из этих способов (подсушивание, фильтр-прессование, центрофугирование) дано нами выше в главе XIV, из них центрофугирование на аппарате Schaefer-ter-Meer<sup>1)</sup> было испытано в Москве для очистки осадков, поступавших на сливную станцию, в чем можно видеть применение этого приема для обезвоживания осадков и у нас, в СССР.

Все способы первой группы, основанные на простом фильтровании их через сита, пластинчатые фильтры и поглощающие материалы, при испытании их в различных городах САСШ (Houston, Pasadena, Chicago) оказались неудачными, вследствие чего мы не будем на них останавливаться.

Испытание фильтр-прессов различных систем (Worthington, Berrigan), в некоторых американских городах (Chicago, Millwaukee и др.), работающих под сильным давлением, показало полную возможность применения этих систем с *технической точки зрения*, так как в результате в иле оставалось до 75% влаги<sup>2)</sup>; кроме того, при работе с активным илом не получается дефектов с *санитарной точки зрения*, так как самый ил отличается от обычных осадков из различных сооружений *отсутствием запаха*. Но с *экономической точки зрения* для условий СССР этот способ является невыгодным вследствие *затруднений, связанных с отысканием площадей земли для обработки осадков*. *Центрофугирование*, испытанное в гор. Cleveland, Millwaukee, New Haven<sup>3)</sup> и Chicago (Calumet) имеет такое же значение для наших условий, как и *фильтр-прессование*. *Всплывание воды* из ила, основанное на добавлении ничтожных количеств реагентов (сернистая кислота, разведение 25 г на 1 000 000) дало удовлетворительные результаты, но пока еще этот метод не вышел из стадии опытов.

Ознакомившись со способами первой группы, перейдем к описанию тех способов, которые *превращают активный ил в брикеты с содержанием воды в 10%*. Для этой цели прибегают к обработке активного ила в сушилках разнообразных конструкций, представляющих собой кирпичные камеры, отапливаемые углем. В *начальной части* камер получается температура в 1100—

<sup>1)</sup> А. В. Никитин, Механическая осушка ила из осадочных бассейнов автоматически действующей центрофугой „Schaefer-ter-Meer“, XII Вод. и Сан. Техн. С'езд, 1925.

<sup>2)</sup> Report on Industrial wastes from the Stockyards and Packingtown in Chicago, 1921.

<sup>3)</sup> Winslow and Mohlman, Report on the Sewage disposal problem of New Haven, 1918.

1 600° по Фаренгейту, которая падает к выходу до 250—300° вследствие постоянного введения в камеру новых порций мокрого ила. И эти способы, требуя для испарения воды только 20%<sup>0</sup> угля, пока еще только испытываются в различных городах.

Для наших условий все эти способы представляют *теоретический интерес*, так как нам выгоднее всего использовать простейшие дренажные площадки и сбывать подсушенный ил окрестному населению для удобрения. Поэтому для нас гораздо интереснее прием, предложенный Imhoff,—*выгнивание ила в септиках*—что ведет к сокращению объема ила, по его данным, более чем в 15 раз (вместо 2,5 л—0,16 л на чел. в сутки) и уменьшению *содержания воды в иле до 80%*.

*Подсушенный активный ил* является весьма ценным удобрением, так как в нем имеется до 3—7% азота и 2—3% фосфора в легко усвояемых растением соединениях. Kadisch в своем докладе на Международном Конгрессе по Санит. Технике в Лондоне <sup>1)</sup> приводит типичный анализ подсушенного активного ила на очистной станции г. Millwaukee.

	%		%
Влажность . . . . .	6,20	Усвояемость нерастворимого в воде азота . . . . .	66,35
Общий азот в виде аммиака . .	7,42		
Азот, растворенный в воде в виде аммиака . . . . .	1,13	Общая усвояемость азота . . .	71,48
Активный, нерастворенный в воде, органический азот в виде аммиака (по щелочному перманганатному способу) . . . . .	4,17	Общее количество фосфорн. кислоты . . . . .	2,36
		Поташ, нерастворимый в воде	0,13
		Жиры . . . . .	4,87

Рыночная стоимость в Милльуоки 1 т подсушенного ила определяется от 15 р. 60 к. до 31 р. 40 к., что по данным инж. Natton покрывает с избытком расходы по его приготовлению. В других же городах (Кливлэнд, Чикаго) стоимость 1 пуда активного ила повышается до 26—40 коп., что уже дает доход, утилизируемый на другие нужды очистных станций.

**§ 5. Работа аэро-тэнков и аэро-фильтров.** Применение аэро-тэнков и аэро-фильтров дает чрезвычайно выгодные результаты для улучшения состава очищаемой ими воды как с *химической*, так и с *бактериологической* точек зрения.

Не имея в своем распоряжении точных данных об изменениях химического состава очищенной на аэро-тэнках и аэро-фильтрах сточной воды на различных городских станциях, мы ограничимся указанием общего характера. Первая фаза очистки характеризуется *сильным падением окисляемости и резким уменьшением содержания органического и альбуминоидного азота*. Вторая фаза выражается в *процессе окисления аммиачного азота в нитраты* (нитрификации). Степень интенсивности этих процессов <sup>1)</sup>2-ой фазы зависит, главным образом, *от интенсивности и длительности аэрации*.

<sup>1)</sup> Kadisch, Investigations on the fertilizing value of activated sludge, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Engineer., 1924.

*Бактериологический эффект очистки сточных вод активным илом очень высок, приближаясь к достигаемому эффекту на лучших полях орошения, как это можно судить из данных следующей таблицы LXV.*

Таблица LXV.

Название города	Характер бактерий	Число бактерий в тыс. в 1 куб. см		% уменьшения бактерий	Авторы исследований	Примечания
		В сточной	В очищенной			
Millwaukee . .	растущ. на желат. при 20° С	1 070,0	93	91,3	Copeland	1) лаб. опыты
	растущ. на агаре при 37° С	212,0	11	94,8		
New Haven . .	на агаре при 20° С 1)	1 163	983	15,6	Winslow	
	Bact. coli	151	9,8	93,5		
New Britain . .	на лакт.-лакм агаре при 37° С	413	67	83,8	Jackson	
	тоже кислотообр.	226	38	83,2		
Champaign . .	растущ. на агаре	340	14	95,9	Buswell	
Whittington . .	—	—	—	98—99	Ardern	
Millwaukee . .	—	—	—	97	Hatton	

По данным этой таблицы можно судить, что *английские* станции работают лучше *американских*.

В заключение укажем, что по исследованиям Courmont и Rochaix воздействие активного ила на патогенные бактерии обнаруживается резче на бактериях холеры, исчезающих чрез 6 часов аэрации, чем на бактериях брюшного тифа, погибающих только чрез 3 дня.

## ГЛАВА XXIII.

### Очищение дождевой воды

§ 1. Общие соображения об очистке дождевой воды. При применении для канализации городов *общесплавной системы* в сеть водосточных каналов во время дождей и ливней попадают *дождевые и ливневые воды*, которые в известном количестве притекают к очистным станциям. При применении *полной раздельной системы* для отвода дождевых вод устраивается особая сеть каналов; *при полураздельной системы*<sup>1)</sup> к очистным станциям притекают по интерцепторам только дождевые воды, так как ливневые воды стекают чрез выпускные каналы в ближайшие реки и каналы.

Вследствие того, что при пользовании общесплавной системой канализации — системой, очень распространенной в Зап. Европе, — приток дождевой и ливневой воды на очистные станции может увеличить количество сточных вод, подлежащих обработке, в несколько раз, в зависимости от установленного для данного случая *коэффициента разжижения*, — естественно возникает вопрос о дальнейшем удалении или обработке дождевых вод. Следует признать, что дождевые и ливневые воды в первый момент выпадения дождя смывают все загрязнения с улиц, площадей, дворов и крыш, и что поэтому их химический и бактериологический состав нередко хуже сточных вод домового характера. С течением же времени, по мере выпадения дождя, состав поступающей в водоемочные каналы дождевой воды будет улучшаться, так как скопившиеся на территории города нечистоты уже будут смыты. Но, смешиваясь в каналах общесплавной системы со сточными водами, они, ослабляя концентрацию последних, сами несомненно приобретут все свойства сточных вод. Наоборот, в дождевых каналах *полной раздельной или полураздельной системы* дождевые воды после некоторого времени (10—15 минут) приобретут свойства сравнительно чистых вод. Из вышеизложенного ясно, что *на состав дождевых вод* должно оказывать большое влияние *поддержание в чистоте улиц, площадей и дворов*.

Со строго *гигиенической точки зрения* дождевые и ливневые воды должны перед выпуском в водные протоки подвергаться известной обработке в целях выделения всех вредных примесей. Но такое прямолинейное решение вопроса встречает непреодолимые препятствия *по экономическим соображениям*, так как очистка всех выпадающих на территории города дождевых вод является

<sup>1)</sup> Подробнее см. проф. В. Ф. Иванов, Канализация населенных мест.

практически невыполнимой. Насколько нам известно, только один английский город Colne по требованию комитета по охране реки Ribble построил подобные сооружения. Вместо такого универсального решения при прокладке главных коллекторов общесплавной системы всюду в подходящих пунктах устраиваются *ливнеспуски*, которые отводят количества дождевой воды, превышающие допущенный коэффициент разжижения, в реки и каналы; так же поступают и при выпуске дождевой воды из интерцепторных камер полураздельной системы. Впрочем, за последнее время снабжают ливнеспуски решетками для задержания плавающих веществ (Берлин). При полной раздельной системе дождевые воды целиком спускаются в реки и каналы. Но и те количества дождевой и ливневой воды, которые остаются в каналах после спуска их части через ливнеспуски, представляют серьезные затруднения для очистных станций, так как они при высоких коэффициентах разжижения 4—5 увеличивают нормальное количество подлежащих обработке сточных вод в 5—6 раз. Если *реки многоводны*, то для облегчения работы очистных станций устраивают перед ними *ливнеспуски* с коэффициентом разжижения 1,5—2 и заставляют в течение известного количества дней в году очистные сооружения работать с известной перегрузкой. Эта повышенная работа очистных станций должна быть заранее учтена при их проектировании.

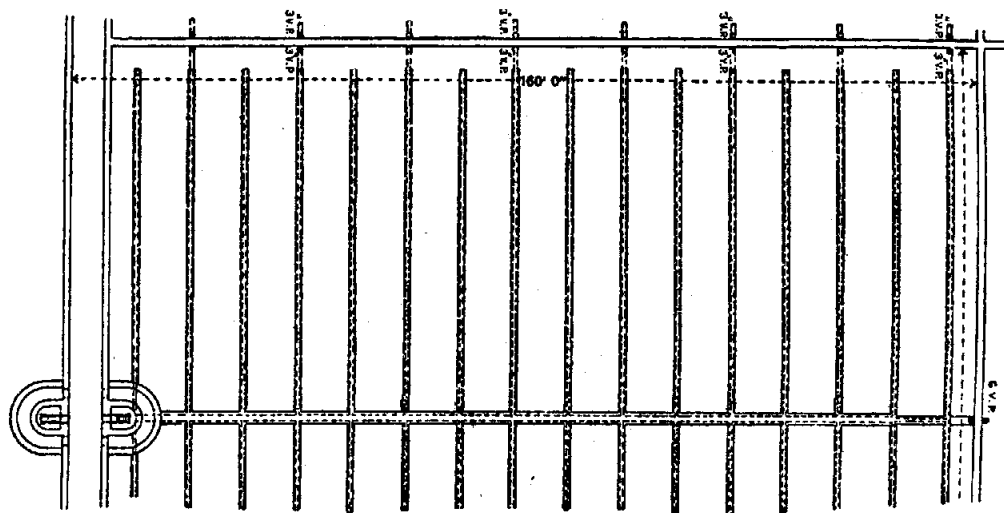
§ 2. Способы очистки дождевой воды. *Способы очистки дождевой воды* зависят от ее количества, устанавливаемого коэффициентом разжижения, и от принятого для данного города способа очистки сточной домовой воды. Если мы подвергаем сточные воды только *механической* или *механо-химической очистке*, то прием увеличенного количества воды в осадочные сооружения представляется вполне возможным, если получающаяся при введении новых количеств воды скорость движения не будет выносить отложившиеся осадки из осадочных сооружений. Величина повышенной скорости не должна быть более 0,1 м (см. главу V, стр. 68).

Если мы имеем дело с *полями орошения, или фильтрационными полями, или биологическими фильтрами или аэро-тэнками и аэро-фильтрами*, то в этих случаях мы встречаем значительно большие затруднения, так как эффект очистки сточной воды на этих сооружениях зависит от равномерной нагрузки. Поэтому в Англии — стране, имеющей наибольшее количество очистных биологических станций в Зап. Европе, — естественно выработались приемы для очистки дождевой воды.

По требованиям Local Government Board (Главного Управления по делам местного хозяйства) *все очистные биологические станции* должны быть приспособлены для очистки во время дождей и ливней *шестикратного количества сточной воды*. Такие строгие требования в Англии объясняются маловодностью рек и густым заселением их берегов. Для выполнения этих требований перед очистными станциями должны устраиваться *ливнеспуски* с коэффициентом разжижения 5. Из этих 5-ти объемов дождевой воды только *два объема должны подвергаться биологической обработке вместе со сточными водами города, а остальные 3 объема должны подвергаться отдельной обработке*. Если *заливные окислители* рассчитаны на 2 наполнения в день, то *часть дождевой воды может быть принята на заливные фильтры за счет уве-*

личения наполнений с 2 до 3; для остальной же части дождевой воды приходится иметь запасные заливные фильтры. При применении же капельных окислителей в увеличении их числа в большинстве случаев не встречается надобности, если оросительные приборы работают в сухую погоду периодически. Тогда во время дождей окислители будут работать непрерывно или с очень небольшими паузами. Только при применении защитного слоя, пропускающего вообще небольшие количества воды, представляется необходимым соответственное расширение очистной станции. Для обработки же остальных 3 объемов ливневой воды (storm water, sturzregenwasser) в Англии применяют в большинстве случаев особые биологические фильтры (storm water bed, sturzregenwasserfilter), напоминающие по своей конструкции заливные окислители. Ливневые фильтры представляют собой бассейны, загруженные более дешевым непроесянным крупнозернистым материалом, толщиной от 0,8 до 1 м. Они могут эксплуатироваться при непрерывном притоке воды, вследствие чего их роль сводится к процеживанию с целью задержания взвешенных веществ. Если же в дождевых водах содержится много органических примесей, то ливневые окислители могут эксплуатироваться и как биологические фильтры; для этого необходимо во время сухой погоды подвергать их периодически нагрузке домовыми сточными водами.

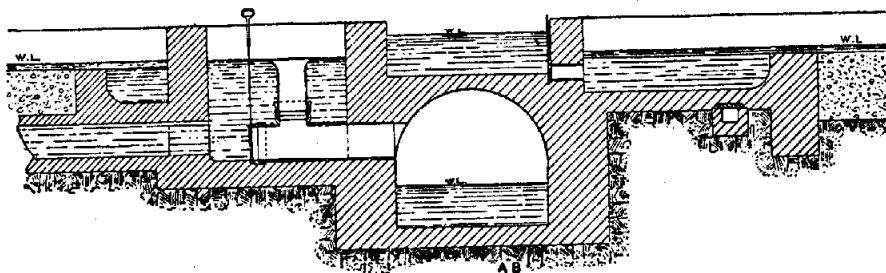
Подобный прием был употреблен на очистной станции гор. Манчестера, где ежедневно ливневые окислители работают при нагрузке 2,7 куб. м на 1 кв. м. Расчетная же нагрузка ливневых окислителей по требованиям Local Government Board равняется 2,5 куб. м ливневой воды на 1 куб. м окислителя, но при условии предварительной обработки сточных вод в осадочных



Черт. 339.

бассейнах или колодцах. Конструкция фильтров для ливневой воды на очистной станции г. Манчестера показана на черт. 339. Площадь одного фильтра равна  $\approx 4\,000$  кв. м, толщина фильтрационного слоя из крупных кусков клинкера 0,75 м, общая площадь всех фильтров для ливневой воды на очистной станции 104 000 кв. м. Камера для распределения и отведения ливневой воды похожа по своей конструкции (черт. 340) на камеру для манчестерских заливных окислителей; отличие от этой камеры заключается в перпендикуляр-

ном расположении приводных и отводных труб. Каждый ливневой фильтр этого типа может пропустить в сутки от 26 000 до 237 420 куб. м на га.



Черт. 340.

Перед обработкой ливневой воды на фильтрах она пускается в осадочные бассейны или колодцы. Так, напр., в Манчестере устроено 4 осадочных бассейна для ливневой воды общей емкостью около 20 000 куб. м, из которых один находится постоянно в работе для заряжения ливневых окислителей в сухую погоду. Эти осадочные бассейны располагаются за песколовками. Подобные устройства имеются в ряде городов: Swinton, Rothwell <sup>1)</sup>, Mansfield <sup>2)</sup>, Redditch <sup>3)</sup>, Hucknall Torkard <sup>4)</sup>, Ascherleben <sup>5)</sup> и т. под.

Как видно из вышеизложенного, устройство особых фильтров и осадочных бассейнов для дождевой воды является весьма обременительным. В редких случаях, при наличии свободных земельных участков на территории очистной станции, ливневые воды после осветления в осадочных бассейнах направляются на *фильтрационные поля* (гор. Reigate, Shepton, Mallet, Lichfield).

В виду высокой стоимости фильтров для очистки ливневой воды, несмотря на употребление для них дешевых фильтрационных материалов, среди английских инженеров и гигиенистов существует мнение о *достаточности обработки ливневой воды в осадочных бассейнах или сборных резервуарах* <sup>6)</sup>.

Подобные взгляды разделяются и Английской Королевской Комиссией, которая в своем V докладе считает достаточным иметь на биологических очистных станциях *устройство сборных осадочных резервуаров (stand by-tanks)*, которые должны вмещать в себе *трехкратный объем ливневой воды*. Далее в том же докладе указывается, что очистные станции должны быть рассчитаны сверх сточных вод еще на половину объема дождевых вод, и что остальные  $1\frac{1}{2}$  объема дождевой воды могут обрабатываться на станциях без всякого ущерба. Наконец, подобные взгляды были высказаны недавно и на Международном Санитарно-Техническом Конгрессе <sup>7)</sup> в Лондоне, в 1924 г.

С подобными взглядами нельзя не согласиться, так как они вполне соответствуют положению вещей, установившемуся в Германии, где вопрос об

<sup>1)</sup> Moore and Silcock, Sanitary Engineering, Vol II.

<sup>2)</sup> Mansfields new sewage disposal works, Surveyor, 1911.

<sup>3)</sup> Dickinson, Municipal works at Redditch, Surveyor, 1910.

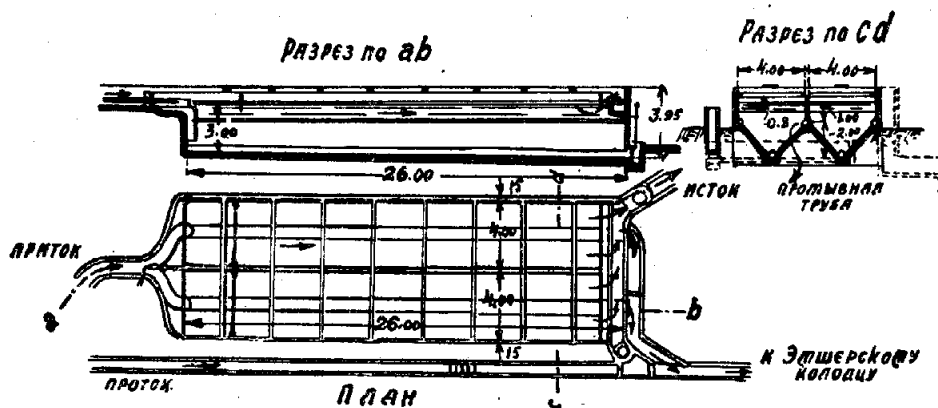
<sup>4)</sup> Sewerage and sewage disposal at Hucknall Torkard, Surveyor, 1911.

<sup>5)</sup> Salomon, Die Abwasserreinigungsanlage der Stadt Ascherleben, Techn. Gemeindeblatt, 12 Jahrg.

<sup>6)</sup> Hart, Treatment of storm water, Contr. Journ, 1909.

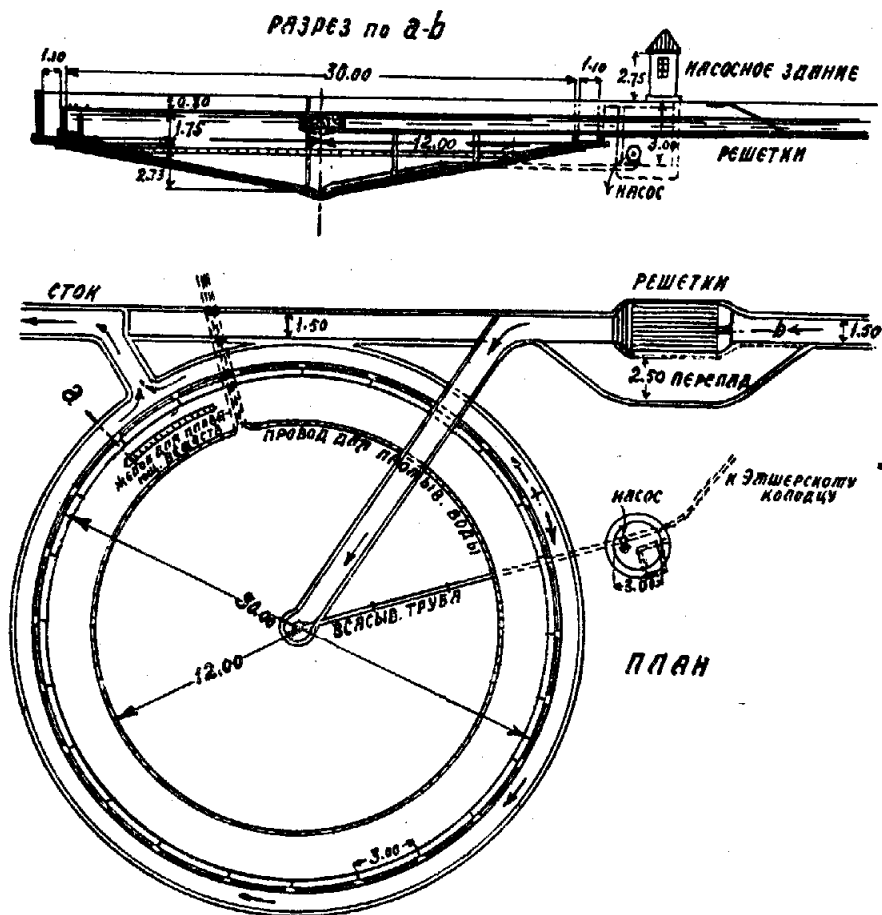
<sup>7)</sup> Temple, Grit catchers, screens and storm water tanks in sewage disposal works, Trans. of the International Conference on Sanit. Engineering, 1924.





Черт. 341.

обработке дождевой и ливневой воды стоит в тесной связи с характером водного потока, у которого устроена очистная станция. Поэтому обработка дождевой воды там встречается только на маловодных протоках, напр., на реке Emscher <sup>1)</sup>. Примером такого устройства бассейнов для приема дождевой воды являются 2 бассейна в г. Изерлон (Iserlohn) в Рурской области, исток из которых направляется по мере возможности в расположенные ниже на 4 м эм-



Черт. 342.

шерские бассейны. Эти бассейны (черт. 341) размерами 26 м (дл.)  $\times$  4 м (шир.), имеют переменную глубину: в начале 3 м, а в конце 3,95 м; стенки их ниж-

<sup>1)</sup> Middeldorf, Die Tätigkeit der Emschergenossenschaft, 1910—1911.

ней части наклонены под углом в  $45^\circ$ , для того, чтобы обеспечить легкий сток дождевой воды в продольный желоб, из которого она стекает в эмшерские колодцы; для регулирования стока в конце желоба установлена специальная задвижка. Если в эмшерские колодцы нельзя спускать дождевой воды из-за их переполнения, то исток направляется непосредственно в реку, что может иметь место при продолжительных дождях. По окончании ливня вся скопленная в дождевых бассейнах вода вместе с осадками спускается в эмшерские колодцы. В случае *невозможности спуска дождевой воды* по окончании ливня в сооружения для предварительной обработки, приходится прибегать для этой цели к устройству бассейнов специальной конструкции, облегчающей их эксплуатацию.

*Дождевые бассейны* такого типа (черт. 342), устроенные в г. Эссен-Норд, имеют круглое очертание, нижняя часть обделана в виде конуса, направляющего все воды к центру бассейнов, куда проложена всасывающая труба насоса, установленного в специальном здании. Притекающие по главному каналу дождевые воды, пройдя через решетки, по боковому приводному каналу направляются в бассейн, диам. 30 м, и после отстаивания через отверстия поступают в верхний круговой желоб, а оттуда в главный отводной канал. Для облегчения всасывания ила в средней части бассейна по круговой трубе подводится промывная вода. В большинстве же случаев в Германии, обладающей многоводными реками, дождевую воду после прохода через песколовки с решетками спускают в водные протоки. Если же станция устроена таким образом, что допускает некоторую перегрузку (увеличение наполнений в заливных фильтрах, непрерывная работа капельных фильтров), то на очистных станциях может обрабатываться 1,5—2 объема сточной воды.

Если мы имеем дело с полями орошения, то там во время дождей оказывают серьезную помощь *ивовые плантации*, которые могут принять огромные количества воды. Если же площадь ивовых плантаций недостаточна, то иногда в Англии прибегают также к постройке *специальных фильтров для дождевой воды из крупнозернистого материала*<sup>1)</sup>. Подобное же решение при недостатке земли рекомендуется и для фильтрационных целей. По нашему же мнению и в этих случаях возможна некоторая перегрузка (в 1,5—2 раза) очистных сооружений и обработка избытка в прудах или осадочных бассейнах несложной конструкции.

<sup>1)</sup> Barwise, Purification of sewage, 1904.

## ГЛАВА XXIV.

### Окончательная очистка и дезинфекция истока из биологических фильтров. Рыбоводство

§ 1. **Окончательная обработка истока из биологических фильтров.** В очищенных на биологических фильтрах сточных водах всегда встречается известное количество нерастворенных примесей, которые состоят из минерализованных в окислителях примесей органического происхождения и продуктов размыва фильтрационного материала. Количество этих примесей, не превышающее 20—40% первоначального количества нерастворенных примесей, содержащихся в свежей необработанной сточной воде, бывает больше в истоке из капельных окислителей, чем из заливных, что легко объясняется употреблением для загрузки первых крупнозернистого материала.

Если исток из биологических фильтров получался *незагниваемым*, то его без всякого опасения спускали в водные протоки. Такой прием являлся вполне уместным, когда спуск очищенной на биологических окислителях воды производился в *многоводные реки с достаточной самоочистительной способностью* даже в тех случаях, когда очистка не была вполне закончена. Но когда спуск очищенной воды производится в *маловодные реки, служащие источником водоснабжения для нижележащих поселений*, содержащиеся в истоке из биологических фильтров нерастворенные примеси способны благоприятствовать развитию разнообразных микро- и макроорганизмов, которые, вымирая, разлагаются и переходят в гниение; этому особенно благоприятствует то обстоятельство, что нерастворенные примеси легко образуют в мелководных реках отмели, которые являются, таким образом, очагом для размножения макроорганизмов (водорослей, грибков) и протекания гнилостных процессов. Так, напр., в английском городе Belfast <sup>1)</sup> борьба с развитием одного вида альг (*ulva latissima*) в 1907—1908 годах стоила немало денег.

Из вышеизложенного явствует, что необходимо *задерживать эти нерастворимые примеси до выпуска их в маловодные протоки*; с выделением этих примесей связано и значительное выделение из истока *бактерий*, количество которых в очищенных на биологических фильтрах водах очень *значительно*. В первые годы применения биологических фильтров в Англии, когда к их работе относились с некоторой осторожностью, Local Government Board (Главное Управление по делам местного хозяйства) требовало, чтобы *все очистные*

<sup>1)</sup> O'Neill, Discharge of sewage effluents into tidal waters, Sanit. Rec. 1909.

биологические станции имели для своего истока фильтрационные поля, площадь которых определялась по нормам, приведенным нами в главе XVI. Этот прием, получивший сначала большое распространение на очистных станциях английских городов (Colne<sup>1</sup>), Devizes, Chelmsford<sup>2</sup>), Halifax и т. п.), вскоре оказался очень стеснительным за отсутствием необходимых для этого земельных участков.

Поэтому мысль английских инженеров устремилась к замене фильтрационных полей фильтрами из мелкозернистого материала (шлака, песка) высотой 0,6—0,8 м, благодаря чему явилось возможным сократить величину земельного участка в 5 раз. Норма для определения количества загрузочного материала исчислялась в 0,4—1 куб. м на 1 куб. м очищенной воды. Эти фильтры или работали непрерывно без доступа воздуха, или же периодически по типу заливных фильтров, для чего устраивались резервуары, приводимые в действие сифонами.

Подобные фильтры были применены в гор. Salisbury, где материалом служил шлак с зернами 3—6 мм, толщина слоя которого была принята в 0,6 м. После загрязнения верхних слоев фильтров каждые 2 недели им давали отдых для подсушки задержанных осадков, которые потом удалялись. Площадь фильтра для населения в 17 000 человек была принята в 1,6 га. В результате фильтры давали вполне обезвреженную воду.

Но и при применении этого способа требуется увеличить строительные расходы по сооружению дорого стоящих фильтров и эксплуатационные по их содержанию. Поэтому после отмены требования об обязательном применении фильтрационных полей для окончательной очистки истока из биологических фильтров в Англии, а затем и в других странах стали строить для выделения взвешенных веществ осадочные бассейны и колодцы обычной конструкции (см. главы VII и VIII). Так, напр., осадочные бассейны применены в городах Blackburn<sup>3</sup>), Failsworth; Hyde, Rochdale, Mont-Mesly<sup>4</sup>), St-Gallen, Prescott<sup>5</sup>), Indiana<sup>6</sup>), Roebing<sup>7</sup>), Wilmersdorf<sup>8</sup>), Brockau<sup>9</sup>) и пр. Осадочные колодцы применены в Бирмингеме, эмшерские колодцы в рабочей колонии Graf Schwerin, в Holzwickede<sup>10</sup>), Харькове<sup>11</sup>), Симферополе и др.

Размеры осадочных бассейнов и колодцев определяются по формулам, приведенным в главах VII и VIII. Средняя скорость движения, если судить по размерам осуществленных сооружений, — в бассейнах колеблется от 2 до 5 мм, а в колодцах — 0,5—1 мм. Время пребывания воды в бассейнах ко-

1) Schiele, Abwasserbeseitigung von Gewerben und gewerbereichen Städten, 1909.

2) Sewage works in the Chelmsford rural district, Cont. Journ., 1909.

3) Schiele, Abwasserbeseitigung von Gewerben und gewerbereichen Städten, 1909.

4) Prof. Calmette, Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux l'égout, Vol. VI, 1911.

5) Wallin, The new sewage disposal plant at Prescott, Surveyor, 1910.

6) The sewage disposal at Indiana, Eng. Rec., 1910.

7) The sewage disposal at Roebing, Eng. Rec., 1910.

8) Pritzkow, Beobachtungen und chemisch-physikalische Untersuchungen an der biologischen Reinigungsanlage der Gemeinde Wilmersdorf, Mitt. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 13, 1910.

9) Geissler, Zum Ausbau der Kläranlage in Brockau, Gesundheit, 1909.

10) Bach und Blunk, Zwei biologische Kläranlagen der Emschergenossenschaft, Ges. Ing. 1911.

11) Д. С. Черкес, Канализация Харькова и ее очистные сооружения, 1922.

леблется от 1 до 3, а в колодцах от  $\frac{1}{2}$  до 2 часов. Эффект осаждения в большинстве установок для окончательной очистки достигает от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$  их первоначального количества. На некоторых очистных станциях осадочные бассейны расположены так высоко над протоком, что позволяют использование падения очищенной воды для гидроэлектрических установок. Такие установки имеются в St-Gallen (Швейцария), где имеется падение в 80 м, в Baltimore<sup>1)</sup> (С. Америка) и др. Осадки из этих сооружений удаляются на сооружения для общей обработки их на очистной станции. При применении же *аэро-танков* и *аэро-фильтров*, дающих в результате тот же эффект, что и на поля орошения, дезинфекция истока может быть нужной только во время эпидемий.

§ 2. **Общее значение дезинфекции сточных и очищенных вод.** Как уже мы упоминали в § 8 главы XX, очищенные на биологических сооружениях сточные воды содержат в своем составе *огромные количества микроорганизмов*. Подавляющее большинство их принадлежит к категории *сапрофитных микроорганизмов*, которые, согласно теории Dunbar'a, способствуют минерализации органических веществ. Таким образом, их появление в очищенной воде обусловлено самим ходом биологических процессов. Так как среди миллионов микроорганизмов в очищенной воде могут легко существовать и болезнетворные виды, то в некоторых случаях представляется необходимым уничтожить их до выпуска в водные протоки. По данным Houston'a<sup>2)</sup> в очищенных на биологических фильтрах водах встречаются bacillus coli, споры b. enteriditis, srotogenes, стрептококки и пр. К таким случаям нужно прежде всего отнести те, когда *очищенные воды выпускаются выше водоприемника для нижележащего поселения*. Далее, является небезопасным с гигиенической точки зрения выпуск в море, где устроены *морские купания*, или где расположены *устричные и рыбные ловли*, так как возможно заражение чрез устрицы или рыб при потреблении их в пищу. Помимо этого, представляется целесообразным стремиться к *полной стерилизации очищенной воды во время эпидемий холеры, брюшного тифа и др. гидрических болезней*<sup>3)</sup>.

Несмотря на важность во многих случаях устройства *дезинфекции* для очищенной на биологических станциях воды, дезинфекционные устройства весьма редко встречаются на городских станциях Европы. Сферой применения дезинфекционных сооружений остаются по преимуществу сточные воды заразных отделений больниц, которые, естественно, богаче городских сточных вод болезнетворными микроорганизмами<sup>4)</sup>. Наоборот, в САСШ, где много городов питается речной водой, получили особенное развитие методы стерилизации очищенной воды<sup>5)</sup>.

1) The sewage disposal works at Baltimore, Eng. Rec., 1909.

2) Houston, Bacteriological standarts in relation to potable and non-potable streams, 1912.

3) Rideal, Sewage and its purification, 1906.

4) Mebus, Sanitary sewage system and sewage disposal plant, state hospital for the Insane, Danville, Journ. Eng. Society of Pennsilv., 1910.

5) Rideal, On the sterilization of effluents, Journal of the Royal Institute, 1905; Phelps and Carpenter, The sterilisation of sewage-filter effluents, Technology Quarterly, 1906.

§ 3. Способы дезинфекции очищенной воды. Способы, которыми пользуются для дезинфекции жидкостей, могут быть разбиты на три группы: *термические, химические и физико-химические.*

*Термические* способы заключаются в обработке жидкости *кипячением* под давлением при  $t$   $120^{\circ}$  в котлах или в особых аппаратах для добывания аммиака посредством введения серной кислоты (г. Трувилль). Но эти способы не рекомендуются для их широкого применения вследствие их *высокой стоимости.* Так, напр., по данным Phelps и Carpenter для обработки  $\approx 4\,500$  куб. м (1 000 000 галлонов) требуется 40 т угля, что при довоенных ценах на этот род топлива требует расхода в 500 рублей. Поэтому сферой применения *термических* способов являлись главным образом *больницы для заразных болезней*, для каковых целей имелось немало приборов разнообразной конструкции <sup>1)</sup>. Но и здесь при применении биологических способов термические способы очистки начинают вытесняться *химическими* способами, к описанию которых мы и перейдем.

*Химическая дезинфекция* очищенных вод производится в осадочных бассейнах и колодцах, в которые при поступлении вводятся реактивы по одному из способов, изложенных в § 2 IX главы. В качестве реактивов наиболее употребительными являются: *едкая известь, кислоты, соли тяжелых металлов и вещества, обладающие окислительными свойствами.*

О *дезинфецирующих свойствах едкой извести*, употребляемой при механических способах очистки, мы уже упоминали выше. Но ее *бактерицидное действие* проявляется довольно медленно, вследствие чего для этой цели по данным Rideal требуется 1 000 частей на 1 000 000 ч. воды. Так как известь при этом выпадает в виде осадков на дно бассейнов, то добавление необходимого для дезинфекции количества извести ведет к увеличению количества осадков, удаление и обработка каковых удорожает эксплуатацию. Поэтому в настоящее время известь не употребляется в виде дезинфектанта для очищенных на биологических фильтрах вод.

*Кислоты* обладают более сильным дезинфецирующим действием, чем щелочи. Winslow and Lochridge <sup>2)</sup> нашли, что нормальный раствор серной кислоты в 5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> убивает тифозные бактерии, находящиеся в колбе с водой в течение 10 минут. Подобная доза раствора соответствует 250 частям кислоты на 1 000 000 частей жидкости, что требует расхода в 2 000 рублей на  $\approx 4\,500$  куб. м воды. Такая *высокая стоимость применения кислоты для дезинфекции исключает практическое применение подобных веществ.*

*Соли тяжелых металлов* действуют на бактерии сильнее, чем кислоты. Из них привлек внимание медный купорос, посредством которого было произведено очищение огромных прудов от альг в Сев. Америке, но вследствие высокой стоимости и долгого пребывания воды в бассейне и эти реагенты не вышли из сферы лабораторных опытов и опытных станций <sup>3)</sup>.

Наибольшее внимание привлекают те реагенты, которые обладают *окисли-*

<sup>1)</sup> Moore and Silcock, Sanitary Engineering.

<sup>2)</sup> Winslow and Lochridge, The toxic effect of certain acids upon typhoid and colon bacilli in relation to the degree of their dissolution, Journal of Infectious Diseases, 1906.

<sup>3)</sup> Report of an investigation of water and sewage purification plants in Ohio, 1908.

тельными свойствами и которые производят не только дезинфекцию, но и стерилизацию истока из биологических фильтров. К ним относятся: озон, перманганаты и хлористые соединения.

Стерилизация очищенных вод озоном не получила широкого распространения, так как для этой цели требуется значительное количество этого газа ( $O_3$ ), а добывание его требует немало затрат. Так, по исследованиям Schenton'a <sup>1)</sup> для озонирования 4 500 куб. м воды требуется затратить сумму в 40 000 р., а эксплуатационные расходы по озонированию 1 000 куб. м, при 6% отчислении на ремонт, погашение капитала и проценты, определяются в 4 р. 50 к. Поэтому в настоящее время озонирование употребляется по преимуществу для стерилизации питьевой воды, предварительно очищенной путем фильтрации (Париж, Ницца и пр.). Использование озона может оказаться выгодным лишь на тех биологических станциях, на территории которых устроены станции для сжигания твердых отходов. Получающаяся в этом случае тепловая энергия легко преобразуется в электрическую, которая может быть использована для озонирования. Опыты по озонированию сточной воды производились и у нас на очистной станции в Детском Селе.

Перманганаты (извести или соды) уступают по способности к стерилизации озону и производным хлора, и поэтому в настоящее время они вышли из употребления.

Хлористые соединения (гипохлориты) выделяются по своей стерилизационной работе; их первое применение для очистки сточных вод относится к 1854 г. <sup>2)</sup> Из этих соединений наибольшим распространением пользуется хлористая известь  $CaCl_2O_2$ , бактерицидное действие которой доказано многочисленными опытами Rideal <sup>3)</sup>, Phelps and Carpenter <sup>4)</sup>, Kellermann <sup>5)</sup> и пр. Данные опытов Phelps and Carpenter, произведенных на опытной станции Технологического Института в г. Бостоне, приведены в таблице LXVI.

Этими опытами в Америке было установлено, что очищенная на биологических фильтрах вода может быть стерилизована хлором при пропорции 5 мг активного хлора на 1 л очищенной воды.

Проф. Calmette <sup>6)</sup> на очистной станции Madeleine в Лилле произвел опыты над дезинфекцией очищенной на капельном окислителе сточной воды, какими опытами была подтверждена достаточность бостонской нормы.

Затем Kellermann, Pratt и Kimberly <sup>7)</sup> произвели опыты в Ohio с целью выяснить дозировку активного хлора при очистке истока из песчаных фильтров,

<sup>1)</sup> The electrical treatment of sewage effluents, Electrician, 1910.

<sup>2)</sup> Baker, Chlorine in sewage and waste disposal, Ind. and Eng. Chem, 1925.

<sup>3)</sup> Rideal, Sewage and the bacterial purification of sewage, 1906.

<sup>4)</sup> Phelps and Carpenter, The sterilization of sewage filters effluents, Sanit. Rec., 1910.

<sup>5)</sup> Kellermann, Untersuchungen über die Desinfection von Abflüssen von Kläranlagen, Wass. und Abwasser, 1911 и пр.

<sup>6)</sup> Prof. Calmette, Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout, Vol. III, 1908.

<sup>7)</sup> Kellermann, Pratt and Kimberly, The disinfection of sewage effluents for the protection of public water supplies, Bulletin № 115, Bureau of Plant Industry, U. S. Department of Agriculture, 1907.

Таблица LXVI.

Стерилизация очищенной воды хлором в пропорции 5 частей активного хлора на 1 000 000 частей воды.

Время производства опытов	Количество бактерий в 1 куб. с	
	В очищенной на капельных окислителях воде	После стерилизации хлором
11 августа 1906 г. . . . .	270 000	69
13 " " . . . . .	630 000	41
14 " " . . . . .	135 000	406
15 " " . . . . .	230 000	21
16 " " . . . . .	250 000	37
18 " " . . . . .	110 000	40
20 " " . . . . .	90 000	54
21 " " . . . . .	220 000	22
23 " " . . . . .	—	—
Среднее	240 000	86
Среднее уменьшение количества бактерий в ‰	99,96‰	

загнивателей и заливных окислителей. Этими опытами было установлено, что меньше хлора требуется для истока из песчаных фильтров (2,8 мг на 1 л), среднее место занимает исток из заливных окислителей (4,1 мг на 1 л) и больше всего требуется для истока из загнивателей (6 мг на 1 л). При установлении количества хлора для стерилизации сточной воды, предварительно обработанной в загнивателях, в приморском городке Red Bank<sup>1)</sup> (Сев. Америка) пришлось повысить дозу до 12—15 мг активного хлора на 1 л воды.

Далее, в г. Baltimor'e с населением около полумиллиона было предположено обрабатывать сточную жидкость на капельных окислителях, а для удаления бактерий направлять исток из капельных окислителей на песчаные фильтры, строительная стоимость которых исчислялась в 2 000 000 рублей. Вместо этого после опытов с дезинфекцией хлором, в дозе 2 мг на один л, произведенных Phelps'ом, было решено заменить песчаные фильтры бассейнами для дезинфекции хлором.

Опыты, сделанные в Германии Schumacher<sup>2)</sup>, Kranepuhl<sup>3)</sup>, Kurpjuweit<sup>4)</sup> и др., были предприняты с целью изучения дезинфекции хлором необработанной сточной воды.

<sup>1)</sup> Phelps, Desinfection of sewage, 1903.

<sup>2)</sup> Schumacher, Die Desinfection von Krankenhausgruben mit besonderer Berücksichtigung des Chlorkalkes und ihre Kontrolle, Ges. Ing., 1905.

<sup>3)</sup> Kranepuhl, Beiträge zur Frage der Abwässerdesinfection mittels Chlorkalkes, Mit. aus der König. Prüfungsanst. f. Wasserver. und Abwässerbeseit. Heft. IX, 1907.

<sup>4)</sup> Kurpjuweit, Zur Frage über die Desinfection ungereinigter städtischer Abwässer mit Chlorkalk, Ibidem, 1907.



Вследствие этого для полной стерилизации по опытам этих исследователей оказалось необходимым расходовать до 60 мг на 1 л *необработанной воды*. Такой результат сходится с данными Rideal, который также находил, что для полной стерилизации требуются большие дозы хлора, так как при дезинфекции, достигающей уменьшения бактерий на 99%, хлора будет нужно гораздо меньше. Проф. Дунбар находил, что для дезинфекции *необработанной сточной воды* германских городов требуется от 33 до 50 мг активного хлора, а для воды, *обработанной в загнивателях*, находит достаточным 10 мг Cl на 1 л воды. Последняя норма близка к американским, которые, как можно видеть из изложенного выше, выведены лишь для очищенной на окислителях воды. При применении же для дезинфекции газообразного хлора—метода, развившегося в последние годы, количество дезинфектанта понижается. Так, по данным Emschergenossenschaft при пользовании приборами для газообразного хлора по системе Орнштейна для получения 99% уменьшения бактерий достаточно употреблять для *необработанной воды* 25—30 мг на 1 л, для *осветленной воды*—15—20 мг и для *хорошо осветленной воды*—10—15 мг<sup>1)</sup>.

Из всего вышеизложенного следует признать, что хлор в виде хлористой извести является наиболее выгодным для *практических целей* дезинфектантом, так как при сильном бактерицидном действии он обходится дешево вследствие возможности обходиться малыми дозами (5—15 мг на 1 л воды), что соответствует приблизительно пропорции белильной извести от 1:60 000 до 1:20 000.

§ 4. Сооружения для дезинфекции очищенной воды. *Дезинфекция очищенной на биологических сооружениях воды* производится в бассейнах простой конструкции. Они могут быть вырыты в земле с обделкой их откосов деревом или двойной мостовой, или быть сделаны из кирпича, бетона или железобетона. Для определения их длины по известному нам выражению  $L=vt$ . 3 600 необходимо знать время пребывания воды в бассейнах, при котором наступит необходимая для практических целей дезинфекция. Для выяснения этого Phelps<sup>2)</sup> предпринял опыты с целью выяснить действие 5 мг активного хлора на уменьшение бактерий в 1 л очищенной воды чрез известные промежутки времени. Результаты этих опытов, произведенных в Бостонском Технологическом Институте, приведены в таблице LXVII.

Из обозрения этой таблицы можно видеть, что *дезинфектант* действует сначала *очень быстро*, достигая в течение 15 минут уменьшения количества бактерий более чем на 99%, а затем значительно медленнее, так как он расходуется на соединения с находящимися в воде органическими веществами. Из той же таблицы можно видеть, что для практических целей *время пребывания жидкости в дезинфекционных бассейнах можно принять в 1/2—1 час*, хотя некоторые учреждения в САСШ спускают эту норму до 15 минут. По новейшим данным, в целях обеспечения результатов хлорирования полезно да-

1) Bach, Desinfection des Abwassers mit Chlor, Ges. Ing., 1924.

2) Phelps, The disinfection of sewage and sewage filters effluents with a chapter on the putrescibility and stability of sewage effluents, U. S. Geological Survey. Water-Supply Paper, 1909.

Т а б л и ц а L X V I I .

Из миллиона бактерий после дезинфекции 5 частями активного хлора миллиона частей воды				
Время производства опыта	П о с л е   к о н т а к т а			
	В течение 10 минут	В течение 15 минут	В течение 1 часа	В течение 2 часов
6 августа 1909 года	—	1 100	160	150
9   "   "   "	2 500	190	58	7
10   "   "   "	10 000	270	—	40
11   "   "   "	3 500	570	154	100
14   "   "   "	47 000	1 100	700	570
15   "   "   "	4 200	210	120	120
16   "   "   "	1 200	240	160	130
17   "   "   "	9 800	800	260	150
20   "   "   "	400 000	12 000	7 000	5 500
21   "   "   "	28 000	2 100	1 300	1 000
23   "   "   "	1 300	230	110	31
Среднее количество оставшихся бактерий	50 000	1 700	950	700
% уменьшения коли- чества бактерий	95%	99,83%	99,90%	99,93%

вать против установившихся норм некоторое пересыщение активным хлором в количестве 0,5 мг на 1 л воды<sup>1)</sup>. Скорость движения в бассейнах для дезинфекции может быть согласно размерам существующих сооружений<sup>2)</sup> принята в 4—6 мм в секунду.

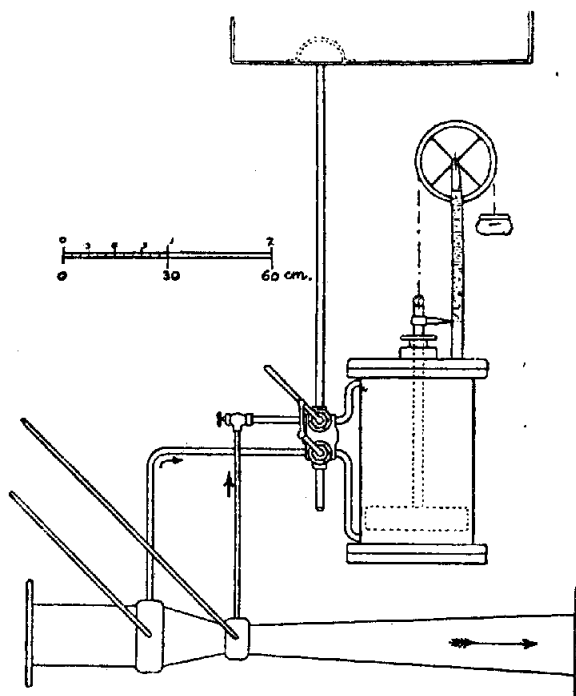
Помимо бассейна для дезинфекции, необходимо иметь еще два резервуара, из которых первый служит для растворения дезинфектанта, а второй для дозировки количества его, выпускаемого в дезинфекционный бассейн. Размеры этих резервуаров зависят от количества обрабатываемой жидкости. Резервуар для растворения хлорной извести при дозировке в 15 ч. активного хлора на 1 л очищенной воды должен иметь емкость не менее 1,36 куб. м (300 галлонов) для обработки  $\approx 4\,500$  куб. м очищенной воды. Резервуар для дозировки реактива снабжается калиброванными выпускными кранами, чтобы можно было бы точно регулировать количество выпускаемой в дезинфекционный бассейн воды.

Для лучшего смешивания дезинфектанта с водой можно или прибегать к описанным в IX главе камерам смешения, или же специально сконструированным для этой цели приборам. На черт. 343 изображен прибор системы Kent для примешивания дезинфектанта к воде. Прибор Kent'a построен на использовании труб водомера Вентури, позволяющих дозировать количества реактивов в зависимости от скорости движения очищенной воды. Из нисходящей трубы и горла выходят две трубки, из которых первая входит в нижнюю

<sup>1)</sup> Change to excess chlorination of sewage advised, Eng. News. Rec., 1926.

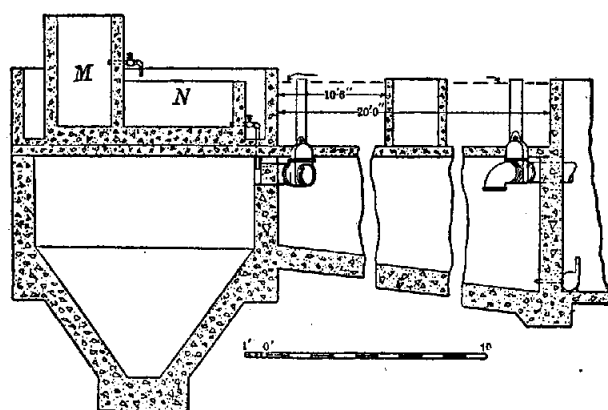
<sup>2)</sup> Schiele, Biologische Abwasserreinigungsanlage in Biskupitz, Was. und Abwas., 1911.

часть, а вторая в верхнюю часть цилиндрического резервуара; в последнем находится в заданной пропорции раствор дезинфектанта. В этом цилиндре находится поршень, подвешенный к цепочке, перекинутой через колесико, и уравновешенный грузом. Под влиянием напора, получающегося в трубах Вентури, вода поступает по трубе под поршень и, заставляя его своим давлением двигаться вверх, вызывает изливание раствора во вторую трубку, благодаря чему, как показали опыты, происходит энергичное смешивание дезинфектанта с водой. Наполнение цилиндрического резервуара раствором из верхнего бака производится посредством двойного трехпроходного крана по выходящей из него трубе. Количество выпущенного дезинфектанта из цилиндрического резервуара регистрируется по делениям, нарезанным на стойке, поддерживающей колесико. Показанный на черт. 343 прибор пригоден для дезинфекции воды в количестве 20 куб. м в час.



Черт. 343.

Тип дезинфекционного бассейна для небольших городов показан на черт. 344. Здесь *M* резервуар для растворения дезинфектанта, а *N* резервуар для его дозирования, выпускная трубка которого впущена непосредственно во входную трубу бассейна; входная и выходная трубы дезинфекционного бассейна снабжены задвижками.



Черт. 344.

Вместо сооружения бассейнов для дезинфекции очищенной воды за последние годы вошли в практику приборы для дезинфекции газообразным хлором сточных вод, как после обработки в сооружениях для предварительной обработки, так и в биологических фильтрах. Такие установки нашли себе широкое применение в САСШ и Германии — государствах, где очень часто ограничиваются несложной механической очисткой<sup>1)</sup>.

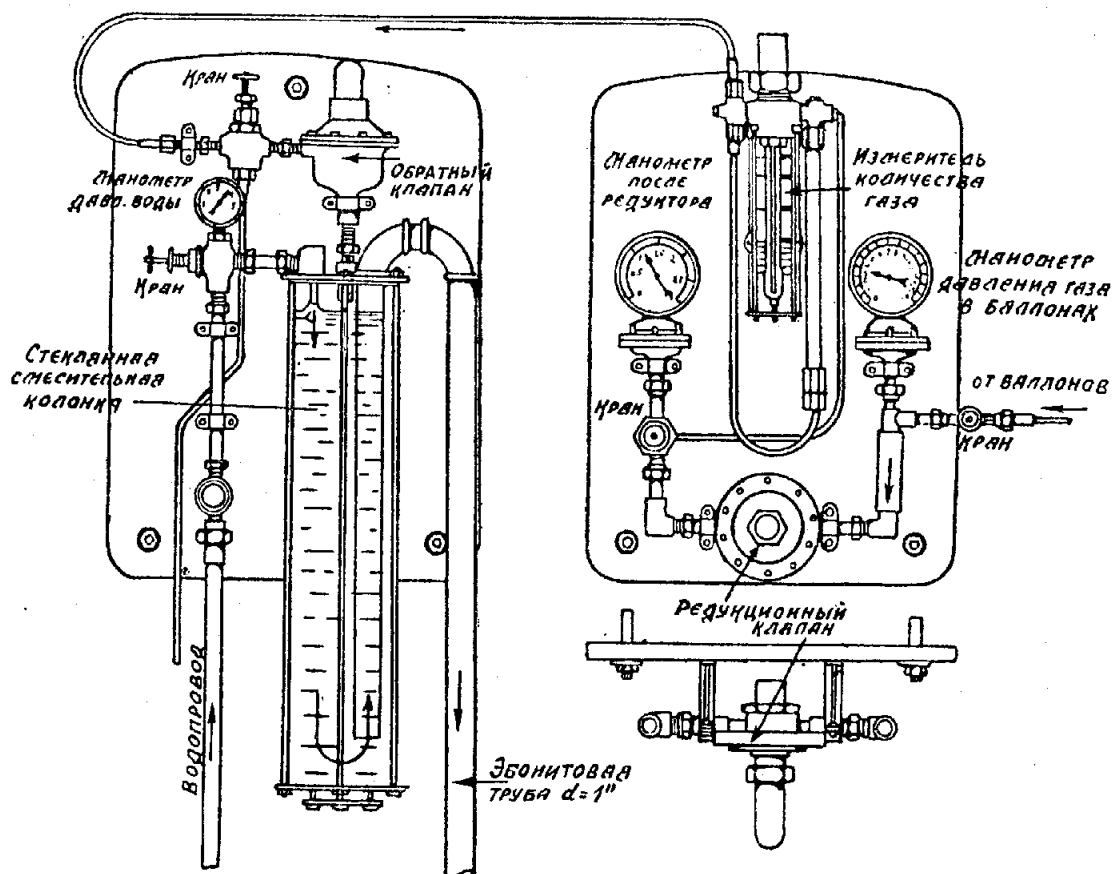
У нас в СССР приборы для дезинфекции газообразным хлором применяются пока только для стерилизации питьевой воды<sup>2)</sup>. Приборы для дезинфекции газо-

<sup>1)</sup> Imhoff, Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925.

<sup>2)</sup> Проф. В. Ф. Иванов. Водоснабжение и канализация поселков, 1927.

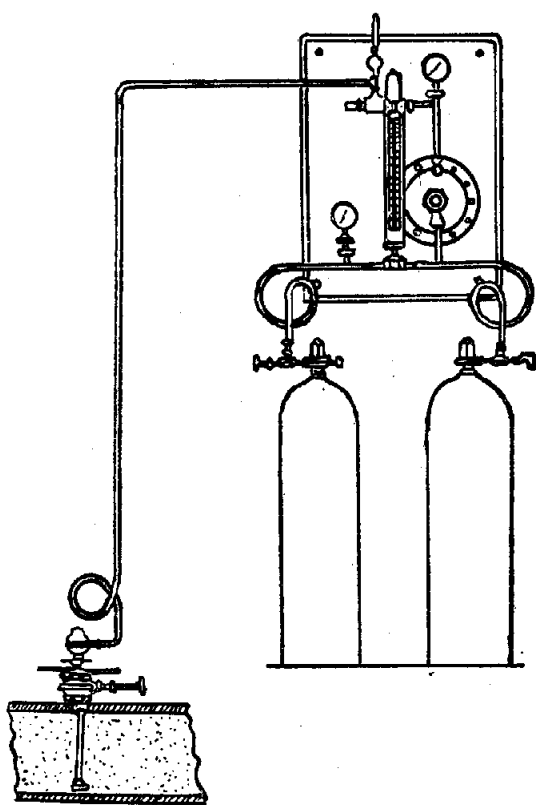
Инж. К. П. Ковров. Необходимая аппаратура для хлорирования жидким хлором и результаты 12 лет. опыта хлорирования воды, Труды XII Всесоюз. Водопр. Съезда, 1923.

Инж. Ф. А. Данилов. Стерилизация воды газообразным хлором, 1925.



Черт. 345.

образным хлором или *хлораторы* устраиваются по сист. Орнштейна (Ornstein), немецкой фирмы Бамаг (Bamag) и др. Хлораторы Орнштейна, весьма распространенные в САСШ и Германии, монтируются на двух досках (черт. 345).



Черт. 346.

К правой доске прикреплены: 1) *манометр* для определения давления жидкого хлора в стальном цельно-тянутом баллоне, 2) *редукционный клапан*, перед которым включен в трубопровод фильтр для газа, 3) *манометр низкого давления*, под которым газ поступает для его утилизации и 4) *измерительный прибор*, показывающий расход газа в час. На левой доске помещены: 1) *обратный клапан*, чрез который газ поступает в *смесительную колонку*, где происходит смешивание его с водой, 2) *смесительная стеклянная колонка*, герметически закрытая, с эбонитовым отводящим хлорированную воду трубопроводом и 3) *манометр и трубопровод*, подводящий напорную воду под давлением 1,1 ат в колонку. Жидкий хлор, поступающий с заводов, перевозится в стальных баллонах, вместимостью от 20 до 45 кг, при чем при

температуре — 33° С весь хлор находится в жидком состоянии (черт. 346). По мере повышения температуры часть *жидкого* хлора переходит в *газообразное состояние*, и при температуре в 10°—20° С давление этого газа в баллоне достигает 6 *at*. Самый процесс стерилизации производится *газообразным хлором*, для чего, с целью получения нужной для этого температуры, в помещении для хлоратора установлена *специальная батарея*. Хлор помимо стерилизации производит два важных добавочных действия: *уничтожает запах* и *способность к загниванию сточной воды*, что имеет значение в случае применения этого метода хлорирования для осветлительных очистных сооружений<sup>1)</sup>. Кроме того, *хлорирование* является полезным для уничтожения мух и их личинок (*Psychoda*), развивающихся на поверхности *биологических окислителей*. Такие опыты с применением хлора оказались успешными в гор. Schenectady (New-Jork), где после введения 201 мг раствора активного хлора на поверхности биологических окислителей в течение 5 минут оказалось убитыми 70% мух и личинок<sup>2)</sup>.

Будка для установки приборов и баллонов для газообразного хлора требует небольших размеров (площ. около 6—8 кв. м). *Дозы активного хлора для дезинфекции сточных вод после прохода чрез биологические окислители не превышают 4—5 мг на л<sup>3</sup>*.

§ 5. Устройство прудов для разведения рыб. Из приведенных в предыдущих параграфах этой главы методов окончательной обработки стока из биологических фильтров (осаждение в бассейнах и колодцах, дезинфекция) видно, что остающиеся в водах удобрительные вещества пропадают бесполезно для нужд сельского хозяйства. Вследствие этого в последние годы вновь поднялся интерес к использованию сточных вод путем устройства *прудов для разведения рыб*.

*Рыборазведение* по существу не является новым способом для разрешения вопроса о сточных водах, так как очень давно *на полях орошения* (Берлин, Париж) практикуется устройство прудов, наполненных дренажной водой и заселяемых разнообразными породами рыб. Благодаря разведению рыб в прудах подобного типа исчезают из дренажных вод оставшиеся после фильтрации чрез почву удобрительные вещества и микроорганизмы, и исток из прудов делается вполне прозрачным. Этот способ окончательной обработки стока за последнее время перекинулся и на биологические очистные станции, очищенные воды которых выпускались в маловодные протоки. Здесь также явилась полная возможность устраивать пруды для рыб, так как *доход от их продажи покрывал значительную часть расходов по устройству прудов*. Так, проф. Hofer<sup>4)</sup> приводит данные, что с 1 га площади прудов в г. Pirmasens можно получить 500—750 кг рыбы, что обеспечивает доход в 300—350 руб.

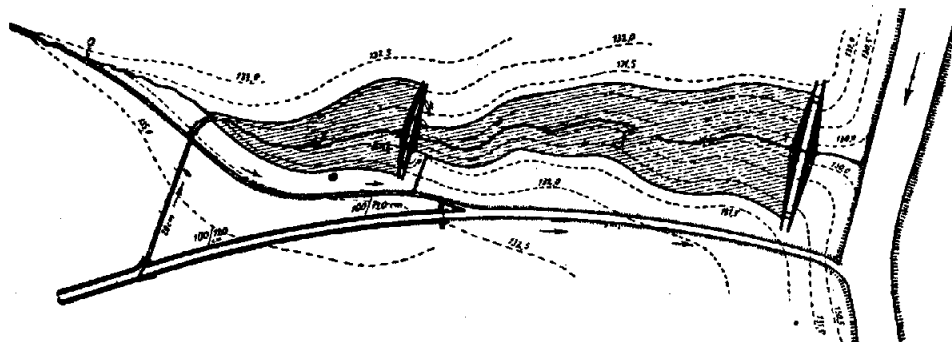
1) *Bach*, Desinfection des Abwassers mit Chlor., Ges. Ing., 1924.

2) *Cohn*, Lime hypochlorite lowers *Psychoda* flies at sewage works, Eng. News Rec., 1925.

3) *Reichle und Weldert*, Bericht über die versuchsweise Anwendung von Chlorgas in der Kläranlage von Köpenick, Ges. Ing., 1924.

4) *Prof. Hofer*, Schaffung von Kläranlagen für die städtischen Abwässer in Pirmasens, Städtereinigung, 1910.

Но на этом этапе устройство рыбных прудов для сточных вод не остановилось. Оказалось вполне возможным устраивать пруды не только для истока из полей орошения и биологических фильтров, но и для предварительно обработанной в осадочных сооружениях сточной воды. Известные немецкие специалисты Böhm и Linke<sup>1)</sup> предлагают для использования удобрительных веществ тип пруда, показанный на черт. 347. Пруд состоит из двух частей: первой, служащей для выделения нерастворенных и жировых примесей, и второй для разведения рыб; обе эти части разделены между собой плотиной.



Черт. 347.

Сточная вода, попадая из канала небольшого сечения в первый пруд, оставляет в нем значительную часть нерастворенных примесей; здесь же благодаря незначительной скорости происходит всплывание жира на поверхность воды. Пруды V и F имеют соединительные трубы, концы которых опущены на глубину 0,5 м в воду и защищены перегородками; этим достигается защита труб от засасывания жиров. В пруде F разводятся карпы, лини, щуки и др.

Этот метод был более подробно разработан опытами проф. Hofer<sup>2)</sup>, произведенными в течение 3 лет в городах Мюнхене и Страсбурге. Опытные пруды в г. Страсбурге расположены между каналом Рейна Морной и р. Илль. Вода в эти пруды притекает из городской очистной станции, где сточные воды сначала пропускаются чрез сита с решетчатыми черпаками сист. Geiger (черт. 48 стр. 88), а затем уже поступают в осадочные бассейны обычной конструкции. Подготовленные таким образом сточные воды до поступления в пруд смешиваются с двойным или тройным количеством воды из канала Морны, и затем чрез ряд деревянных желобов вливаются в пруды, общая площадь которых равняется 2,90 га. Количество сточной воды, которое спускается в опытные пруды, получается от 6 000 жителей, что дает для 1 га поверхности пруда норму в  $\approx 2 000$  жителей. Осветленные сточные воды пребывают в прудах около 20—30 дней. Глубина прудов в целях лучшего проникания лучей солнца делается незначительной: 0,30 м у берегов, 0,50 м по середине и 1 м при выпусках. В устроенных таким образом прудах разводят карпов, линей, окуней и щук. Кроме этих представителей фауны, в прудах разводят рачков, дафнии,

<sup>1)</sup> Linke und Böhm, Anleitung zum Bau und zur Bewirtschaftung von Teichanlagen, 1912.

<sup>2)</sup> Инж. Дроздов, Рыбные пруды для очистки сточной жидкости, Известия Постоян. Бюро. Всеросс. Водопров. и Санит.-Технических Съездов, 1914.

циклопов, двухстворчатых моллюсков и улиток. Сверх того, в прудах произрастают как на поверхности, так и под водой различные виды растений; из подводных растений хорошо развиваются роголистник и перистолистник. Для того, чтобы пруды не заросли ряской, препятствующей прониканию солнечных лучей в глубину прудовой воды, напускают на поверхность прудов уток (в количестве 100—130 штук на га), уничтожающих водяную растительность. Для использования растущей по запрудам травы разводят кроликов, которых держат в клетках и питают этой травой.

Вытекающие из рыбных прудов воды имеют вполне удовлетворительный состав: окисляемость понижается на 88%, органический азот уменьшается на 80%; содержание кислорода колеблется от 5 до 7 куб. см. в л, уменьшение количества бактерий доходит до 99,9% их первоначального количества. Таким образом, в способе проф. Хофера с замечательным искусством использовано существование различных представителей фауны и флоры для обезвреживания сточной воды. Способ Хофер'a и в настоящее время в Германии считается заслуживающим большого внимания. Проф. Граф (Graf) указывает, что очистительная работа рыбных прудов превосходит работу полей орошения более, чем в 10 раз, если только пред напуском в пруды воды она будет освобождена от 70% примесей в очистных сооружениях механического типа<sup>1)</sup>. Он также находит необходимым разбавление осветленной воды трехкратным количеством чистой воды. Из новых устройств с рыбными прудами представляют некоторый интерес пруды в г. Кенигсберге<sup>2)</sup> и Амберге<sup>3)</sup>, где были получены очень хорошие результаты. Схема устройства пруда показана на черт. 348. Здесь приводный канал разделен стенкой на две половины:



Черт. 348.

в одну притекает сточная вода, а в другую—разжиженная чистой водой в количестве 20%. В начале пруда поступает разжиженная вода, а затем дальше по берегу изливается через четыре отверстия неочищенная вода, которая, падая в пруд, ударяется о горизонтальные щитки, благодаря чему несколько насыщается воздухом. Разжиженная вода по круговым каналам направляется к середине пруда.

У нас, в СССР на некоторых очистных станциях также были построены рыбные пруды, но лишь для очистки истока из биологических фильтров,

1) Graf, Die biologische Reinigung der Abwässer in Abwasserfischteichen, Techn. Gemeind., 1927.

2) Hilgers, Fischteiche zur Reinigung städtischer Abwässer, Mit. der Fischerei, 1925.

3) Demoll, Die Reinigung der Abwässer in Fischteichen., 1926.

что до известной степени вызывалось необходимостью спуска очищенных вод в маловодные протоки. Такие пруды, площадью около  $1\frac{1}{4}$  га, устроены в Харькове<sup>1)</sup> и в Никополь-Мариупольском поселке<sup>2)</sup>. Результаты работы последней установки выражаются в уменьшении взвешенных веществ на 98,59%, окисляемости — на 97,31% и аммиака на 97,09%, что следует признать отличным.

---

<sup>1)</sup> Д. С. Черкес. Канализация Харькова и ее очистные сооружения, 1922.

<sup>2)</sup> П. Н. Дурилин. Биологическая очистительная станция при Никополь-Мариупольском поселке с применением рыбных прудов, Труды XII Водопр. Съезда, 1925.



## ГЛАВА XXV.

### Поля орошения, фильтрационные поля, биологические очистные станции, станции с аэро-тэнками и аэро-фильтрами

§ 1. Общие основания для проектирования полей орошения, фильтрационных полей и биологических очистных станций. В § 1 X главы нами были рассмотрены общие основания для выбора участка земли под очистные станции независимо от их типа, которые сохраняют свою силу и для биологических сооружений.

Из данных, приведенных нами в главах XI—XXIV, мы видим, что сооружения, предназначенные для очистки сточных вод, отличаются большим разнообразием, которое объясняется совокупностью влияния различных факторов, зависящих, главным образом, от использования *местных условий*.

При выборе *места под поля орошения или фильтрационные поля*, как мы уже говорили выше, особое значение имеет разрешение вопроса о *пригодности почвы для очистки сточной воды и о глубине ее залегания*. Так как при устройстве полей орошения и фильтрационных полей приходится производить большие работы по перепланировке рельефа избранного участка для разбивки на плоские или слегка наклоненные к горизонту бассейны, то следует обратить внимание при проектировании этих очистных сооружений, чтобы *при планировке не были сняты слои почвы, пригодные для фильтрации сточных вод*. Далее, желательно, чтобы избранная для полей орошения или для фильтрационных полей местность *имела общую покатость* в продольном направлении и скаты в поперечных направлениях. Численная величина падения местности зависит от тех размеров, которые придаются полям орошения и фильтрационным полям для данного случая. Подобный рельеф местности облегчает *трассирование распределительной и дренажной сетей*. При отсутствии таких условий приходится предназначенную для устройства полей орошения и фильтрационных полей местность обделать таким образом, чтобы более или менее приблизить ее к вышенамеченной идеальной схеме. В целях удешевления вывоза продуктов, получаемых с полей орошения, представляется *вполне целесообразным расположить их недалеко от судоходной реки*. Для больших городов редко можно найти такие подходящие участки, на которые сточные воды могли бы притекать *самотеком*, вследствие чего приходится устраивать между городом и очистными сооружениями насосные станции с песколовками (Москва, Берлин, Одесса) или осадочными бассейнами (Париж). Если участок земли, на который сточные воды города попадают *самотеком*, не имеет достаточной ве-

личины для обезвреживания всех вод города, то к нему присоединяют соседний, более высокий участок, на который подается вода насосами из разводной канавы нижних полей (Москва). Помимо выяснения рельефа поверхности участка важно выяснить *рельефы всех напластований*, входящих в состав данной почвы, и *крыши непроницаемого пласта*.

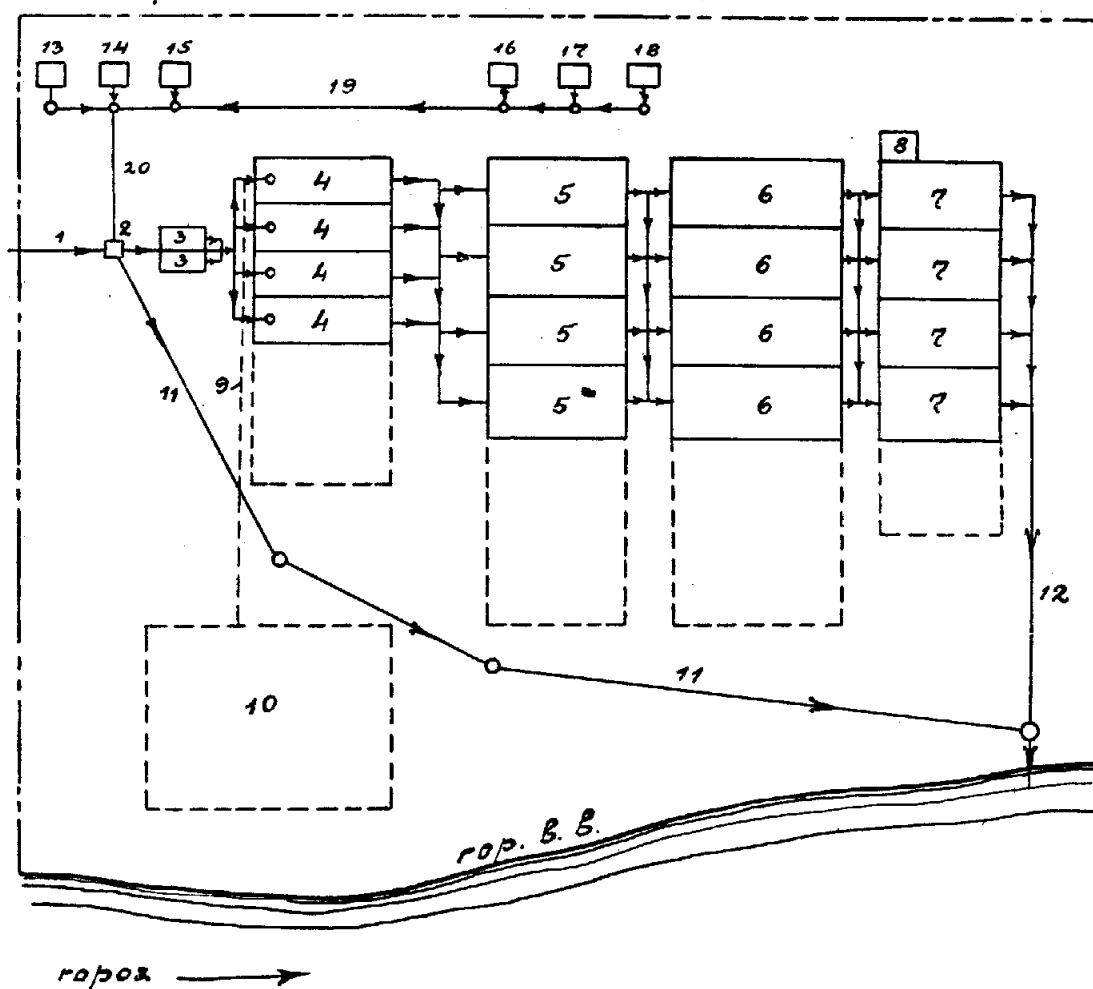
На размеры потребного для полей орошения и фильтрационных полей земельного участка оказывает большое влияние *способ предварительной обработки сточных вод*. На практике для полей орошения употребляют в большинстве случаев *осадочные бассейны и колодцы* (Берлин, Москва), для фильтрационных полей *загниватели* (Saratoga Springs, Clinton), но по существу в некоторых случаях при недостатке земли можно избрать *любой из способов, описанных нами подробно в XII главе*. При выпуске сточных вод на поля орошения чрезвычайно важно выделить из состава *жировые примеси* во избежание заиливания их поверхности, вследствие чего на полях орошения (Берлин, Шарлоттенбург) находят себе применение *жироловки сист. Kremer*. В некоторых же случаях (см. гл. XXIII) возможен выпуск на фильтрационные поля вод, очищенных на биологических фильтрах; в этом случае фильтрационные поля уже являются *только сооружениями для окончательного обезвреживания очищенной воды*. Само собой разумеется, что невозможно рекомендовать какой-либо определенный способ предварительной обработки для полей орошения и фильтрационных полей. Можно только признать, что *с санитарной точки зрения* для устранения запахов на полях орошения желательно применять те сооружения для предварительной обработки сточных вод, в которых наилучшим образом *отделяется загнившая вода от свежей*, и выделяется *наибольшее количество коллоидальных веществ*, влекущих за собой закупорку слоев почвы. Помимо этого, при выборе способа предварительной обработки сточной воды для естественных биологических сооружений необходимо руководствоваться и *экономическими соображениями*. Если мы имеем достаточную площадь для полей орошения и фильтрационных полей, и если стоимость рабочих рук в данном районе не велика, то представляется экономически выгодным использовать несколько *земельных участков для предварительной обработки сточных вод*. Таким образом, на этих участках будут осаждаться нерастворенные частицы, которые должны по возможности чаще удаляться с поверхности для восстановления очистительной силы почвы; через известные промежутки времени, установленные практикой, этим участкам необходимо давать продолжительный отдых. Поэтому при определении их количества желательно иметь соответственное число запасных участков.

Переходя к изложению основных приемов по проектированию биологических очистных станций, мы должны поневоле повторить некоторые из соображений, приведенных нами в главе X для механических и механо-химических очистных станций.

Современные биологические очистные станции должны состоять из песколовков, сооружений для предварительной обработки воды, сооружений для напуска воды на биологические фильтры, заливных или капельных окислителей и сооружений для окончательной обработки или дезинфекции воды, если в последних имеется надобность по местным условиям. В виду обязательного

включения в схему станций очистных сооружений для предварительной обработки воды необходимо при проектировании станций обдумать и способ обезвреживания осадков и сообразно роду способа отвести соответственные территории или особое помещение. Если сточные воды подаются на очистные станции насосами, то песколовки выпадают из схемы станции. При применении общесплавной системы устраивается перед станцией *ливнеспуск* с избранным по местным условия коэффициентом разжижения. При высоком коэффициенте разжижения (3—5) в схему очистных биологических станций входят сооружения для обработки дождевой и ливневой воды (глава XXIII). Все основные сооружения, входящие в состав очистной станции, должны быть сделаны по крайней мере *двойными*, а в случае больших расходов распаться на соответственное число параллельных частей.

На биологических очистных станциях должны быть устроены *лаборатории* для производства химических и бактериологических анализов как необработанной сточной воды, так и воды, прошедшей последовательно различные очистные сооружения. При постройке очистных станций по экономическим соображениям не следует осуществлять станции на весь расчетный период (20—25 лет),

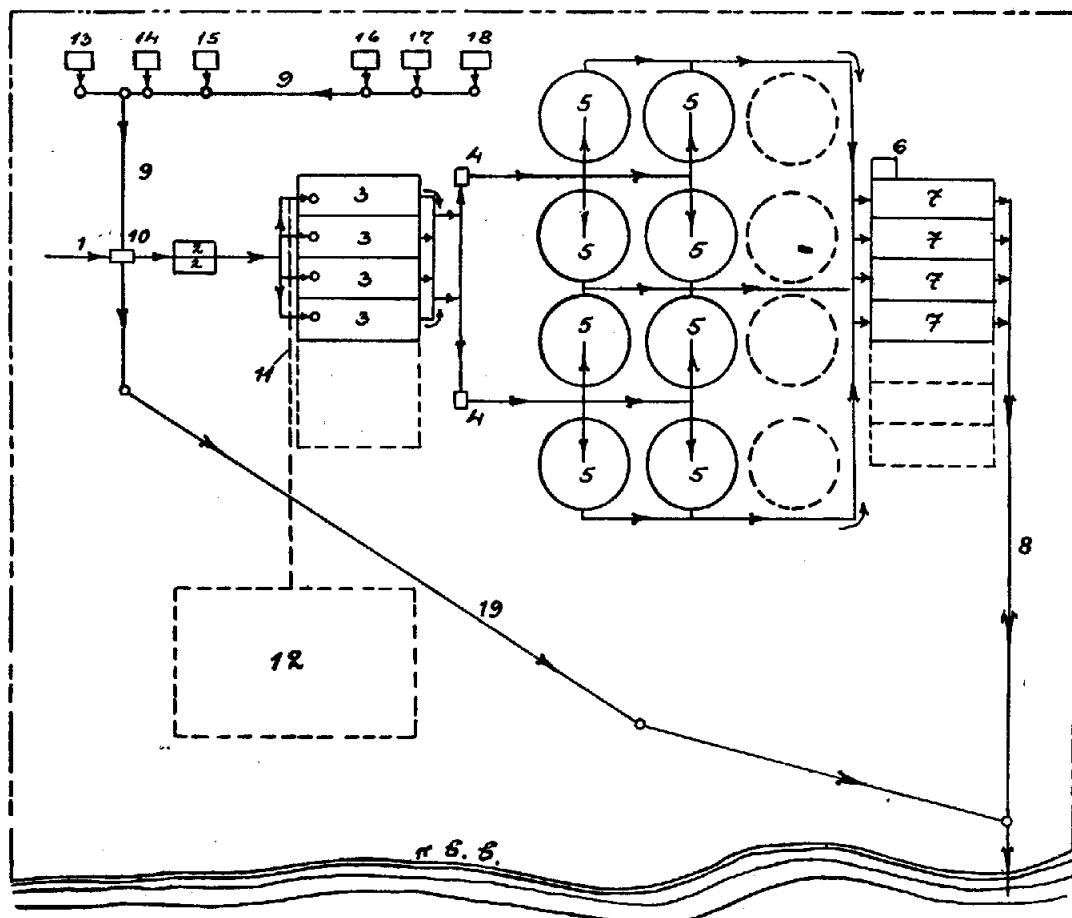


1—Главный коллектор. 2—Ливнеспуск. 3—Песколовка. 4—Сооружения для предвар. обработки сточных вод. 5—Заливные окислители 1-й ступени. 6—Окислители 2 ступени. 7—Бассейны для обработки истока. 8—Будка для приготовления дезинфекционных растворов. 9—Труба для отведения осадков. 10—Площадь для обезвреживания осадков. 11—Ливнеотводный канал. 12—Главный отводный канал. 13-14—Дома для служебного персонала. 15—Лаборатория. 16-18—Дома для рабочих. 19-20—Коллектора для жилых домов.

а лишь на первые 5—6 лет, или оставляя для дальнейшего развития станции необходимые площади. Для вывоза осадков или сделанных из них брикетов со станционных территорий необходимо прокладывать дороги и рельсовые пути; для сообщения между отдельными частями станций устраиваются троттуары. При неблагоприятных местных условиях во время поднятия высоких вод в реке очищенные воды не могут спускаться самотеком в водные протоки. В этих случаях на станционных территориях устраивают *насосные станции* со сборным колодцем, в который притекает очищенная вода, и откуда выкачивается по напорной трубе в реку.

Как сооружения, входящие в состав очистных станций, так и другие здания и дороги желательно освещать электричеством. Установка динамо-машин делается в том же здании, где сконцентрированы и другие механические двигатели (для прессования осадков, для подъема воды). При близости очистной станции к городу электричество может доставляться из городской кабельной сети.

Из приведенных в главах XI—XXII соображений нетрудно видеть, что схемы биологических станций отличаются чрезвычайным разнообразием. Поэтому мы приведем в настоящем параграфе только простейшие схемы, представляя более подробное ознакомление с ними из приведенных ниже описаний.



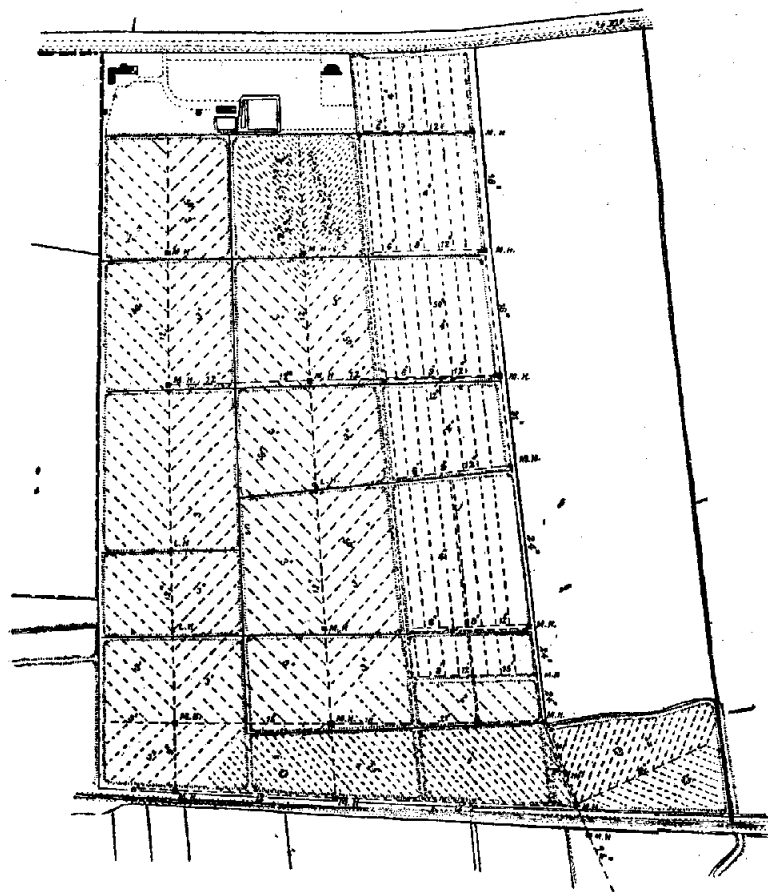
1—Приводный коллектор. 2—Песколовки. 3—Сооруж. для предвар. обработки сточных вод. 4—Питательные камеры для капельных окислителей. 5—Окислители. 6—Камера для дезинфекции. 7—Бассейны для истока из фильтров. 8—Отводный коллектор для канализации станц. сооружений. 10—Ливнепуск. 11—Труба для отведения осадков. 12—Территория для обезвреж. осадков. 13-14—Жилые дома для служебного персонала. 15. Лаборатория. 16-18—Дома для рабочих. 19—Ливнеотвод.



§ 2. Описание полей орошения. В качестве примеров устроенных полей орошения мы дадим в настоящем параграфе краткое описание кэмбриджских и московских полей орошения.

*Кэмбриджские поля (Cambridge) орошения*, устроенные в 1896 году, представляют пример полей, где *фильтрация* производится *через слой супеска*, и где *предварительная обработка* сточных вод ведется в *осадочных бассейнах*. Количество сточной воды в сухую погоду, обрабатываемой на кэмбриджских полях орошения, составляет  $\approx 10\,000$  куб. м в сутки.

Сточные воды поднимаются на поля орошения насосами; вблизи насосной станции устроены особые фильтры для дождевой воды из кирпичного щебня, что позволяет полям орошения работать при более или менее равномерной нагрузке. Устройство кэмбриджских полей орошения заключается в следующем (черт. 352). Сточные воды по напорной трубе попадают сначала в осадочные бассейны, общая емкость которых составляет  $\approx 1\,820$  куб. м, т. е. около 20% суточного притока. Из этих бассейнов сточные воды



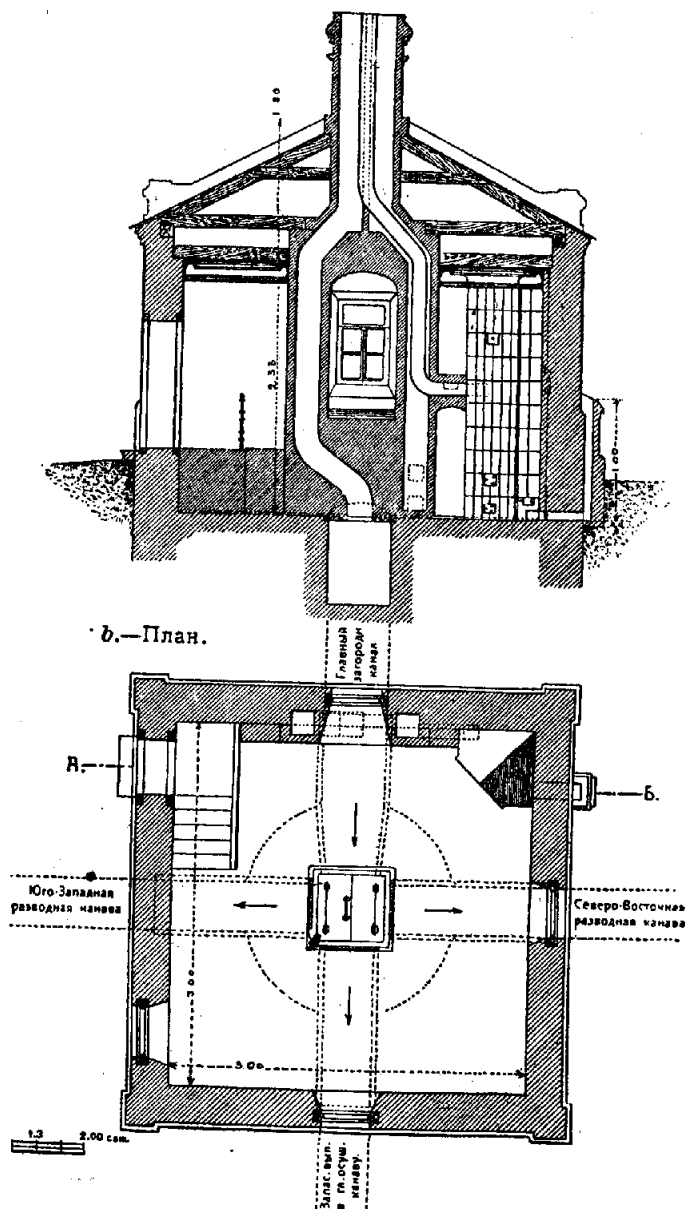
Черт. 352.

поступают в главный распределительный канал, поперечное сечение которого показано на чер. 205 стр. 276. Главный распределительный канал рассекает бассейны полей орошения на две неравные части. Из главного канала выходят перпендикулярные распределительные каналы, которые подводят осветленные воды непосредственно к бассейнам, число которых равняется 20. Площади бассейнов колеблются от 1,2 до 2,4 га. Общая площадь отводимая под поля орошения, составляет 41 га, из каковой площади под орошением занято около 32 га. Каждый бассейн имеет совершенно выравненную поверхность; окружающим бассейны валикам посажены фруктовые деревья. Слой почвы на кэмбриджских полях орошения состоит из слоев гравия и песка, толщиной 1,5—1,6 м, при-

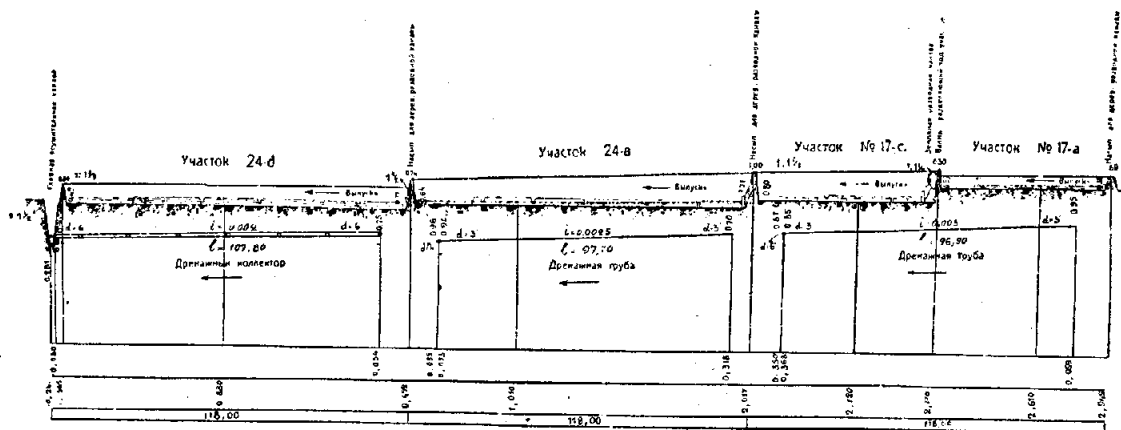
крытых слоями супеска в 0,15—0,20 м; на глубине 0,30—0,40 м от поверхности попадают прослойки песка с примесью железа. Грунтовые воды стоят на глубине 1,8—2 м от поверхности. На всех бассейнах кэмбриджских полей орошения на глубине 1—2 м заложены всасывающие дрены, диам. 75—100 мм, расстояние между которыми колеблется от 7,5 до 15 м. Собираательные дрены имеют последовательные диаметры 300 мм, 375 мм, 450 мм и заканчиваются отводной трубой диам. 600 мм, впадающей в р. Сат. Каждый га площади полей орошения получает в среднем за год 310 куб. м в сутки, а фактически при пользовании от  $\frac{1}{3}$  (зимой) до  $\frac{1}{4}$  (летом) площади 930 до 1 240 куб. м. На полях орошения в незначительном размере культивируются рейграсс, овес, свекла, капуста, которые поступают в продажу; большая часть полей эксплуатируется, как фильтрационные поля.

Московские поля орошения для канализации 1-ой очереди (Люблинские), построенные в 1908 г., расположены на левом берегу Москвы, в 11,2 км от города вниз по течению, вблизи села Марьино<sup>1)</sup>. Эти поля орошения устроены следующим образом.

Сточные воды по загородному кирпичному каналу поступают в распределительную камеру, из которой выходят три главных распределительных канавы (северо-восточная, южная и юго-западная) (черт. 353), которые, разветвляясь, образуют сеть распределительных канав, типы которых показаны на черт. 204, стр. 275; эта сеть канав орошает нижние поля орошения, состоящие из 101 отдельного бассейна средней площадью 71154 кв. м; каждый из бассейнов земляными валиками разбит на 4 части, так что площадь каждого участка не превосходит 1818 кв. м. У северо-восточной распределительной канавы после орошения 31 бассейна нижних полей устроена оборудованная 2 дизель-моторами в 70 НР, одним в 120 НР и четвертым в 30 НР и центробежными насосами, насосная станция, которая поднимает воды в осадочные бассейны, расположенные на верхних полях орошения и служащие таким образом для предварительной обработки сточных вод. Из осадочных бассейнов осветленные воды поступают в сеть открытых канав, обслуживающих 22 бассейна верхних полей орошения.



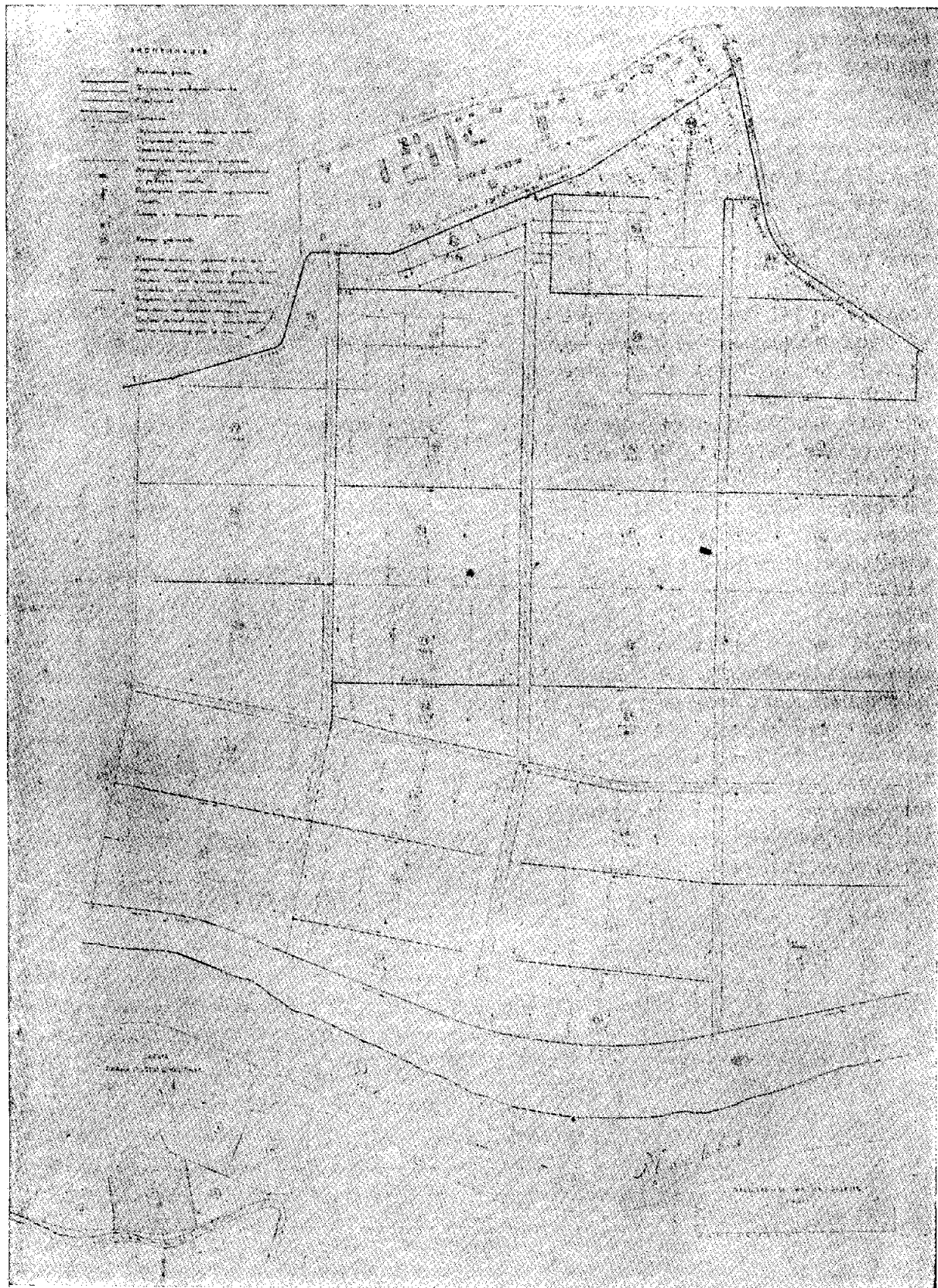
Черт. 353.



Черт. 354.

1) Комиссия по исследованию систем ассенизации железнодорожных станций, Отчет о втором съезде Комиссии, 1909; Я. Я. Звягинский. Канализация г. Москвы, 1926.

Вся площадь полей орошения дренирована 75 мм трубами, уложенными на глубину 1,40—1,02 м и соединенными или непосредственно с осушительными дренами, или же с 150 мм собирательными дренажными трубами. Расстояния между дренами на верхних полях 10,65 м, а на нижних от 10,65 до 31,95 м. Планировка и дренаж бассейнов показаны на черт. 354. Все собирательные дренажи входят в отводные каналы, которые



Черт. 355.



впадают в главную отводную канаву. Устье главной отводной канавы расположено в ручье Плинтовке, притоке р. Москвы. Нормальная средняя за год продуктивность нижних полей орошения составляет около 50 куб. м на га в сутки, а верхних — около 175 куб. м, что объясняется лучшим составом почвы верхних полей и предварительной обработкой сточных вод в осадочных бассейнах. Под нижние поля орошения занята площадь в 687 га, а под верхние 106 га. Полезная площадь нижних полей по качеству почвы разделяется так: торфяных участков 255, глинистых 243, суглинистых 173 и песчаных 16 га. На верхних полях имеются песчаные и глинистые почвы. Получившийся при их планировке избыток песка пошел на насыпку слоем в 0,42 м торфяных участков нижних полей.

200 га нижних полей по данным 1908 года заняты лугами, ивовыми плантациями и питомниками; в летнее время площадь около 50 га занята под огородные культуры (капусту, кормовую свеклу и пр.). Остальная часть полей орошения в первые годы их эксплуатации в сущности представляет собой фильтрационные поля. Поля весной и осенью вспахиваются и боронятся, а затем орудием проводятся частые борозды. В настоящее время обработка почвы производится 20 тракторами Фордзона. В зимнее время здесь применяется способ послойного намораживания, вследствие чего весной приходится тщательно очищать от осадков орошавшиеся зимой участки.

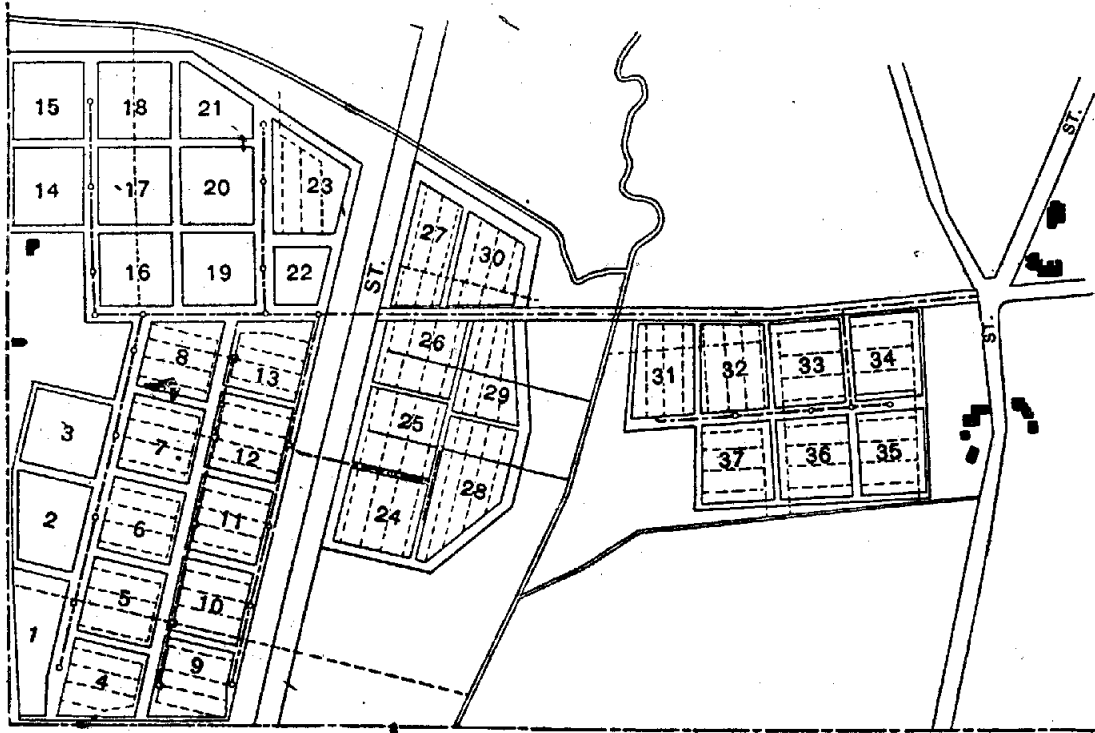
Во время стояния высоких вод в р. Москве значительная часть площади нижних полей (около  $\frac{2}{3}$ ) затопляется, вследствие чего часть сточной воды в эти периоды спускается неочищенной в реку.

На территории полей орошения расположена квартира для служебного персонала, техническая и сельско-хозяйственная контора, приемный покой и аптека, лаборатория, конюшни, скотные яворы, молочная, мастерские и пр. Та часть нижних полей орошения, на которой расположены служебные постройки и жилые здания, показана на черт. 355. Общая площадь, отчужденная под Люблинские поля орошения, составляет около 1100 га. Стоимость земли для полей орошения равняется 2815110 рублей. Стоимость подготовки нижних полей по довоенным ценам составляет сумму 1382625 руб., а верхних 1520000 р. Кроме Люблинских полей в 1912 г. устроены еще Люберецкие поля, площ. около 2030 га, которые еще не целиком подготовлены для очистки сточных вод.

**§ 3. Описание фильтрационных полей.** Среди многочисленных фильтрационных полей, построенных в штате Массачузетс (Сев. Америка)<sup>1</sup>), представляют безусловный интерес фильтрационные поля гор. Brockton, устроенные в 1894 г. гор. инж. Snow (черт. 356).

Фильтрационные поля города Броктона состоят из 35 отдельных бассейнов, средней площадью 0,4 га, устроенных в песчаных и гравелистых грунтах глубиной 2—2,6 м; размеры зерен почвенных фильтров колеблются от 0,04 до 0,75 мм. Поверхности бассейнов придают небольшие уклоны от 0,002 до 0,005 для лучшего распределения фильтруемой воды. Сточные воды нагнетаются насосами на фильтрационные поля по напорной трубе диам. 0,60 м, из которой они поступают в сеть распределительных открытых каналов, трассированных согласно разбивке бассейнов. Каналы состоят из бетонной подшвы толщиной 0,15 м, в которую вставлены деревянные стенки толщиной 50 мм. Из распределительных каналов сточные воды поступают на поверхность бассейнов через перпендикулярные выпуски, устроенные в центре каждого бассейна, и благодаря приданным уклонам легко растекаются по всей поверхности бассейнов. Дренаж заложен только под теми бассейнами, где в грунтах имеются прослойки глины; расстояние между всасывающими дренами 17 м. Общее количество дренированных бассейнов 24, недренированных 11. Из недренированных бассейнов 5 служат для предварительной обработки сточной воды (sludge bed), поступающей в утренние часы из насосной станции, работающей только в дневное время; сточная вода на насосной станции скапливается в сборном резервуаре. Нагрузка каждого бассейна составляет в среднем за год 3320 куб. м,

<sup>1</sup> Henneking, Die intermittierende Bodenfiltration in Nordamerika, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. u. Abwas., Heft 12, 1909.



Черт. 356.

нагрузка же в течение одного напуска, который при современной эксплуатации производится чрез каждые 3 дня, составляет  $\approx 1\ 000$  куб. м и производится в течение 30 минут. Фильтрационные поля в Броктоне работают в течение 18 лет вполне удовлетворительно; окисляемость падает на 96%, количество бактерий с 3 150 000 (необработанная вода) до 125—630. Общая стоимость фильтрационных полей в их современном виде с лабораторией и другими постройками не превышала 400 000 руб.

§ 4. **Описание биологических очистных станций с заливными окислителями.** В настоящем параграфе мы дадим описание биологических очистных станций с заливными окислителями в гг. Детском Селе, Москве (неполная раздельная система), Манчестере (общесплавная система) и Тулоне.

*Первой биологической установкой в СССР является Детскосельская очистная станция, построенная в 1904 г. <sup>1)</sup>*

Сточные воды детскосельской канализации, устроенной по неполной раздельной сплавной системе, притекают к очистной станции по керамиковому коллектору диам. 60 см. Очистная станция рассчитана на население в 40 000 человек.

Так как очистная станция Д. Села строилась в те годы, когда процессы биологической очистки были еще недостаточно изучены, то после постройки она подвергалась различным переделкам. По этим же причинам, из-за опасения замерзания, биологическая станция была устроена закрытой. В 1912 г. очистная станция имела следующее устройство (черт. 357).

Из приводного канала сточные воды поступают сначала в песколовку (емкостью 22,80 куб. м), а затем в загниватели, состоящие из двух отделений (емкостью 850 куб. м и глубиной 5,69 м); каждое из отделений загнивателя разделено двумя перегородками на три части, которые соединены между собой переливными трубами диам. 35 см.

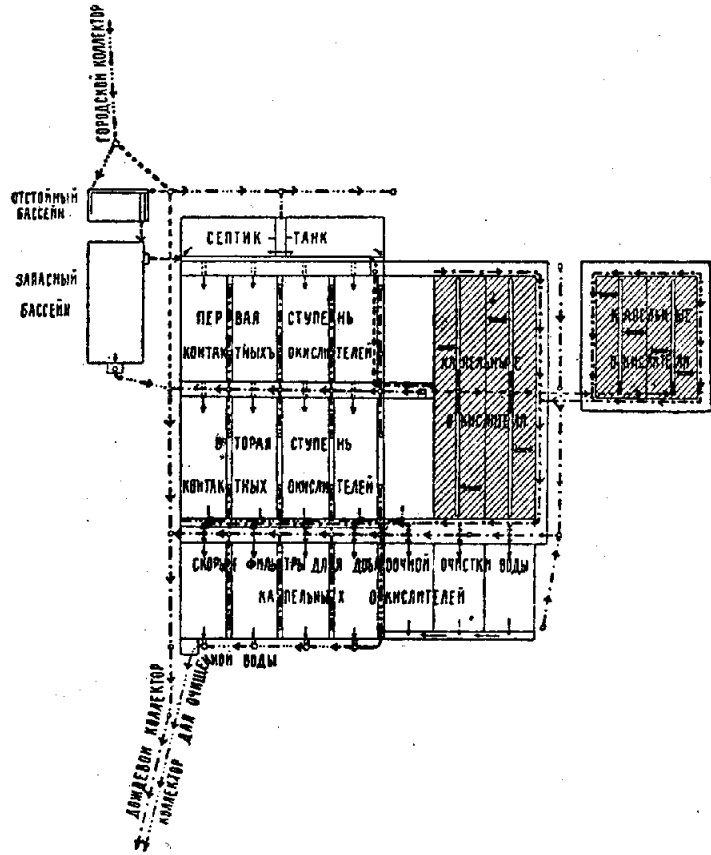
Загниватели сделаны из бетона; из них один закрыт бетонным потолком, а другой помещается под крышей. В настоящее время загнивание более не применяется, вслед-

<sup>1)</sup> Инж. К. Д. Грибоедов. Краткое описание канализационных сооружений Царского (н. Детского) Села; проф. В. Е. Тимонов, Водоснабжение и Водостоки, том III, 1913.

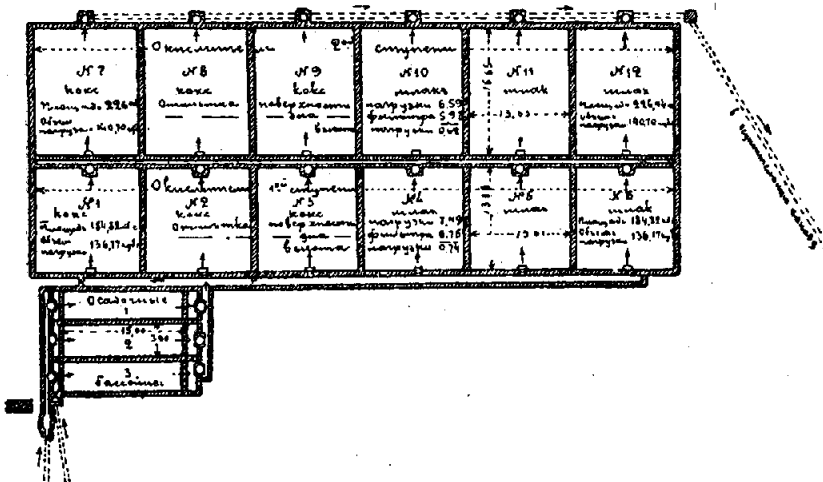
ствие чего загниватели эксплуатируются, как обыкновенные осадочные бассейны. Из этих бассейнов сточные воды поступают в распределительные желоба для наполнения заливных окислителей первой ступени и капельных окислителей. Размеры распределительного желоба, сделанного из бетона,  $21,3 \times 3,02 \times 0,89$  м.

Заливные окислители первой ступени (размером  $24,85 \times 10,67 \times 1,00$  м) загружены коксом, куски которого имеют размеры 15—20 мм; заливные окислители второй ступени длиннее первичных (28,39 м); они загружены также коксом, но с кусками меньшего размера, 10—15 мм. Бассейны для помещения окислителей бетонные, над которыми воздвигнута бетонная надстройка. Число наполнений 3—4. При трехкратном наполнении они очищают 9 600 000 л, т. е. 320 000 л за каждое наполнение; при четырехкратном 1 280 000 л.

Капельные окислители представляют собою слои крупного кокса, уложенного на непроницаемом дне, имеющем уклон к периметру; окислители окружены металлическими сетками, прикрепленными к бетонным столбам, поддерживающим крышу из рубероида. Распределение сточной воды по поверхности капельных окислителей производится посредством прямоугольных оросителей системы Фиддиана. На капельных окислителях станции может быть очищено 3 900 куб. м в сутки. Очистка стока из капельных окислителей производится в особых фильтрах, переделанных из бывших заливных окислителей третьей ступени; два из этих фильтров в настоящее время освобождены от кокса и служат для стока отстойниками перед поступлением на дополнительные фильтры. На территории детскосельской очистной станции расположена еще и мусоросжигательная станция с печами сист. Горсволь, где добываемая электрическая энергия служит для освещения дорог у жилых домов и служебных зданий станций. Общая стоимость станции для очистки сточных вод со всеми зданиями представляет собой сумму в 963 919 довоенных рублей.



Черт. 357.

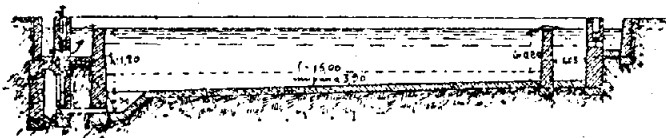


Черт. 358.

Московская биологическая станция была устроена в 1908 г. на верхних полях орошения. Она представляла собой типичный пример биологической

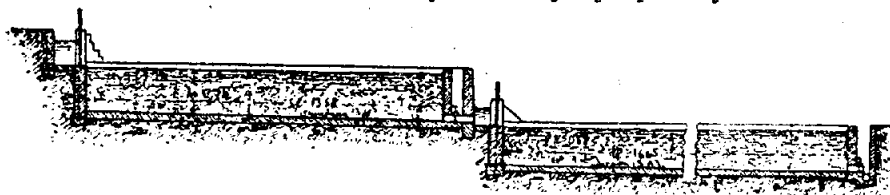
станции с заливными окислителями для канализации по неполной раздельной системе. Устройство ее заключается в следующем (черт. 358).

Сточные воды поступают в 3 осадочных бассейна кельнского типа; длина их 32 м, ширина 8,52 м, глубина у входа 2,55 м, а у выхода 1,70 м, емкость каждого бассейна около 577,2 куб. м. (черт. 359). Из этих бассейнов одновременно находятся в работе 2 бассейна, третий очищается от осадков. Из бассейнов сточные воды протекают через 2 сту-



Черт. 359.

пени заливных окислителей, при чем в каждой ступени имеется по 6 окислителей (черт. 358). 3 окислителя в каждой ступени загружены шлаком, а 3 коксом. Размер зерен в окислителях 1-й ступени 10—25 мм и во второй 3—10 мм. Основные размеры окислителей: первой ступени  $27,9 \times 27,8$  м, глубина фильтрующего слоя 1,59 м, второй —  $27,8 \times 34,08$  м и глубина слоя — 1,28 м (черт. 360). Распределение сточной жидкости по поверхности окислителей делается посредством деревянных желобов. Дренажные каналы сделаны из кирпича. Очищенная вода поступает в отводную канаву, устроенную на полях орошения.



Черт. 360.

Количество загрузочного материала в каждом из окислителей 1 347 куб. м. Как осадочные бассейны, так и окислители устроены из бетона. Осадки из бассейнов поступают самотеком на участок полей для их обработки. Московская станция была рассчитана на 6 250 куб. м в сутки. Общая строительная стоимость ее определяется в 300 000 рублей по довоенным ценам <sup>1)</sup>.

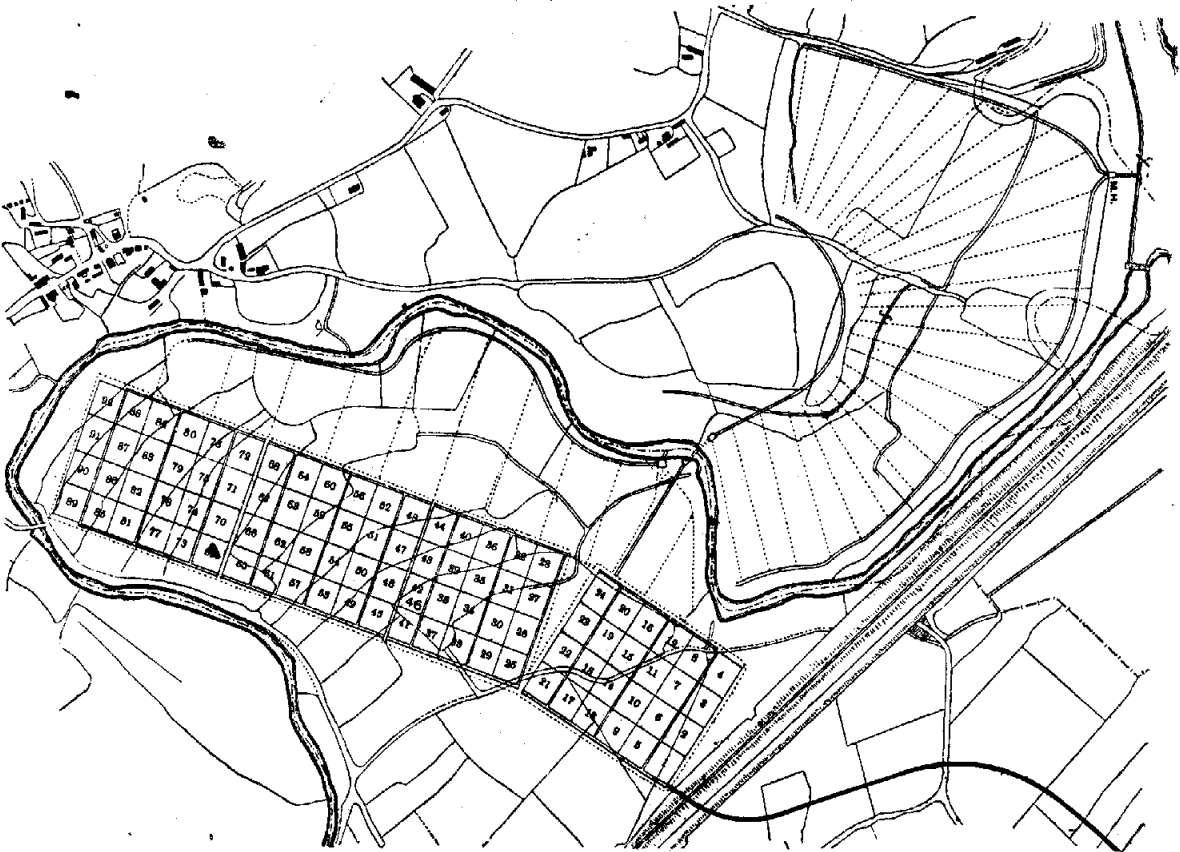
Одной из самых старых и в то же время самых крупных станций в Европе являлась очистная станция г. Манчестера <sup>2)</sup>. Она представляла собой типичный пример станции с заливными окислителями, на которой вследствие применения полураздельной системы происходит, помимо сточной домовой воды, обработка и дождевой воды согласно требованиям Local Government Board. Манчестерская биологическая станция построена в 1902 году после ряда опытов с биологическим способом, бывшим в то время мало разработанным.

Манчестерская очистная станция рассчитана на суточную обработку  $\approx 95\,000$  куб. м сточных вод в сухую погоду. Так как по требованиям Local Government Board приходится сверх городских сточных вод обрабатывать еще 5 объемов дождевой воды, то максимальная пропускная способность станции во время ливней определяется в 570 000 куб. м в сутки; из этого количества два объема дождевой воды рассматриваются, как обыкновенные сточные воды и подвергаются совместной с ними обработке, другие же три объема дождевой воды после отстаивания в осадочных бассейнах подвергаются дополнительной обработке на особых ливневых фильтрах (см. главу XXIII). Вследствие такого огромного расхода сточных вод манчестерская станция занимает два отдельных участка земли (Davyhulme и Flixton), расположенные на значительном расстоянии друг

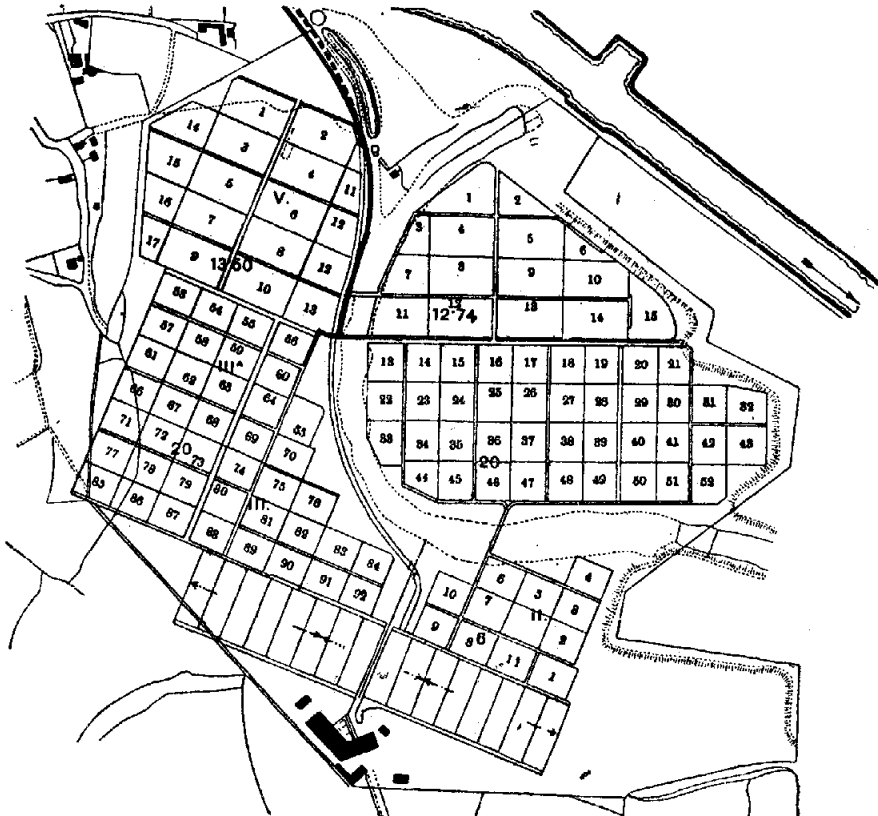
<sup>1)</sup> В настоящее время эта станция не работает со времени войны 1914 года из-за необходимости произвести ее ремонт.

<sup>2)</sup> The Treatment of Manchester sewage, 1902.

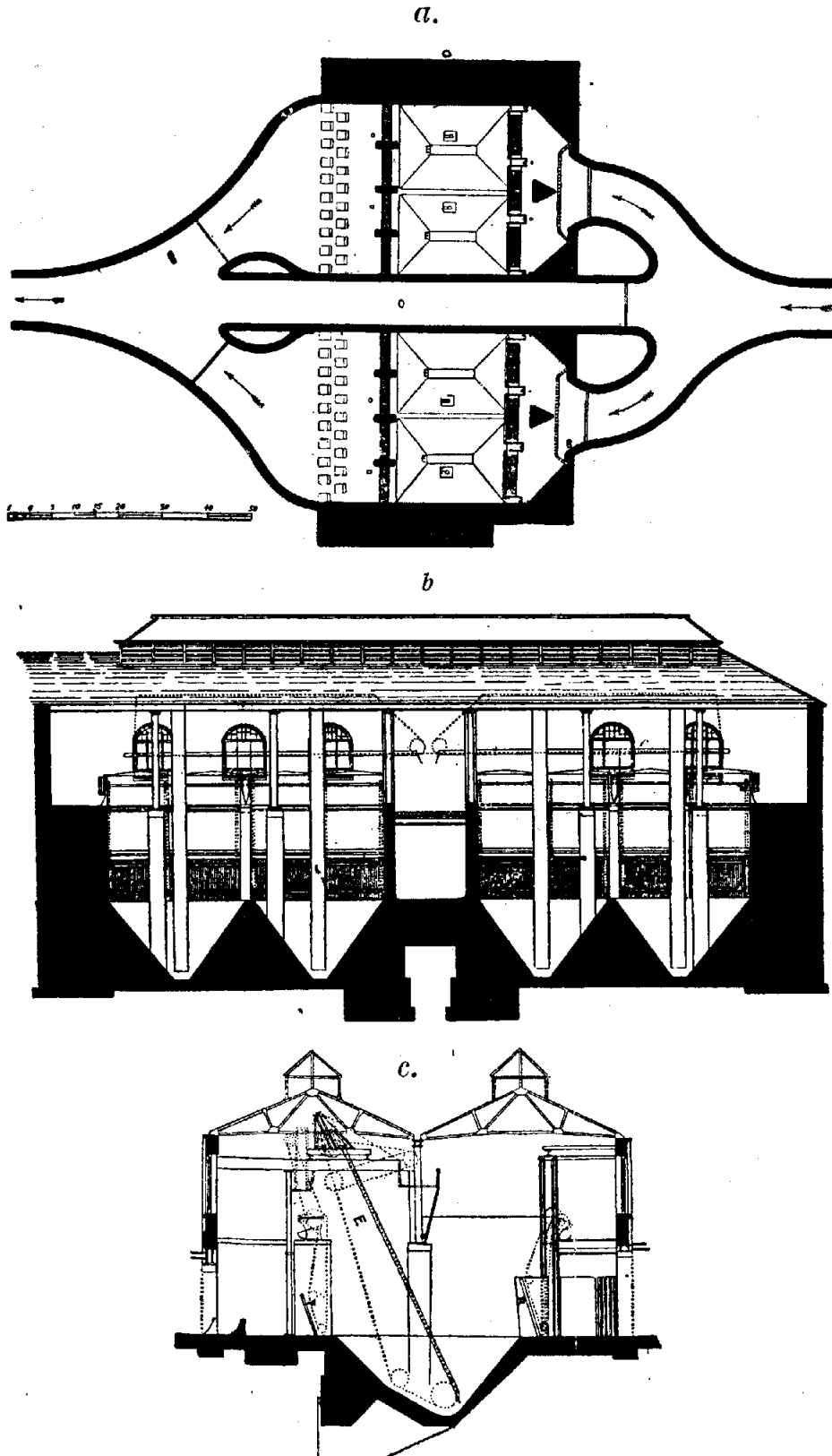
a



b

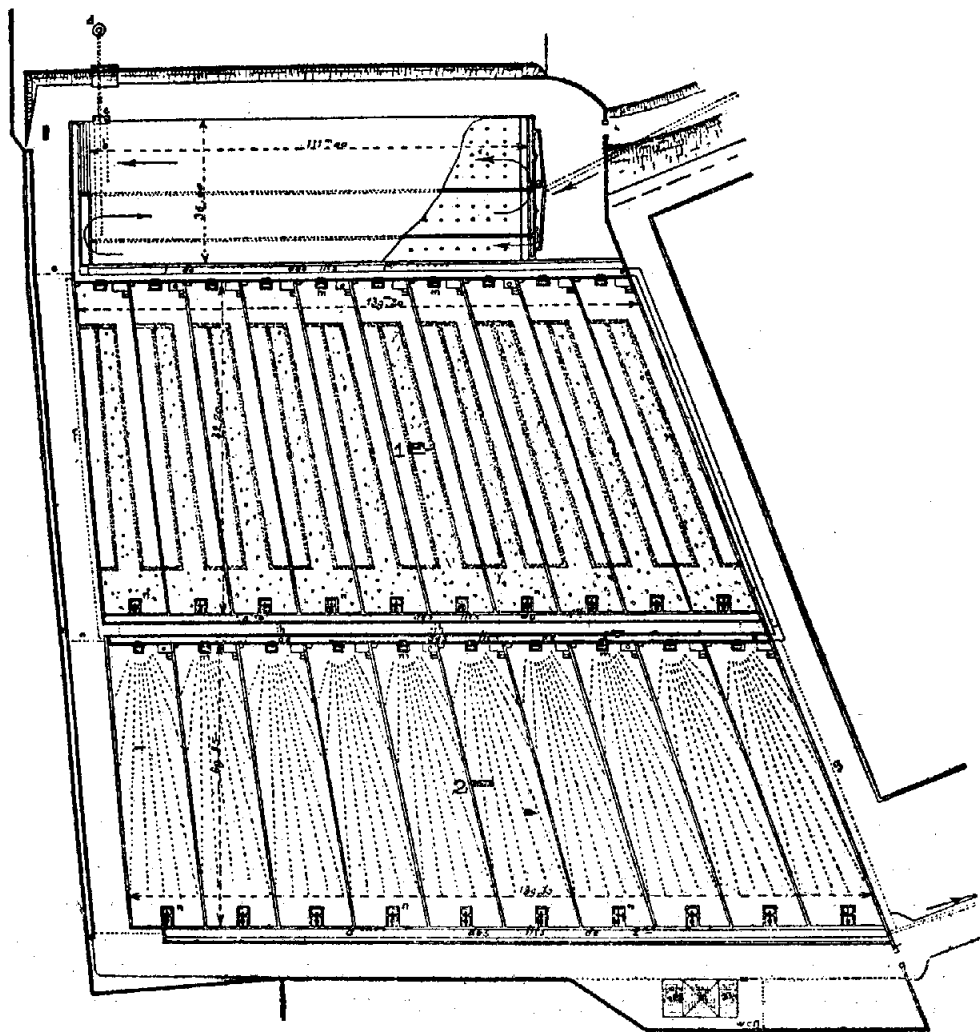


от друга (черт. 361). Сточные воды из главного канала поступают сначала в песколовку (черт. 362), затем в 12 открытых загнивателей и, наконец, в 92 окислителя первой ступени (черт. 361 *a—b*); загниватели расположены по 6 вокруг 4 осадочных бассейнов, предназначенных для осаждения дождевых вод. Все эти сооружения, наравне с 32 фильтрами для ливневой воды (черт. 339—340), расположены на участке в Davyhulme. Из заливных окислителей 1-ой ступени и ливневых фильтров выходит канал, который несет, в зависимости от погоды, от 95 000 до 285 000 куб. м в сутки на участок Flixton, где



Черт. 362.

расположены 92 заливных окислителя второй ступени. На этом же участке имеется площадь для фильтрации через почву истока из заливных окислителей второй ступени (черт. 361 а). Общая емкость 12 загнивателей  $\approx 71\,200$  куб. м, что обуславливает пребывание в них сточных вод в течение 16 часов. Общая емкость осадочных бассейнов для ливневых вод  $\approx 20\,250$  куб. м. Загниватели построены из кирпича, но пол у них устроен из бетона. Осадки из загнивателей удаляются в приемный канал, из которого выкачиваются эжекторами Шона на пароход для отвозки их в море (черт. 172). Общее количество осадков из загнивателей и осадочных бассейнов достигает  $176\,314$  т в год. Окислители построены из бетона. Ливневые фильтры имеют площадь около  $4\,000$  кв. м и глубину фильтрующего слоя  $0,75$  м; они заполнены кирпичным щебнем. Ливневая вода напу-



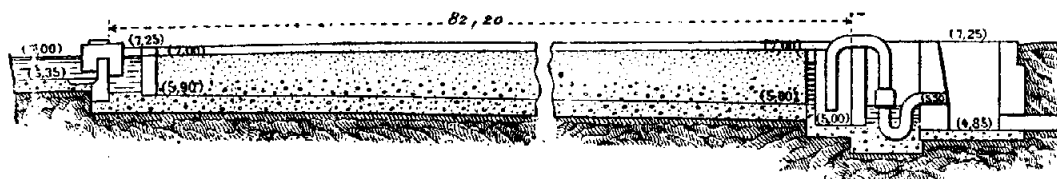
Черт. 363.

скается на высоту  $15$  см над слоем загрузочного материала. В одном ливневом фильтре помещается до  $1\,640$  куб. м воды; все фильтры в сутки пропускают  $\approx 10\,100$  куб. м воды. Общее количество ливневой воды, обрабатываемое на ливневых фильтрах, составляет  $44\,100$  куб. м. Конструкция окислителей 2-й ступени тождественна с конструкцией первичных окислителей. Площадь фильтрационных полей составляет  $25,6$  га, не считая резерва в  $14,4$  га. Общая строительная стоимость всей очистной станции составляла около  $7\frac{1}{2}$  миллионов рублей.

Биологическая очистная станция франц. г. Тулона, построенная в 1909 г. инженерами Valabregue и Maliquet, имеет следующее устройство (черт. 363).

Сточные воды, поднимаемые насосами, поступают сначала в песколовку, а затем в загниватели (черт. 135, стр. 179), которые подобно наумбургскому типу двумя продольными перегородками разделены на три отделения. Емкость первого отделения  $2\,100$ , второго —  $3\,500$  и третьего  $6\,690$  куб. м; общая емкость всех 3 отделений  $12\,200$  куб. м.

По выходе из загнивателей осветленные воды в целях аэрации падают каскадом в канал, питающий заливные окислители 1-й ступени, пройдя который поступают в окислители 2-й ступени. Конструкция заливных окислителей обеих ступеней тождественна и



Черт. 364.

изображена на черт. 364. Вследствие имевшихся в Тулоне затруднений по приобретению шлака загрузка окислителей была сделана следующим образом:

Название слоев материала, начиная с поверхности окислителей	Размер зерен в мм	Толщина слоя в м	
		в окислителе 1-ой ступени	в окислителе 2-ой ступени
Песок . . . . .	3—5	0,10	0,10
Шлак . . . . .	—	—	0,20
Песок . . . . .	3—5	—	0,20
Мелкий гравий (граветт)	5—15	0,20	0,20
	15—25	0,65	0,25
	25—35	0,10	0,10
Гравий . . . . .	—	0,20	0,20
		1,25	1,25

Распределение и отведение сточных вод производилось приборами системы Adams. Дренаж был сделан из кирпичных каналов. Общая площадь окислителей 1-ой ступени 11 000 кв. м, а второй 9 700 кв. м. Предположенное по проекту количество обрабатываемых сточных вод на тулонской станции было в 11 000 куб. м, в настоящее же время к станции притекает только около 6 000 куб. м. Очищенные на очистной станции воды без всякой дальнейшей очистки спускаются по отводному каналу в небольшую приморскую бухту. Вследствие быстрого заиливания поверхностных песчаных слоев окислителей 1-ой ступени были сделаны вокруг них два канала для приема осадков из приводных каналов, которые освобождаются от осадков раз—два в неделю. Кроме того, в тех же целях поверхность окислителей 1-й ступени разделена валиками на три параллельные части, из коих центральная снабжается водой из одной из боковых частей, попеременно. Строительная стоимость станции исчислялась в 210 000 рублей.

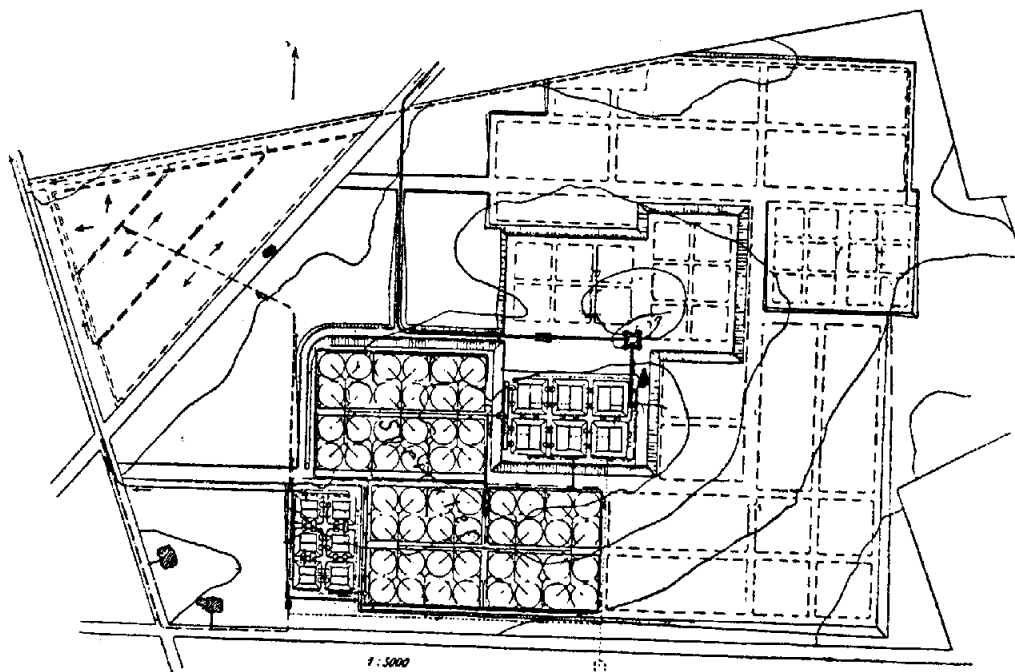
§ 5. Описание биологических станций с капельными окислителями. В этом параграфе мы дадим описание биологических станций с капельными окислителями в гг. Вильмерсдорфе (общесплавная система), Сальфорде, Хэнлее и Харькове (неполная раздельная система).

Одной из самых крупных станций с капельными окислителями в Германии является биологическая станция предместья г. Берлина *Wilmerdorf*<sup>1)</sup>, построенная в 1906 году. Станция рассчитана на обработку 21 600 куб. м в су-

<sup>1)</sup> *Pritzkow*, Beobachtungen und chemisch-physicalische Untersuchungen an den biologischen Reinigungsanlagen der Gemeinde Wilmerdorf, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 13, 1910.



хую погоду (население 200 000 человек), но впоследствии, при присоединении сточных вод других предместий Берлина, может быть увеличена втрое. Устройство вильмерсдорфской очистной станции заключалось в следующем (черт. 365).



Черт. 365.

Сточные воды по напорной трубе поступают сначала в распределительную камеру, расположенную в центре станции; из этого колодца идут два канала, из коих каждый обслуживает группу из 6 загнивателей, общая емкость каковых составляет 10 800 куб. м или  $\frac{1}{2}$  суточного расхода. Одновременно при нормальном притоке в сухую погоду работает одна из групп загнивателей, а другая очищается от осадков. Загниватели (черт. 366 а—с) в каждой группе связаны между собой переливами особой конструкции (черт. 366 с), позволяющей путем вкладывания балок повышать объем обрабатываемой воды (черт. 366 б); подобные же переливы имеются и между загнивателями обеих групп, что позволяет в случае надобности выключить любой из них из работы.

Как видно из черт. 365, сточные воды проходят через загниватели последовательно и из них поступают в сборную камеру для периодического напуска на биологические фильтры (глава XX). Из этой камеры сточные воды поступают по сети разводных каналов на 56 капельных окислителей диаметром 10 м и высотой 2,5 м (черт. 367), поверхность которых орошается распределителями сист. Freund.

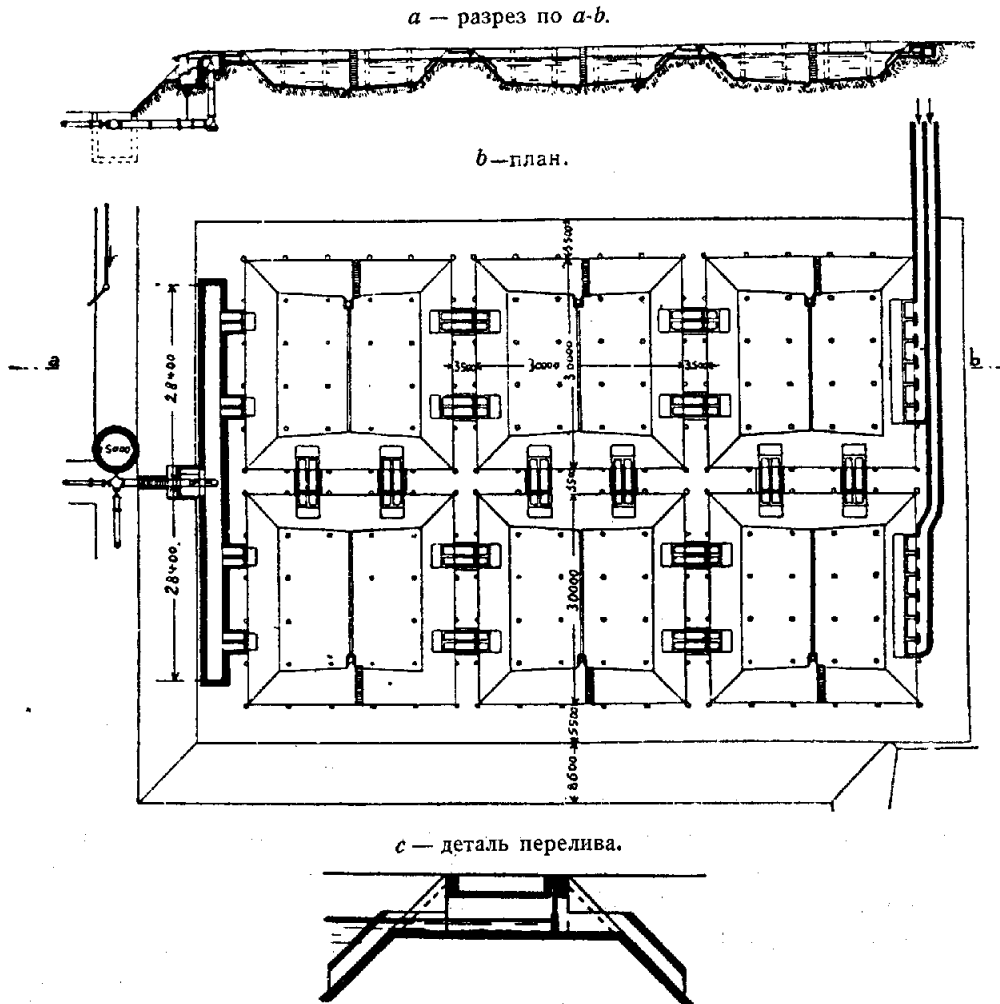
Дренаж сделан из кирпичных каналов, направленных в периферический обводной канал. В качестве загрузочного материала взят для 51 фильтра доменный кокс в кусках от 60 до 200 мм, для 3 — кирпичный щебень, для 1 — щебень из известковых плит и для 1 — бетонный щебень. Для улучшения вентиляции в теле окислителей проложено радиально на высоте 1,5 м от дна восемь вентиляционных труб (черт. 367).

Общее количество загрузочного материала, употребленного на этой станции, составляет 44 000 куб. м, что соответствует  $\approx 2$  куб. м материала на 1 куб. м сточных вод. Такая высокая норма объясняется очень большими размерами кусков загрузочного материала. Исток из капельных окислителей направляется в одну из двух групп осадочных бассейнов, конструированных по типу загнивателей.

Емкость 6 бассейнов в каждой группе составляет 5 460 куб. м. В этих бассейнах для задержания плавающих веществ устроены перегородки. Из бассейнов для осаждения нерастворенных веществ в истоке из биологических окислителей очищенные воды могут или непосредственно спускаться в отводную трубу, или же поступать для дополнительной фильтрации на песчаные фильтры, общая площадь которых составляет 28 000 кв. м;

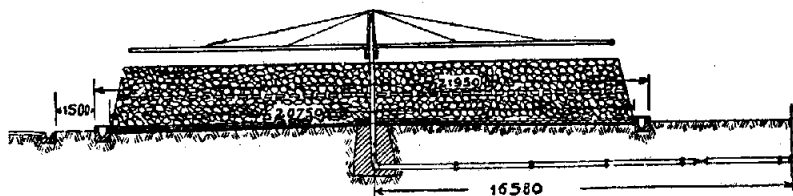
высота фильтрующего слоя от 0,6 до 0,8 м, нагрузка на 1 кв. м поверхности песчаных фильтров 0,75 куб. м.

Продольный разрез по линии всех отдельных очистных сооружений, входящих в состав вильмерсдорфской очистной станции, показан на черт. 368. Из этого чертежа можно видеть последовательное размещение очистных сооружений на различных плоскостях.



Черт. 366.

Осадки из загнивателей и осадочных бассейнов подвергаются обработке в 13 бассейнах, площадью 0,25 га и высотой 1,30 м. Общее количество осадков, которое может быть обработано, составляет около 30 000 куб. м. Главная отводная труба станции спускает очищенные воды в небольшой овраг (Upstallgraben), откуда они по реке Веке попадают в Teltow Kanal.



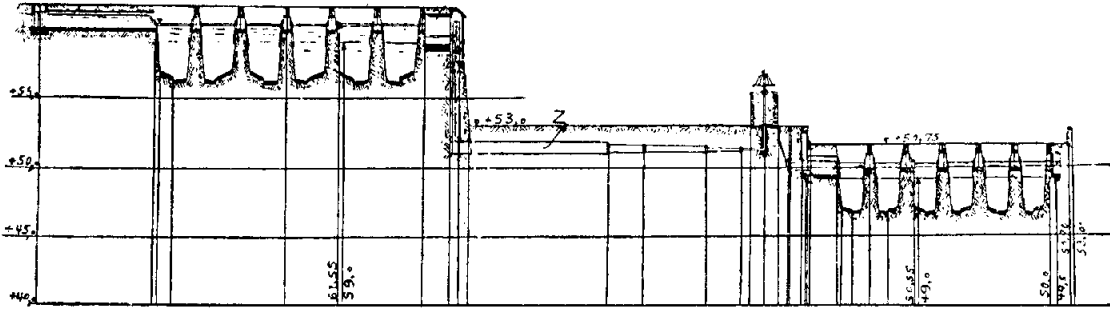
Черт. 367.

Площадь, занимаемая очистной станцией, за исключением бассейнов для обработки осадков, равняется 12,2 га. Общая строительная стоимость вильмерсдорфской очистной станции составляла сумму около 3300000 руб.

Общий вид вильмерсдорфской очистной станции показан на черт. 369. Биологическая очистная станция в г. Сальфорде (Salford)<sup>1)</sup>, построенная Corbett в 1902 г., представляет собой пример станции, где для предваритель-

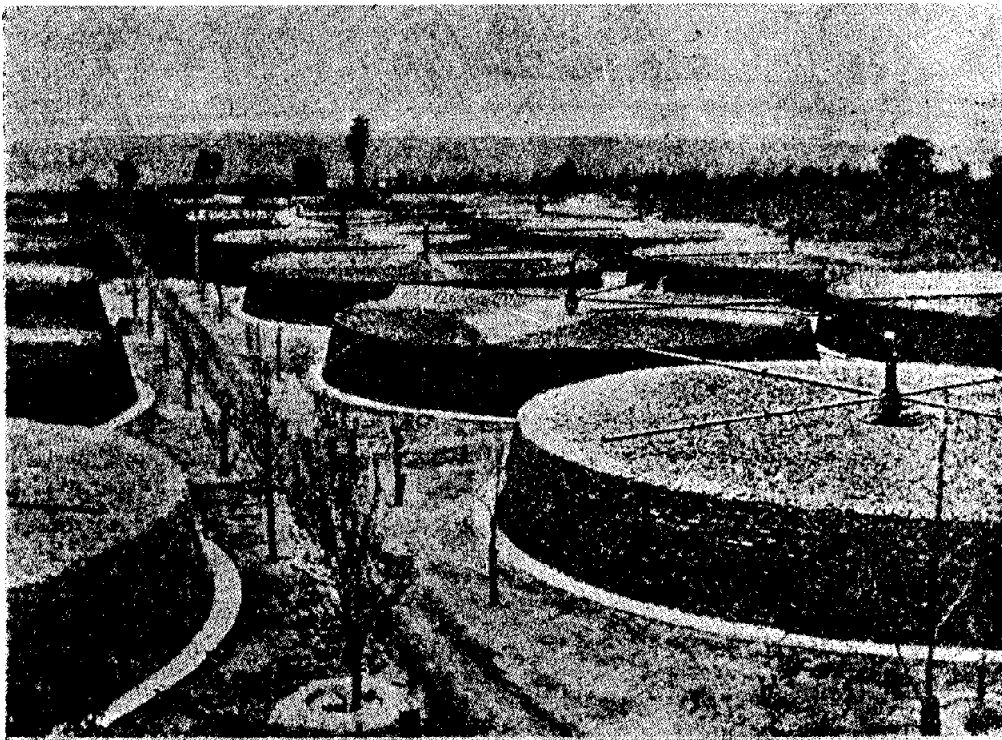
1) Moore and Silcock, Sanitary Engineering Vol. II.

ной обработки вследствие значительной примеси промышленных вод применен *механо-химический способ очистки*. Количество сточных вод, обрабатываемых на сальфордской очистной станции в сухую погоду, составляло 54 500 *кб. м.*, из коих 11 400 *кб. м.* (21%) приходилось на долю промышленных вод: во время дождя приток сточных вод возрастает в 4 раза. Очистная станция гор. Сальфорда в 1908 году имела следующее устройство (черт. 370).



Черт. 368.

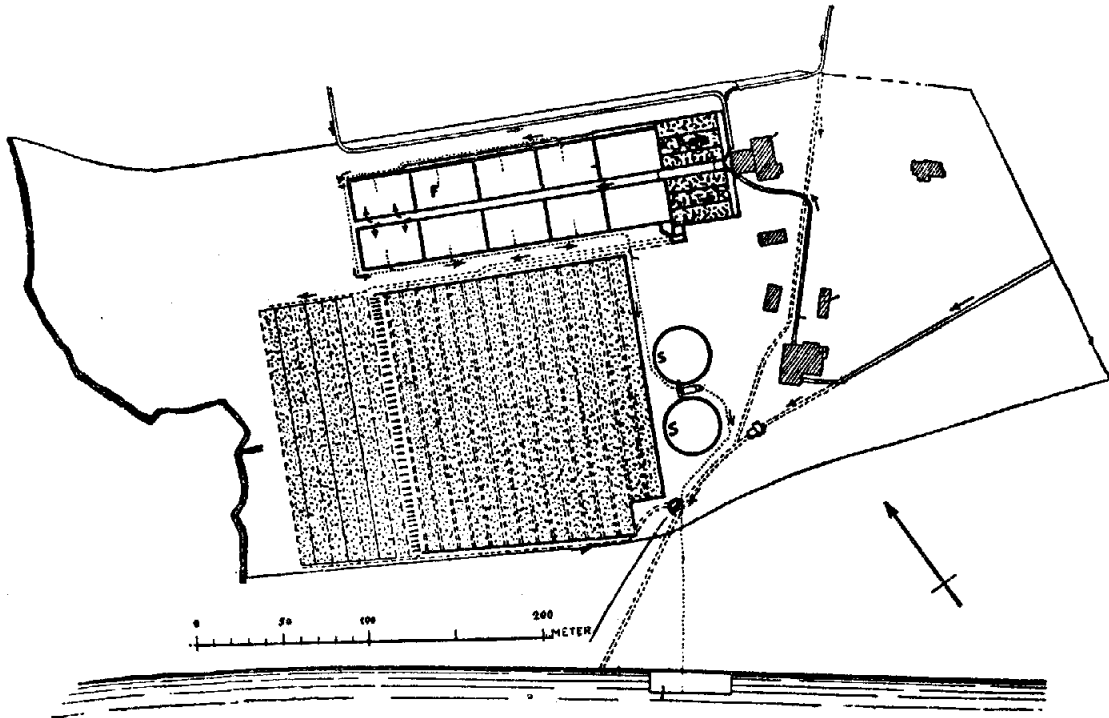
Сточные воды притекают к очистной станции частью самотеком, частью же ( $\frac{4}{3}$  всего количества) подаются 2 насосами мощностью 120 *HP*. Так как в Сальфорде до применения биологической очистки, подобно многим английским городам, существовала механо-химическая очистка, то при постройке новой очистной станции было решено использовать осадочные сооружения для предварительной обработки сточных вод.



Черт. 369.

Сточные воды, пройдя решетки, поступают в камеру смешения, где происходит примешивание извести и сульфата железа. Из камеры смешения сточные воды поступают в продольный центральный канал, глуб. 4 *м.*, длиной 60 *м.*, в котором осаждаются тяжелые частицы. В конце канала сточные воды поступают в старые осадочные бассейны; общая емкость этих 10 бассейнов составляет 25 000 *кб. м.* Сточные воды по желанию могут быть пропущены последовательно чрез 2, 3 и 5 бассейнов; также возможно

пропускать сточные воды и параллельно чрез 9 бассейнов, тогда как десятый бассейн выключается из работы для очистки. Из осадочных бассейнов осветленные воды поступают на грубые фильтры для процеживания еще оставшихся в воде примесей; эти фильтры на глубину 0,9 м загружены кусками кремня размерами 3—5 см, общая площадь их 1700 кв. м. Грубые фильтры (roughness filters, grobfilter) эксплуатируются с подпором в 1,5 м, что, способствуя их быстрой закупорке, вызывает их частую очистку. Для очистки весь материал вынимается и промывается вне фильтров. Из грубых фильтров осветленные воды поступают на капельные окислители, общей площадью в 32 000 кв. м.



Черт. 370.

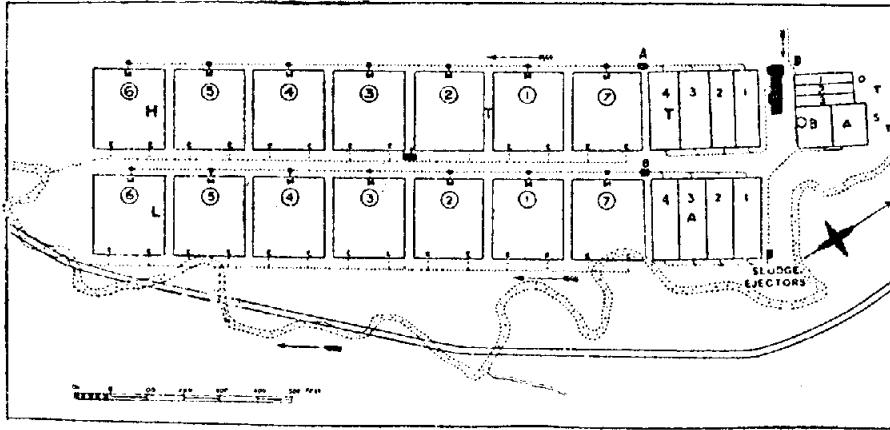
Фильтрационным материалом служит котельный шлак с размерами зерен от 5 до 20 мм, высота фильтров 1,8 м. Распределение сточной воды по поверхности окислителей производится посредством распылителей (черт. 265). Распылители расставлены по питающим их трубам на расстоянии 2 м; расстояние между питательными трубами — 3 м. Давление для работы сальфордских распылителей требуется от 1,35 до 2,4 м. Очищенные воды по дренажным трубам поступают по главному отводному каналу в манчестерский судоходный канал. Осадки из бассейнов и фильтров спускаются самотеком в сборные колодцы, откуда нагнетаются непосредственно в пароходы специальной конструкции для их отвозки в море. Строительная стоимость очистной станции в Сальфорде определялась в 2 500 000 рублей.

Пример биологической установки, на которой применены механические оросители сист. Вилькоккс и Рэйкис (Willcox and Raikes), представляет собой очистная станция английск. гор. Hanley<sup>1)</sup>. Эта очистная станция рассчитана на обработку 6 800 куб. м в сутки в сухую погоду; количество это увеличивается в 6 раз во время ливня, достигая таким образом 40 800 куб. м в сутки. Биологическая очистная станция гор. Hanley, построенная в 1907 году, имеет следующее устройство (черт. 371).

Сточные воды из канала, высотой 1,20 м, поступают прежде всего в камеру, где установлены решетки с механической очисткой для выделения крупных нерастворенных веществ. По выходе из этой камеры сточные воды проходят чрез водослив, на котором

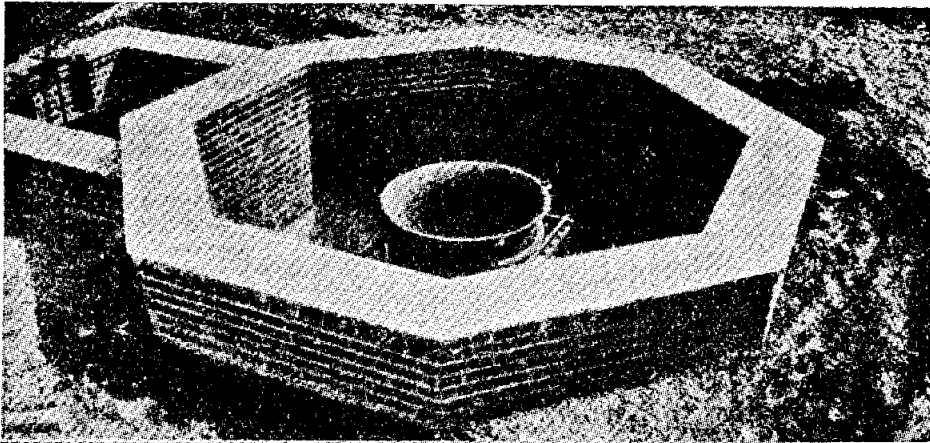
<sup>1)</sup> Moore and Silcock, Sanitary Engineering, Vol. II.

установлен автоматический счетчик для регистрации количества протекающей воды, и поступают в песколовки, из коих 2 находятся постоянно в работе, а третья выключается для очистки. Общая емкость 3 песколовок составляет 1 600 куб. м, т. е.  $\frac{1}{4}$  расхода станции в сухую погоду. Часть осветленной на песколовках воды стекает в приемный колодезь, из которого поднимается насосами на 4 верхних загнивателя (с общей емкостью в 9 300 куб. м), часть же самотеком попадает на 4 нижних загнивателя (общей емкостью в 10 000 куб. м). Из загнивателей осветленные воды поступают на капельные окислители, которые, подобно загнивателям, расположены ступенями. Площадь, зани-



Черт. 371.

маемая окислителями первой ступени, составляет 16 000, а второй 20 000 кв. м. Площадь отдельных окислителей равняется 40 000 кв. м; они для равномерного распределения разбиты на отдельные площади в 1 000 кв. м. Равномерность распределения достигается применением двойных механических оросителей сист. Willcox and Raikes. Окислители устроены в кирпичных бассейнах с бетонным дном. Дренаж устроен из ряда параллельных полутруб, диам. 15 см. Высота фильтрующего слоя, состоящего из отбросов производства по обжигу фарфоровой глины в окислителях, сделана в 1,52 м. Фильтрующий слой состоит из ряда слоев с размерами зерен, возрастающими с поверхности ко дну.

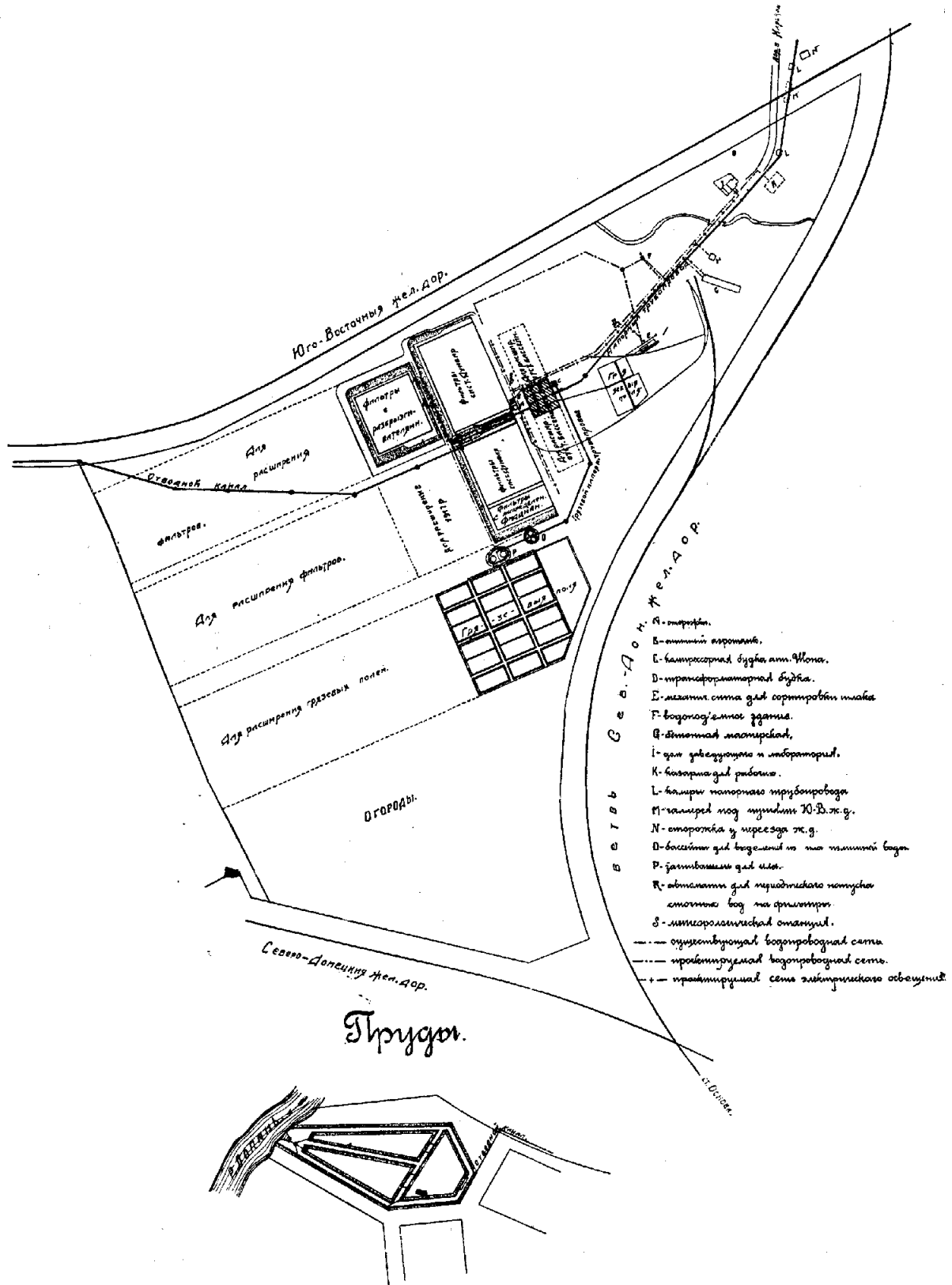


Черт. 372.

Верхний слой, толщиной 0,30 м, имеет размеры кусков в 3 — 6 мм, второй — толщиной 0,70 м — 12 — 6 мм, третий (0,30 м) — 18 — 25 мм и четвертый, представляющий собой кирпичный щебень, высотой 0,22 м — 50 — 65 мм. Общее количество загрузочного материала для построенных окислителей ( $\frac{2}{3}$  всего показанного на черт. 371 количества) равно 130 000 куб. м.

Дождевые и ливневые воды в количестве от 1 до 5 объемов подвергаются обработке на загнивателях и окислителях второй ступени; избыток ливневой воды (выше 5 ед. объемов) направляется в водосливную трубу особой конструкции (черт. 372), где

с помощью нарезки можно установить эту трубу на желаемой высоте. После прохода через окислители очищенные воды направляются по главному отводному каналу в реку Trent. Стоимость построенной части Хэнлейской очистной станции исчисляется приблизительно в 630 000 руб.; в эту цифру не входит стоимость песколовков и нижних загнивателей.



Черт. 373.

Харьковская очистная станция<sup>1)</sup> представляет собой пример очистной станции с двухступенчатыми капельными окислителями, снабженными для распределения сточной воды защитным слоем по системе проф. Дунбара, и с обезвреживанием истока в рыбных прудах (черт. 373).

Сточные воды харьковской канализации подаются по напорной трубе, диам. 60 см, длиной 2 662,5 м на очистную станцию, расположенную у станции Основа, Южн. ж. д. (черт. 373). Сначала они изливаются в 4 отстойника, из коих три (бетонные) устроены по кельнскому типу, емкостью 2 460 куб. м, а четвертый (железобетонный), емкостью 3 690 куб. м, представляет собой видоизмененный по типу эмшерских колодцев осадочный бассейн, т. е. состоящий из двух камер: верхней — осадочной и нижней — септической. Основные размеры первых трех бассейнов: длина — 36,15 м, ширина — 10 м, глубина у впуска сточных вод — 4 м, а у выпуска — 2,95 м; уклон дна — 0,038. Расчетное время пребывания в бассейнах 12 часов, а средняя скорость — 2 мм: четвертый бассейн имеет размеры в плане 35,2 × 8,7 м. Глубина этого бассейна переменная и доходит у воронок для осадков до величины 9,20 м. Из отстойников осветленные воды поступают на 18 капельных окислителей 1-ой ступени, пройдя которые, они проходят через 8 осадочных колодцев, а затем протекают через капельные окислители 2-ой ступени. Полная производительность действующих биологических фильтров 12 300 куб. м в сутки; из них одна группа сооружений для 7 380 куб. м, работая по вышеуказанной схеме, имеет распределение сточных вод посредством защитного слоя по системе проф. Дунбара. Другая группа для очистки 4 920 куб. м, имеет для фильтров первой ступени распределение с разбрызгивателями сист. Stowp. Размеры окислителей первой группы для первой ступени: ширина 10,65 м (2 постели — шириной 14,91 м), длина — 46,86 м и глубина — 1,28 м; для второй ступени длина уменьшена вдвое — 23,43 м, а остальные размеры те-же. Слои загрузочного материала (котельный шлак и шлак из генераторных топок) в окислителях распределены следующим образом:

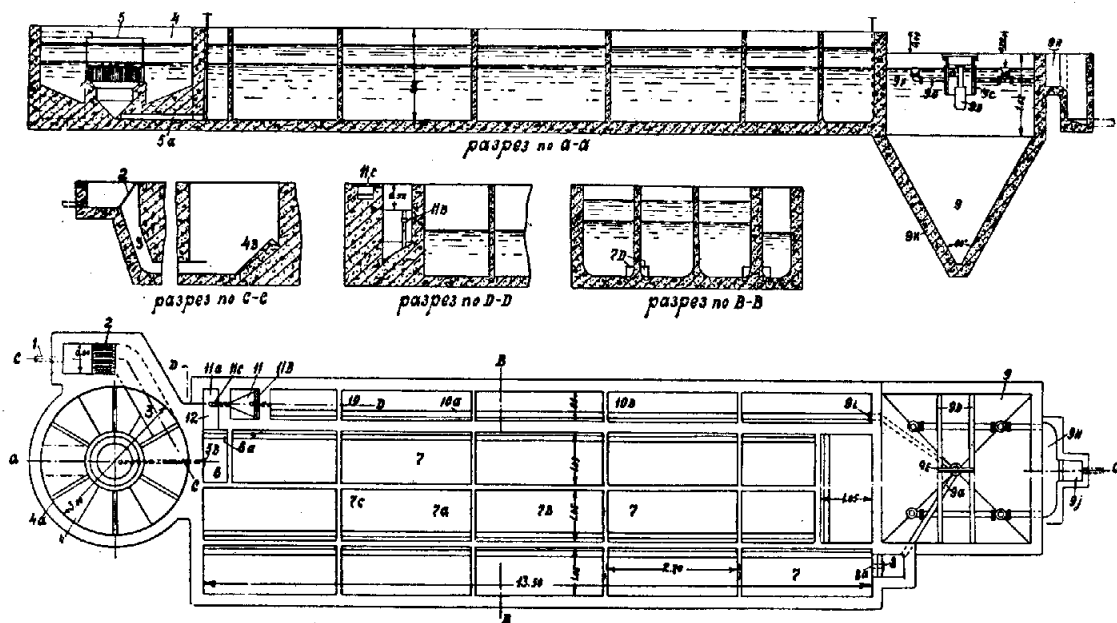
	Размер зерен шлака в мм	Толщина слоя в м
1 слой	3—5	0,07
2 "	5—15	0,04
3 "	15—25	0,14
4 "	25—40	1,20
5 "	40—65	0,15

Размеры окислителей 2 группы (с разбрызгивателями) для 1-ой ступени: ширина 19,11 м, длина — 42,6 м и глубина — 2,02 м, объем загрузочного материала в фильтрах первой ступени составляет  $\frac{2}{3}$  объема сточных вод, а второй —  $\frac{1}{3}$  этого объема. Очищенная на окислителях сточная вода или поступает в 3 пруда, общей площадью до  $1\frac{1}{4}$  га, или направляется в р. Лопань. Осадки удаляются эжектором Шона и обрабатываются на дренажных площадках.

§ 6. Описание биологических станций с аэро-тэнками английского и американского типа. Английское Общество „Activated Sludge Co, Ltd, London“, приобретшее патент на постройку аэро-тэнков сист. Fowler, внесло

<sup>1)</sup> Инж. Д. С. Черкес. Канализация г. Харькова и ее очистные сооружения, 1922.

в их конструкцию некоторые, указанные практикой их применения, изменения. В результате получился тип аэро-тэнка<sup>1)</sup>, показанный на черт. 374.



Черт. 374.

Сточные воды притекают в аэро-тэнк по трубе (1) и проходят в коротком канале через решетку с крупными отверстиями (2) и затем по наклонной к вертикали трубе (3) поступают в осадочный колодезь (4), в который по трубам 4А поступает воздух. Осветленные сточные воды, пройдя колодезь 4, имеющий в нижней части порог 4В, протекают чрез решетку с мелкими отверстиями, по трубе 5А чрез отверстие 5В в резервуар для вторичного перемешивания 6 с воздухом, притекающим по трубе 6А; отсюда они изливаются в аэро-тэнк (7), имеющий 2 продольные (7В) и поперечные стенки (7С), имеющие назначение удлинить путь прохода сточных вод и тем самым способствовать интенсификации смешивания осветленных вод с воздухом, который поступает таким образом в третий раз по трубам (7А), через впуски 7Д. Через выпускную трубу (8) и водослив (8А) очищенные воды протекают в примыкающий к аэро-тэнкам осадочный колодезь 9, снабженный впуском Clifford (9А, 9В, 9С), укрепленным на 2 железных балках (9Д, 9Е), и изливаются по трубе 9С в отводной канал 9Н и, пройдя колодезь 9I, изливаются в водный проток. Оставшаяся на дне колодца смесь активного ила и осадков нагнетается посредством сжатого воздуха через трубу 9 в камеру 12, перед которой установлены два воздушных насоса (11 и 11А).

Примером маленькой очистной станции с аэро-тэнками, где воздух поступает чрез пористые пластинки, может служить станция в г. Scherman (Texas)<sup>2)</sup> для населения в 15 000 человек со сточными водами домового характера (черт. 375), построенная в 1919 году.

Сточные воды по трубе 60 см протекают чрез решетки в песколовку и через ее порог изливаются в 2 аэро-тэнка, состоящие из 3 отделений; из аэро-тэнков они поступают в 2 осадочных бассейна, а оттуда чрез глухой водослив изливаются в проток Town Branch. Активный ил из осадочных бассейнов перед впуском в аэро-тэнки подвергается реаэрации в особых бассейнах сбоку аэро-тэнков. Избыточный ил из осадочных бассейнов или спускается в реку или подсушивается на дренажных площадках. Приблизительная стоимость этой станции — 70 000 рублей.

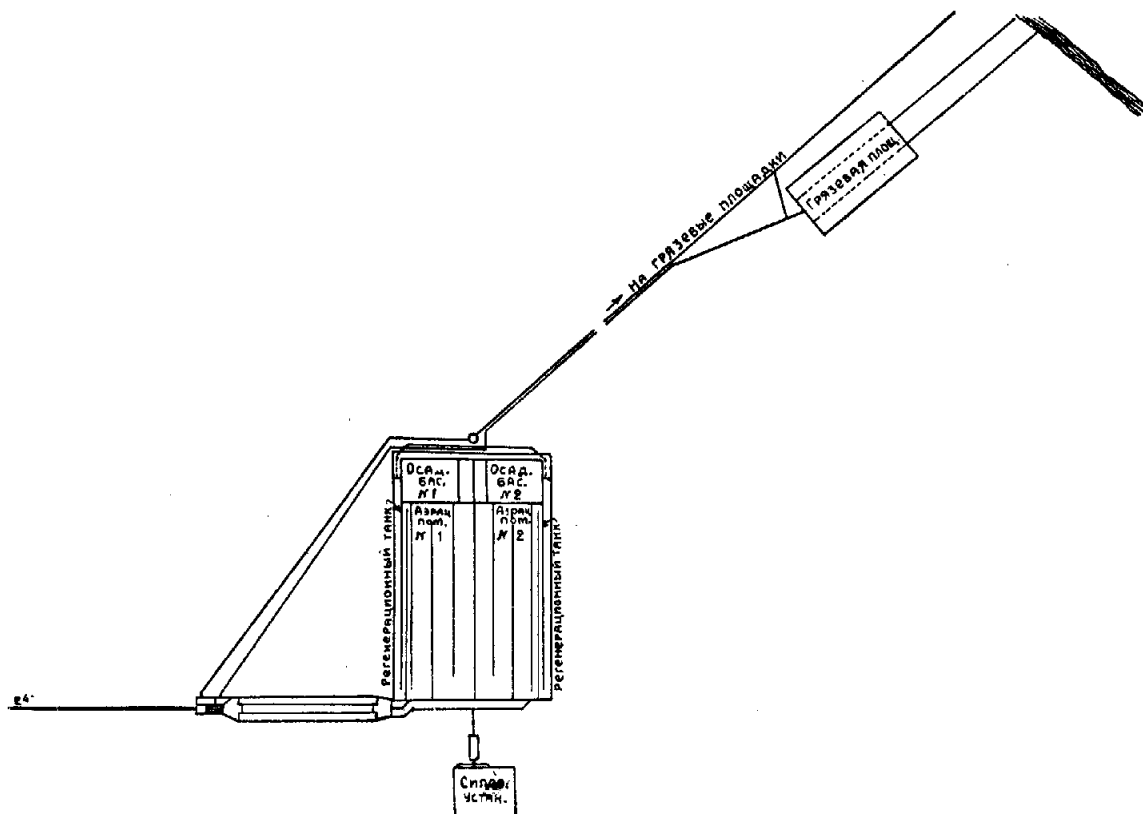
1) Smit, De hegendeagsche stand van het vraagstuk der zuivering van huisboudelijk en industrieel afvalwater, Rotterdam, 1925.

2) Wagenhals, Theriault and Hommon, Sewage treatment in the United States, 1923.



Примером станции для очистки сточных вод активным илом при населении в 100 000 человек и применении общесплавной системы служит северная станция в гор. Houston (Texas), построенная в 1917 г. (черт. 376)<sup>1)</sup>.

Сточные воды, поднятые насосами, поступают в главный канал из бетона, ведущий к очистной станции; вследствие этого в ее схеме нет песколовки. Первым звеном станции являются 2 аэро-тэнка, по обоим сторонам которых расположены бассейны для реаэрации активного ила. Из аэро-тэнков сточные воды поступают по каналу в осадочные бассейны и из них поступают по главному отводному каналу в р. Buffalo. Отношение ширины к длине аэро-тэнка — 1:15,5. Пластинки для пропуска воздуха занимают около  $\frac{1}{7}$  площади пола.

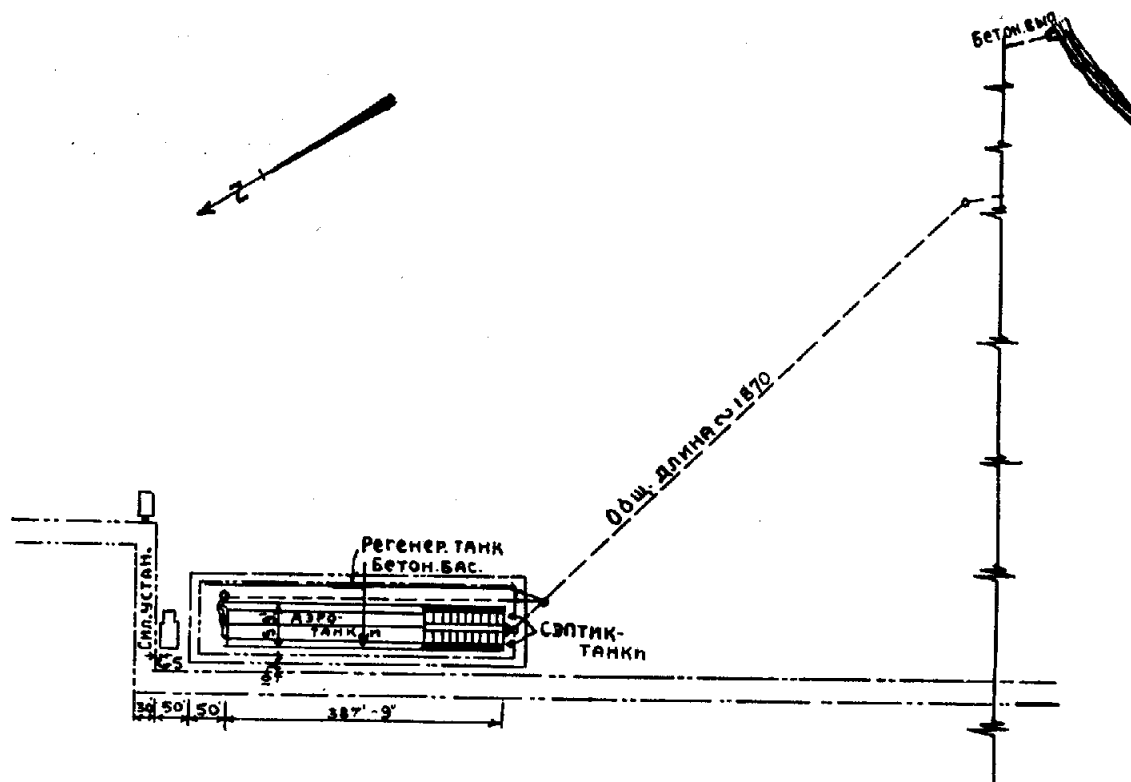


Черт. 375.

Воздух вдувается не только через дно аэро-тэнков, но и в соединительный канал между ними и бассейнами для осаждения смеси из примесей и активного ила. Количество вдуваемого воздуха в 11,2 куб. м на 1 000 л сточных вод. Активный ил из осадочных бассейнов нагнетается воздушными подъемниками в бассейны для реаэрации, имеющие вдвое меньшую ширину, чем аэраторы. Аэрированный (активный) ил поступает в канал, приводящий сточные воды в аэро-тэнки. Все двигатели, насосы, воздухоподъемники и пр. сконцентрированы в одном общем здании, расположенном перед станцией. Во время ливней, вносящих в канализационную сеть много песка, сточные воды, минуя станцию, спускаются по обводному каналу в реку. Обработка избыточного ила производится следующим образом: сначала ил нагнетается в 3 больших деревянных чана, установленных на ж.-бетонном помосте. После осаждения ил поступает в эжекторы и нагнетается ими в 2 фильтр-пресса, где и трансформируется в брикеты. Брикеты поступают в закрома, откуда посредством конвейера передаются в сушилки. Высушенные куски, после пропуска чрез решетки, передаются по транспортерным лентам в закрома, а оттуда по другим транспортерам по мере надобности передаются в вагоны или телеги. Кроме того, на станции еще устроены и открытые бассейны для ила (lagoons).

<sup>1)</sup> *Wagenhals, Theriault and Hommon, Sewage treatment in the United States, 1923.*

Обе американские станции в настоящее время можно считать несколько устарелыми, так как в новейших конструкциях не применяют реаэрации активного ила, что подтверждается и нашими московскими опытами.



Черт. 376.

Примером станции с био-аэраторами Haworth может служить французская станция в Mont-Mesly в окрестностях Парижа для очистки 6 000 куб. м в сутки (черт. 377)<sup>1)</sup>.

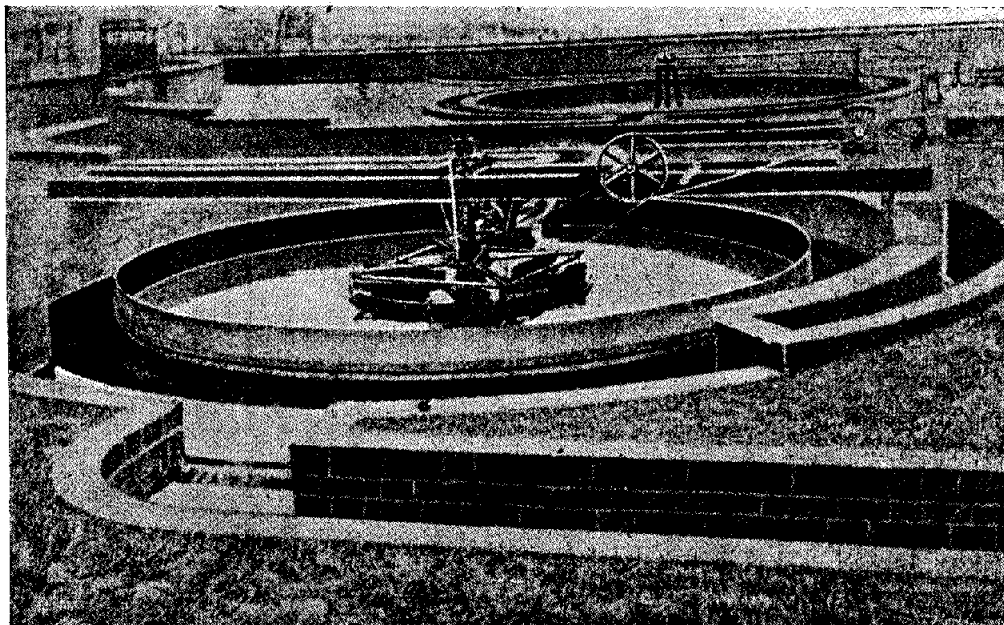
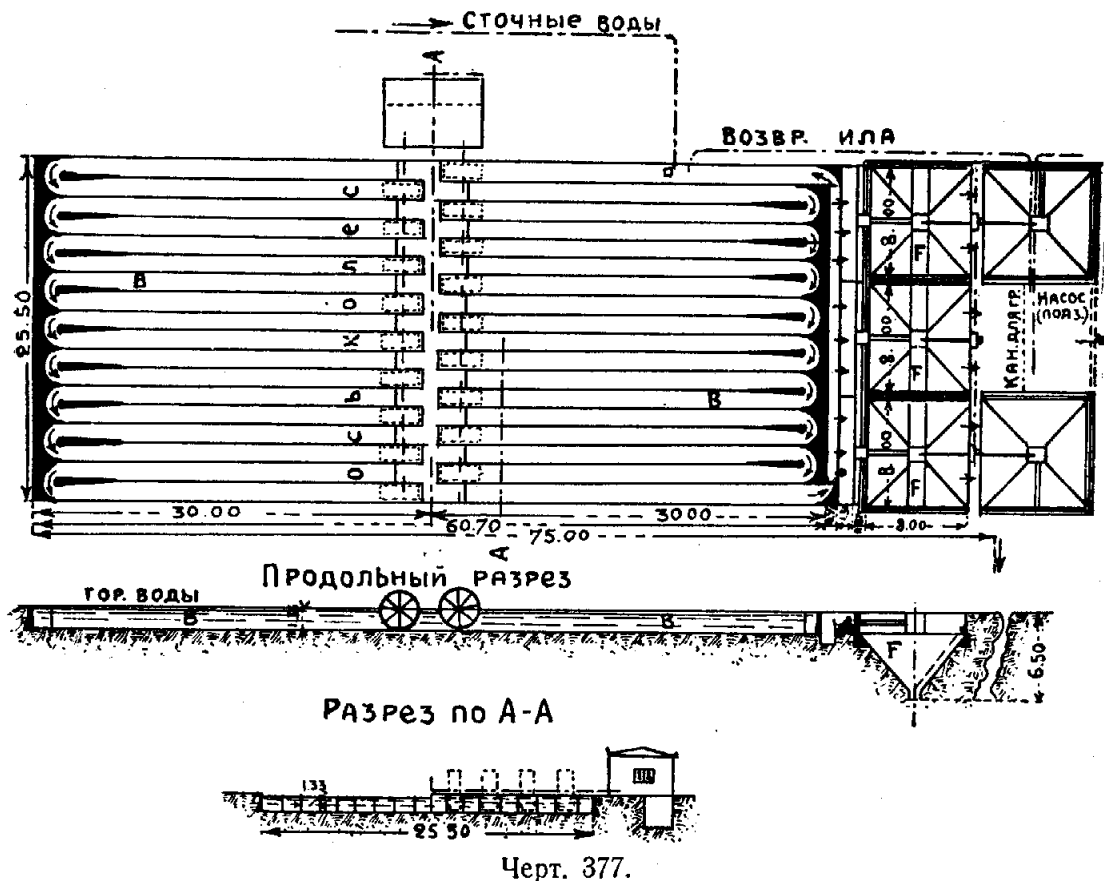
Сточные воды парижских предместьев Ivry и Vitry, нагнетаемые насосами, поступают по трубе 1 в био-аэраторы В, площ.  $60 \times 25$  кв. м, глуб. 1,3 м, разделенные продольными перегородками на 18 отделений, шириной 1,33 м. В середине био-аэраторов установлены разделенные продольными стенками С 2 комплекта колес Haworth'a (по 9 в каждом комплекте), приводимых в движение электромотором в 16 HP и укрепленных на двух параллельных валах. Эти колеса и вдувают воздух из атмосферы в био-аэраторы.

Сточные воды из био-аэраторов поступают в 5 осадочных бассейнов, сечением  $8 \times 8$  кв. м и глубиной 6,5 м. Исток из бассейнов направляется в Сену. Ил из осадочных бассейнов перекачивается в канал перед поступлением в био-аэраторы, а избыток его направляется на площадки для подсушки. Для того, чтобы пустить био-аэратор после постройки в работу, в него напустили 300 куб. м осадков и почти такое же количество сточной воды. Только по истечении 36 дней очистная станция стала работать, так как к этому сроку получился активный ил (с содержанием воды до 97,20%).

Примером очистной станции, устроенной по системе поверхностной аэрации, может служить опытная установка в г. Вигу для очистки 228 куб. м в сутки. В целях более ясного представления об этой системе приводим фотографию этой установки (черт. 378).

Подробное описание этой системы нами дано выше, в главе XXI, и поэтому здесь мы не будем на ней останавливаться.

<sup>1)</sup> Cavel, Le traitement des eaux d'égout par les boues activées, Revue d'Hygiène 1925.

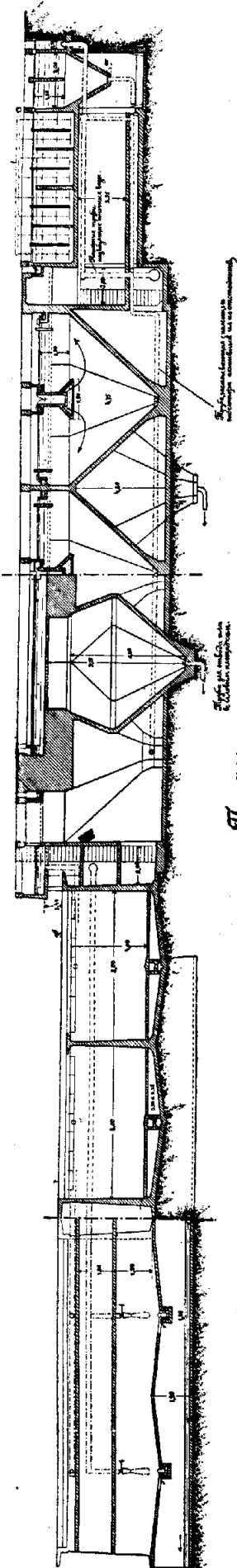


Черт. 378.

§ 7. Описание биологической станции с аэро-фильтрами московского типа. Краткое описание системы с очисткой сточных вод на аэро-фильтрах нами было дано в XXII главе. Здесь же мы дадим описание строящейся московской станции для очистки 12 300 куб. м в сутки (черт. 379).

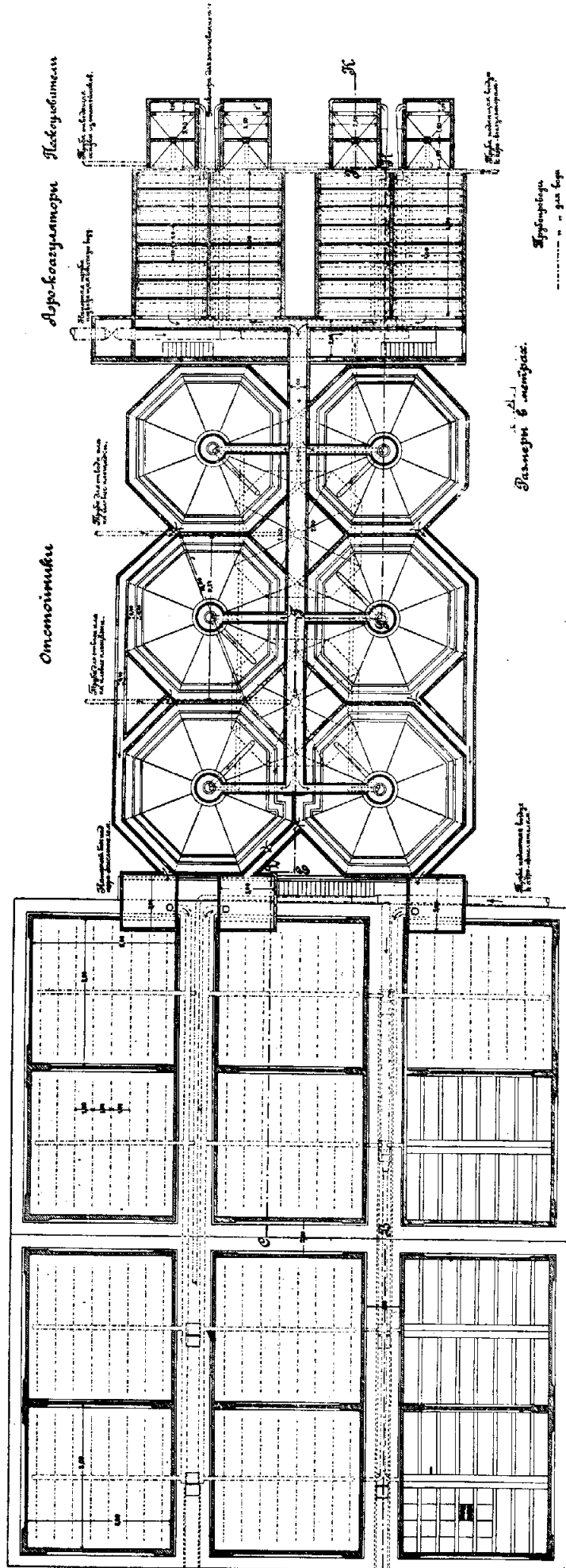
Сточные воды по напорным трубам подаются в первое отделение песколовок, шириной 0,5 м., а оттуда через отверстие в верхней части изливаются в песколовки, разделенные перегородкой на 2 части. Число песколовок—4 (3 действующих и 1 запасная).

Продольный разрезно *abcdefghik*.



План

Аэро-обиситетем.



Черт. 379.

Песколовки устроены по типу колодцев Sandy (глава VIII, § 3) т. е. колодцев с пирамидальным дном, стенки которых наклонены под углом в  $60^\circ$ . Размеры песколовок: 3 м длины, 2,5 м ширины и 2,7 м глубины. На трубах, подающих сточные воды в песколовку, помещены эжекторы, помощью которых по особому трубопроводу засасывается ил из отстойников. Осадки из песколовок частью удаляются механическим путем, частью же по трубе спускаются на иловые площадки. Из песколовок сточные воды притекают в 4 аэро-коагулятора (3 действующих, 1 запасный), представляющие собой бассейны с размерами  $8 \times 8 \times 2$  м, разделенные 7 поперечными перегородками сечением в плане  $4 \times 1$  кв. м на 8 частей, благодаря чему здесь достигается интенсивное перемешивание воздуха со сточной водой и вносимым ею активным илом в течении 15 минут. Воздух подается под напором в 3 м в нижние части аэро-коагулятора.

Непосредственно к аэро-коагуляторам, являющимся по существу аэро-танками англо-американского типа, устроен входной корридор с лестничными клетками в целях удобного сообщения с галлереей под аэро-коагуляторами и с помещениями между смежными песколовками для возможности обслуживания эжектора, напорных и иловых труб. Из того же корридора имеется вход в помещение под отстойниками для обслуживания проходящих по нему иловых труб.

Из аэро-коагуляторов через широкие водосливы осветленные сточные воды попадают в приводной канал, шириной 1 м, откуда по поперечным каналам изливаются в 6 отстойных колодцев, восьмиугольного очертания с нижней пирамидальной частью. Из поперечных каналов сточные воды протекают по кольцевым водосливам через вертикальные бетонные трубы, снабженные внизу воронкой с глухим дном для ослабления скорости, и падают в отстойные колодцы. После падения в нижнюю часть колодца осветленные сточные воды поднимаются вверх и изливаются по круговому желобу в распределительные баки для аэро-фильтров. Общая емкость каждого из отстойников—290 куб. м, емкость, занимаемая осадками—170 куб. м. Осевший вместе с примесями ил в отстойнике засасывается эжектором для передачи его по трубопроводу, а избыточный ил под давлением столба жидкости в 1,60 м поступает в 2 бродильные камеры, откуда после пребывания в течении 2 недель передается на иловые площадки. Кроме того, в случае надобности возможно устроить пропуск сточных вод из песколовок в отстойные колодцы, минуя аэро-коагуляторы. Из каждой пары отстойников осветленные сточные воды притекают в распределительные баки, (общее число их 3), из коих они по специальному трубопроводу спринклерами орошают поверхность аэро-фильтра, высотой 4 м. Общее число аэро-фильтров пока намечено 6, но в случае надобности будет увеличено до 12. Каждый аэро-фильтр снабжен двойным дном, из коих верхнее—дырчатое. Через это дно и подводится на встречу очищаемой воде воздух под давлением не свыше 200 мм. Нижнее днище имеет уклон к середине, где устроен отводящий очищенные воды лоток, переходящий за пределами аэро-фильтра в трубу. В целях предотвращения выпуска нагнетаемого в аэро-фильтры воздуха каждый аэро-фильтр имеет водяной затвор высотой 25 см., пройдя который очищенные воды поступают в водоотводную галерею, а затем в водоотводную трубу, по которой изливаются в р. Москву. Между отдельными аэро-фильтрами устроены проходы в разных уровнях для удобного обслуживания распределительных устройств, воздухопроводных труб и пр.

## ГЛАВА XXVI.

### Эксплоатация очистных станций

§ 1. О заведывании очистными станциями. *Правильная эксплуатация очистных станций имеет весьма важное значение, так как в противном случае очистка сточных вод будет вестись неудовлетворительно, не достигая назначенного для нее коэффициента полезного действия и вызывая нередко несправедливые нарекания на строителя очистных сооружений. К сожалению, эта истина не всегда усваивается коммунальными управлениями не только у нас, но и за границей, вследствие чего мы видим во главе управления очистными станциями недостаточно подготовленных к этому трудному делу деятелей. Между теми теоретическими количествами сточных вод, на которые рассчитаны отдельные части очистных сооружений, и действительно протекающими в них в первые годы эксплуатации, всегда имеется некоторая разница. Поэтому на обязанности заведующего очистной станцией лежит проверка работы каждого из очистных сооружений опытным путем и определение тех условий, при которых они будут давать наилучший эффект очистки сточных вод. Поэтому заведующий очистной станцией должен быть хорошо знаком с канализационным делом вообще, а также иметь достаточные познания в Гидравлике, Прикладной Механике, Химии, Бактериологии, Биологии и Земледелии. Но, разумеется, приглашение таких опытных специалистов является под силу только коммунальным управлениям больших городов, где является вполне возможным приглашение и нескольких специалистов (санитарного инженера, гигиениста, агронома), что только может способствовать успеху дела. Для небольших же городов приходится довольствоваться менее компетентным персоналом, но для наилучшей работы их очистных станций все же следует приглашать в качестве инспекторов и консультантов опытных лиц, которые могли бы приходить на помощь своими советами в затруднительных случаях и производить периодически проверку очистной станции. Таким образом, только при подборе для заведывания станциями опытных лиц можно быть уверенным в том, что получится заданная степень очистки сточных вод.*

§ 2. Контроль работы очистных станций. Для производства контроля за работой очистных станций необходимо устройство на территории их лабораторий для производства химических и бактериологических анализов, как необработанной сточной воды, так и истока из каждой группы сооружений, входящих в состав очистной станции. На больших очистных сооружениях (Москва) желательно иметь в лабораториях и отделения для биологического

*анализа* сточных вод, т. е. установления флоры и фауны, если, конечно, для производства этих анализов будут приглашены компетентные лица. Наоборот, в небольших городах вследствие недостаточных средств нередко приходится совершенно отказываться от устройства лабораторий. Но и в этих случаях для изучения работ очистной станции представляется необходимым производство периодически химических и бактериологических анализов в ближайшей к городу лаборатории Окрздрава или же в крайнем случае поручение производить анализы лучшей аптеке города.

*Анализы сточной и очищаемой* в различных сооружениях воды дают нам вполне определенные указания о работе очистных станций, на основании которых нетрудно установить те средние нормы состава осветленной или очищенной воды, которые могут быть получены на исследуемой станции. Резкие отступления от таких средних норм нам ясно укажут, что наша станция или работает с перегрузкой вследствие увеличения общего количества сточных вод, или в ее сооружениях произошли какие-либо дефекты, понижающие их производительность.

Помимо исследования сточной и обработанной воды, необходимо в лаборатории производить и *исследования осадков*, получающихся в различных сооружениях, входящих в состав очистных станций. Определение содержания в осадках воды и их составных частей дает нам необходимые сведения как для применения наилучшего при данных обстоятельствах способа их обработки (подроб. см. главу XIV), так и для выяснения причин, ухудшающих их состав (напр., увеличение содержания воды).

Для производства химических и бактериологических анализов необходимо весьма тщательно производить *выемку проб сточной или обработанной воды*. Для установления однообразных приемов б. Медицинским Советом <sup>1)</sup> еще в 1908 г. были выработаны специальные *правила для выемки, укупорки и сохранения проб*. В настоящее время разработаны специалистами новые правила для этой же цели <sup>2)</sup>.

*Анализы сточной воды* следует производить немедленно по взятии пробы, что является выполнимым при постройке на территории очистной станции лаборатории. При пересылке же проб воды в другие города приходится прибегать к *консервированию воды*, для чего к 1 л профильтрованной воды прибавляется 2 куб. см 25% -ной серной кислоты и к 1 л нефилтрованной воды 2 куб. см хлороформа.

В сточных, осветленных и очищенных водах путем химических и бактериологических анализов делают следующие определения: а) *качественные—физические и химические*: цвет, запах, прозрачность, осадок, температура, реакция, азотистая кислота, азотная кислота, фосфорная кислота, сероводород, ядовитые вещества и специфические примеси от производств (если к городским сточным водам примешаны в значительном количестве промышленные воды); б) *количественные химические*: осадок, взвешенные вещества органические,

<sup>1)</sup> Эти правила приведены в сочинении проф. В. Е. Тимонова. Водоснабжение и Водостоки, том III, 1913. Автор.

<sup>2)</sup> Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод, Изд. Пост. Бюро Вод и С. Т. съездов, Москва, 1927.







взвешенные вещества неорганические, плотный остаток, потеря при прокаливании, окисляемость, хлор, аммиак, скорость поглощения кислорода; *с) количественные бактериологические; d) качественные бактериологические*: кишечная палочка (*bacillus coli*) и болезнетворные микроорганизмы (палочка брюшного тифа, холерный вибрион), факультативно.

При анализе осадков определяются физические свойства и морфологический состав, вода, зола, азотистые примеси, азотная и азотистая кислоты, аммиак, сероводород и специфические примеси.

Результаты химических анализов выражаются в мг в 1 л (1:1 000 000), а количественных бактериологических—в числе бактерий, содержащихся в 1 куб. см; результаты анализа осадков принято выражать в процентах.

Описание методов производства химических и бактериологических анализов сточных вод не входит в круг наших задач, и интересующимся более детально этими вопросами мы рекомендуем сочинения, приведенные нами в примечании<sup>1)</sup>.

Но для полного осуществления контроля работы очистной станции недостаточно заниматься исследованием качества сточной воды в различных стадиях ее обработки, необходимо иметь в своем распоряжении и данные о количестве воды, протекающей чрез каждое сооружение, входящее в состав очистной станции. Только сопоставляя качество и количество воды, прошедшее чрез очистное сооружение, мы можем иметь правильное представление о работе очистной станции.

Для определения количества воды необходимо ежедневно производить соответственные измерения посредством водосливов с автоматическими счетчиками или приборов специальной конструкции. Результаты измерений количества и анализов качества воды должны заноситься ежедневно в особые журналы, что помогает заведующему очистной станцией установить отклонения от средних цифр для данной станции. Помимо этого, журналы для измерений и анализов облегчают надзор за очистными станциями для правительственных агентов. Для облегчения записи в журналы следует все однородные сооружения перенумеровать на генеральном плане очистной станции и поставить соответственно этой нумерации дощечки с номерами у каждого сооружения. Подобная нумерация была произведена на очистной станции г. Хэнлей (черт. 371). На этой очистной станции ведутся различные журналы, которые мы приводим выше в качестве примера для составления журналов очистных станций.

Приборы для измерения количества воды нами были описаны выше, в § 2 II главы. Здесь мы только считаем нужным подчеркнуть, что для больших очистных станций, где имеется много отдельных сооружений, желательно иметь всюду в целях облегчения надзора автоматические счетчики типа Вентури (черт. 9,) *Lea Recorder* (черт. 8), *Hutchinson*<sup>2)</sup> и т. под. Если автоматические

<sup>1)</sup> Проф. В. Г. Хлопин, Химические методы исследования питьевых и сточных вод, 1913; *Mitteilungen der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung*, Heft I—XVI, 1901—1913; *Rideal*, Sewage and the bacterial purification of sewage, 1906; Проф. В. Г. Хлопин. Основы Гигиены, 1922—24; *Wagenhals, Theriault and Hotton*, Sewage treatment in the United States, 1922 и др.

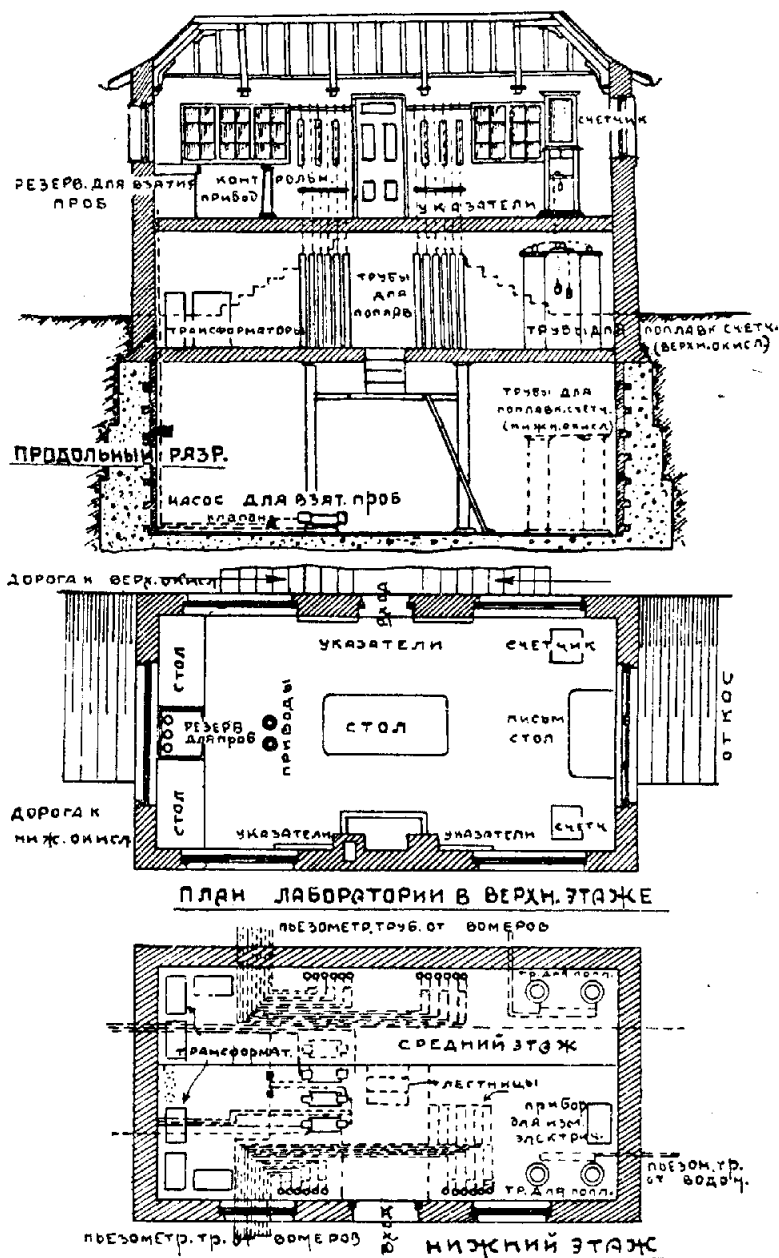
<sup>2)</sup> *Raikes*, Sewage disposal works, 1908.

счетчики установлены в сточной воде, то в целях получения более точных показаний они ограждаются для выделения плавающих веществ решетками, которые устанавливаются на известном расстоянии от счетчиков.

Из вышеизложенного нетрудно прийти к заключению, что ежедневные измерения количеств воды при большом числе единиц, входящих в состав очистной станции, представляют *серьезные затруднения*. Вместо счетчиков на биологических станциях с *заливными окислителями* подсчитывают количество наполнений в каждом из окислителей и, зная по опыту его емкость, определяют количество воды, протекшей через окислитель. Подобный прием не может претендовать на особую точность, так как с течением времени *емкость окислителей уменьшается* (см. гл. XVIII).

При применении общесплавной системы канализации приходится, кроме *определения количества сточных вод домового характера, делать измерения количества дождевых вод*. Параллельно с этим желательно производить наблюдения за *количеством дождевых осадков, интенсивностью и продолжительностью дождей посредством самопишущих дождемеров*. Эти наблюдения дают возможность заведующему станцией направлять сточные воды или на *особые фильтры для ливневой воды, или на ивовые плантации, или на запасные отделения станции*.

При эксплуатации больших очистных станций является выгодным организовать *центральный контроль за работой каждого отдельного сооружения*. Здание для центрального контроля за работой очистной станции имеется в г. Hanley (черт. 380). Благодаря помещению в этом здании (recorder-house) ряда счетчиков и приборов представляется возможным, *не выходя из здания, не только брать пробы и делать анализы жидкости, но и опре-*

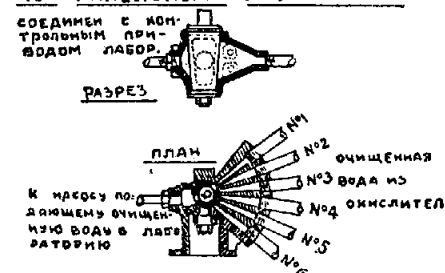


Черт. 380.

делять количество воды в каждом из сооружений, входящих в состав очистной станции.

Прежде, чем перейти к более детальному описанию здания для центрального контроля за очисткой сточных вод, напомним, что очистная станция г. Хенлей имеет две серии капельных окислителей: верхние и нижние, и что при притоке в сухую погоду производится *двойная обработка сточной воды*, а во время дождей все окислители работают *параллельно* (глава XX, черт. 371). На главном приводном коллекторе установлен прямоугольный водослив с автоматическим счетчиком сист. Hutschinson, благодаря чему является возможным измерять количество воды, притекающее на очистную станцию. Этот измеритель расхода притекающей сточной воды находится вне зависимости от центральной контрольной станции и служит только для проверки действия ее счетчиков раз в неделю. Для централизации же измерений количеств воды, протекающих через окислители, применены водомеры Вентури диам. 750 мм, которые установлены в начале приводных каналов, обслуживающих группы верхних и нижних окислителей, в точках А и В (черт. 371). Пьезометрические трубки этих двух водомеров проведены в центральное контрольное здание, где установлены счетчики Вентури. Помимо этих водомеров, контролирующих все количество воды, прошедшей через ту или другую группу окислителей, еще установлены на приводном канале к каждому окислителю водомеры Вентури диам.

**КОНТРОЛЬНЫЙ КРАН ДЛЯ ИСТОКА  
ИЗ КАПЕЛЬНЫХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ**



Черт. 381.

375 мм, пьезометрические трубки которых также проведены в центральную станцию. Но здесь для всех 7 окислителей каждой группы имеется один общий счетчик, при чем для измерения количества воды в любом из окислителей пользуются многопроходным краном, при повороте которого устанавливается соединение с пьезометрическими трубками каждого из 7 малых водомеров. Для контроля за правильностью поворота многопроходного крана (черт. 381) на столе

заведующего установлен циферблат со стрелкой, указывающей номер окислителя. Применение одного счетчика Вентури вместо семи является в данном случае вполне целесообразным, так как измерения расхода в каждом из окислителей ведутся только *периодически*, а счетчики Вентури стоят *очень дорого*.

Контроль качества воды в центральной станции достигается применением 3 центробежных электро-насосов, из коих один подает неочищенную воду, а два очищенную из любого окислителя каждой группы; для последних насосов соединение с отводными каналами окислителей также достигается посредством многопроходных кранов и циферблатов со стрелками. По цвету сточной или очищенной воды опытный наблюдатель может сразу заметить отступление от обычной окраски и произвести анализы; перед взятием пробы насосы должны подавать воду в сосуды лаборатории в течение 5 минут.

Центральное контрольное здание очистной станции г. Хэнлей имеет два этажа и третий подвальный. В верхнем устроена химико-бактериологическая лаборатория, в нижнем трубки для поплавков от водомеров верхних окислителей и трансформаторы, а в подвальном электро-насосы для перекачивания

сточной и очищенной жидкости, и трубки для поплавков нижних окислителей. Устройство таких лабораторий, в которых централизован контроль за работой очистных станций, является вполне целесообразным и при применении *аэро-тэнков* и *аэро-фильтров*.

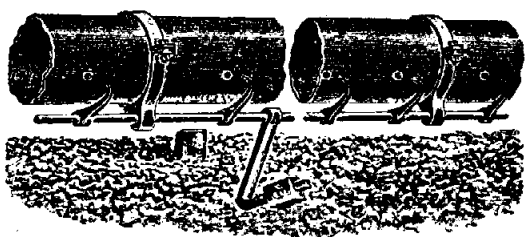
§ 3. Общие основания для эксплуатации очистных станций. На всех очистных станциях современного типа имеются сооружения, *служащие для осветления сточных вод* (песколовки, осадочные бассейны и колодцы, загниватели, гидролитические тэнки и т. под.), в которых во время их эксплуатации отлагаются *осадки*. Поэтому на обязанности заведующего очистной станцией лежит надзор за *систематическим удалением осадков* из очистных сооружений, так как удлинение периода пребывания осадков в сооружениях отразится на качестве истока из последних. Это является особенно важным для правильной работы *аэро-тэнков* и *аэро-фильтров*, где необходимо своевременное удаление избыточного активного ила. Способы удаления осадков из осветлительных сооружений нами изложены выше в главах XIV и XXII. Помимо удаления осадков, заведующий очистной станцией обязан следить и за *правильностью работы всех механических приспособлений*, входящих в состав очистной станции.

Надзор за *неподвижными решетками и ситами* сводится к своевременной их очистке, которую легче производить в вечерние часы, когда приток сточных вод на станцию ослабевает. При применении механической очистки для неподвижных решеток и сит или подвижных решеток и сит необходимо следить за пусканием в ход и работой как самих механических установок, так и двигателей, и в случае каких-либо неисправностей устранять их соответственным ремонтом. Все случаи ремонта должны заноситься в особые *журналы*, в которые следует параллельно заносить и данные о количестве израсходованного топлива или электрической энергии и смазочного материала для двигателей и механических приборов. Все эти замечания относятся и ко всем автоматическим подвижным приборам, работающим на очистных станциях, так как нередко эти приборы вследствие попадания в них крупных примесей могут прекратить свою работу.

При применении *подвижных оросителей* необходимо вести надзор за равномерностью распределения сточных вод по поверхности окислителей; для этого устанавливаются на известных расстояниях в толще загрузочного материала *сосуды определенной емкости*, заполнение которых водой в течение известного промежутка времени нам дает определенные указания на правильность распределения. Причиной неправильной работы оросителей нередко бывает *постепенное засорение их выходных отверстий нерастворенными частицами*, содержащимися в истоке из сооружений для предварительной обработки. Поэтому необходимо периодически производить очистку этих отверстий, что и делается обыкновенно посредством металлических прутьев.

Для упрощения операций при прочистке отверстий в распределительных рукавах оросительных приборов в Англии были изобретены *автоматические приборы*. К таким приборам принадлежит аппарат сист. Ham, Baker and Co (черт. 382), устройство которого заключается в следующем. К распределительным рукавам оросителей хомутами прикрепляется параллельная им штанга, на

которой против выпускных отверстий насажены изогнутые железные пальцы; на этой штанге насажен рычаг с противовесом. При вращении оросителя рычаг с противовесом также вращается над поверхностью окислителя и встречает на



Черт. 382.

своем пути выступающий из толщи окислителя деревянный столбик. Вследствие удара об этот столбик противовес поднимается и заставляет железные изогнутые пальцы войти в выпускные отверстия распределительных рукавов и произвести таким образом их очистку. При дальнейшем вращении оросителя противовес соскакивает со столбика и вновь открывает выпускные отверстия.

Помимо прочистки выпускных отверстий в оросителях приходится очищать и самые *распределительные рукава от осадков*; для этой цели в большинстве конструкций оросителей имеются съемные крышки на концах распределительных рукавов. Очистка *неподвижных и качающихся* желобов не представляет затруднений. Очистка выпускных отверстий *распылителей* также производится посредством *металлических прутьев* или *регулировкой выпускных отверстий*. На территории очистных станций, кроме двигателей, обслуживающих решетки, сита и норрии, имеются нередко и *насосные станции*, как для перекачивания сточных вод в водные протоки во время стояния высоких вод, так и для поднятия осадков на сооружения для их обработки. Приемы для эксплуатации насосных станций изложены в главе XXIII нашего сочинения „Канализация населенных мест“, 1926 г., вследствие чего в настоящем труде мы не будем останавливаться на их описании. Здесь считаем нужным лишь упомянуть о необходимости занесения в журналы всех данных по работе двигателей и насосов, о ремонте и о расходе для их эксплуатации топлива, смазочного и обтирочного материалов. В результате этих записей мы можем вычислить потребление топлива на 1 куб. м поднимаемой воды или осадков, если нагнетаемая вода будет измеряться центральными водомерами. Сравнение цифры расхода топлива на 1 куб. м поднимаемой воды или осадков дает нам возможность судить об экономичности работы наших установок и об уменьшении приложенного к ее обслуживанию личного персонала. На некоторых очистных станциях в здании, в котором установлены насосы для подъема сточной воды и осадков, еще устанавливаются компрессоры для выработки сжатого воздуха, необходимого для работы эжекторов, электродвигатели для перемещения оросителей и т. п. При применении же аэро-тэнков и аэро-фильтров в этих зданиях устанавливаются воздуходувки.

Как на механо-химических станциях, так и на тех очистных станциях, где во время эпидемии производится дезинфекция стока, необходим постоянный надзор за *правильностью дозировки реактивов*, каковые отпускаются сообразно притоку сточных вод, учитываемому измерительными приборами очистной станции. В начале же эксплуатации станции на заведующем станцией лежит обязанность по постановке опытов для выработки норм для доз реактивов в зависимости от притока и концентрации сточной воды.

При эксплуатации полей орошения заведующий очистной станцией дол-

жен обладать опытом для выбора подходящих для данных почв культур, но не должен *сельско-хозяйственные интересы* выдвигать на первый план, так как главная задача полей орошения — *давать всегда хорошо очищенную сточную воду*. Это соображение имеет особенную важность по той причине, что при применении этого метода очистки сельско-хозяйственные интересы находятся в некотором противоречии с санитарными (глава XV), так как сточные воды притекают в большинстве случаев на поля орошения в те времена дня, в которые растения часто не нуждаются в поливке, не говоря уже о чрезмерных для роста растений количествах сточных вод. Поэтому особенно нежелательным является *отдача участков полей орошения в аренду*, так как арендаторы, естественно, на первом плане будут ставить свои интересы, а не очистку сточных вод в строгом смысле слова. При уходе за полями орошения и фильтрационными приходится затрачивать больше труда, чем за обыкновенными земледельческими участками, так как здесь мы имеем дело с прочисткой сети распределительных и оросительных канав и со сложными манипуляциями по орошению каждого участка. Для правильного распределения работ участков необходимо заранее выработать так называемый *„оросительный календарь“*, где по дням года должны быть расписаны заливание или отдых участка. В этом оросительном календаре следует отмечать те отступления от намеченного плана эксплуатации, которые вызываются или усиленным притоком сточной воды, или влияниями погоды. Не следует при орошении полей прибегать к „дикому“ способу, так как это влечет за собой заболачивание слоев почвы.

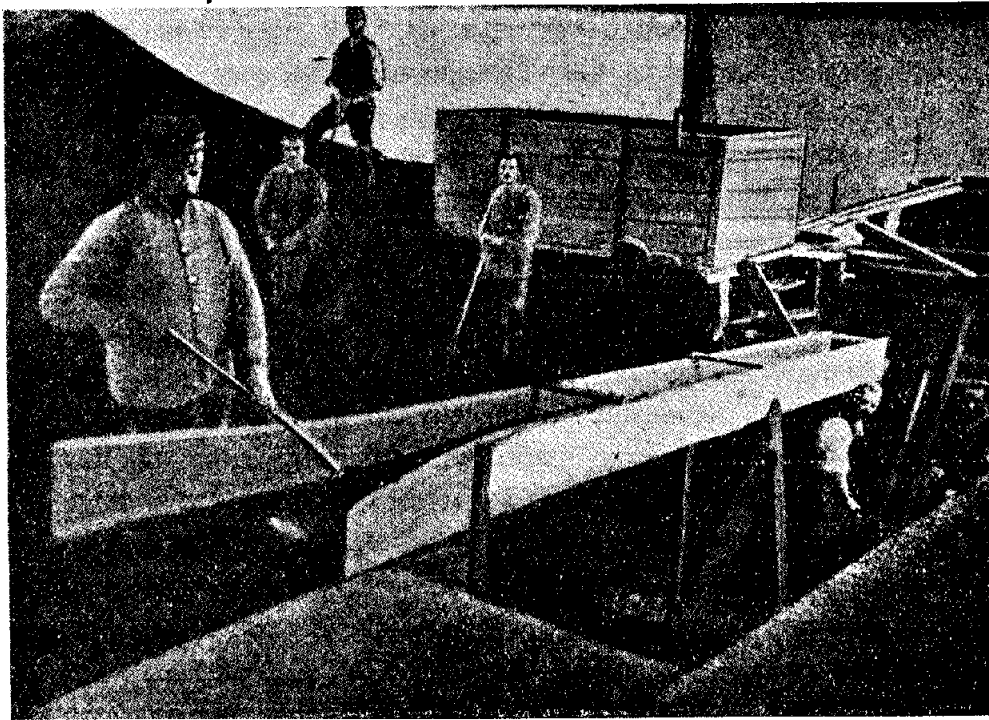
Для производства всех операций, связанных с эксплуатацией полей орошения, желательно иметь *достаточное количество постоянных и опытных рабочих*, так как от их небрежности зависит до известной степени результат очистки сточных вод. Количество рабочих возрастает, если на полях орошения ведется *молочное хозяйство*, что является выгодным, если поля орошения лежат недалеко от крупных центров. Эксплуатация *фильтрационных полей* сравнительно с полями орошения гораздо проще, так как здесь все заботы заведующего очистной станцией направлены исключительно на получение *наилучшего состава дренажной воды*.

Включение *рыбных прудов* в схемы полей орошения требует надзора за чистотой их воды, так как в противном случае они могут зарости водорослями, которые, отмирая, заражают гнилостными газами окружающую атмосферу.

При эксплуатации *биологических станций* следует тщательно следить за состоянием фильтрующего материала, так как с течением времени окислители, как мы уже упоминали выше, постепенно заиливаются, вследствие чего сначала понижается их производительность, а затем их действие совершенно прекращается. Заиливание наступает быстрее у заливных окислителей, чем у капельных, так как для первых употребляется мелко-зернистый материал. Для наблюдения за работой окислителей оказывает большую помощь *установка водометров у входа в каждый окислитель*. Кроме того, об этих явлениях можно до известной степени судить по ухудшению состава фильтрата. Так, уменьшение количества азотной кислоты в истоке из окислителей служит признаком ослабления *процессов минерализации в данном окислителе*. Когда тем или иным путем установлено заиливание окислителя, то необходимо *вынуть загрузочный*

материал и произвести его промывку и просеивание чрез сита заданных размеров. Количество осадков, которое получается при промывке окислителей, зависит от способа предварительной обработки сточных вод. Чем больше будет выделено нерастворенных и коллоидальных примесей, тем будет меньше осадков при промывке окислителей. Содержание воды в осадках из окислителей колеблется между 60 и 75%, вследствие чего они легко подсыхают. При нормальной работе окислителей осадки представляют безвредный с гигиенической точки зрения продукт, являясь по существу „активным илом“. Так как по мере службы окислителя происходит измельчивание загрузочного материала, который вымывается вместе с истоком, то после окончания промывки и просеивания приходится добавлять от 10 до 20% свежего материала.

Промывка и просеивание фильтрационного материала может быть произведена вручную, подобно тому, как это было сделано проф. Дунбаром в Гамбурге <sup>1)</sup> (черт. 383).



Черт. 383.

Здесь загрузочный материал набрасывается черпаками в деревянный желоб, перегороженный ситами. В этот желоб пускается сточная или осветленная вода, которая, обмывая материал, проталкивает его к ситам, а сама стекает чрез них из желоба. Этот способ нашел себе применение на небольших английских очистных станциях, хотя, по нашему мнению, желательно заменить здесь сточную воду водопроводной. На больших очистных станциях подобные примитивные приемы для промывки и просеивания материала являются весьма обременительными вследствие необходимости промывать большие количества материала. Поэтому на некоторых очистных станциях (Филадельфия) <sup>2)</sup> была

<sup>1)</sup> *Dunbar und Thumm*, Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwässerreinigungsfrage mit besonderer Berücksichtigung der biologischen Reinigungsverfahren, 1902.

<sup>2)</sup> Report on the Philadelphia sewage purification experiment, 1911,



испытана промывка материала без его выгрузки из окислителей брандспойтами пожарных рукавов, при чем эти опыты дали благоприятный результат.

По этим опытам оказалось достаточным израсходовать до 140 л на 1 кв. м площади окислителя; в сутки двое — трое рабочих промыли окислители площадью в 4 000 кв. м. Но нам представляется для больших очистных станций более целесообразным производить *промывку и просеивание материала на специальных машинах*, что и начинает понемногу распространяться на практике <sup>1)</sup>.

При эксплуатации *биологических станций с аэро-тэнками и аэро-фильтрами* приходится в сущности употреблять те же приемы, которые были изложены нами выше. Особенностью этих установок является устройство *аэро-тэнков и аэро-фильтров* — сооружений, в которых необходим постоянный надзор за постоянством работы *воздухоприводных труб и фильтрационных кварцевых пластинок*. Хотя по самой конструкции этих установок пластинки и трубы помещаются таким образом, чтобы быть защищенными от осадков, все же, по мере службы, возможно попадание осадков в эти устройства, чем понижается коэффициент полезного действия их работы. Простейшим приемом для их прочистки была бы *промывка их* под достаточным напором *обратным током воды*, для чего полезно устраивать на трубах *ревизии*. При применении *механических азраторов* (Haworth, Bolton) требуется контроль над работой *колес и мешалок*. При всех конструкциях, работающих с активным илом, необходимо иметь надзор за работой *эжекторов, компрессоров, двигателей* и пр., вследствие чего общий технический надзор за работой станции несколько усложняется. Пока биологические станции с аэро-тэнками и аэро-фильтрами только начинают строиться в СССР, в нашем распоряжении не имеется каких-либо специальных данных об их эксплуатации.

---

<sup>1)</sup> Ogden, The cleansing of filtering media and materials for konstruktion, Surv., 1910.

## ГЛАВА XXVII.

### Стоимость сооружения и эксплуатации очистных станций

§ 1. Стоимость сооружения очистных станций. После составления проекта очистной станции необходимо составить *строительную и эксплуатационную сметы* этого сооружения. Простейший и обычный путь для составления строительной сметы—это определение количества материалов, работ и приборов, разработка единичных цен на работы в зависимости от справочных цен на рабочие руки и материалы, получение путем запросов цен заводов на различные заводские приборы и принадлежности и подведение общих итогов.

При собирании справочных цен на материалы и приборы необходимо устанавливать их, *принимая во внимание не только стоимось на месте, но и стоимость провоза от пункта изготовления по путям сообщения и доставку к месту производства работ.* В некоторых случаях можно руководствоваться справочными ценами Управлений Окружных и Губернских Инженеров. Но при составлении подобных смет необходимо отчислять до 10—15% на *дополнительные работы* (водоотлив, твердые грунты и т. под.), которые даже при тщательных геологических изысканиях при канализационных работах не поддаются точному учету. Далее, в сметы необходимо включить от 11 до 14% от стоимости рабочей силы на социальное страхование служащих и рабочих. Наконец, в дополнение к смете необходимо *отчислять 4—6% на составление проекта и сметы и технический надзор во время производства работ.*

После составления сметы очистных станций является целесообразным сравнение ее со сметами других городов, уже построивших станции подобного типа. Так как такие данные для сравнения иметь очень трудно, в особенности у нас в СССР, где имеется мало городов, построивших очистные станции, то приходится довольствоваться средними цифрами, опубликованными в заграничной литературе. В качестве сравнительных масштабов можно пользоваться следующими величинами: *средней стоимостью очистной станции или на 1 куб. м очищаемых в сутки сточных вод ( $K_1$ ) или на одного жителя района города, обслуживаемого очистной станцией ( $K_2$ ).* Из этих коэффициентов имеет большее значение *первый* коэффициент, так как второй не учитывает разности в потреблении воды жителями в различных городах. Прежде чем перейти к приведению данных о численных значениях величин  $K_1$  и  $K_2$ , мы считаем нужным оговориться, что к этим данным нужно относиться с известной осторожностью, так как они имеют значение для *заграничных довоенных условий, где многие приборы и материалы дешевле, чем у нас.*

*Стоимость сооружения* всякой очистной станции складывается из двух величин: *стоимости земли и стоимости самой станции*. В целях сокращения расходов представляется всегда выгодным сооружение очистной станции на городской земле, если городской участок окажется для этого подходящим. Но вообще следует заметить, что земельный вопрос для СССР не имеет такого значения, как за границей, где земля приобретает на кв. м. В настоящее время может идти речь только о *бесплатном отчуждении необходимого участка земли* и об *оплате* в некоторых случаях *годовой аренды*, если необходимая территория будет находиться за пределами городской черты. По прежним же законам было необходимо вводить в сметы и *стоимость земельного участка*, необходимого для очистных станций. Эти расходы для больших городов были довольно значительными. Своего максимума они достигали при применении полей орошения для очистки сточных вод больших городов. Так, напр., в Москве стоимость десятины полей орошения для канализации 1-ой очереди обошлась в 2 790 рублей, что при общей площади земли в 1 090 десятин составит сумму в 3 041 100 рублей. Если сопоставить эту сумму с общей стоимостью самих полей орошения в Москве (глава XXVI), то мы увидим, что расходы по приобретению земли составляли около 50% от общей величины. Для освещения этого вопроса приведем данные о стоимости 1 га земли в различных государствах в таблице LXVIII.

Таблица LXVIII.

Стоимость одного га земли для полей орошения.

Название города	Стоимость 1 га земли в рублях	Название города	Стоимость 1 га земли в рублях
Bradford Esholt . . . . .	3 350	Keighley . . . . .	7 800
Scheffield . . . . .	4 500	Rochdale . . . . .	11 750
Huddersfield . . . . .	5 000	Berlin . . . . .	1 300
Failsworth . . . . .	5 500	Charlottenburg . . . . .	1 200
Bury . . . . .	6 000	Breslau . . . . .	900
Magdeburg . . . . .	550	Москва . . . . .	2 790
Dortmund . . . . .	1 000	Braunschweig . . . . .	1 540
Blackburn . . . . .	7 200		

Как мы знаем из предыдущих глав, устройство очистных станций отличается *большим разнообразием*, так как оно зависит от избранного способа очистки вод, количества обрабатываемой сточной воды, системы канализации, характера водного потока, рельефа земельного участка и др. местных условий. Поэтому помещенные в нижеприведенных таблицах *данные о стоимости очистных станций также должны колебаться в широких пределах*, что, впрочем, иногда может быть объяснено *недостаточной точностью данных, опубликованных в специальной литературе*. В LXIX таблице приведены численные

значения  $K_1$  и  $K_2$  для механической очистки сточных вод (в осадочных бассейнах и колодцах, эмшерских колодцах, гидролитических тэнках и пр.).

Таблица LXIX.

Стоимость сооружения механических очистных станций.

Название города	Население кварталов, присоединенных к канализации	Суточное количество осветляемых сточных вод в куб. м	Система канализации	$K_1$ на 1 куб. м	$K_2$ на жителя	Схема очистной станции
				в рублях		
Duisburg .	215 000	17 280	О б щ е с п л а в н а я	14,50	1,5	Осадочные бассейны и насосная станция.
Dresden .	550 000	80 000		21,00	3,5	Песколовки и сита Ринша.
Bochum .	130 000	50 000		3,90	1,50	Эмшерские колодцы.
Cöln 1) . .	428 500	75 000		2,25	0,40	Осадочные бассейны.
Marburg .	20 140	4 230		10,60	2,25	Песколов. со стар. реш. Ринша и осадоч. бассейны.
Ohrdruf . .	6 300	1 000		30,00	4,80	Осадоч. колодцы Майриха.
Barmen и Elberfeld	220 000	80 000		3,40	1,25	Осадочные бассейны.
Prag . . .	310 000	45 000		22,50	3,20	" "
Norwich .	100 000	—		—	0,70	Гидролитические тэнки.

*Примечание.* В стоимость станций, помеченных 1), не включена стоимость земельного участка.

Из таблицы LXIX можно видеть, что стоимость сооружения по довоенным ценам станций для механической очистки, отнесенная к 1 куб. м осветляемых сточных вод, колеблется от 3 р. 90 коп. (Bochum) до 30 р. 00 к. (Ohrdruf); средняя же стоимость механической очистки 1 куб. м сточных вод будет равна 13 р. 50 коп. Стоимость же механических станций, отнесенная на 1 жителя, колеблется от 70 коп. до 4 р. 80 к., составляя в среднем 2 р. 00 к.

В таблице LXX приведены данные о величине коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$  для механо-химических очистных станций.

По данным таблицы LXX наиболее дорогими являются способы Виалья (4 р. 62 к.) и Дегенер-Роте (8 р. 08 к.), что легко объясняется их сложностью. Средняя стоимость механо-химической очистки на 1 куб. м может быть принята в 30 руб., а на 1 жителя 3 руб. 50 коп.

В таблице LXXI помещены данные о стоимости полей орошения, а в таблице LXXII о стоимости фильтрационных полей.

Таблица LXX.

Стоимость сооружения механо-химических очистных станций.

Название города	Население	Суточное количество осветляемых сточных вод в куб. м	Система канализации	Род реактива	в рублях		Система химической очистки
					$K_1$ на 1 куб. м	$K_2$ на 1 жителя	
Halle . . . . .	10 000	900	Общеспл.	Известь + сульфат алюминия + кремневая кислота.	17,53	1,65	Колодцы Мюллер-Нансена.
Frankfurt am Main (перестроенная станция) .	—	40 000	"	Сульф. глинозем. + извест. молоко.	8,63	—	Осадочные бассейны.
Tegel . . . . .	14 000	1 700	Неполн. разд.	Бур. уг. + сульф. железа.	59,40	8,8	Котлы Дегенер-Роте.
Spandau . . . . .	74 500	6 000	Частью общеспл. частью неполн. разд.	Бур. уг. + сульф. железа.	12,40	2,37	"
Ostende . . . . .	42 500	5 000	Неполн. разд.	Известь	39,60	4,62	Бассейны Виалы.
Salé . . . . .	13 000	340	Общеспл.	—	84,36	2,20	Бассейны английского типа.
Buxton . . . . .	12 500	4 540	Неп. разд.	—	7,30	3,66	
Segdefield . . . . .	20 355	1 390	Общеспл.	—	34,78	2,37	
Middleton . . . . .	26 000	6 810	"	—	4,10	1,05	

Таблица LXXI.  
Стоимость сооружения полей орошения.

Название города	Население кварталов, присоедин. к канализац.	Количество очищаемых сточных вод в куб. м	Система канализации	Способ предварит. обработки сточных вод	в рублях		
					K <sub>1</sub> на 1 куб. м	K <sub>2</sub> на 1 жителя	K <sub>3</sub> на 1 га
Altrincham . . . .	16 830	4 032	Общесплав.	—	15,17	0,40	—
Berlin-Falkenberg	375 000	49 500	" "	{ Не имеется	75	10,00	2 310
Berlin-Sputendorf	379 700	50 100			39,8	5,2	2 160
Braunschweig . . .	136 300	14 300	" "	{ Не имеется	78	7,41	2 640
Breslau . . . . .	480 000	73 500			22,17	3,4	1 680
Charlottenburg . .	250 000	32 250	" "	Осад. бас.	50,4	6,72	—
Hindley . . . . .	23 300	1 270	—	—	30,8	1,25	—
Maisons-Alfort и Alfortville . . . .	31 215	6 800	Неп. разд.	—	34,5	7,5	—
Москва { вер. поля ниж. поля	—	—	—	{ Осад. бас.	—	—	{ 11 640
	—	57 000	Неп. разд.	{ Не имеется	100	—	{ 4 430
Magdeburg . . . . .	240 700	128 540	Общесплав.	—	5,85	3,1	—
Wilmslow . . . . .	7 860	780	" "	—	23,08	2,3	—
Winchester city . .	21 000	3 000	" "	—	14,8	2,12	—
Quedlinburg . . . .	27 000	1 800	" "	Жироловка Кремера	29	1,95	456

Таблица LXXII.  
Стоимость сооружения фильтрационных полей в Сев. Америке.

Название города	Население кварталов, присоедин. к канализац.	Суточн. кол-во очищаемых сточн. вод в куб. м	Система канализации	Способ предварит. обработки сточных вод	В рублях		
					K <sub>1</sub> на 1 куб. м	K <sub>2</sub> на 1 жителя	K <sub>3</sub> Стоимость фильтр. полей на 1 га
Andover . . . . .	3 600	475	Неполная раздельная система	Осадочные бассейны	90	12	24 000
Brockton *) . . . .	25 000	3 320		Песочные фильтры	125	34	12 300
Clinton *) . . . . .	10 000	2 970		Осадочные бассейны	45	14	4 700
Concord *) . . . . .	1 200	1 180		Бассейны у нас. стан.	85	84	4 100
Framingham *) . . .	7 500	2 470		Осад. бас. у нас. стан.	60	20	2 600
Gardner . . . . .	3 500	1 140		—	40	11,5	37 000
Gardner Templeton	4 500	945		—	72	15	26 000
Marlborough . . . .	10 000	4 160		Песочные фильтры	16	6,5	13 900
Natick . . . . .	4 000	2 140		—	85	44	11 000
Pittsfield . . . . .	15 000	5 500		—	54	19	6 400
Southbridge . . . .	2 200	1 330		—	12	7	5 500
Spencer . . . . .	3 000	1 420		—	15	7	4 700
Stokbridge . . . . .	800	284		—	60	21	12 000
Wesborough . . . . .	3 000	1 070		—	31	10,5	24 500

Примечание. В стоимость фильтрационных полей городов, помеченных \*), включена стоимость насосных станций, напорных труб и сборных резервуаров у насосных станций.

1) Труды II Съезда Комиссии по ассенизации железнодорожных станций, 1909.

Сопоставляя таблицы LXXI и LXXII, мы видим, что все коэффициенты стоимости у фильтрационных полей выше, чем у полей орошения; это объясняется высокой стоимостью земли в Сев. Америке. Величины  $K_1$  для *фильтрационных полей колеблются от 12 до 125 руб.*, а для полей орошения от 5,85 до 100 руб.; величина  $K_2$  — для фильтрационных полей от 6 руб. 50 коп. до 84 руб., а для полей орошения — от 40 коп. до 10 р.; величина  $K_3$  — для *фильтрац. полей от 4 100 р. до 37 000 р.*, а для полей орошения от 456 до 11 640 р. Средняя стоимость устройства *фильтрац. полей, отнесенная к 1 куб. м обрабатываемой воды, может быть принята в 66 р.*, а полей орошения в 53 руб.

В таблицах LXXIII и LXXIV помещены данные о стоимости биологических станций с заливными и капельными окислителями.

Таблица LXXIII.

Стоимость сооружения биологических очистных станций с заливными окислителями.

Название города	Население городских кварталов, присоединенных к канализации	Количество обрабатываемых сточных вод в куб. м	Система канализации	Способ предварительной обработки	в рублях	
					$K_1$ на 1 куб. м	$K_2$ на 1 жителя
Dunmerry . . . . .	1 300	135	—	Загниват.	715	70
Manchester . . . . .	580 000	116 000	Полуразд.	"	65	13
Swinton . . . . .	20 000	2 720	Общеспл.	Хим. очист.	110	10
Halton . . . . .	3 000	225	Неп. разд.	Осад. бас.	42	3,15
Toulon . . . . .	105 000	7 000	"	Загниват.	41	2
Brockau . . . . .	5 000	120	"	"	183	4,3
Culmsee . . . . .	9 000	240	"	Осад. кол.	94	2,5
Haunau . . . . .	7 000	250	Общеспл.	Загниват.	140	5
Langensalza . . . . .	12 000	800	"	Осад. кол.	106	4,9
Merseburg . . . . .	20 000	1 200	"	Загниват.	31	1,8
Stargard in Pommern .	27 000	1 600	"	Осад. бас.	39	2,3
Mansfield . . . . .	12 000	4 000	"	Загниват.	33	11
Marion . . . . .	8 000	2 500	Неп. разд.	"	32	10,5
Scheffield . . . . .	380 000	5 400	Общеспл.	Осад. бас.	18,5	2,5
Детское Село <sup>1)</sup> . . . . .	40 000	2 000	Неп. разд.	Загниват.	480	24,1
Wilmersdorf . . . . .	200 000	21 600	Общеспл.	"	153	16,5
Москва <sup>1)</sup> . . . . .	—	62 500	Неп. разд.	"	—	4,8
Bilbao . . . . .	83 500	9 000	—	—	24,70	2,65

<sup>1)</sup> На Детскосельской очистной станции имеются и капельные окислители; в стоимость московской станции не включена стоимость земельного участка.

Таблица LXXIV.

Стоимость сооружения биологических очистных станций с капельными окислителями.

Название города	Население город- ских кварталов, присоединенных к канализации	Количество обра- батываемой сточ- ной воды в сухую погоду в куб. м	Система кана- лизации	Способ предвари- тельной обработки сточных вод	в рублях	
					$K_1$ на 1 куб. м	$K_2$ на 1 жителя
Jvry-Vitry . . . . .	44 000	21 500	Общеспл.	Загниват.	14,8	7,2
Camp de Sathonay . .	2 500	300	Неп. разд.	"	66	8
Leeds (Rodley) . . . .	175 00	18 000	Общеспл.	"	19	20
Leicester . . . . .	235 000	36 000	"	Осад. бас.	118	18
Troppau . . . . .	37 000	10 000	—	"	15	4
Accrington-Church . .	48 000	6 240	Общеспл.	Загниват.	76,5	10
Chorley . . . . .	27 000	3 000	"	Хим. очист.	71,5	8,5
Prestolee . . . . .	800	110	Неп. разд.	Загниват.	36	5
Gailsworth . . . . .	15 000	1 800	Общеспл.	Хим. очист.	265	31
Hyde . . . . .	33 600	5 500	"	Загниват.	70	10,5
Rochdale (Castleton) .	6 000	900	"	"	305	45
Salford . . . . .	250 000	54 500	"	Хим. очист.	46,5	10
Beuten in Oberschlesien	55 000	4 000	"	Загниват.	69	5
Borsigwalde in Berlin	3 000	80	—	Осад. бас.	182	5
Mülheim a. d. Ruhr . .	40 000	5 000	Неп. разд.	Загниват.	13,5	1,7
Naumburg a. d. Saale .	24 000	6 000	Общеспл.	"	64	4,2
Lötzen . . . . .	6 502	820	Неп. разд.	"	31,6	3,86
Solingen . . . . .	50 000	8 000	Общеспл.	—	20,8	3,33
Halberstadt . . . . .	45 600	5 300	"	—	24,4	2,60
Holzwickede . . . . .	3 500	300	"	Эмш. кол.	39,9	3,42



Из таблиц LXXIII и LXXIV легко видеть, что средняя стоимость<sup>1)</sup> биологических станций с капельными окислителями ( $K_1 = 772$  и  $K_2 = 5$ ) ниже средней стоимости станций с заливными ( $K_1 = 94,5$  и  $K_2 = 6$ ), так как последние требуют большей затраты фильтрационного материала.

Переходя к вопросу о стоимости биологических станций с *аэро-тэнками* *английско-американского типа*, мы считаем нужным указать, что мы не располагаем большим количеством данных о стоимости станций этого типа. Мы можем только сказать, что их строительная стоимость значительно ниже стоимости биологических станций с окислителями. Так, величина  $K_1$  колеблется на разных небольших английских и американских станциях с *аэро-тэнками* от 13 до 14 руб.<sup>2)</sup>, что меньше расходов на заливные и капельные окислители в 6—7 раз, что является понятным для заграничных условий, где стоимость земли может сильно повышать общую стоимость сооружения станций. Величина  $K_2$  для маленьких станций получается в 4—5 руб., понижаясь для больших станций (Милльуоки) до 1 р. 50 к. Для наших условий, когда у нас вопрос о сооружении станций находится еще в опытной стадии и когда многие материалы и работы обходятся довольно дорого, мы воспользуемся данными, выработанными в Москве при разработке проекта новой станции с *аэро-фильтрами* для обработки 12 300 куб. м в сутки. Согласно этим данным стоимость биологических фильтров с заливными окислителями без стоимости земли определяется в 879 000, с капельными—560 000 руб., с *аэро-тэнками*—в 560 000 р., с *аэро-фильтрами*—350 000 руб; стоимость фильтрационных полей—947 000 р. Из этого вытекает, что дешевле всего для Москвы будет сооружение *аэро-фильтров*.

§ 2. Расходы по эксплуатации очистных станций. Расходы по эксплуатации очистных станций зависят прежде всего от стоимости и типа станций. Чем дороже стоит станция и чем больше входит отдельных сооружений в схему очистной станции, тем эксплуатационные расходы больше.

Значительную часть эксплуатационных расходов по очистке сточной воды составляют проценты и погашение капитала, затраченного на сооружения очистных станций. Поэтому при постройке очистных станций необходимо принимать все меры к уменьшению величины строительного капитала. Этого можно достигнуть двумя путями: постройкой только той части станции, которая необходима для первых 5—7 лет, или постройкой первых звеньев очистной станции. Напр., если город предполагает построить биологическую очистную станцию с подготовкой сточной воды в осадочных бассейнах, то в некоторых случаях представляется вполне возможным на первое время ограничиться только одним осаждением.

Для сооружения канализации и очистных станций б. городские самоуправления не в состоянии были тратить текущие средства и вынуждены были прибегать к долгосрочным займам с погашением их в 60—70 лет. Здесь необходимо заметить, что наши русские города доставали путем займов деньги на более невыгодных условиях, чем заграничные. В то время, как за границей

1) При этом подсчете отброшены резко отличающиеся от общей массы данные.

Автор.

2) *Wagenhals, Theriault and Hommon, Sewage treatment in the United States, 1923.*

за деньги берут от  $3\frac{1}{2}\%$  (Англия) до  $4\%$  (Германия), у нас процент на капитал достигал  $6-8\%$ . Этот вопрос имеет очень важное значение, так как благодаря высокому проценту наши расходы по эксплуатации очистных станций всегда будут выше зарубежных.

В настоящее время вопрос о коммунальных займах находится в стадии разработки, и потому мы не можем использовать подобные данные для приводимых ниже расчетов. Существующие в настоящее время краткосрочные дотации правительства СССР с погашением их в течение 6 лет и оплата  $8\%$  на капитал дают в результате  $\approx 25\%$  годовых расходов на погашение капитала, что ведет к значительному увеличению годовых расходов.

При определении эксплуатационных расходов, связанных с оплатой процентов и погашением капитала при прежних условиях займов, необходимо иметь в виду, что срок погашения капитала  $t_0$  не совпадает с расчетным временем работы очистной станции без расширения  $t$ . Так как при исчислении способов погашения любого предприятия желательно привести его погашение к концу возможного срока его службы, а с другой стороны  $t_0$  всегда больше  $t$  (равное 15—25 годам), то годовые расходы по погашению и оплате процентов займа должны быть повышены с таким расчетом, чтобы из остатков, которые получатся вследствие разницы между годовыми процентами, идущими на заем и взимаемыми с потребителей, составилась бы капитал, который в течение времени  $t_0 - t$  был бы достаточен для оплаты процентов и погашения капитала по займу.

Величина годового взноса с капитала, равного 1 рублю, при погашении его в  $t_0$  лет при  $p\%$

$$b = \frac{(1+r_0)^{t_0} r_0}{(1+r_0)^{t_0} - 1}, \text{ где } r_0 = \frac{p}{100}.$$

Из остатков, получающихся ежегодно и равных  $B - b^1$ ), в течение  $t$  лет при  $p\%$  образуется капитал

$$K = \frac{(B-b)(e^t - 1)}{e - 1}, \text{ где } e = 1 + \frac{p}{100}.$$

Этот капитал должен быть так подобран, чтобы он мог служить источником, откуда можно было бы брать ежегодно по  $b$  рублей в течение  $t_0 - t = n$  лет. Следовательно, капитал  $K$  к концу 1-го года обратился в  $Ke - b$ ; к концу 2-го года  $Ke^2 - be - b$ ; к концу  $n$ -ого года  $Ke^n - be^{n-1} - be^{n-2} - \dots - b$ .

Так как капитал  $K$  к концу  $n$ -ого года исчерпывается, то

$$Ke^n - be^{n-1} - be^{n-2} - \dots - b = 0 \text{ или } Ke^n = \frac{b(e^n - 1)}{e - 1},$$

$$\text{после подстановки } \frac{(B-b)(e^t - 1)}{e - 1} \cdot e^{t_0 - t} = \frac{b(e^{t_0 - t} - 1)}{e - 1},$$

$$\text{отсюда } B = \frac{b(e^{t_0 - t} - 1) + b(e^t - 1)e^{t_0 - t}}{(e^t - 1)e^{t_0 - t}} = \frac{b(e^{t_0} - 1)}{e^{t_0} - e^{t_0 - t}} \dots (29).$$

<sup>1)</sup> Вычисление величин  $B$  и  $b$  облегчается путем пользования таблицами, помещенными в книге Глаголева „Теория долгосрочных финансовых операций“.

Зная  $t_0$  и  $p^0/0$ , мы легко определим величину  $B$ , помножив которую на заемный капитал, мы получим величину этой части эксплуатационных расходов. Но при этом вычислении необходимо к величине капитала прибавить и проценты на капитал во время 2—3 лет постройки очистной станции.

Помимо годовых расходов по оплате процентов и погашению капитала имеются и *расходы, связанные непосредственно с самой эксплуатацией станции*. Величина этих расходов зависит от схемы очистной станции, от характера окружающего ее района и от стоимости рабочих рук и материалов.

На всех очистных станциях главную часть эксплуатационных расходов составляет *стоимость удаления и обработки осадков* как в механических и механо-химических сооружениях, так и вообще в сооружениях для предварительной обработки сточных вод.

В виду разнообразия приемов, употребляющихся для удаления и обработки осадков (см. главы XIV, XV и XXII) и выбираемых в зависимости от местных условий, трудно дать в этом направлении вполне определенные данные.

Поэтому мы считаем возможным привести только те данные, которые выведены Английской Комиссией на основании изучения способов удаления и обработки осадков с содержанием 90<sup>0</sup>/<sub>0</sub> воды на английских очистных станциях и опубликованных в ее V-м докладе (таблица LXXV).

Таблица LXXV.

Эксплуатационные расходы по удалению и обработке осадков.

№№	Способ удаления или обработки осадков с содерж. воды в 90 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Стоимость обработки 1 т осадков в копейках
1	Подсушивание осадков . . . . .	7
2	Вывоз в море . . . . .	19
3	Зарывание в каналы . . . . .	19
4	Прессование:	
	а) Станции с химической подготовкой сточных вод . . . . .	24
	б) Станции с другими способами предвар. обраб. сточ. вод . . . . .	47
5	Прессование и сжигание . . . . .	70

Из других эксплуатационных расходов заслуживают также большого внимания стоимость реактивов *при применении механо-химической очистки или дезинфекции сточных вод*. Для характеристики этих расходов нами составлены две таблицы LXXVI и LXXVII из коих первая представляет собрание данных об эксплуатации механо-химических очистных станций в различных городах, а вторая сводку работ проф. Phelps'a<sup>1)</sup> по исчислению стоимости дезинфекции 20 000 куб. м сточной (необработанной и обработанной) воды при до военных условиях.

<sup>1)</sup> Prof. Phelps, The disinfection of water and sewage, Eng Rec., 1910.

Таблица LXXVI.  
Эксплоатационные расходы по употреблению реактивов<sup>1)</sup>.

Название города	Род реактивов	Количество реактива в граммах на 1 куб. м сточной воды	Годовые расходы в рублях	Стоимость употребления реактивов	
				На 1 жителя	На 1 куб. м сточной воды
				в копейках	
Blackburn . . . . .	Желез. квасцы.	70	7 000	5,6	10
Bradford . . . . .	Серн. кислота.	30	117 500	39	94
Bury . . . . .	Желез. квасцы.	30	3 300	5,6	12
Salford . . . . .	Сульф. желез. и известь.	—	17 400	7	8,5
Wakefield . . . . .	Желез. квасцы.	48	8 500	20	26
Burton . . . . .	Известь.	—	32 900	65	36

Таблица LXXVII.  
Эксплоатационные расходы на дезинфекцию свежей и очищенной сточной воды для 20 000 куб. м по Phelps'у<sup>2)</sup>.

Активный хлор в граммах на 1 куб. м	Количество хлористой извести на 1 000 куб. м в кг	Время, необходимое для дезинфекции, в часах	Расходы на 1 000 куб. м в рублях					
			Бассейны	На хлористую известь	На работу	На силу	Разные	Итого
1	3	5,0	0,05	0,16	0,05	—	0,01	0,27
2	6	2,5	0,03	0,33	0,05	—	0,02	0,43
3	9	1,6	0,025	0,49	0,05	0,01	0,03	0,61
4	12	1,2	0,015	0,67	0,05	0,01	0,04	0,79
5	15	0,8	0,015	0,82	0,05	0,015	0,045	0,95
10	30	0,5	0,01	1,65	0,08	0,035	0,09	1,86
15	45	0,5	0,01	2,47	0,11	0,05	0,13	2,77

Из других эксплуатационных расходов следует еще отметить стоимость подъема сточной воды во время паводков и стояния весенних вод, рабочих по уходу за очистными станциями, сельско-хозяйственных операций на полях орошения, промывки загрузочного материала, производства анализов в лаборатории, общего заведывания станцией и пр.

Не оценивая всех этих расходов детально в силу большого их разнообразия, мы можем лишь указать, что стоимость промывки 1 куб. м загрузочного

<sup>1)</sup> Schiele, Abwasserbeseitigung von Gewerben und gewerbereichen Städten.

<sup>2)</sup> Prof. Phelps, The disinfection of water and sewage, Eng. Rec., 1910.

Таблица LXXVIII 1).

Способы обработки воды	Стоимость очистки	
	На 1 куб. м очищенной воды	На 1 жителя в год
	в копейках	в рублях
<b>I. Поля орошения.</b>		
Хорошие почвы.		
а) Фильтрация в связи с сельско-хозяйственными культурами . . . . .	0,68	0,36
б) Фильтрация с незначительной площадью с.-х. культур . . . . .	0,52	0,28
в) Поверхностное орошение в связи с с.-х. культурами . . . . .	0,81	0,44
Тяжелые почвы		
д) Поверхностное орошение в связи с с.-х. культурами . . . . .	1,17	0,64
Очень тяжелые почвы.		
е) Поверхностное орошение в связи с с.-х. культурами . . . . .	1,60	0,89
<b>II. Заливные биологические фильтры.</b>		
а) Одноступенчатые с предварительной химической обработкой при периодич. эксплуатации . . . . .	1,26	0,68
б) Двухступенчатые с предварит. механическ. обработкой . . . . .	1,42	0,78
в) Двухступенчатые с механ. обработкой при периодической эксплуатации . . . . .	1,47	0,80
г) Двухступенчатые с предварит. механическ. обработкой . . . . .	1,59	0,89
д) Двухступенчатые с предв. обработкой . . . . .	1,64	0,90
<b>III. Капельные биологические фильтры.</b>		
а) Предварительная химическая обработка с периодической эксплуатацией . . . . .	1,12	0,66
б) Предварит. химическая обработка . . . . .	1,10	0,60
в) Предварит. механическая обработка с периодической эксплуатацией . . . . .	0,91	0,48
г) Предварит. механическая обработка . . . . .	0,93	0,51
д) Предварит. обработка в загнивателях . . . . .	0,98	0,53

1) Fifth Report of Royal Commission on sewage disposal, 1908.

материала биологических фильтров, составляла по данным П. С. Белова<sup>1)</sup> не более 5 руб.; поэтому нам представляется более правильным дать здесь некоторые общие данные для определения расходов по эксплуатации очистных станций с отнесением их или к 1 куб. м сточных вод, или к 1 жителю. Эксплуатационные расходы по очистке 1 куб. м на механических очистных станциях колеблются от 0,08 до 0,32, в среднем 0,20 к.; те же расходы на жителя в год не превышают 10—15 коп. Эксплуатационные расходы по очистке 1 куб. м на механо-химических станциях колеблются от 0,8 коп. до 3,8 коп., в среднем 2,3 коп.; то же на 1 жителя — от 30 к. до 1 р. 30 к., в среднем 80 коп. Эксплуатационные расходы по очистке 1 куб. м сточных вод на фильтрационных полях колеблются от 0,20 к. до 1,16 к., в среднем 0,68 коп.; то же на 1 жителя от 18 коп. до 1 р. 50 коп., в среднем 84 коп. Эксплуатационные расходы по очистке 1 куб. м на полях орошения колеблются от 0,30 к. до 2 коп., в среднем 1,15 коп.; то же на одного жителя от 30 коп. до 1 руб., в среднем 65 коп. Эксплуатационные расходы по очистке 1 куб. м сточных вод на биологических фильтрах колеблются от 0,4 коп. до 1 коп., в среднем 0,7 коп.; то же на 1 жителя от 10 коп. до 80 коп., в среднем 45 коп. Эксплуатационные расходы по очистке 1 куб. м сточных вод на аэро-тэнках колеблются от 0,8 до 1 коп., а на аэро-фильтрах московского типа от 2 до 2,5 коп.

Приведенные нами данные взяты из разнообразных источников, в которых могут быть пропущены стоимость земельного участка и величина расходов по оплате процентов и погашению капитала. Поэтому мы считаем полезным привести в заключение сравнительную таблицу LXXVIII (стр. 471), опубликованную в V докладе Английской Комиссии, где при исчислении эксплуатационных расходов были приняты следующие данные:  $3\frac{1}{2}\%$  на затраченный капитал, время погашения его 30 лет, население в 30 000 человек, суточная норма потребления на жителя в 150 л и стоимость 1 га земли в 2 350 руб. В этой таблице приведены данные о стоимости очистки сточной воды на полях орошения и биологических фильтрах.

Из этой таблицы можно видеть, что при сделанных предположениях поля орошения дешевле биологических фильтров, если под них отведена территория с хорошей почвой; во всех же остальных случаях поля орошения дороже биологической очистки.

На основании же всех приведенных соображений аэро-фильтры всегда будут дешевле для наших условий, чем биологические фильтры и поля орошения.

<sup>1)</sup> П. С. Белов. Биологическая очистка сточных вод, Четвертый Съезд Комиссии по исследованию систем ассенизации железнодорожных станций, 1910.

## ГЛАВА XXVIII.

### Основания для выбора способа очистки сточных вод

Вопрос о *выборе способа очистки сточных вод* имеет большое значение как с *гигиенической*, так и с *экономической* точки зрения. Недостаточное очищение сточных вод может наносить большой ущерб здоровью населения ниже лежащих городов, если оно пользуется водой той реки, в которую спускаются недостаточно очищенные воды. С другой стороны, общие затраты на постройку очистных станций нередко могут достигать той же величины, что и стоимость канализационной сети (Детское Село).

Самыми *важными факторами* при разрешении вопроса о *выборе способа очистки* являются: *самоочистительная способность того протока*, в который предположен выпуск сточных вод, *состав сточной воды*, *расстояние от пункта выпуска вод до ближайшего поселения*, *состав воды протока* и т. д.

Не подлежит никакому сомнению, что *наилучшими с санитарной точки зрения* способами до последнего времени считались *поля орошения и фильтрационные поля*, так как они при правильном устройстве и эксплуатации дают *неспособный к загниванию продукт*, в котором *содержание бактерий не превышает 0,5%* первоначального количества. Препятствием к их повсеместному употреблению служат как *отсутствие* на небольшом расстоянии от города участка с подходящей почвой, так и климатические условия. В этих случаях их *могут с успехом заменить биологические очистные станции*, которые также могут давать *незагниваемый продукт*, но *сохраняющий в своем составе от 20 до 30%* бактерий. Для устранения бактерий из истока сточных вод Санитарная Техника располагает *пропуском его через небольшие фильтрационные поля*, *дезинфекцией* его в осадочных бассейнах и колодцах и устройством *прудов для разведения рыб*. Говоря о биологических станциях, необходимо иметь в виду, что в настоящее время находят себе применение только *капельные окислители*, так как они требуют меньше загрузочного материала, и уход за ними гораздо проще. *Заливные же окислители* могут находить себе применение лишь *при расположении станций вблизи поселений*, так как они издают более слабый запах, чем капельные окислители. О *применении естественных или искусственных биологических способов очистки* приходится думать лишь тогда, когда город выпускает свои воды в *маловодные реки* (р. Москва в Москве, Славянка в Д. Селе, Лопань в Харькове и т. п.), так как в этих случаях нельзя рассчитывать на достаточное самоочищение водного протока. Точно также близкое расположение крупных центров,

пользующихся реками для водоснабжения, может вызвать применение естественных или искусственных биологических способов очистки воды.

Признавая эти способы очистки *равноценными*, мы рекомендуем в сомнительных случаях *делать выбор между ними путем сравнения вариантов*, если местные условия позволяют *устройство полей орошения или фильтрационных полей*.

С появлением на практике нового искусственного биологического метода *очистки сточных вод активным илом*, дающим в результате *незагниваемый продукт*, все преимущества пред прежними способами очистки нужно отдать этому методу. Особенности этого способа очистки сточных вод, проводящего процессы очистки без запаха, дают полную возможность *устройства подобных очистных станций в городской черте*, чем сокращаются *расходы по проведению напорных (или напорно-самотечных) линий* для передачи сточных вод на очистные сооружения. Но при пуске аэро-биостанций в ход необходимо иметь в виду, что потребуется около 1 месяца для получения необходимого для их работы активного ила.

Как видно из данных, приведенных нами в XXVII главе, поля орошения, фильтрационные поля, биологические фильтры, аэро-танки и аэро-фильтры требуют значительных сумм на их сооружение и эксплуатацию, в особенности при высокой стоимости земельных участков. Поэтому, в целях сокращения расходов нам представляется необходимым перейти к рассмотрению таких случаев, когда можно было бы обойтись применением иных, более дешевых способов. Если мы представим себе город, стоящий на многоводной реке, обладающей достаточной скоростью движения воды, то, по нашему мнению, *применение биологических способов очистки воды* в этом случае было бы *бесполезной затратой* и могло бы только затормозить разрешение важного для здоровья населения — вопроса о канализации за недостатком средств. Во всех подобных случаях было бы вполне достаточным лишь применение тех *способов, которые дают наибольшее выделение нерастворенных веществ, т. е. механических способов очистки сточных вод*. Если бы за пунктом выпуска осветленных сточных вод было бы близко расположено небольшое поселение, пользующееся для питья речной водой, то все же может оказаться *выгоднее с экономической точки зрения устройство водоснабжения для этого поселения из другого источника водоснабжения за счет города, чем строить и эксплуатировать более дорогие сооружения*. Подобная точка зрения господствует и в Германии, где ряд крупных городов (Кельн, Дрезден, Дюссельдорф, Ганновер и др.), расположенных на больших реках (Рейне, Эльбе) применяет исключительно *механическую очистку* в той или иной форме. В нашем отечестве имеется немало крупных городов, расположенных на многоводных реках (Волга, Днепр, Дон), где поэтому применение *механической очистки* заслуживает полного внимания. Сферой применения *механо-химической очистки* в настоящее время признаются *фабричные и заводские сточные воды*. Если эти воды примешиваются в большой пропорции к домовым сточным водам, что часто встречается в Англии, то механо-химические способы употребляются для *предварительной обработки сточных вод*.



При разрешении вопроса о способе очистки вод необходимо выбрать способ обработки осадков, получающихся на всех очистных станциях, что следует строго сообразовать с местными условиями. В нашем отечестве, где нет того стеснения в земле, какое имеет место на Западе, нам представляется более экономичным применение тех способов по удалению осадков, которые основаны на подсушивании на воздухе и на зарывании их в землю.

## Приложение I.

### Положение о нормах чистоты сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы с территорий городов, фабрик и населенных мест, изданное НКЗ в 1922 г.

#### Раздел I.

##### Цель издания и территория действия норм

С целью предупредить опасное в санитарном отношении загрязнение спуском сточных вод водоемов, служащих источниками разнообразного водопользования для нужд населения, Народным Комиссариатом Здравоохранения устанавливаются нижеследующие требования к составу спускаемых сточных вод — „общие нормы“, которые вводятся в действие на всей территории РСФСР.

#### Раздел II.

##### Общие нормы для сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы с территорий городов, фабрик и др. населенных мест

§ 1. Сточные воды не должны иметь фекального, гнилостного или иного определенного запаха и не должны загнивать при хранении их в закрытом сосуде, как в целом, так и в разбавленном виде.

*Примечание к § 1.* Требование незагниваемости спускаемых сточных вод может быть опущено в случае благоприятных местных условий, но при проектировании и постройке новых очистительных сооружений должна быть принята во внимание возможность устройства необходимых дополнительных приспособлений для биологической очистки (поля орошения, окислители и др. устройства).

§ 2. Сточные воды не должны содержать взвешенных веществ более шестидесяти миллиграммов на литр.

*Примечание к § 2.* Временно на 5 лет (с 1922 по 1927) норма взвешенных веществ в 60 миллиграмм повышается до 80 миллиграмм в случае подходящих местных условий, гарантирующих санитарную безопасность в смысле загрязнения водоема; временно на тот же срок допускается спуск сточных вод после выделения на решетках или в отстойниках одних только грубых примесей. Частичное отступление от нормы возможно также во время паводков и для поверхностных вод.

§ 3. Сточные воды не должны иметь какой-либо явственно видимой искусственной окраски, сохраняющейся при разведении дистиллированной водой в 30 раз в толщине слоя в 10 см. и несвойственной естественно окрашенным водам (болотным, торфяным).

§ 4. Сточные воды не должны содержать ни в растворе, ни в взвешенных веществах никаких ядовитых и вредно действующих на человека, домашних животных или на рыб веществ в количествах, оказывающих ядовитое или вредное действие.

§ 5. Сточные воды не должны иметь резко выраженной кислой или щелочной реакции.

§ 6. Сточные воды не должны иметь ни в момент поступления в водоем, ни после выборки пробы, при стоянии в сосуде, пленок, состоящих из жиров и масел, животных, растительных и минеральных, при чем ирризация за пленку не считается.

*Примечание к §§ 2, 3, 4, 5 и 6.* В воде, подлежащей спуску, указанными §§ допускаются, кроме некоторого количества взвешенных веществ (§ 2), остатки красящих веществ (§ 3), следы масла (§ 6), некоторое количество кислот и щелочей (§ 5); а также и других вредно действующих и ядовитых веществ (§ 4). Нормирование условий спуска в этих отношениях определяется местными условиями, возлагается на местные органы санитарно-технического надзора и должно быть связано с постоянным наблюдением над влиянием спуска в водоем.

§ 7. Сточные воды заразных отделений больниц и всех учреждений, могущих своими сточными водами создавать опасность массового распространения кишечных инфекций, должны быть дезинфицированы на месте до поступления их в водоем или в общую массу сточных вод данного учреждения. Промышленные заведения, кожевенные заводы, шерстемойни, тряпкомойни и т. д. должны быть заранее обеспечены соответствующими приспособлениями для обезвреживания (дезинфекцией) их сточных вод по требованию санитарного надзора.

### Раздел III.

#### Время действия норм и порядок их изменения или отступления от них

Установленные общие нормы издаются временно на срок в 10 лет или впредь до установленных местных норм, основанных на изучении водоемов общего пользования — их мощности, химического состава, их флоры и фауны, санитарного и бытового значения. Отступления от общих норм, указанные в примечаниях к §§ 1 и 2, а также возможные уклонения от §§ 3, 4, 5 и 6 допустимы в исключительных случаях на срок не свыше 5 лет, и каждый раз с утверждения Санитарно-Технического Совета по охране водоемов при НКЗ, на основании исчерпывающих материалов, представляемых в Совет органами санитарного надзора.

На случай возможного, на основании наблюдений за состоянием водоемов, изменения повышения норм, разрешение спуска должно быть обусловлено возможностью устройства по требованию санитарного надзора дополнительных сооружений для предотвращения ухудшения состояния водоема, для чего заранее должно быть предусмотрено место их устройства и обеспечены нужные земельные площади.

### Раздел IV.

#### Надзор за выполнением норм

Издание местных обязательных постановлений по вопросу санитарной охраны водоемов от загрязнения сточными водами, наблюдение за их выполнением, за соблюдением норм и за состоянием водоемов, возбуждение судебного преследования за их несоблюдение и рассмотрение всех дел, касающихся этой части Общественной Гигиены, возлагаются на органы санитарного надзора Губздравотделов, которые в этом отношении действуют по указаниям Санитарно-Эпидемиологического Отдела НКЗ.

Указания, касающиеся порядка ведения дел по санитарной охране водоемов и организации контрольных наблюдений (условия набора проб и метода определения) заключаются в особых инструкциях, издаваемых Санитарно-Техническим Советом.

## Приложение II.

### О нормах сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы, выработанных НКЗ УССР

В целях ограждения рек и других водоемов от загрязнения сточными водами городов, фабрик, заводов и прочих предприятий и учреждений, Центральный Санитарно-Технический Совет на основании п. 7 постановления СНК УССР от 29-го июня 1925 г. „О санитарной охране вод“ (С. У. 1925 г. № 42 ст. 286) устанавливает нижеследующие нормы, которым должны отвечать сточные воды, спускаемые в водоемы.

I. Стояные воды не должны:

- а) иметь фекальный, гнилостный или иной резко выраженный запах;
- б) загнивать при хранении в закрытом сосуде в течение 7-ми дней при температуре в 20° Цельсия;
- в) иметь резко-выраженной кислой или щелочной реакции;
- г) иметь температуру выше 30—40° Цельсия;
- д) содержать взвешенных веществ более 30 мгр. на 1 литр при условии разжижения их в водоеме не менее, чем в 100 раз;
- е) иметь какой-либо явственно-видимой искусственной окраски, сохраняющейся при разведении дистиллированной водой в 30 раз при толщине слоя в 10 сантиметров и несвойственной естественно окрашенным водам (болотным, торфяным);
- ж) содержать какие-либо вещества в количествах, оказывающих ядовитое или вредное действие на человека, домашних животных, флору и фауну водоема;
- з) иметь в момент поступления в водоем и после выемки пробы, при стоянии ее в сосуде, пленок, состоящих из жиров или масс животных, растительных и минеральных.

2. Сточные воды инфекционных больниц и заразных отделений должны быть освобождены от патогенных микроорганизмов, для чего должны подвергаться обеззараживанию на месте до поступления их в водоем или в общую массу сточных вод данного учреждения.

3. Промышленные заведения, работающие на сырье, могущем по своему характеру служить источником различных инфекционных заболеваний, должны, в случае неимения достаточных для обеззараживания этого сырья установок, должны быть обеспечены приспособлениями для дезинфекции сточных вод, в случае необходимости по первому требованию саннадзора.

4. Изменение изложенных выше норм допустимо в каждом отдельном случае с утверждения Центрального Санитарно-Технического Совета, которому Окрсантехсовет сообщает свое заключение.

Окружной Санитарно-Технический Совет, возбуждающий перед Центральным Санитарно-Техническим Советом вопрос об изменении норм, установленных для сточных вод, представляет исчерпывающие материалы по анализу сточных вод, их количеству, мощности водоема, его самоочищающей способности и т. п. данные, послужившие поводом к возбуждению вопроса об изменении установленных норм.

(Пост. Центр. Сан.-Тех. Сов. от 26-IX 1925 г.—С.У. УССР 1925 г., II Отд., № 24 ст. 61).

## Приложение III.

### Нормы очищения сточных вод, предложенные в (VIII) Докладе Английской Комиссией для охраны рек от загрязнения <sup>1)</sup>

1) Лицо, спускающее сточную воду в реку, не подвергается обвинению за нарушение „акта охранения рек от загрязнения 1876 года“, если сточная вода спускается в таком состоянии, которое удовлетворяет требованиям установленной нормы.

2) Установленной нормой должна считаться общая, или особая специальная норма, которая может быть выше или ниже общей, согласно тому, как того требуют или дозволяют местные условия.

3) Сточная жидкость для удовлетворения общей норме должна при спуске содержать не более трех частей на 100 000 взвешенных веществ, и, вместе со своими взвешенными веществами, не должна при 65° Ф. (18,3 Цельсия) поглощать более 2,0 частей растворенного кислорода на 100 000 в течение пяти дней, эта общая норма должна быть предписана законом или приказом центрального управления, и может подлежать изменениям со стороны той же власти по истечении срока не менее 10 лет.

4) При установлении каждой специальной нормы степень разведения, даваемая речной водой, есть главный фактор, с которым нужно считаться.

Если степень разведения очень малая, то может казаться необходимым, со стороны центрального управления, по собственной его инициативе или для исполнения речным управлением, предписать особую, усиленную норму, которая также должна оставаться в силе в течении периода времени не менее 10 лет.

5) Если степень разведения очень велика, то по соглашению с центральным управлением норма может быть понижена или отменена. Наш опыт приводит нас к тому, чтобы считать общим правилом, что если разведение не падает ниже 150 кратного объема (сточной жидкости) и не превышает 300 кратный объем, то может быть отменена проба на поглощение кислорода, а нормой для взвешенных веществ может быть принято: 6 частей на 100 000. Для удовлетворения такой норме обыкновенно не потребуется другого способа очистки, как химическое осаждение. Если разведение, не падая ниже 300 кратного объема, не превосходит 500 кратного, то норма для взвешенных веществ может быть еще понижена до 15 частей на 100 000. Для достижения этой цели обработка в отстойниках (tank treatment) без действия химических веществ вообще достаточна, если отстойники правильно устроены и регулярно очищаются.

Эти облегченные нормы должны подвергаться пересмотру по истечении периодов, установленных центральным управлением, и эти периоды должны быть короче, чем предписанные для общей и усиленной норм.

6) При разведении, превышающем 500 кратный объем, всякие пробы могут быть отменены, и неочищенная сточная вода может быть спускаема, при условии только устройства сеток или песколовок (screens or detritus tanks), насколько это покажется необходимым центральному управлению.

<sup>1)</sup> Подробнее см. Eight Report of Royal Comission Sewage disposal, 1912; переведен на русский язык инж. Е. Б. Контковским. Издание Постоянного Бюро Русск. Водопров. Съездов.

## Нормы для разведения сточной воды.

Тип сточных или очищенных вод	Mг/л кислорода, утрачиваемых сточной водой в пять суток	Степени необходимого раз- жижения для достижения 4 мг/л кислорода. При чи- стоте речной воды		
		1	2	3 мг/л
1. Очень хороший фильтрат . . . . .	2	0,33	0,5	1,0
2. Нормальный фильтрат . . . . .	20	5,0	8,0	16,0
3. Плохой фильтрат . . . . .	50	15,5	23,0	46,0
4. После химич. осаждения жид- кости малой концентрации . .	100	32,0	48,0	96,0
5. Средняя жидкость после химиче- ского осаждения . . . . .	150	48,0	73,0	146,0
6. Средняя жидкость из загнива- теля . . . . .	200	65,0	98,0	196,0
7. После химич. осаждения очень концентр. жидкости . . . . .	200	65,0	98,0	196,0
8. Высокой концентрации жидкость из загнивателя . . . . .	330	109,0	163,0	326,0
9. Канализационная жидкость сред- ней концентрации . . . . .	350	115,0	173,0	346,0
10. Канализационная жидкость высо- кой концентрации . . . . .	500	165,0	248,0	496,0

## Приложение IV.

### Постановления Водопроводных Съездов по очистке сточных вод

1) По докладу П. Ф. Горбачева: „О загрязнении рек сточными водами и о способах очищения последних“. (IV Водопров. Съезд, 1899).

а) Устранение загрязнения рек может быть достигнуто применением искусственных способов очищения городских сточных вод, которые и могут быть рекомендованы для тех городов, где по местным условиям устройство полей орошения не представляется возможным.

б) Из искусственных способов очищения рациональными являются те, которые при достаточной степени очищения сточных вод обеспечивают также и возможность правильного и удобного удаления грязных осадков, после очищения.

2) По докладу И. О. Платс: „О применении биологического способа к полной очистке клоачных вод“ (V Водопров. Съезд, 1901).

Современное положение вопроса о биологическом способе очистки сточных вод городов и промышленных заведений таково, что делает желательным производство исследований в применении его к условиям России.

3) По докладу А. А. Абрагамсона: „Канализация Парижа“. (V Водопров. Съезд, 1901).

Пример Парижа подтверждает применимость и целесообразность полей орошения для обезвреживания канализационных вод даже и наиболее крупных городов при наличии благоприятных условий почвы и климата.

4) По докладу доктора С. Л. Рашковича: „Наблюдения над биологическим методом очистки сточных вод“. (VI Водопров. Съезд, 1903).

Благодарить докладчика за внесенные им доклады по вопросу о биологическом методе очистки сточных вод, имеющему важное современное значение, и вместе с тем благодарить Всероссийское Общ. Сахаразаводчиков, давшее средства для изучения этого вопроса.

5) По докладам: „О биологической очистке сточных вод“ Держговского, Аргамакова, Голубкова и Семенова. (VII Водопров. Съезд, 1905).

а) Очищение сточных вод искусственным биологическим способом может быть доведено до таких же результатов, какие достигаются рационально устроенными полями орошения.

б) Применение биологических способов к очистке сточных вод городов должно быть обставлено предварительными опытами, имеющими целью приспособление метода к местным условиям.

в) Эксплуатация биологических способов должна сопровождаться постоянным контролем с химической и биологической точек зрения.

г) Развитие и совершенствование биологического метода возможно только при дружной совместной работе представителей техники с одной стороны, химии и биологии с другой, почему данный вопрос должен параллельно разрабатываться во всех этих отношениях.

е) Метод биологической очистки сточных вод в непокрытых крышей бассейнах может считаться на основании царскосельских опытов применимым вообще и в той части России, где имеются снежные покровы, но для выяснения пределов применимости этих бассейнов необходимы дальнейшие опыты в различных широтах.

f) Подтвердить, что все воды заразных отделений больниц при применении любого метода их очистки должны подвергаться полной дезинфекции и стерилизации до выпуска их в канализационную сеть.

g) Признать желательным законодательное установление норм химического, физического и бактериологического состава сточных вод, допускающих спуск последних в естественные водоемы.

h) Признать желательным производство опытов обезвреживания питьевых, сточных и дренажных вод с помощью электрических токов, а также опытов над применением электричества к культуре растений, произрастающих на полях орошения.

6) По докладу проф. Н. К. Чижова, председателя Комиссии, и по докладу Е. Б. Контковского. (VII Водопр. Съезд, 1905).

Какая бы система канализации ни была выбрана для устройства в городе, необходимо всегда иметь в виду принятие мер к обезвреживанию сточных вод, отведенных за городские пределы.

7) По докладу С. К. Джерговского: „О результатах опытной биологической очистки сточных вод в Царском Селе“. (VII Водопр. Съезд, 1905).

Очищение сточных вод искусственным биологическим способом может быть доведено до такой же степени совершенства, какая достигается рационально устроенными полями орошения.

8) По докладу В. А. Дроздова: „К вопросу о выработке предельных норм для оценки очищенной жидкости, предназначенной к спуску в реки“. (VIII Водопроводный Съезд, 1907).

Желательно выработать таковые нормы для контроля действия биологических станций на основании опытов и данных русской практики.

9) По докладу В. А. Дроздова: „Новый принцип в деле биологической очистки сточных вод“. (VIII Водопр. Съезд, 1907).

Принять к сведению и пожелать, чтобы были произведены опыты для оценки предложенного способа с санитарной и экономической точек зрения в России.

10) По докладу С. К. Джерговского: „О значении септических приспособлений для очистки сточных вод“. (VIII Водопр. Съезд, 1907).

a) Септические бассейны, взятые в отдельности, не могут быть рассматриваемы, как приспособления, окончательно разрушающие все органические вещества, а поэтому не могут считаться самостоятельной системой для очистки сточных вод.

b) В то же время необходимо признать, что септические приспособления, способствуя частичному разрушению некоторых органических веществ и в особенности уплотнению и уменьшению объема образующихся осадков и тем самым облегчая удаление взвешенных веществ в сточных водах, могут быть полезным вспомогательным элементом при биологической очистке.

11) По докладу С. Л. Рашковича: „Механическое очищение сточных вод“. (VIII Водопр. Съезд, 1907).

Правильное разрешение вопроса об удалении взвешенных частиц сточных вод имеет первостепенное значение для последующего их обезвреживания на биологических фильтрах.

12) По докладу Е. Б. Контковского: „Значение микробиологических исследований для оценки степени очистки сточных вод и произведенные в этом направлении работы на станциях биологической очистки в Москве и Пскове“. (VIII Водопр. Съезд, 1907).

a) При резком изменении общего характера флоры и фауны, у места выпуска сточной воды и появления в водоеме больших масс явных указателей загрязнения (полисапробионтов), необходимо произвести научное исследование данного случая для своевременного принятия мер к устранению санитарного вреда от выпуска загрязненной жидкости в водоем.

b) Микроскопические исследования флоры и фауны как водоемов, служащих для впуска сточных вод населенных мест и промышленных заведений, так и спускаемых в них вод, являются необходимым дополнением по производству химического и бактериологического анализов этих вод.



с) Исследования эти должны простираться не только на взвешенные в воде микроорганизмы (планктон воды), но и на население дна, отмелей и берегов водоемов, а также на разные составные части очистительных приспособлений, для получения возможно полной картины как нормально населяющей их флоры и фауны. так и влияния, оказываемого выпуском данных вод на жизненные условия водоема.

13) По докладу проф. В. Ф. Иванова: „О спуске сточных вод городов в реки“. (VIII Водопр. Съезд, 1907).

а) Очищенные сточные воды, неспособные к загниванию и не содержащие вредно действующих веществ, могут быть спускаемы в естественные протоки, если это не окажется в каждом данном случае вредным для протока и пользующегося им населения, что должно быть установлено особым научным исследованием.

б) Для изучения вопроса об очистке сточных вод при условии спуска их в реки желательно образовать особую Комиссию при Постоянном Бюро Водопроводных Съездов.

14) По докладу М. И. Бимана: „Сообщение об очистке сточных вод в городе Москве“. (VIII Водопр. Съезд).

Для успешности оздоровления городов необходимо, чтобы требования относительно степени очистки сточных вод были тщательно обоснованы совокупностью всех местных условий и, главным образом, не должны быть упускаемы из виду благоприятные условия тех водоемов, в которые будут выпущены сточные воды, при чем на практике могут встретиться и такие случаи, в которых достаточно самого простого очищения осадочниками и решетками.

15) По докладу П. Ф. Горбачева: „О способах осуществления канализации в русских городах“. (VIII Водопр. Съезд).

Желательно производство опытов относительно возможности применения в России способов механического очищения сточных вод.

16) По докладу Н. Д. Аверкиева: „Об устройстве и работе станции для очистки сточных вод в г. Екатеринославе по непрерывно действующей системе с распределителями типа „Фиддиан“. (IX Водопр. Съезд, 1909).

а) Вода, очищаемая на искусственных окислителях, должна быть предварительно подготовлена возможно полным отделением взвешенных частиц, во избежание скорого засорения фильтра.

б) Правильная работа и полное использование всего искусственного окислителя возможны только при равномерном распределении очищаемой воды по всей его поверхности.

с) Для спуска очищенных биологически сточных вод в естественные протоки или в реки и водоемы не должно быть общих норм относительно степени очистки, а каждый случай должен быть рассмотрен отдельно, в зависимости от совокупности местных условий.

17) По докладу П. Ф. Горбачева: „О способах осуществления канализации в русских городах“. (IX Водопр. Съезд).

При спуске очищенных какими бы то ни было способами сточных вод в реку или естественные водоемы не должно устанавливать общих требований для степени очищения, а каждый случай должен быть рассмотрен отдельно, в зависимости от свойств водоема, куда предполагается спуск воды, и от других местных условий.

18) По докладу П. С. Белова: „Биологические установки для очистки сточных вод на железных дорогах и во владениях частных лиц“. (IX Водопр. Съезд).

а) Перевод органических веществ сточных вод в безвредные минеральные вещества может быть практически осуществлен только биологическим процессом на полях орошения или на искусственных окислителях.

б) С экономической стороны очистка сточных вод на станциях железных дорог и в остальных учреждениях при применении биологического способа оказывается на практике выгоднее удаления этих вод вывозом.

с) Биологические установки требуют некоторого несложного ухода за собою со стороны владельца и разумного контроля со стороны соответствующих санитарных органов.

d) Желательно произвести исследования очищения сточных вод, имеющих жировые примеси.

19) По докладу Н. Д. Аверкиева: „Об искусственных культурах аэробных микроорганизмов в применении к очистке сточных вод биологическим методом“. (IX Водопр. Съезд, 1909).

Применение искусственных культур аэробных бактерий для нитрификации сточных вод заслуживает серьезного внимания и проверки на действующих станциях.

20) По докладу Н. П. Василевского: „Санитарные задачи в деле водоснабжения и канализации г. Баку“. (IX Водопр. Съезд).

Условия спуска сточных вод в море существенно отличаются от условий выпуска их в водные протоки. Выбор системы очищения сточных вод должен быть сделан после специального исследования всех местных топографических и экономических условий.

21) По докладу М. И. Бимана: „Об очистке сточных вод в городе Москве“. (IX Водопр. Съезд).

a) Очистка сточных вод полями орошения с культурой растений является в настоящее время с санитарной точки зрения вполне совершенным способом, и где местные условия позволяют, этот способ должен быть применяем, но так как для этого требуются сравнительно большие площади земли, то этот способ может быть применяем только для небольших городов и вообще для маленьких установок.

b) Способ перемежающейся фильтрации через естественную почву требует значительно меньше земли, чем предыдущий способ, и поэтому, с точки зрения народного хозяйства, он может найти применение особенно для больших городов. Результаты очистки сточных вод этим способом при достаточной площади земли и подходящей почве могут быть признаны с санитарной точки зрения весьма удовлетворительными.

c) Очистка сточных вод на искусственных окислителях, решая вопрос так же удовлетворительно, как и орошением полей, особенно удобна, когда климатические и почвенные условия вызывают затруднения в применении предыдущих способов, когда нет вблизи города достаточной площади подходящей земли и вообще, когда экономический расчет при обсуждении совокупности местных условий будет на стороне этого способа.

d) Применение очистки сточных вод на искусственных окислителях дает, сравнительно с полями орошения, возможность более удобно производить дезинфекцию сточных вод во время эпидемии, если при проектировании этих сооружений это будет принято во внимание.

e) Экономического преимущества какого-либо из перечисленных способов нельзя указать для всех случаев; это можно сделать только после сравнительного экономического подсчета, приняв во внимание совокупность местных условий.

22) По докладу проф. В. Ф. Иванова: „Способы предварительной обработки сточных вод“. (X Водопр. Съезд, 1911).

a) Сточные воды, подлежащие очищению на полях орошения, фильтрационных полях и биологических фильтрах, желательно, в зависимости от местных условий, предварительно подготовить в сооружениях, в которых достигается возможно полное отделение взвешенных и коллоидальных веществ, во избежание быстрого заиления поверхностных слоев вышеназванных биологических сооружений.

b) Признать желательным производство в России опытов над гидролитическими танками для оценки их, как сооружений для предварительной обработки сточных вод.

23) По докладу Ф. Ф. Киркора: „О самоочищении рек“. (X Водопр. Съезд, 1911).

a) При самоочищении рек следует различать понятия: „самоочищение речной воды“ и „самоочищение русла реки“.

b) Оседание загрязняющих веществ и микроорганизмов на дно реки является лишь фактором самоочищения речной воды;

c) Самоочищение складывается из физических, химических и биологических процессов, благодаря которым речная вода и реки в целом, освобождаясь от загрязняющих веществ приходят в первоначальное состояние.

24) По докладу проф. В. Ф. Иванова: „О движении сточной воды в капельных окислителях“. (XI Водопр. Съезд 1913).

Признать желательным производство опытов по изучению движения сточных вод в капельных окислителях при различных системах распределения на их поверхности.

25) По докладам Е. Б. Контковского. „Об условиях допустимости спуска сточных вод в общественные водоемы“ и В. А. Дроздова и Б. И. Зимина „Об Английской Королевской Комиссии“ (XI Водопр. Съезд, 1913).

а) Вопрос о степени очистки сточных вод перед выпуском их в общественные водоемы может быть правильно решен только объективным общественным учреждением.

б) Для объединения деятельности указанных общественных организаций необходимо учреждение центрального органа, в состав коего должны входить представители как общественных организаций, так и правительственных учреждений.

в) Установление определенных норм требуемой степени очистки вод вне всякой связи с местными условиями следует признать нерациональным и нежелательным, в виду тормозящего влияния подобных норм на развитие рациональной канализации городов, населенных мест и промышленных центров.

д) Основным критерием для суждения о допустимости сточных вод данного состава в определенный водоем должно служить доказательство того, что данный выпуск сточных вод окажет заметное влияние на санитарные условия окружающей местности в смысле выделения вредного запаха или появления гниющих отложений на дне и берегах реки, или устойчивого изменения ее флоры и фауны с преобладанием в ней полисапробных форм.

е) Необходимо пересмотреть санитарные требования, которым должны удовлетворять сточные воды спускаемые в общественные водоемы, объявленные циркуляром Управления Главного Врачебного Инспектора от 6 декабря 1911 г., № 1445, Губернаторам в видах согласования этих требований с разнообразными местными условиями.

ф) В видах правильной организации охраны общественных водовместилищ от загрязнения, Съезд признает крайне необходимым рекомендовать городским и земским учреждениям и промышленным организациям поставить в ближайшую очередь изучение санитарного состояния общественных водоемов.

26) По докладу А. С. Вайнцвайга „Об установлении единообразных методов отчетности водопроводов и канализаций“ (XII Вод. Съезд, 1922 г.).

Еще раз подтверждая необходимость установления единообразных методов ведения отчетности всех русских водопроводов и канализаций в целях возможности сравнения получаемых результатов, XII Водопродный и Санитарно-Технический Съезд поручает Постоянному Бюро выработать совместно с представителями заинтересованных ведомств единообразные формы отчетности и по представлении их для отзыва местным группам в окончательной редакции представить на утверждение XIII Съезда.

27) По докладу С. Н. Строганова. „Обзор работ лабораторий Управлений Канализации г. Москвы с 1914 по 1922“ (XII Вод. Съезд, 1922).

„Съезд выражает изумление перед широким охватом этих работ, могущих стать наравне с лучшими работами в Англии, Германии и других странах Европы и Сев. Америки, и считает, что они вполне отвечают постановке совершенного научного исследования и построены в теснейшей связи с возможностью их осуществления.“

28) По докладу С. Н. Строганова „Основные мероприятия по санитарной охране открытых водоемов от загрязнения спуском сточных вод и норм чистоты вод, допустимых к спуску“ (XII Вод. Съезд, 1922).

а) Съезд, ценя сделанную Наркомздравом, его санитарными и санитарно-техническими органами работу по разработке мероприятий об охране водоемов, отличает в ней большой шаг вперед на пути приближения обязательных санитарно-гигиенических законоположений к практическим требованиям жизни;

б) Съезд соглашается с основными положениями санитарно-технических мероприятий об охране водоемов, как правильно определяющими общее направление в деле охраны;

в) Съезд находит, что выработанные Наркомздравом нормы чистоты сточных вод должны являться лишь средними и примерными, а в каждом отдельном случае, согласно

с основными положениями и с инструкцией к нормам, обязательно необходимо обследование и изучение местных условий и разработка на основании этого местных норм, охраняющих здоровье окружающего населения, учитывающих технические и экономические условия и не препятствующих осуществлению санитарно-технических мероприятий;

д) Съезд считает, что для практического проведения в жизнь основных положений об охране водоемов, необходимым условием является организация Наркомздравом и его органами на местах соответствующих санитарно-технических аппаратов с участием в них компетентных специалистов.

29) По докладу С. Н. Строганова „Очистка сточных вод посредством активного ила“ (XII Вод. Съезд, 1922).

а) признать выдающийся интерес за исследованиями, произведенными Канализационным отделом М. К. Х., которые впервые позволяют говорить об очистке сточных вод активным илом, как о техническом процессе, поддающемся расчету и управлению в полной зависимости от местных условий, и потому опубликование результатов уже законченных опытов представляет большой интерес и заслуживает всяческой поддержки;

б) По поводу намерения МКХ приступить к постройке станции для очистки активным илом 1 000 000 ведер сточной воды в сутки Съезд отмечает, что значение этого способа очистки выходит за пределы интересов Московского коммунального хозяйства, касаясь в равной мере и других городов России, а потому Съезд приветствовал бы устройство подобной станции в скорейшем времени с приспособлением ее для выяснения опытным путем ряда практических вопросов в условиях обычной эксплуатации.

30) По докладу инж. Ю. Ю. Думпе: „Данные об обезвреживании осадка“ (XII Вод. Съезд, 1922).

а) Во избежание получения больших масс осадка, выделение взвешенных частиц из сточной жидкости должно быть произведено только до такого предела, который необходим для дальнейшей нормальной работы очистительных сооружений или спуска в данный водоем.

б) Устранение осадков имеет настолько большое экономическое и санитарное значение для эксплуатации очистных станций, что вопрос об удалении и обезвреживании осадка должен быть в принципе разрешен до приступления к устройству сооружений для очистки сточных вод.

31) По докладу проф. Я. Я. Никитинского: „О пределах распространения загрязнения водоемов“ (XII Вод. Съезд, 1927).

а) Смешение струй загрязненной воды, вводимой в реку, с водой реки может растягиваться до 50 верст и более;

б) Полная ликвидация загрязнения в реке может растягиваться особенно в зимнее время на 100 верст и более.

32) По докладу инж. М. И. Атлас: „К вопросу об очистке и выводе сточных вод гор. Баку в связи с его климатическими и орографическими условиями“ (XIV Вод. Съезд, 1925).

а) В полном согласии с постановлением, вынесенным на XII Водопроводн. Съезде, считать, что окончательное выяснение вопросов и степени очистки может быть произведено после дополнительных исследований, как это и предполагает Управление Бакинской Канализации;

б) Засушливый климат г. Баку и отсутствие пресных вод в его окрестностях заставляют считать использование стоков для орошения наиболее желательным способом разрешения поставленной задачи;

с) В силу специфических местных условий (характера почвы, климатических условий, химического состава сточных вод) для г. Баку должны быть выработаны специальные приемы орошения и подобраны специальные культуры;

д) В силу вышесказанного использование сточных вод гор. Баку для орошения в первый период работы канализации должно получить характер широко поставленных опытов на полях ирригации, а также на полях фильтрации с предварительным отстаиванием;

е) Считать допустимым на первый период действия бакинской канализации предварительную очистку сточных вод в эмшерских колодцах с последующим ее хлорированием;

ф) При выпуске сточных вод в море должны быть приняты меры, способствующие большей дисперсии сточных вод в морской воде и в достаточном отдалении от береговой линии;

г) Считать желательной в первые годы после работы канализации постановку опытов по очистке сточных вод методом активного ила;

33) По докладу Я. Я. Звягинского. „Об условиях выпуска сточных вод в море“. (XIV Вод. Съезд, 1927).

а) Признать необходимым систематическое изучение на месте уже существующих спусков сточных вод в море, с постановкой специальных гидрологических и лабораторных исследований;

б) Считать необходимой постановку опытов в городах: Баку, Новороссийске, Ялте, Севастополе, Владивостоке и др. приморских городах и населенных пунктах.

34) По докладу инж. Д. И. Шпилева. „Техника очистки сточных вод“ (XIII Вод. Съезд, 1927).

а) Методы очистки и обезвреживания сточных вод могут дать на практике удовлетворительные результаты только в случае целесообразного технического выполнения их, при условии наличия правильного технического надзора за ними со стороны лиц надлежащей квалификации;

б) При проектировании очистных установок должно приниматься в соображение: требующуюся степень очистки при местных условиях, экономическую сторону вопроса и условия будущей эксплуатации;

в) При постройке очистных сооружений необходимо возможно точное выполнение проекта без нарушения его основных идей;

г) По окончании постройки очистная станция должна быть отрегулирована и должна быть выработана инструкция по ее эксплуатации, отвечающая основным идеям проекта.

## Список литературных источников, послуживших автору для составления настоящего сочинения

### а) на русском языке

1. Аверкиев, Н. Д. Большие станции в Англии, 1909.
2. Аверкиев, Н. Д. Биологический метод очищения сточных вод, 1909.
3. Аверкиев, Н. Д. Процессы нитрификации при искусственных культурах аэробных бактерий при очистке и обезвреживании сточных вод биологическим способом, Труды IX Вод. Съезда, 1909.
4. Александров, Г. А. Новейшие способы биологической очистки сточных вод, Зап. Харьк. Отд. Тех. О-ва, 1907.
5. Архангельский, А. М. и Богомолов, П. Ф. О задачах оздоровления Твери в связи с возможными методами очистки и отвода фабричных, поверхностных и городских фекальных вод с весьма значительным преобладанием фабричных вод, Труды XIII Вод. Съезда, 1925.
6. Архангельский и Израйлович. Очистительная установка по методу аэрации сточных вод на фаб. „Буревестник“, Стр. Пром., 1925.
7. Атлас, М. И. К вопросу об очистке и выводе сточных вод гор. Баку в связи с его климатическими и орографическими условиями, Труды XIV Вод. Съезда, 1927.
8. Базякина, Н. А. Лабораторные исследования по изучению процесса очистки сточной жидкости путем аэрации. Отчет об опытах 1916—1917 г., V Отч. Совещания по очистке сточных вод при М. К. Х. 1923—1925.
9. Базякина, Н. А. Опыты очистки сточных вод на аэрофильтрах в 1923 г., там-же.
10. Базякина, Н. А. Скорость растворения кислорода, как один из факторов биологической очистки, там-же.
11. Барановский, М. В. О приборах для измерения проточных вод в массовых количествах, Труды VII Вод. Съезда, 1905.
12. Биман, М. И. Очистка городских сточных вод полями орошения в сравнении с биологическим способом очистки, Труды VII Вод. Съезда, 1905.
13. Ванников, Н. Д. Проект канализации г. Баку, Труды XIII Вод. Съезда 1925.
14. Вильямс, проф. Материалы к разрешению вопроса об очистке сточных вод, Москва, 1899.
15. Вильямс, проф., Биман, М. И. и Левашев. Отчет по осмотру полей орошения в некоторых городах Европы.
16. Величкин, Н. М. Изучение водного и воздушного режима почв полей фильтрации и определение величины предельной нагрузки, XIII Вод. Съезд, 1925.
17. Горбачев, П. Ф. О загрязнении рек сточными водами и о способах очищения последних, Труды IV Вод. Съезда, 1899.
18. Голубятников, П. В. Справочник по Санитарной Технике, 1910.
19. Гольденвейзер, В. С. Современные приемы по очистке сточных вод, Записки Моск. Отд. Техн. О-ва, 1910.

20. Данилов, Ф. А. Некоторые данные из практики очистки сточных вод биологическим способом, Труды VIII Вод. Съезда, 1907.
21. Данилов, Ф. А. Биологическая очистка городских, домовых и фабричных сточных вод, 1912.
22. Данилов, Ф. А. Биологические сооружения при Туркменском доме просвещения, Стр. Пром., 1926.
23. Данилов, Ф. А. Аэростанции для очистки сточных вод, Стр. Пром., 1926.
24. Данилов, Ф. А. Удаление и обезвреживание городских нечистот, 1927.
25. Дзержговский, С. К. О результатах опытной биологической очистки в Селе, Труды VII Вод. Съезда, 1905.
26. Дзержговский, С. К. О значении септических приспособлений для очистки сточных вод, Труды VIII Вод. Съезда, 1907.
27. Дроздов, В. А. Новый принцип в деле биологической очистки сточных вод, Труды VIII Вод. Съезда, 1907.
28. Дроздов, В. А. Исследования обработки сточной канализационной жидкости биологическим способом, произведенные в 1905 г. в городе Columbus, Штате Ohio в С. Ам., там же, 1907.
29. Дроздов, В. А. К вопросу о выработке предельных норм для оценки очисточной жидкости, предназначенной к спуску в реки, там же, 1907.
30. Дроздов, В. А. и Зимин, Б. Н. Краткое сообщение VIII доклада Английской Комиссии, Труды XI Водопр. Съезда, 1913.
31. Дроздов, В. А. Проект типового устройства очистного сооружения, Стр. Промыш., 1925.
32. Дурилин, А. Н. Биологическая очистительная станция при Никополь-Мариупольском поселке с применением рыбных прудов, Труды XII Вод. Съезда, 1922.
33. Думпе, Ю. Ю. Данные об обезвреживании осадка, Труды XII Водопр. Съезда, 1922.
34. Заславский, Б. Е. О новейших методах очистки сточных вод и о биологическом способе, 1908.
35. Заславский, Б. Е. Введение призм в осадочный бассейн для улучшения качества воды, Изв. Юж. Рус. О-ва Техн., 1912.
36. Заславский, Б. Е. Нежелательные явления при работе сифонов большого сечения и новый аппарат для периодического опорожнения сборного бассейна, Изв. Юж. Рус. О-ва Техн., 1912.
37. Звягинский, Я. Я. Канализация г. Москвы, 1925.
38. Звягинский, Я. Я. Санитарно-технические устройства для поселков при наличии канализации, Строит. Пром., 1926.
39. Звягинский, Я. Я. Об условиях выпуска сточных вод в море, XIV Вод. Съезд, 1927.
40. Звягинский, Я. Я. Основные положения для проектирования биологической очистки сточных вод, Москва, 1928.
41. Зубарев, Н. В. Обезвреживание осадка из осадочных бассейнов на полях орошения г. Москвы, XI Вод. Съезд, 1911.
42. Енш, А. К., проф. Принципы очистки городских и фабричных вод и спуск в реки, Гор. Дело, 1911.
43. Иванов, В. Ф., проф. О спуске сточных вод в водные протоки, VIII Вод. Съезд, 1907.
44. Иванов, В. Ф., проф. Способы предварительной обработки сточных вод, X Вод. Съезд, 1911.
45. Иванов, В. Ф., проф. О движении сточной воды в капельных окислителях, XI Вод. Съезд, 1913.
46. Иванов, В. Ф., проф. Краткий исторический очерк развития способов очистки питьевых вод, Гор. Дело, 1914.

47. Иванов, В. Ф., проф. Санитарная Техника. Очистка городских сточных вод, 1914.
48. Иванов, В. Ф., проф. Водоснабжение и канализация поселков, 1915.
49. Иванов, В. Ф., проф. Основные данные для составления проектов водоснабжения и канализации поселков, Инж., 1917.
50. Иванов, В. Ф., проф. Рабочее жилищное строительство. Планировка, водоснабжение и канализация рабочих поселков, 1925.
51. Иванов, В. Ф., проф. Краткий отчет о 1-м Международном Санит. Техническом Конгрессе в Лондоне, Наука и Техн., 1925.
52. Иванов, В. Ф., проф. К вопросу об устройстве водоснабжения и канализации в городах-садах, Стр. Пром., 1926.
53. Иванов, В. Ф., проф. Энциклопедия строителя. Том VIII. Водоснабжение и канализация поселков, 1927.
54. Крапивин, С. Г. Химическое исследование осадка, XI Вод. С'езд, 1913.
55. Красуский, И. А., проф. Биологический метод очищения сточных вод на VIII Водопроводном С'езде, 1908.
56. Кашкадамов, В. П. Основы и будущее биологической очистки, 1904.
57. Контковский, Е. Б. Об условиях допустимости спуска сточных вод в общественные водоемы, XI Вод. С'езд, 1913.
58. Лазарев, В. А. Значение биологического анализа в деле систематического контроля работ полей орошения по данным лаборатории московских полей орошения, XI Вод. С'езд, 1913.
59. Малишевский, Н. Г. Критический обзор опытов по биологической очистке сточных вод на полях орошения, IX Вод. С'езд, 1909.
60. Моргулев, М. И. Очистные сооружения новейшего типа, Инж., 1913.
61. Молчанский. Механическая очистка сточных вод по способу Гейгера. Зодч., 1913.
62. Никитин, А. В. Механическая осушка ила из осадочных бассейнов автоматически действующей центрифугой Schaefer-ter-Meer на Спасской станции, XII Вод. С'езд, 1922.
63. Отчеты (1 и 2-ой) комиссии по производству опытов биологической очистки сточных вод на полях орошения г. Москвы (1907—1909).
64. Описание канализации г. Москвы района 1-ой очереди с приложением атласа чертежей, 1912.
65. О выпуске в р. Дон сточных вод канализации г. Ростова на Дону в связи с вопросом об их очищении, Записки Донск. Техн. О-ва, 1908.
66. Погибко, А. И. Одесские поля орошения, 1902.
67. Платс, И. О. О применении биологического способа к очистке сточных вод, V Вод. С'езд, 1901.
68. Поварнин, И. Г. Изучение процесса аэрации на пробных установках Люблинских полей орошения, Москва, 1923.
69. Рудзкий, Г. Т. Современные способы очистки сточной воды, 1912.
70. Строганов, С. Н., проф. Обзор современного состояния очистки сточных вод посредством искусственной аэрации с активным илом, Москва, 1925.
71. Тимонов, В. Е., проф. Водоснабжение и водостоки, т. III, 1913.
72. Чижов, Н. К., проф. и Егiazаров, инж. Проект канализации г. Пятигорска.
73. Черкес, Д. С. Канализация Харькова и ее очистные сооружения, 1922.
74. Шпилев, Д. И. Техника очистки сточных вод, XIV Вод. С'езд, 1927.
75. Штауб. Обезвреживание городских отбросов, 1910.
76. Юргенс. Аппарат Рикша для механической очистки сточных вод, Зодчий, 1911.
77. Якимов, Г. В. Современный тип эмшерских колодцев, XIV Вод. С'езд, 1927.



## б) на иностранных языках

1. Abbot. Sewage disposal works of Chiswick, Surv., 1911.
2. Acton sewage works, Surv., 1912.
3. A centrifugal clarifier and filters, Eng. News, 1911.
4. A novel sewage disposal subterranean purification, Surv., 1911.
5. Activated sludge process for Hagerstown, Eng. News Rec., 1924.
6. Allen. Sewage sludge, 1912.
7. Alford. Fertilisers sewage sludge, Surv., 1924.
8. Activated sludge process advised for Elyria, Eng. News Rec., 1925.
9. Ardern, E. Activated sludge processes in the United States and Canada, Surv., 1922.
10. Ardern, E. Activated sludge plant, Withington sewage works, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Engin., London, 1924.
11. Ashton. Precipitants, San. Rec., 1909.
12. Bach. Austausch von Schlammwasser beim Durchgange des Schlammes vom Absetz in den Faulraum der Emscherbrunnen, Techn. Gem., 1912/13.
13. Bach. Zwei biologische Kläranlagen der Emschergenossenschaft, Ges. Ing., 1911.
14. Bach. Desinfektion des Abwassers mit Chlor, Ges. Ing., 1924.
15. Bach. Das „Emscher“-filter, eine neue Form des biologischen Körpers für Abwasserreinigung, Was. und Abw., 1926.
16. Backer. Chlorine in sewage and waste disposal, Ind. and Eng. Chem., 1925.
17. Balfour. Sewerage of towns on tidal waters, Surv., 1926.
18. Bartow. Purification of sewage by aeration in the presence of the Activ. Sludge, Trans. of Amer. Inst. of Chem. Indust., 1915.
19. Barwise. Recent researches on sewage purification, Journ. of the Royal San. Inst., Vol. XVII.
20. Bathing precaution, dangers from polluted waters, San. Rec., 1909.
21. Battige. Sohlenstein für Oxydationskörper, Ges. Ing., 1911.
22. Battige. Verbesserung der Reinigungswerke in Absatzbehältern durch Einführung von Prismenleisten, Ges. Ing., 1913.
23. Bendler. Die neue Abwasser-Kläranlage der Stadt Berlin, 1927,
24. Benske. Eine neue Methode der Behandlung der festen Bestandteile des Abwasserschlammes, Archiv für Stadthygiene, 1912.
25. Bell. Record keeping on sewage disposal, Surv., 1924.
26. Bell. Recent experiments in dewatering sewage sludge, Surv., 1926.
27. Beschmann, prof. et Le Couppey de la Forest. Premier rapport de la commission d'études des divers procédés d'épuration des eaux d'égout, Revue d'Hygiène, 1910.
28. Beardsley. Interstate pollution of streams, Journ. of the Amer. Wat. Works Association, 1926.
29. Bezault. Du role de la fosse septique dans l'épuration biologique, Techn. Sanit., 1908.
30. Bezault. Sur la question des fosses septiques, Techn. Sanit. 1910.
31. Bezault. Du traitement des boues dans l'épuration biologique, Techn. San., 1908.
32. Bezault. A propos du rapport de la Commission des eaux, Revue d'hygiène, 1910.
33. Bezault. Sanitary works carried out in France during recent years, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., London, 1924.
34. Bilz und Kröhnke. Ueber die Absorption kolloidalen Abwasserstoffe, Ges. Ing., 1907.
35. Binnie. Salisbury drainage, Min. of proc. of civil engineers, 1909—1910.

36. Birmingham sewage disposal works, Surv., 1910.
37. Blunk. Die Schlammabeseitigung in Emscher-Brunnen, Techn. Gemeind., 1911.
38. Blunk und Sierp. Die Verwertung des Methans aus Faulräumen, Gas und Wasserfach, 1924.
39. Blunk. Beitrag zur Erforschung der Vorgänge in zweistöckigen Kläranlagen im Emschergebiet, Ges. Ing., 1926.
40. Blunk. Einiges über Schlamm Trocknung und Beseitigung, Die Städte-reinig. 1926.
41. Blunk. Beitrag zur Berechnung von Faulräumen, Ges. Ing., 1925.
42. Blunk. Die Bestimmung der Schlammhöhen in Faulräumen, Techn. Gemeind., 1924—25.
43. Bodenseher und Voit. Projekt einer Abwasserreinigungsanlage der Stadt Troppau, Zeit. d. Oest. Ing. und Arch. Ver., 1911.
44. Bolton. Elasticity of the Activated Sludge process, Trans. of the Intern. Conf. on Sanit. Eng., 1924; Surv. 1924.
45. Bolton. Methods of sewage purification, Surv., 1925.
46. Bousquet. L'épuration des eaux d'égout et le procédé physico-chimique Vial, L'ingen.-constr. des travaux publics, 1909.
47. Bradbury. Sewage disposal works, All., Ohio, Eng. Rec., 1910.
48. Bradbury and Schute. Sewage disposal at Gallion, Eng. Rec., 1912.
49. Braun. Ueber Abwasserreinigung und Abwasserdesinfektion System Ober-baurath Braun, Ges. Ing., 1911.
50. Bredtschneider. Gitter und Rechen im Betriebe von Städteentwässerung, Ges. Ing., 1910.
51. Brown. Edmonton sewage farm, Surv., 1911.
52. Brouardel, prof. et Mosny. Traité d'Hygiène, t. XV, 1911.
53. Bury's Simplex surface aeration plant, Surv., 1925.
54. Burning sewage sludge, Scientific American, 1909.
55. Buschee and Jack. Test of Air pressure losses in Activated sludge plants, Eng. News Rec., 1925.
56. Calmette, prof., et Rolants. Role des fosses septiques dans l'épuration biologique des eaux d'égout, Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, 1908.
57. Calmette, prof. Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout, vol. I—IX, 1905—1914.
58. Calvert. The activated sludge process of sewage treatment, Mun. Eng. and The San. Rec., 1926.
59. Cavel. Le traitement des eaux d'égout par la boue activée, Revue d'Hyg., 1925.
60. Cautermann et Hennekine. Considerations sur l'épuration des eaux résiduaires, Ann. de l'Assoc. des Ing. sortis des écoles spéciales de Gand, 1925.
61. Chambers-Smith. Economy in sewage disposal, Surv., 1911.
62. Change to excess chlorination of sewage advised, Eng. News Rec., 1926.
63. Chase. Operation on the Reading sewage precipitation works, Eng. Rec., 1910.
64. Chase. A new sprinkler filter at Reading, Eng. Rec., 1911.
65. Clark and Gage. Experiments with contact beds, Eng. Rec., 1912.
66. Clark and Gage. Preliminary treatment for sewage clarification, Eng. Rec., 1912.
67. Clifford. On percolation beds, Proc. Inst. Civ. Eng., vol. 172.
68. Clifford. Friction of sewage sludge in pipes, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., 1924.
69. Cohn. Effekt of Chlorination on trickling sewage filters, Eng. News Rec., 1925.

70. Cohn. Lime hypochlorite lowers Psychoda flies at sewage works, Eng. News Rec., 1925.
71. Cohn. Sewage sludge marked for three years at Schenectady, Eng. News Rec., 1926.
72. Contact beds and percolating filters, Surv., 1912.
73. Coral, as filtering material, Surv., 1912.
74. Corbett. Salford sewage works, Surv., 1912.
75. Courmont, prof. et Rochaix. Recherches sur l'épuration bacterienne des eaux d'égout par le procédé des boues activées, La Techn. Sanit. et municip., 1923.
76. Cotherell. Some notes on the tank treatment of sewage, based on the fifth report of the Royal Commiss., Surv., 1909.
77. Crowel and Tuertes. The sewage disposal at Lebanon, Eng. Rec., 1912.
78. Culvert. Modern methods of sewage purification: precipitation and filtration, Surv., 1925.
79. Dallyn. Observations on operating experiences with Canadian sewage disposal plants.
80. Davis. Operation of two trickling filters, Eng. Rec., 1909.
81. Davis. L'appareil Kremer, Revue d'Hygiène, 1912.
82. Delaite. La pollution des nos Rivières, Bull. de la Société Royale de Medec. et de Topographique Medecine de Belgique, 1907.
83. Delkeshamp. Die Entwicklung und der heutige Stand der Abwasserreinigungsfrage, 1911.
84. Delkeshamp. Moderne Klärtechnik für Abwasserreinigungsanlagen unter Berücksichtigung der heutigen schwierigen Finanzverhältnisse der Kommunen, Bauamt und Gemeindebau, 1927.
85. Description technique des procédés Linden, 1912.
86. Developpment in sewerage and sewage disposal, Surv., 1925.
87. Dibdin. The present position of the sewage disposal question, Surv., 1909.
88. Dibdin. Modern biological sewage treatment, Surv., 1910.
89. Dibdin. Aerobical biological treatment, Surv., 1911.
90. Dibdin. The rise and progress of aerobic methods of sewage disposal, Surv., 1911.
91. Die neue Kläranlage in Hanau, Zentralbl. f. Wasserbau und Wasserwirtschaft, 1910.
92. Donogue. Separate sludge digestion system for small town use, Eng. News Rec., 1926.
93. Draack. Die Reinigung städtischer Abwässer mittelst des biologischen Verfahrens, Deut. Techn. Zeit., 1909.
94. Dunbar. Das Urteil im Prozess Tammvorth contra Birmingham, Ges. Ing., 1912.
95. Dunbar. Bericht über eine im Juli 1909 ausgeführte Instruktionsreise nach England zwecks Berichtigung städtischer Abwasserreinigungsanlagen, Ges. Ing., 1910.
96. Dunbar. Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage, 1911.
97. Dunbar. Die neuen Abwasserreinigungsanlagen von Scheffield, Ges. Ing., 1910.
98. Duckworth. The activated sludge experiments at Salford, San. Rec., 1915.
99. Dzierzowsky. Zur Theorie der künstlicher biologischer Filter, Ges. Ing., 1908.
100. Eddy. Digestion of activated sludge, Surv., 1916.
101. Easdale. Sewage disposal ideals, Eng. Rec., 1910.
102. Easdale. The practical management of sewage disposal works, 1909.
103. Easdale. The sludge problem, Surv., 1910.

104. East San Jose Sewage disposal plant., Eng. Rec., 1911.
105. Elsner. Die Behandlung und Verwertung von Klärschlamm, 1910.
106. Elims und Snell. Kolloidalen Suspensionen und ihre Beziehungen zur Problema der Wasserreinigung, Zeit. f. angew. Chemie, 1906.
107. Endris. Die Abwasserreinigung durch Rechen, Gitter und Siebe in England, 1909.
108. Endris. Rückblick über die Einführung der maschinellen Abwasserreinigung in Deutschland, Was. und Abwass., 1910.
109. Endris. Die Kläranlage in Redhill, 1912.
110. Endris. Die Kläranlage der Stadt Macclesfield in England, Städt. Tiefb., 1912.
111. Endris. Die Kläranlage der englischen Stadt Bury, 1912.
112. Entwicklung der mechanischen Abwasserreinigung in Deutschland, Ges. Ing., 1924.
113. Fales. Sewage treatment for North Toronto, Publ. Works, 1927.
114. Farmer. A comparison of contact beds and percolating filters, Surv., 1910.
115. Fleck. Verunreinigung der Flüsse und ihre Verhütung, Techn. Gem., 1925.
116. Fowler and Andern. Suspender matter in sewage of effluents, Journ. of the Society of Chem. Ind., 1905.
117. Fowler and Clifford. Methods for differentiating soils for sewage purification, Surv., 1912.
118. Fowler. The activated sludge process of sewage purification, Surv., 1916.
119. Fowler. The activated sludge process in India and the East, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit., Eng. 1924.
120. Fowler. Aeration of activated sludge, Surv., 1925.
121. Fowler. Sewage and Refuse disposal in unsewered towns, Surv., 1927.
122. Förster. Ueber Schlammzersetzung, Ges. Ing., 1911.
123. Förster. Ueber Wasserneuerung im Schlammversetzungsraume der Em-scherbrunnen, Techn. Gemeindebl., 1913.
124. Frank. Sewage disposal methods, Surv., 1925.
125. Frankfurter Grobrechen mit Lumpenfänger und Schutzrechen, Ges. Ing., 1910.
126. Friedrich, prof. Kulturtechnischer Wasserbau, 1908.
127. Frühling, prof. Die Entwässerung der Städte, 1911.
128. Fries. Die Kläranlage des Ruhrverbandes in Essen-Rellinghausen, Der Bauing., 1926.
129. 25 Jahre Emschergenossenschaft, 1901—1926.
130. Fugate. Activated sludge experiments on packing house wastes, Eng. News Rec., 1925.
131. Fuller. Sewage disposal with respect to offensive odors, Eng. Rec., 1911.
132. Fuller. The different conditions of sewage and their causes, Eng. Rec., 1911.
133. Fuller. Sewage screening and composting plant for New Rochelle, Eng. News Rec., 1925.
134. Further development of activated sludge process, Surv., 1924.
135. Gaub. A bacteriological study of sewage disposal plant, New Jers. Agricul. Exper. Stat., 1924.
136. Garner. Historical development of sewage purification processes, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., 1924.
137. Geissler. Das Charlottenburger Rieselfeld und seine wirtschaftliche Bedeutung, Ges. Ing., 1909.
138. Geusen und Lock. Beitrag zur mechanischen Reinigung, Techn. Gemeind., 1911.
139. Graf, prof. Die biologische Reinigung der Abwässer in Abwässerteichen, Techn. Gemeind., 1925.
140. Greely. Four new sewage works of North Shore Sanitary District, Eng. News Rec., 1924.

141. Gregory. Trenton new sewage disposal plant, The Amer. City mag., 1926.
142. Grimm. Antiformin zur Desinfektion von Abwässern, Mit. d. kön. Prüf. f. Was. u. Abwas., Heft 13, 1910.
143. Grimm. Klärschlammgewinnung unter Wasser, Ges. Ing., 1909.
144. Grimm. Erfahrungen über ausgeführte neuere Anlagen zur mechanischen Reinigung, Techn. Gemeind., 1911.
145. Grimm. Eine mechanische Schnellsedimentieranlage und Gewinnung von ungefaultem Schlamm unter Wasser in der sedimentierten nicht wieder-verdünnten Beschaffenheit, Städt. Tiefbau, 1911.
146. Grossmann. Sewage sludge and its disposal, Surv., 1912.
147. Grunsky. Four activated sludge plants in California, Eng. News Rec., 1924.
148. Goldsmith. Compact underground sewage works in town New York, Eng. News Rec., 1925.
149. Gore and Nasmith. Digestion of activated sludge, Results of Canadian Experiments, Surv., 1925, Pub. Works 1926.
150. Gregory and Keefer. Removal and disposal of airdried sludge of Baltimore, Eng. News Rec., 1924.
151. Guth und Spillner. Zur Frage der Schlammverzehrung in Faulkammer und Emscherbrunnen, Ges. Ing., 1911.
152. Gutowsky. Selbstregistrierender Apparat zur Abwassermessung und Funktionskontrolle für Fiddian-Verteiler biologischer Tröpfkörper, Was. und Abw., 1912.
153. Haller. Ueber Abwasserreinigung in Amerika und England, Deut. Wasserwirt., 1912.
154. Hall. Water and sewerage construction at State Institutions by Mariland Depart. of Health, Eng. News Rec., 1924.
155. Hamilton. Glasgow sewage disposal, Eng., 1910.
156. Hatfield. Recovery of Gas from the Decatur Imhoff Tanks, Eng. News Rec., 1926.
157. Harris. Methods of sewage purification: activated sludge or bio-aeration process, Surv., 1925.
158. Hatton. Activated sludge process has come to stay, Eng. News Rec., 1924.
159. Hatton. Sewage disposal plant for the city of Millwaukee, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., 1924.
160. Hatton. Trickling filters distributors at Britisch sewage works, Eng. News Rec., 1924.
161. Hatton. Some of the tunning-up difficulties of the Millwaukee sewage-plant, Eng. News Rec., 1926.
162. Hawley. Accident to Imhoff tank unit at Fort Worth, Texas, Eng. News Rec., 1926.
163. Harding. Sewage purification at Frome, Surv., 1910.
164. Harpur. The discharge of sewage into tidal waters, Surv., 1911.
165. Halton Thomson. The Imhoff clarification tank, Surv., 1911.
166. Haselhoff, prof. Wasser und Abwasser, 1909.
167. Hart. City of Leeds, sewage disposal, ann. rep., 1911—1912.
168. Hansen. Operation of sewage purification works, Ohio Eng. Soc.
169. Hasger. Das „Pulsator“ Abwasserreinigungs-Verfahren nach Patent Brown, Ges. Ing., 1911.
170. Haworth. Bio-aeration at Scheffield, Surv., 1922.
171. Haworth. Sludge disposal, Surv., 1923.
172. Haworth. Sewage disposal at Scheffield, 1924.
173. Hawley. Accident to Imhoff tank unit at Fort Worth, Texas, Eng. News Rec., 1925.
174. Hauptner. Ein altes Abwässerklärverfahren, Ges. Ing., 1910.

175. Hauptner. Herstellung und Betrieb von Rieselfeldern, Techn. Blätt., Vierteljahrschr. d. deut. Polytechn. Ver. in Böhmen, 1910.
176. Hauptner. Die Kläranlage der Stadt Neubaldensleben.
177. Hauptner. Heben des Schlammwassers, Ges. Ing., 1911.
178. Hederich. Neue Verfahren zur Reinigung von Abwässern, Zeit. f. Gewerbehygiene, etc., 1909.
179. Heine. Ueber die Ergebnisse der Kanalisationsschlamm-Verbrennung im städtischen Elektrizitätswerk in Cöpenick seit April 1907, Elektrotechn. Zeit., 1909.
180. Henneking. Die Abwasserreinigung mittelst intermittierender Bodenfiltration in Nordamerika, insbesondere im Staate Massachusetts, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 12, 1909.
181. Hendrick. The sewage disposal at Baltimore, Eng. Rec., 1912.
182. Hering. The fundamental principles of sewage purification, Eng. News, 1909.
183. Heyd. Beitrag zur neueren Klärtechnik, Ges. Ing., 1909.
184. Hindle and Whitakker. Treatment of sludge at Penrith, Surv., 1912.
185. Hindle and Whitakker. One solution of the sludge problem, Surv., 1912.
186. Hilton. Some municipal undertaking at Hounslow, Surv., 1925.
187. Hilgers. Fischteiche zur Reinigung städtischer Abwässer, Mitt. der Fischerei, 1925.
188. Hinmann. Objectives in sewage treatment, 1924.
189. Hignett. The principles involved in the purification of sewage, San. Rec., 1909.
190. Hille. Bleaching power, as an agent in the purification of water, Eng. Rec., 1911.
191. Hinkley. Electrolytic sewage purification, Eng. News, 1912.
192. Hofer, prof. Ueber eine Reinigung städtischer und gewerblicher Abwasser, Zeit. d. Ver. d. Gas und Wasserfach. in Oesterreich-Ungarn, 1910.
193. Hofer, prof.. Schaffung von Kläranlagen für die städtische Abwässer in Pirmasens, Städterein., 1910.
194. Honig. Ueber Gewinnung und Verwertung von städtischem Klärschlamm, 1909.
195. Höpfner und Paulmann. Ueber die Verarbeitung der Rückstände aus der Schmutzwasser-Reinigungsanlagen der Stadt Kassel, Mit. d. kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 1, 1902.
196. Hoskins. Elminster sewage works, Surv., 1912.
197. Howson. Experiences with separate sludge digestion, Amer. City Mag., 1926.
198. Hurd. Spiral circulation in the activated process, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., 1924.
199. Hunter. The Dunmerry sewerage schema, Surv., 1911.
200. Iagger. Sewage purification by carbonised sludge, San. Rec., 1901.
201. Iastrow. Maschinelle Abwasserreinigung, 1908.
202. Imbeaux. L'alimentation en eau et l'assainissement des villes, 1902.
203. Imbeaux. Comparaison de la situation des villes françaises et des villes allemandes au point de vue de l'assainissement, Revue d'Hygiène, 1909.
204. Imhoff. Die biologische Abwasserreinigung in Deutschland, Mit. d. kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft VII, 1906.
205. Imhoff. A new method of treating sewage, Surv., 1909.
206. Imhoff. Die Arbeitskontrolle bei mechanischen Kläranlagen, Ges. Ing., 1910.
207. Imhoff. Die Schlammbehandlung i. Emscher-Brunnen, Techn. Gem., 1911.

208. Imhoff. Sickerbecken und sparsame Ortsentwässerungen, Techn. Gemeind., 1924.
209. Imhoff. Die Entwicklung der Abwasserreinigung im Emschergebiet, Essen, 1925.
210. Imhoff. Die Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925.
211. Imhoff. Disposal of excess activated sludge by digestion, Eng. News Rec., 1925.
212. Imhoff. Recent sewage treatment developments in America, Eng. News Rec., 1925.
213. Imhoff. Zur Berechnung der Absetzbecken, Ges. Ing., 1925.
214. Imhoff. Neue Bauarten von Emscherbrunnen, Techn. Gemeind., 1924/25.
215. Imhoff. Zweistöckige Absetzbecken oder getrennte Schlammfaulbehälter, Techn. Gem., 1924/25.
216. Imhoff. Neue Abwassersiebe in America, Techn. Gem., 1924/25.
217. Imhoff. Gasgewinnung aus Faulräumen, Die Wasserkraft, 1925.
218. Imhoff. Städteentwässerung und Abwasserreinigung, Techn. Gemeind., 1926.
219. Imhoff und Fries. Die neue Schlammbelebungsanlage des Ruhrverbandes in Essen-Rellinghausen, Techn. Gemeind., 1926.
220. Imhoff. Biologische Tauchkörper, Techn. Gem., 1926.
221. Imhoff. Submerged contact-aerators for sewage, Eng. News Rec., 1926.
222. Increase sewage screen capacity at Long Beach, Eng. News Rec., 1924.
223. Jamaika sewage treatment plant, Publ. Works, 1927.
224. Jagger. Sewage purification by carbonised sludge, The Sanit. Rec., 1911.
225. Jones. Frome sewage purification works, Surv., 1911.
226. Jones. The latest theory regarding artificial sewage treatment, Journ. of the Royal Inst. of Publ. Health, vol. VIII.
227. Jones and Travis. The elimination of suspended solids and colloids matters from sewage, Proceedings of the Inst. of civ. engin., 1905—1906.
228. Johnson. Sewage treatment to prevent river pollution, Eng. Rec., 1910.
229. Johnston. The organic colloids of sewage, Journ. of the Royal Inst., 1906.
230. Kadisch. Investigations of the fertilizing value of activated sludge, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., 1924.
231. Kajet. Ermittlung des voraussichtlichen Sickerheitsgrades im Betriebe biologischer Kläranlagen, Ges. Ing., 1911.
232. Kajet. Allgemeine Uebersicht über die neuzeitlichen Abwasserreinigungsmethoden, Städtezeit., 1912.
233. Kay Menzies. The sewage disposal problem, Science Progress, 1909.
234. Kammann. Ueber Abwasserreinigung mit aktiviertem Schlamm, Techn. Gemeind., 1924/25.
235. Kammann. Die Beseitigungsmöglichkeiten neuartiger Abwässer, Techn. Gem., 1924/25.
236. Kammann. Entwicklung und Stand der Abwasserreinigung in England, Techn. Gem., 1925.
237. Kammann. Die Abwasserreinigungsanlagen der Birmingham Tame und Rea Genossenschaft, Techn. Gem., 1926/27.
238. Kanalisation und Rieselfelder von Breslau, Bres. Stat., 1911.
239. Kanalisation und Rieselfelder von Königsberg, 1911.
240. Kaufmann. Die städtische Kläranlage in Rybnik, Ostdeut. Bauzeit., 1909.
241. Keppner. Die Münchner Abwasseranlagen, Die Wasserkraft, 1925.
242. Kepner and Fox. The pollution of Las animas River, Journ. of the Amer. water, 1926.
243. Kershaw. Modern methods of sewage purification, 1911.
244. Kershaw. Sewage treatment on the bio-aeration system at Rotterham, Surv., 1924.

245. Kelly. Progress of the sewage disposal program at Chicago, Eng. News Rec., 1926.
246. Keefer. The heat drying sludge at the Baltimore sewage works, Eng. News Rec., 1926.
247. Kinnicut, Winslow and Pratt. Sewage disposal, 1913.
248. Kirby. Doncaster sewage works improvements, Surv., 1924.
249. Kochschmieder. Ueber Kläranlage für Wasser, Ges., 1912.
250. Kochschmieder. Die Verwertung des Klärschlammes aus Abwasser-Kläranlagen zu Düngerzwecken, Städterein., 1924.
251. König. Ueber die Reinigung städtischer Abwässer durch Landberieselung und nach dem biologischen Verfahren, Chem. Zeit., 1912.
252. Knauer. Die Abwasserreinigung, 1911.
253. Kuichling. Removal of organic matters from sewage by screens and tanks, Eng. Rec., 1910.
254. Kropf. Trennung verschiedener Schlamme aus Industrie und Städteabwasser von einer Flüssigkeit mittels ununterbrochen arbeitender Schlamm-schleuder usw., Die Städtereinig., 1924.
255. Kropf. Einrichtungen von Diaphragma-Pumpen zur Förderung von Abwässern und Schlamm aus Klärbecken, Die Städtereinig., 1924.
256. Kurpjuwelt. Beiträge zur Frage des Abwasserdesinfektion mittels Chlorkalk, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft IX, 1907.
257. Kusch. Die Entwicklung der mechanischen Abwasserklärung in Deutschland, Ges. Ing., 1925.
258. Kusch. Zweckmässigste Abwasserbeseitigung von Siedlungen und Einzelhäusern, Zeit. f. Desinf. und Gesundheitswesen, 1925.
259. Kutscher. Die von städtischen Abwässer zu besorgenden Infektionsgefahren und die Massregeln zu ihrer Bekämpfung, Viertelj. f. gericht. Med. und off. Sanitätswesen, XXXIX Bd.
260. Large screening plant handles Los Angeles sewage, Eng. News Rec., 1926.
261. Landenberger Zentrale Abwasser-Anlagen der Stadt Tübingen, Ges. Ing., 1926.
262. Lawton. The bacterial treatment of sewage, San. Rec., 1910.
263. Lanphear. Results of septic tank treatment of sewage at Plainfield, Eng. Rec., 1912.
264. Lanphear. Screening sewage at Plainfield, Eng. Rec., 1912.
265. Liquid chlorine patent suit, Pub. Works, 1926.
266. Link und Böhm. Anleitung zum Bau und zur Bewirtschaftung von Teichanlagen, 1912.
267. Liversedge. Cleansing of septic tanks, Surveyor, 1909.
268. Lemmoine-Cannot. Present day sewage disposal, San. Rec., 1910.
269. Loche. Die Beseitigung städtischer Abwässer mit besonderer Berücksichtigung der Berliner Abwasserfrage, Berlin, 1909.
270. Loewy. L'épuration biologique des eaux d'égout sur sol artificiel, Ann. des ponts et chaussées, 1911.
271. Lloyd. Sludge disposal, Surv., 1926.
272. Lowcock. Factors influencing the selection of a scheme of sewage treatment, Contr. Journ., 1909.
273. Lotz. De la decantation intensive des eaux d'égout, Techn. Sanit., 1910.
274. Lübbert. Ueber die Beweisführung Hampton-doctrine, Ges. Ing., 1910.
275. Lübbert. The Hampton doctrine in relation to sewage disposal.
276. Lübbert. Johnston und die Absorptionstheorie, Ges. Ing., 1910.
277. Lübbert. Zur Theorie der Sedimentierung und die Grimmsche Flachbecken-Kläranlage, Ges. Ing., 1909.
278. Lockett. Activated sludge process aeration and circulation, 1922.
279. Maddoks. Notes on the automatic revolving sewage distributors of the Derby sewage disposal works, Eng. Rec., 1910.



280. Mahr. Zweistöckige Absitzbecken oder getrennte Schlammfaulbehälter, Techn. Gem., 1925/26.
281. Mahr. Darstellung der Reinhaltung eines Flusses, Techn. Gem., 1926/27.
282. Maignen. Irrigation with sewage, Eng. Rec., 1912.
283. Manley. Sewage treatment advantages of land over artificial schemes, Surv., 1912.
284. Mawley. Sewage disposal, Surv., 1924.
285. Maschinelle Schlammverladung der Kläranlagen, Ges. Ing., 1926.
- 28.6 Martin. Preliminary Process of sewage disposal, Cont. Journ., 1909.
287. Marussig. Biologische Abwasserreinigungsanlagen für die Ansammlung und Entfernung häuslicher Schmutzwasser und Abortstoffe, Oest. Wochenschrift f. d. Offendienst, 1912.
288. Malischewsky. Ein weiterer Ausbau des Frischwassergewinnes im Emscherbrunnen, Ges. Ing., 1913.
289. Martin. Some present day aspect of sewage disposal, Surv., 1925.
290. Mansfields new sewage disposal works, Surv., 1912.
291. Masson et Calmette. Instructions generales, relatives à la construction des égouts à l'évacuation et à l'épuration des eaux d'égout.
292. Mawbey. Leicester sewage works, Surv., 1910.
293. Mc Vea, Operation on activated sludge plant, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Eng., London, 1924.
294. Mc Ley. Sewage sludge at Singapore, Surv., 1925.
295. Melchior. L'épuration des eaux residuaires à Strassbourg, Techn. Sanit., 1911.
296. Merten. Ein automatisch wirkender Abwässerklärkessel, Haustechnische Rundschau, 1914.
297. Metzger. Abwasserreinigung in engmaschinen Sieben, Techn. Gemeind., 1910/11.
298. Michel. Quelques considerations sur l'épuration biologique des eaux usées, Techn. Sanit., 1910.
299. Middeldorf. Die Tätigkeit der Emschergenossenschaft, Was. und Abwas., 1912.
300. Militzer. Beseitigung der Abwässer, Techn. Gem., 1912.
301. Mohlman. Alaun an aid in the filtration of activated sludge, Eng. News Rec., 1923.
302. Mohr. Der „Oms“-Reiniger, ein neues Klärverfahren für die Abwasser der Industrie, Ges. Ing., 1925.
303. Modersohn. Die biologische Kläranlage der Stadt Unna, Ges. Ing., 1909.
304. Moore and Silcock. Sanitary Engineering, 1909.
305. Municipal Engineering, Surv., 1909.
306. Münz et Lainé. Considerations sur l'utilisation agricole des eaux d'égout, Comp. Rend., Acad. des Sciences, 1911.
307. Münz et Lainé. Les phenomènes d'épuration des eaux d'égout, par le sol et par les lits bacteriens, Com. Rend., Acad. des Sciences, 1911.
308. Murray. Lethbridge, Canada, sewage disposal works, Surv., 1912.
309. Nave. Evacuation des eaux usées, Rev. d'Hyg., 1909.
311. Nave. L'hydrolitic tank, appliqué à l'épuration des eaux d'égouts, Revue d'Hyg., 1911.
311. Natural purification of sewage in practice at Hyde, San. Rec., 1911.
312. Naylor. The struggle with sewage sludge, Surv., 1912.
313. Neuer „Fiddian-Verteiler“ für rechteckige Tropfkörper von Jones und Atwood, in Stourbridge, Was. und Abwas., 1912.
314. Neuffer. Ueber Abwasserreinigung, Bauzeit. für Württemberg.
315. News methods of treating industrial waste, Eng. News Rec., 1925.

316. New sewage works Replace Old at Marion after 18 years Imhoff tanks, Sprinkling filters, secondary tanks and covered sludge Bedstwin dosing tanks described, Eng. News Rec., 1924.
317. New sewage disposal works and pumping station, Stratford on Avon, Surv., 1911.
318. Newton. Alleged pollution of the sea, Surv., 1910.
319. Norrington. Some notes on the separation of solids from sewage and waste liquors, Cont. Journ., 1909.
320. Norwich hydrolitic tank, Surv., 1909.
321. Ogden. The cleansing of filtering media and materials for construction, Surv., 1910.
322. Ogden. First-hand impressions of Germane sewage disposal, Eng. News, 1910.
323. Ogden. Sewage sludge and its disposal, San. Rec., 1910.
324. Ohio State Board of Health, Report of water and sewage purification, Surv., 1911.
325. O'Neill. Discharge of sewage into tidal waters, San. Rec., 1909.
326. O'Schaugnessy. Some characteristics of the Birmingham sewage, Surv., 1911.
327. Ornstein. Erfahrungen mit dem Chlorgasverfahren in der Wasser und Abwasserbeseitigung, Zeit. f. angew. Chemie, 1924.
328. O'Schaugnessy. Sewage disposal and the community, Surv., 1924.
329. Paetsch. Einige praktische Erfahrungen beim Betriebe von biologischen Kläranlagen, Ges. Ing., 1912.
330. Pearce. Twickenham sewage disposal an refuse destructor works, Surv., 1910.
331. Peel Harvey. Sewage treatment in Scandinavia and Finland, Trans. of the Intern. Confer. on San. Eng., 1924.
332. Percolation beds of sewage treatment, Eng. Rec., 1923.
333. Phelps, prof. The disinfection of water and sewage effluents, Journ. Assoc. Eng. Soc., 1911.
334. Phelps, prof. Desinfection of sewage and sewage effluents, Journ. Assoc. Eng. Soc., 1911.
335. Phelps, prof. The chemical disinfection of sewage, Amer. Journ. of Publ. Health, 1912.
336. Pearse, L. Dewatering activated sludge, Pub. Works, 1924.
337. Peck. Economics of the Activated sludge process, Eng. News Rec., 1924.
338. Price. Sewage disposal of seaside and tidal towns, Surv., 1910.
339. Pritzkow. Beobachtungen und chemisch-physikalische Untersuchungen an der biologischen Reinigungsanlagen der Gemeinde Wilmersdorf, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 13, 1910.
340. Provis. L'épuration des eaux d'égout, Archiv. medical belges, 1910.
341. Purvis, Hathie and Fischer. Sewage sickness in land filtration.
342. Prüss. Die Lösung der Abwasserfrage im Rhenisch-Westfälischen Industriegebiet, Die Wasserkraft, 1925.
343. Potts Clyde. Sewage treatment plant at Boonton, Publ. Works, 1925.
344. Prüss. Neuerungen in Abwasser und Schlammlehmdding auf Zeichen des Ruhrbezirkes, Glückauf, 1925.
345. Pearse, Landgon and Greely. Utilisation of sewage sludge, Eng. News Rec., 1924.
346. Radermacher. Die Abwasserreinigungsanlage zu Troisdorf, Ges. Ing., 1925.
347. Randolf. The present sewage disposal system of Rochelle, The Amer. City, 1925.
348. Raikes. The design, construction and maintenance of sewage disposal works, 1908.

349. Raikes. Ilkeston sewage disposal works, Surv., 1912.
350. Reichle und Dost. Ueber Schlammverwertung durch Vergasung, insbesondere beim Sothe-Degenerschen Kohlbreiverfahren, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft VIII, 1907.
351. Reichle und Thiesing. Versuche mit dem Schleuderapparat Schäferter-  
Meer, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 10, 1908.
352. Reichle und Zahn. Bericht über die Prüfung des Trommelfilters von  
A. und A. Lehmann in Niederschöneweide, Ibidem., Heft X, 1908.
353. Reichle. Ueber Verteilungsrichtungen bei kleinen biologischen Tropfkörpern,  
Ibidem, Heft XIII, 1910.
354. Reichle, prof. und Weldert, prof. Bericht über die versuchsweise  
Anwendung von Chlorgas in der Kläranlage von Köpenick, Ges. Ing., 1924.
355. Reichle, prof. und Weldert, prof. Der gegenwärtige Stand des  
neuen biologischen Abwasserreinigungsverfahrens mit belebtem Schlamm.
356. Rebuilding old sewage works in Borough of Brooklyn, Eng. News Rec., 1925.
357. Rentsch. Prinzip, Wesen und Systeme der Frischwasserklärung, Diss-  
München, 1925.
358. Reinigung des Abwassers der Stadt München, Ges. Ing., 1926.
359. Remlinger et Nouri. L'utilisation agricole des eaux d'égout et l'Hy-  
giène d'alimentation, L'Hyg. gener. et appl., 1910.
360. Reddie. Activated sludge experiments at Bradford, Surv., 1926.
361. Richter. Arbeiten über die organische Kolloide im Abwasser, Pharmaz.  
Zentralhalle, 1912.
362. Rideal. Sewage and the bacterial purification of sewage, 1906.
363. Rideal. Sewage purification, Journ. of the Royal Inst., 1911.
364. Rideal. Physico-chemical factors in sewage purification, Surv., 1924.
365. Rivers and roads in pollution, Surv., 1925.
366. River Pollution, its Ethics, Aesthetics and Hygiene, Surv., 1911.
367. Rivers Pollution and fisheries, Surv., 1924.
368. Riefstahl. Elektrisch betriebene Feldberegnungsleitungen, AEG. Zeit, 1924.
369. Robson. Travelling cinder-washing machine, Eng., 1911.
370. Roehling. The Berlin sewage farms, Surv., 1911.
371. Rolants. Les matières organiques colloïdales dans les eaux d'égout, Revue  
d'Hygiène, 1909.
372. Rohland. Die Entwicklung des Abwasserproblems, Die Städterein., 1912.
373. Root. Akron trickling filters will use 223000 cub. yd of limestone, Eng.  
News Rec.
374. Root and Eddy. Stilling Chambers for Akron sewage, Eng. News Rec.,  
1924.
375. Rubner, prof., Gruber und Ficker. Handbuch der Hygiene, Was.  
und Abwas., II Band, 1911.
376. Ruppert. Ueber die Selbstreinigung von Flüssen, 1923.
377. Russel. The cost of clearing water in settling basins, Eng. News, 1909.
378. Ryder. Sewage disposal works at Buschey, Surv. 1910.
379. Ryediger. Studies on the self-purification of streams, Journ. Assoc. Amer.  
Publ. Health, 1911.
380. Russel and Bartow. Bacteriological study of sewage purification by  
aeration, Univ. off. Ill. Wat. Surv. Ser., 1916.
381. Salford sewage works construction, Surv., 1925.
382. Salomon. Ueber Geruchsbelästigungen bei künstlichen biologischen Ab-  
wasserreinigungsanlage, Gesund., 1910.
383. Salkield. Sewage disposal retrospective and prospective, Surv., 1925.
384. Salomon. Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland.
385. Salomon. Die Abwasserreinigungsanlage der Stadt Ascherleben, Techn.  
Gemeindebl., 12 Jahrg.

386. Saslawsky. Verbesserung der Seinigwirkung durch Einführung von Prismenleisten, Ges. Ing., 1913.
387. Saviile. Notes on the digestion of sewage sludge, Eng. Rec., 1912.
388. Schall. Neuerungen auf dem Gebiete der biologischen Abwasserreinigung, Was. und Abwas., 1910.
389. Schaetzle. Studies of separate sludge digestion at Baltimore, Eng. News Rec., 1924.
390. Schmirigk. Der Firstbrunnen, Ges. Ing., 1925.
391. Schiker. Praktische Erfahrungen mit Frischwasserkläranlagen, Zeit. f. angew. Chemie, 1926.
392. Schaw. The sewage purification plant at Ligonier, Eng. Rec., 1912.
393. Scheffield sewage works, Contr. Journ., 1909.
394. Schepilewsky. Ueber den Prozess der Selbstreinigung der natürlichen Wasser nach ihrer künstlichen Infizierung durch Bakterien, Arch. f. Hygiene, 1910.
395. Schick. Die Reinigung städtischer Abwässer durch Fischteiche, Techn. Gem., 1910.
396. Schiele. Abwasserbeseitigung von Gewerben und gewerbereichen Städten, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft XI, 1909.
397. Schiele. Neuartige Bau und Betriebsweise eines biologischen Kläranlagen in Skegness, Was. und Abwas., 1909/1910.
398. Schiele. Biologische Abwasser-Reinigungsanlage in Biskupitz, Was. und Abwas., 1910.
399. Schenton. The practical sterilisation of water and of sewage effluents, Surv., 1909.
400. Schenton. The principles of sewage purification, Cont. Journ., 1911.
401. Schenton. Sewage disposal at Sawbridgeworth, Surv., 1911.
402. Schönfelder. Erfahrungen über ausgeführte neuere Anlagen, insbesondere zur mechanischen Reinigung städtischer Abwässer, Techn. Gemeind., 1910.
403. Schneider. Die Abwässerbeseitigung der Stadt Berlin und der Ertrag der Rieselfelder, 1910.
404. Schröter. Die Faulraum-Schlammbehandlung in der Naumburger Abwasserreinigungsanlagen, Städtezeit., 1912.
405. Schury. Die biologische Versuchskläranlage der Stadt Stuttgart auf der Prag, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., 1905.
406. Scott Moncrieff. The problem of sewage disposal, Surv., 1909.
407. Screens and screening, Cont. Journ., 1910.
408. Segdwick. The proposed disinfection of sewage at New-Bedford, Eng. Rec., 1911.
409. Sewage disposal, Removal of the suspender matter, San. Rec., 1909.
410. Sewage purification at Barnsley, Surv., 1909.
411. Sewage disposal plant at Seneca Fall, Eng. Rec., 1909.
412. Sewage disposal works at Indiana, Eng. Rec., 1910.
413. Sewage disposal plant at Lancaster, Eng. Rec., 1910.
414. Sewage disposal works, North Attlebowugh, Eng. Rec., 1910.
415. Sewerage and sewage disposal at Hucknall Toward, Surv., 1911.
416. Sewage disposal at Pleasanton, Eng. Rec., 1911.
417. Sewage sludge disposal by d-r Grossmann process, 1912.
418. Sewage disposal plant at Wellingsborough, San. Rec., 1911.
419. Sewage purification at Frome, Surv., 1910.
420. Sewage purification at Manchester, Surv., 1924.
421. Sewage distributor, Surv., 1925.
422. Sierp. Ueber den Düngwert von Faulschlamm und Frischschlamm, Techn. Gem., 1924/25.

423. Sierp. Die Beseitigung des überschüssigen belebten Schlammes bei der Abwasserreinigung, Berlin, 1925.
424. Sierp. Einfluss der Temperatur auf die Zersetzungsvorgänge in den Schlammfaulräumen, Techn. Gem., 1927.
425. Sierp. Die Abwasserreinigung mit belebtem Schlamm auf den Kläranlagen in Essen-Recklinghausen, Zeit. f. angew. Chemie, 1926.
426. Skinner. Control of odours from sewage treatment plants, Surv., 1925.
427. Smeitzner. Das homöopathische Prinzip in der Abwasserreinigung, Bauamt und Gemeindebau, 1927.
428. Smit. De hedendaagsche stand van Hetvraagstuk van huishondelijk en industrieel avalwater, Rotterdam, 1925.
429. Smok. Sludge disposal in the Surbiton, Surv., 1924.
430. Small activated sludge plant at Macclesfield, Eng. News Rec., 1909.
431. Spillner. Die Trocknung des Klärschlammes. Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft XI, 1914.
432. Spillner. Zur Frage der Schlammverzehrung in der Faulkammer, Ges. Ing., 1909.
433. Spillner. Absetzgläser zur Kontrolle mechanischen Kläranlagen, Ges. Ing., 1911.
434. Steuer. Behandlung von Abwässer-Klärschlamm, Ges. Ing., 1911.
435. Stellard. The reconstruction of the Taunton sewage works, Surv., 1924.
436. Strassburger. Leuchtgas aus dem Klärschlamm von Abwässeranlagen, Ges. Ing., 1924.
437. Stock. Eisenbetonrinnen für Kläranlagen, 1912.
438. Stooft. Fortschritte auf dem Gebiete der Abwasserreinigung, Journ. für Gasbel. und Wasserversorgung, 1911.
439. Syracuse sewage treatment works, Publ. works, 1925.
440. Taylor. The Durham Main sewerage works, Cont. J., 1925.
441. Taylor. Subsurface distribution in percolating sewage filters, Eng. Rec., 1909.
442. Taylor. Aerial distribution of sewage over percolating filters, Eng. News, 1909.
443. Taylor. Barnsley new sewage works, Surv., 1912.
444. Temple. Grit catchers, screens and storm water tanks in sewage disposal, Trans. of the Intern. Congress on Sanit. Eng., London, 1924.
445. Temple. User as standard unit for sewage works, Surv., 1924.
446. The discharge of sewage into Boston Harbor, Eng. Rec., 1909.
447. The electrical treatment of sewage effluents, Electrician, Bd. 63,
448. The sewage farm at Pasadena, Eng. Rec., 1909.
449. The Greater Pittsburry sewerage and sewage purification.
450. The sewage disposal at Mount-Vernon, Eng. Rec., 1910.
451. The operation of the Columbus sewage disposal works, Eng. Rec., 1909.
452. The sewage disposal works of Baltimore, Eng. Rec., 1909.
453. The Berrigan Continous Bucket Filter Press, Eng. News, 1911.
454. The Madison-Chatam sewage disposal works, Eng. Rec., 1912.
455. The Fieldhouse Patent Tank, San. Rec., 1911.
456. The Septic tank at the Belleville, Eng. Rec., 1907.
457. The three cities activated-sludge plant at Alhambra, Eng. News Rec., 1926.
458. Thim me. Zur Kenntniss der Schlamm-Messungen innerhalb der Vakuumentonne, Ges. Ing., 1912.
459. Ter-Meer. Schlamm-trocknung für städtische Kanalisationsanlagen, Die Städtereinigung, 1910.
460. Ter-Meer. Selbsttätig wirkende Schleudermaschine zur Trocknung der Rückstände städtischer Kanalisationswasser, 1910.
461. Thompson. Standards of purification for sewage effluents, Cont. Journ., 1909.

462. Thompson. Percolating bacteria beds, Surv., 1925.
463. Thompson. Pressing of precipitated sludge, Surv., 1925.
464. Thompson. The Imhoff clarification tank, Surv., 1911.
465. Tonbridge sewage disposal works, Cont. Journ., 1912.
466. Travis. Die „Hampton-Doctrine“ in Beziehung zur Abwasserreinigung, Ges. Ing., 1909.
467. Travis. Observations on the principles of sewage purification, Cont. Journ., 1909.
468. Tresch. The sewage works of the Future, Surv., 1909.
469. Turner. Rotterham sewage disposal works (bio-aeration) and central high-ways depot., Surv., 1924.
470. Uhlfelder und Tillmans. Die Frankfurter Kläranlage, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft X, 1908.
471. Utilization of sewage sludge, Surv., 1925.
472. Veatsch. Sewage disposal for city of 3000 persons, Eng. News Rec., 1925.
473. Veitch. A canadian sewage works, Surv., 1926.
474. Velzy. Sewage treatment for the University towns of Urbana and Champaign, 1924.
475. Verfurth. Die Riesefeld-Anlage der Stadt Münster i. W., Ges. Ing., 1923.
476. Voelker. Some considerations affecting the agricultural use and value of sewage, San. Rec., 1910.
477. Vogel. Ueber die Dimensionierung der Absitz und Schlammräume mechanischer Kläranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Sinkgeschwindigkeit und der Aufenthaltsdauer, Diss., München, 1926.
478. Vogelsang. Versuche mit dem Kremer-Apparat und mit verschiedenen Tropfkörpermaterialien, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft XII, 1909.
479. Vogt. Absitzbecken, Waldenburger Trichter, Techn. Gem., 1911.
480. Vorath. Design of a sewage disposal scheme for a seaside town, Surv., 1911.
481. Vroomann. Notes on the proposed sewage disposal plant for Gloverville, Eng. News, 1910.
482. Valentine. Some recent experiments on the utilisation and disposal of sewage sludge, San. Rec., 1911.
483. Wade. Utilizing gas from Septic tank for production of power, Eng. Rec., 1912.
484. Wagenhalls, Theriault and Hommon. Sewage treatment in the United States, 1923.
485. Wallin. The new sewage disposal plant at Prescott, Surv., 1910.
486. Walther. Belästigende Gerüche öffentlichen Abwasseranlagen, Das Wasser, 1912.
487. Wandle. Valley Surrey, sewage disposal, Surv., 1925.
488. Watson. The purification of sewage, Surv., 1910.
489. Weldert und Röhlich. Die Bestimmung der Faulnisfähigkeit biologisch gereinigter Abwasser, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 10, 1908.
490. Weldert. Die Behandlung des Abwassers und des Schlammes mit Nitraten, Heft XII.
491. Watermann. Imhoff tank operation procedure, Eng. News Rec., 1924.
492. Weldert. Ueber Abwasserreinigung unter besonderer Berücksichtigung der neuzeitlichen Verfahren und deren Wirkungsweise, Ges. Ing., 1912.
493. Whipple. Principles of sewage disposal, Trans. of the Amer. Inst. of Chemic. Eng., 1910.
494. Whitehad. Partial purification of sewage by activated sludge, Surv., 1926.
495. Whitehad, Reddie and Makepeace. Sewerage of England, Eng., 1925.

496. Wigley. To what degree must sewage be purified, Eng. Rec., 1912.
  497. Wilhelmi. Die Einleitung der Abwasser in das Meer, Was. und Abw., 1911.
  498. Willcox. Brentwood sewage disposal works, Surv., 1911.
  499. Willson. Report upon sludge disposal, 1911.
  500. Wilson. Colloid chemistry as applied to activated sludge, Trans. of the Intern. Confer. on Sanit. Engin., 1924.
  501. Winslow. Sewage disposal in the United States, W. und Abw., 1911.
  502. Winslow and Pratt. The new sewage experiment station of the Massachusetts Institute of Technology, Eng. News., 1910.
  503. Winslow. Unsolved problems of sewage disposal, Trans. of the Amer. Inst. of Chemic. Eng., 1910.
  504. Wolman. Hygienic aspects of use of sewage sludge as fertilizer, Eng. News Rec., 1924.
  505. Wolman. Notes on the role of iron in the activated sludge process, Eng. News Rec., 1927.
  506. Zahn und Reichle. Untersuchungen über die Wirkungsweise des Kremerschen Apparates, Mit. d. Kön. Prüf. f. Was. und Abwas., Heft 10, 1908.
  507. Zimmermann. Die Kläranlage der Stadt Görlitz, Ges. Ing., 1913.
  508. Zörkendorfer und Ruppert. Die biologische Kläranlage der Stadt Marienbad, Prag. Mediz. Wochenschrift, 1909.
  509. Zuckrow. A method for comparing sprinkler nozzle performance, Eng. News Rec., 1924.
  510. Zunker. Das neue Berechnungsverfahren von Horten, 1925.
-

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Предисловие ко 2-му изданию. . . . .	3
Предисловие к 1-му изданию. . . . .	4— 5
Глава I. Исторический очерк развития способов очистки городских сточных вод . . . . .	7— 15
Глава II. Состав и количество сточных вод . . . . .	16— 38
§ 1. Общие соображения. Колебания состава сточных вод. § 2. Определение количества сточных вод теоретически и непосредственным измерением. § 3. Общие понятия о составе сточных вод. § 4. Количество нерастворенных веществ. § 5. Количество растворенных и коллоидальных веществ, содержащихся в сточных водах.	
Глава III. Загрязнение и самоочищение рек . . . . .	39— 58
§ 1. Последствия загрязнения рек, озер и морей. § 2. Исследования загрязнения и самоочищения рек. § 3. Самоочищение рек.	
Глава IV. Изыскания для составления проекта очистных сооружений . . . . .	59— 64
§ 1. Классификация способов очистки сточных вод. § 2. Изыскания для составления проекта очистных сооружений.	
Глава V. Механические способы очистки сточных вод. Песколовки . . . . .	65— 75
§ 1. Общие соображения о назначении и устройстве песколовков. § 2. Определение основных размеров песколовков. § 3. Устройство песколовков. § 4. Работа песколовков.	
Глава VI. Механические способы очистки сточных вод. Решетки и сита . . . . .	76—106
§ 1. Общие соображения о назначении решеток и сит. § 2. Определение основных размеров решеток и сит. § 3. Классификация решеток и сит. § 4. Неподвижные решетки и сита. § 5. Подвижные решетки. § 6. Подвижные сита. § 7. Количество энергии, потребное для работ подвижных решеток и сит. § 8. Оценка типов решеток и сит. Работа решеток и сит.	
Глава VII. Механические способы очистки сточных вод. Осадочные бассейны . . . . .	107—127
§ 1. Назначение осадочных бассейнов. Опыты Штейернагеля. § 2. Определение основных размеров бассейнов. § 3. Конструкция осадочных бассейнов. § 4. Приспособления для впуска и выпуска воды из осадочных бассейнов. § 5. Работа осадочных бассейнов.	
Глава VIII. Механическая очистка сточных вод. Осадочные колодцы и осветлительные котлы . . . . .	128—136
§ 1. Назначение осадочных колодцев и сравнение их действия с работой осадочных бассейнов. § 2. Определение основных размеров осадочных колодцев. § 3. Типы осадочных колодцев. § 4. Осветлительные котлы. § 5. Работа осадочных колодцев и осветлительных котлов.	



- Глава IX. Механо-химические и физические способы очистки сточных вод . . . . . 137—150
- § 1. Значение механо-химической очистки прежде и теперь. § 2. Реактивы и сооружения для примешивания их к сточным водам. § 3. Типы сооружений для механо-химической очистки. § 4. Работа сооружений для механо-химической очистки сточных вод. § 5. Физические способы очистки сточных вод.
- Глава X. Механические и механо-химические очистные станции . . 151—167
- § 1. Общие основания для устройства механических и механо-химических станций. § 2. Описание станций для механической очистки сточных вод. § 3. Описание механо-химических станций для очистки сточных вод.
- Глава XI. Способы предварительной обработки сточных вод. Загниватели . . . . . 168—183
- § 1. Значение загнивателей. Процессы гниения. § 2. Определение основных размеров загнивателей. § 3. Типы загнивателей. § 4. Работа загнивателей.
- Глава XII. Способы предварительной обработки сточных вод . . . 184—211
- § 1. Значение способов предварительной обработки сточных вод. § 2. Гидролитический танк Трэвиса (Travis). § 3. Эмшерские колодцы. § 4. Колодцы системы „Stiag“. § 5. Колодцы системы „Oms“. § 6. Осадочные бассейны с приспособлениями для интенсивного осаждения и для удаления осадков без перерыва их эксплуатации. § 7. Пластинчатые окислители Дибдина. § 8. Жироловки Кремер'а и голландские жироловки.
- Глава XIII. Удаление осадков из очистных сооружений . . . . . 212—224
- § 1. Состав и количество осадков. § 2. Удаление осадков из очистных сооружений. § 3. Передача осадков на сооружения для их обработки.
- Глава XIV. Обработка осадков . . . . . 225—250
- § 1. Классификация способов по обработке осадков. § 2. Простейшие способы по подсушиванию осадков. § 3. Прессование осадков. § 4. Центрофугирование осадков. § 5. Общие соображения об использовании осадков для коммерческих целей. § 6. Использование осадков для сельскохозяйственных надобностей. § 7. Утилизация тепловой энергии осадков сжиганием. § 8. Добывание из осадков газа. § 9. Добывание из осадков жира.
- Глава XV. Естественные биологические способы очистки сточных вод.  
Поля орошения и фильтрационные поля . . . . . 251—264
- § 1. Основные теории биологической очистки. § 2. Почвы для полей орошения и фильтрационных полей. § 3. Системы орошения.
- Глава XVI. Естественные биологические способы очистки сточных вод.  
Поля орошения и фильтрационные поля. . . . . 265—295
- § 1. Основания для определения площади, потребной для полей орошения и фильтрационных полей. § 2. Распределение сточных вод на полях орошения и фильтрационных полях. § 3. Дренаж и отведение очищенных вод с полей орошения и фильтрационных полей. § 4. Производство дренажных работ. § 5. Сельскохозяйственные культуры. Зимнее орошение. § 6. Работа полей орошения и фильтрационных полей.
- Глава XVII. Искусственные биологические способы очистки сточных вод.  
Материалы для загрузки биологических фильтров . . . 296—302
- § 1. Материалы для устройства заливных и капельных биологических фильтров. § 2. Размеры зерен материала для загрузки биологических фильтров. § 3. Подготовка материала для загрузки биологических фильтров.

- Глава XVIII. Искусственные биологические способы очистки сточных вод.  
 Заливные окислители . . . . . 303—319  
 § 1. Общие соображения о работе заливных окислителей. § 2. Определение основных размеров заливных биологических окислителей. § 3. Распределение сточных вод на заливных окислителях. § 4. Отведение очищенных вод из заливных окислителей. § 5. Уменьшение емкости заливных окислителей. § 6. Работа заливных окислителей,
- Глава XIX. Искусственные биологические способы очистки сточных вод.  
 Капельные окислители . . . . . 320—341  
 § 1. Общие соображения об устройстве и работе капельных окислителей. § 2. Определение основных размеров капельных окислителей. § 3. Распределение сточных вод на поверхности капельных окислителей. § 4. Неподвижные распределители.
- Глава XX. Искусственные биологические способы очистки сточных вод.  
 Капельные окислители . . . . . 342—372  
 § 1. Подвижные и вращающиеся оросители. § 2. Передвижные оросители. § 3. Оценка распределительных приспособлений для орошения поверхности капельных окислителей. § 4. Питание оросителей. § 5. Отведение очищенной воды из капельных окислителей. § 6. Двойная фильтрация. Заиливание окислителей. § 7. Меры для уничтожения запахов от капельных окислителей. § 8. Работа капельных окислителей.
- Глава XXI. Искусственные биологические способы очистки сточных вод.  
 Очистка сточных вод активным илом в аэро-тэнках . . . 373—384  
 § 1. Опыты по очистке сточных вод активным илом за границей и в Москве. § 2. Классификация способов очистки сточных вод активным илом. Предварительная обработка сточных вод. § 3. Аэро-тэнки со вдуванием воздуха компрессорами. § 4. Механические аэро-тэнки.
- Глава XXII. Искусственные биологические способы очистки сточных вод.  
 Очистка сточных вод активным илом в аэро-фильтрах. Колодцы для выделения осадков из аэро-тэнков. Машины для добывания сжатого воздуха и воздухопроводная сеть. Свойства активного ила и его обработка . . . . . 385—398  
 § 1. Очистка сточных вод активным илом в аэро-фильтрах. § 2. Колодцы для выделения осадков из аэро-тэнков. § 3. Машины для добывания сжатого воздуха и воздухопроводная сеть. § 4. Свойства активного ила и его обработка. § 5. Работа аэро-тэнков и аэро-фильтров.
- Глава XXIII. Очищение дождевой воды. . . . . 399—404  
 § 1. Общие соображения об очистке дождевой воды. § 2. Способы очистки дождевой воды.
- Глава XXIV. Окончательная очистка и дезинфекция истока из биологических фильтров. Рыбоводство. . . . . 405—418  
 § 1. Окончательная обработка истока из биологических фильтров. § 2. Общее значение дезинфекции сточных и очищенных вод. § 3. Способы дезинфекции очищенной воды. § 4. Сооружения для дезинфекции очищенной воды. § 5. Устройство прудов для разведения рыб.
- Глава XXV. Поля орошения, фильтрационные поля, биологические очистные станции, станции с аэро-тэнками и аэро-фильтрами . 419—447  
 § 1. Общие основания для проектирования полей орошения, фильтрационных полей и биологических очистных станций. § 2. Описание полей орошения. § 3. Описание фильтрационных полей. § 4. Описание биологических

- очистных станций с заливными окислителями. § 5. Описание биологических станций с капельными окислителями. § 6. Описание биологических станций с аэро-тенками английского и американского типа. § 7. Описание биологической станции с аэро-фильтрами московского типа.
- Глава XXVI. Эксплуатация очистных станций. . . . . 448—459  
 § 1. О заведывании очистными станциями. § 2. Контроль работы очистных станций. § 3. Общие основания для эксплуатации очистных станций.
- Глава XXVII. Стоимость сооружения и эксплуатации очистных станций. 460—472  
 § 1. Стоимость сооружения очистных станций. § 2. Расходы по эксплуатации очистных станций.
- Глава XXVIII. Основания для выбора способа очистки сточных вод. 473—475
- Приложение I. . . . . 476—477  
 Положение о нормах чистоты сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы с территорий городов, фабрик и населенных мест, изданное НКЗ в 1922 г.
- Приложение II. . . . . 478  
 О нормах сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы, выработанных НКЗ УССР.
- Приложение III. . . . . 479—480  
 Нормы очищения сточных вод, предложенные в (VIII) Докладе Английской Комиссией для охраны рек от загрязнения.
- Приложение IV. . . . . 481—487  
 Постановления Всесоюз. Водопроводных и Санит.-Технических Съездов по очистке сточных вод.
- Список источников, послуживших автору при составлении труда. . . 488—505

## Сочинения проф. В. Ф. Иванова

1. Симплонский туннель, Изв. Собр. Инж. П. С., 1901.
2. Главная насосная станция СПбургского водопровода, Журн. М. П. С., 1902.
3. Технический обзор составления нормального метрического сортамента чугунных водопроводных труб, Журн. М. П. С., 1903.
4. Записка об определении весов труб с раструбными и фланцевыми соединениями, Журн. М. П. С., 1903.
5. Канализация железнодорожных станций, Труды VI Водопровод. Съезда, 1903; Журн. М. П. С., 1903.
6. Краткий отчет VI Водопроводном Съезде, Изв. Собр. Инж. П. С., 1903.
7. О введении водомеров на СПбургском водопровode, Журн. О-ва Охр. Нар. Здрав., 1904.
8. О водоснабжении поселков и городов, лежащих близ станций ж. д., Труды VII Водопр. Съезда, 1905.
9. Водоснабжение гор. Нанси грунтовой водой, Изв. Киев. Полит. Инст., 1907.
10. Краткий отчет о VIII Водопроводном Съезде, там же, 1907.
11. О спуске сточных вод в водные протоки, Труды VIII Водопроводного Съезда, 1907.
12. Исследование влияния экономических условий на начертание водопроводной и оросительной сети, диссертация на звание адъюнкта Санитарной Техники, Изв. К. П. И., 1908.
13. О высшем санитарно-инженерном образовании, Труды IX Водопров. Съезда, 1909.
14. Итоги IX Водопроводного Съезда, Изв. К. П. И., 1909.
15. Санитарная техника. Устройство водопроводов и водостоков в домах, 1909.
16. О загрязнении и самоочищении водных протоков, Гор. Дело, 1911.
17. Способы предварительной обработки сточных вод, Труды X Водопр. Съезда, 1911; Изв. К. П. И., 1911.
18. Водоснабжение и канализация городов на Дрезденской Международной Гигиенической Выставке, Гор. Дело, 1912.
19. Санитарная техника. Канализация населенных мест, 1911.
20. О приготовлении искусственной грунтовой и артезианской воды, Труды 2 Южно-Рус. Мелиор. Съезда, Труды II Съезда деятелей по Прикл. Геологии, 1912.
21. О стоимости водопроводной воды, Гор. Дело, 1912.
22. К вопросу об Институте Земско-Городского благоустройства, Изв. Киев. Ком. Инст., 1913.
23. Краткий исторический обзор развития способов очистки сточных вод, Гор. Дело, 1913.
24. Об организации технической части при Городских Управах, Гор. Дело, 1913.

25. Планировка городов в связи с водоснабжением и канализацией, Изв. Киев. Полит. Инст., Гор. Дело, 1913.
26. Таблицы для подбора диаметров водопроводных труб по формуле Гангилье-Куттера, 1913.
27. Санитарная техника. Материалы для составления смет по канализации населенных мест, 1913.
28. О движении сточной воды чрез капельные окислители. Труды XI Вод. Съезда, 1913.
29. О санитарных бюро домов, Труды Съезда по борьбе с эпидемиями юга России, 1913.
30. Санитарная техника. Очистка городских сточных вод, 1914.
31. Водоснабжение и канализация поселков, 1915.
32. Материалы по водоснабжению г. Киева, Изв. К. П. И., 1915.
33. Об удалении и уничтожении твердых отбросов в г. Киеве, Изв. Киев. Гор. Думы, 1913.
34. Водоснабжение г. Камышина грунтовой водой, I. изд. 1915.
35. Подвижные душевые бани для войск системы проф. В. Ф. Иванова, Изв. Киев. Гор. Думы, 1915.
36. Школьные бани в Германии, Вестн. Инж., 1916.
37. О санитарном благоустройстве лечебных местностей, Труды I Съезда по улучш. лечеб. местн., 1916.
38. О технических отделениях Академии Наук, Зап. Киев. Отд. Технич. О-ва, 1916.
39. Записка о преподавании Санит. Техники на инженерном отделении Киевск-Полит. Инст., Всерос. Гиг. Выставка, 1913.
40. Об испытании водомеров сист. Волтьмана, Труды Гидрогеологической Комиссии при Киев. Гор. Упр., 1916.
41. О подготовке специалистов по Санит. Технике, Труды I Съезда по благоустр. населенных мест, 1920.
42. К вопросу о санитарном благоустройстве сел и деревень, Екатерин. Медич. Журн., 1923.
43. О банях в селах и деревнях, Общее Дело, Киев, 1923.
44. О санитарном благоустройстве городов Украины, Общее Дело, 1923.
45. О Санитарном отделении при Украинской Академии Наук Харьков, 1923.
46. Геологическое описание г. Киева, Труды Ком. по планировке Киева, 1923.
47. Описание Киевского крепостного водопровода, там же, 1923.
48. Описание Киевской коммунальной канализации, там же, 1923.
49. Описание Днепровского водопровода станц. Киев, Ю.-З. Ж. Д., там же, 1923.
50. Об организации удаления твердого мусора к городским свалкам, там же, 1924.
51. О развитии водоснабжения в Киеве в пределах новой городской черты, там же, 1924.
52. Новая теория Nougtier для движения подземных вод картезианским скважинам, колодцам и галлереям, Доклад Исслед. Каф. Гидрологии к I-му Всерос. Гидрологическому Съезду, 1924.
53. Основные данные для составления проектов водоснабжения и канализации, Инжен., 1917.
54. Сбор дождевой воды цистернами, Наука и Техника (Одесса) и доклад Иссл. Каф. Гидрологии, 1925.
55. Водоснабжение г. Камышина грунтовой водой, 2 изд., 1917.
56. Об организации Санитарно-Технического Отделения в Киев. Политехн. Институте, Труды XII Вод. Съезда, 1922.

57. **Рабочее жилищное строительство.** Города-сады и поселки для рабочих, Ленинград, Академ. Изд., 1925.
58. Жилища для рабочих и способы их осуществления в СССР, Одесса, Изд. Полит. Инст., 1925.
59. Основные принципы для устройства речных водосборных сооружений, Докл. Исслед. Каф. Гидрол., 1924.
60. Опыт сравнения пригородов-садов и городов-садов, Одесса, Вест. жилищ. коопер., 1925.
61. Основания для постройки пригородов-садов и городов-садов, там же, 1925.
62. Основания для выбора источника водоснабжения населенных мест, Труды XIII Водопр. Съезда, 1925.
63. Защита Одесского порта от пожаров, Доклад на производ. вечере в ОПИ, 1925.
64. Краткий отчет о I Международном Санитарно-Техническом Конгрессе в Лондоне, Наука и Техника, 1925.
65. Всасывающие, напорные и самотечные линии, Наука и Техника, 1905.
66. Об устройстве завода для керамиковых труб в Одессе, там же, 1925.
67. К вопросу об устройстве водоснабжения и канализации в городах-садах, Стр. Промыш., 1926.
68. Добывание воды из озер, Сан. Техн., Москва, 1926.
69. Санитарная Техника. Канализация населенных мест, 2 изд., 1926.
70. Добывание воды из рек, Стр. Пром., 1926.
71. Влияние улучшения качества питьевой воды на распространение болезней водяного происхождения, Наука и Техн., 1927.
72. Очищения жильной та артезієвої води від заліза та мангану, Науково-Технічний Вісник, 1927.
73. Водоснабжение и канализация поселков, Энциклопедия Строителя, том VIII, 1927.
74. Сельское водоснабжение Одесского округа в техническом, санитарном и пожарном отношениях, Секция Сельского Водоснабжения, Пост. Бюро Вс. Вод. и Сан. Тех. Съездов, 1927.
75. Групповое водоснабжение сел и городов Одесского и Николаевского районов, Стр. Промыш., 1927.
76. Об устройстве в Одессе С.-Хоз. и промышлен. выставки, Труды XIV Вод. Съезда, 1927.
77. Подземная Гидравлика, очерк 1, Науч.-Техн.-Вест. 1927.
78. Группове водопостачання сіл та міст Одеського та Миколаївського районів, Наук.-Техн. Вісник, 1927.
79. Справочник по водоснабжению и канализации, Академ. И-во, 1929 (печатается).
80. Нариси з підземної гідравліки, Нарис 1, Наук.-Техн.-Вісник, 1929.
81. Каналізація населених місць, 1929 (друкується).
82. Будівання водогонів та водостоків в будинках, 1929 (друкується).
83. О деятельности Всеукраинского Комитета по охране водоемов, Труды XV Водопр. Съезда, 1929.
84. Проект Народной бани-водолечебницы в рабочем районе Одессы-Пересыпи, Труды XV Водопр. Съезда, 1929.  
Сверх того отзывы о различных произведениях, статьи в газетах и пр.