

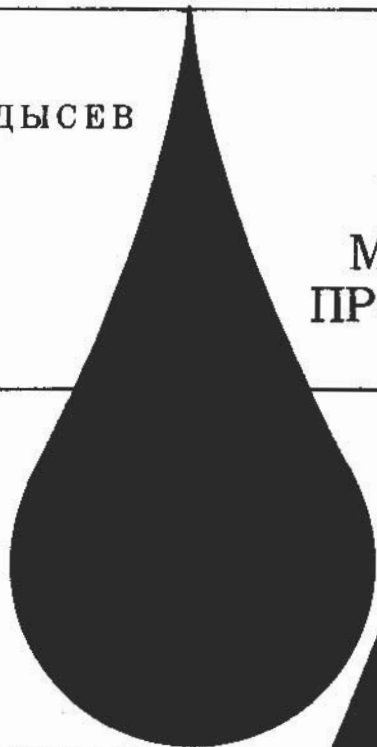
628.3

ФН-04-254

М17

В.С.НАДЫСЕВ

ОЧИСТКА
СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЙ
МАСЛО-ЖИРОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



ЭН-04-254

628.3

Н 17

В.С. НАДЫСЕВ
ОЧИСТКА
СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЙ
МАСЛО-ЖИРОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

518285



МОСКВА
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
1976

Очистка сточных вод предприятий масло-жировой промышленности,
Надысев В. С., 1976.

В книге приведены данные по количеству и составу сточных вод предприятий масло-жировой промышленности. Рассмотрены особенности проектирования и строительства канализационных сооружений, предназначенных для отведения и перекачки жиробензинсодержащих сточных вод. Приведены нормативные требования, которые предъявляются к очищенным промышленным стокам, сбрасываемым в городскую канализацию, в водоем, а также требования к воде, используемой в системе оборотного водоснабжения.

В книге рассмотрены вопросы проектирования, строительства и эксплуатации очистных сооружений с применением механических, физико-химических и биологических методов очистки жиросодержащих стоков, разработанные сотрудниками ВНИИЖа совместно с работниками Гипропищепрома-3 и Гипрокоммунводоканала.

Освещены основные положения по контролю канализационных сооружений и определены экономические показатели заводских очистных сооружений.

Таблиц 41. Иллюстраций 41. Список литературы — 22 названия.

Рецензент инж. Ю. В. Устинов

ВВЕДЕНИЕ

Среди важнейших проблем нашего времени особое внимание во всем мире привлекают вопросы охраны окружающей природы. Быстрый рост населения на Земле, непрерывная концентрация людей в городах, бурное развитие промышленного производства усилили отрицательное воздействие на естественное состояние природы. Поэтому суть этой проблемы заключается в том, чтобы восстановить и сохранить благоприятные природные условия для жизни людей на нашей Земле.

Важнейшей предпосылкой проведения действенных мероприятий по охране природы в нашей стране явилась национализация земли и других природных богатств и отдача их в собственность всего народа. В современный период Коммунистическая партия и Советское правительство активно и творчески проводят в жизнь ленинские принципы охраны природы, основанные на рациональной эксплуатации природных богатств. В соответствии с «Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик» водопользователи обязаны:

рационально использовать водные объекты, заботиться об экономичном расходовании воды, восстановлении и улучшении качества воды;

принимать меры к полному прекращению сброса в водные объекты сточных вод, содержащих загрязняющие вещества. По статье 24 основ законодательства водопользователи водными ресурсами для промышленных целей обязаны соблюдать установленные технологические нормы и правила водопользования, а также принимать меры к сокращению потребления воды для технологических целей и принимать меры к прекращению сброса сточных вод путем совершенствования технологии производства и схем водоснабжения (использование бессточных технологических процессов, воздушного охлаждения, оборотного водоснабжения и других технических приемов). Согласно статье 31 сброс сточных вод допускается только в случаях, если он не приведет к увеличению содержания в водном объекте загрязняющих веществ свыше установленных норм.

Одним из путей рационального использования водных ресурсов страны и ее отдельных экономических районов является ограничение и нормирование расхода воды. Для этой цели сотрудники ВНИИЖа и Гипропищепрома-3 разработали нор-

мы водопотребления и водоотведения и требования к качеству воды на предприятиях масло-жировой промышленности.

При решении вопроса об организации водного хозяйства на предприятиях масло-жировой промышленности наряду с задачами по очистке сточных вод весьма актуальным является выбор наиболее целесообразного метода извлечения жировых веществ из производственных стоков и нахождения наиболее целесообразных путей использования их в народном хозяйстве.

В нашей стране общее количество сточных вод, содержащих жировые вещества, по предварительным данным, составляет не менее 900 млн. м³ в год. Только предприятия масло-жировой промышленности в настоящее время сбрасывают в канализацию около 100 млн. м³ стоков в год с содержанием в них 30 тыс. т жировых веществ.

До последних лет очистку жиросодержащих стоков производили лишь в жироловушках, эффективность которых редко превышала 40%. Поэтому возникла крайняя необходимость в разработке новых технологических процессов и аппаратов, предназначенных для извлечения жировых веществ из промышленных стоков. Одновременно возникла также необходимость в разработке новых решений по интенсификации существующих очистных сооружений и более современных методов очистки стоков на всех предприятиях страны. Это в полной мере относится к производственным стокам, содержащим растительные масла, животные жиры, смолы, синтетические смолы, жирные кислоты, поверхностно-активные вещества.

Сточные воды, содержащие указанные загрязнения, образуются в основном при изготовлении растительных масел, рафинированных и гидрогенизированных жиров, маргариповой продукции, майонеза, глицерина, жирных кислот, олифы, хозяйственного и туалетного мыла, синтетических моющих средств, олеиновой и стеариновой кислот, молочной и мясной продукции, а также при обработке рыбы. В большом количестве жиросодержащие стоки образуются при прокате листовой стали, на заводах по ремонту автомобилей и тракторов, при мойке вагонов, шерсти, при ремонтах и профилактике заводского оборудования, в прачечных, банях и т. п.

Новые технологические процессы по извлечению жировых веществ из промышленных стоков были разработаны в лаборатории по очистке сточных вод сотрудниками ВНИИЖа совместно с работниками проектных организаций Гипропищепрома-3, Ленинградского отделения Гипрокоммунводоканал, «Союзводоканалпроект» при широкой помощи работников предприятий масло-жировой, молочной, кондитерской и других отраслей промышленности.

В настоящее время на предприятиях масло-жировой промышленности весьма широко применяется метод напорной флотации. В 1969 г. было построено первое очистное сооружение

с применением этого метода. Теперь на 10 предприятиях имеются такие сооружения, а на 32 предприятиях — проекты на строительство таких очистных сооружений.

Начинает широко применяться также и метод биологической очистки стоков. Проектированием очистных сооружений для очистки жиробензинсодержащих стоков занимаются многие проектные организации.

Коллективами Гипропищепрома-3 и его филиалов составлена техническая документация на строительство крупных сооружений для очистки промышленных стоков Хабаровского масложиркомбината, Львовской фирмы «Октябрь», Ленинградского завода косметических изделий и Лабинского маслоэкстракционного завода. По этой документации многие очистные сооружения построены и находятся в эксплуатации. В Ленинградском отделении «Союзводоканалпроект» по рекомендации ВНИИЖа составлены рабочие чертежи объединенных очистных сооружений для Ленинградского комбината синтетических моющих средств.

Как показала практика эксплуатации первых очистных сооружений с применением напорной флотации, окупаемость очистных сооружений составляет 1,5—2 года, а экономическая эффективность для средних по мощности предприятий равна 80—100 тыс. руб. в год.

Большую роль в работе ВНИИЖа по очистке жиросодержащих сточных вод сыграли труды ученых Всесоюзного научно-исследовательского института по проектированию водоснабжения и канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии (ВНИИводгео), Московского и Ленинградского инженерно-строительных институтов, а также труды Академии коммунального хозяйства им. Панфилова и других научных и проектных учреждений, занимающихся вопросами физико-химических и биологических методов очистки сточных вод. Благодаря этому представилась возможность развить представление о сущности напорной флотации, электрофлотации и электрокоагуляции и создать наиболее эффективные аппараты по очистке сточных вод указанными методами. Представилась также возможность несколько развить теорию по биологической минерализации загрязнений, в результате чего был создан так называемый биоцитовой метод очистки сточных вод и разработан новый аппарат — биоокислитель.

В дальнейшем коллективами Гипропищепрома-3 и ВНИИЖа разработаны и внедрены в производственных условиях флотационно-биологический способ очистки производственных стоков. Дальнейшее усовершенствование получили методы по доочистке сточных вод на фильтрах и с помощью озона.

Как уже упоминалось выше, строительство очистных сооружений практически во всех отраслях промышленности требует

значительных денежных и материальных средств, что вызывает увеличение себестоимости выпускаемой продукции. На предприятиях масло-жировой промышленности благодаря комплексному решению вопроса очистки стока и утилизации ценных веществ, находящихся в производственных сточных водах, строительство сооружений стало приносить дополнительные средства, что позволяет несколько снизить себестоимость выпускаемой масло-жировой продукции.

В разработке новой технологии и аппаратуры непосредственное участие принимали д-р техн. наук А. А. Шмидт, канд. техн. наук Н. Ф. Резник, старшие научные сотрудники А. Н. Щербакова и Л. Ф. Ступакова, канд. хим. наук А. М. Замышляева, инженеры Ю. В. Устинов, В. И. Мещерякова, С. А. Иванова, Н. Е. Морозова, В. А. Соловьев, П. С. Лещенко, В. Н. Железнов и др.

Весьма большую помощь в создании новых процессов и аппаратов по очистке жиросодержащих стоков, а также в написании настоящей работы оказали д-р техн. наук, проф. А. Г. Сергеев и канд. техн. наук Г. В. Зарембо, которым автор приносит глубокую благодарность.

ГЛАВА I

КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАСЛО-ЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОБРАЗОВАНИЕ, КОЛИЧЕСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКА СТОЧНЫХ ВОД

Сброс сточных вод предприятий масло-жировой промышленности распределяется по 36 участкам рек, входящих в двадцать водных бассейнов страны.

Обработка материалов по водному хозяйству группы предприятий, входящих в различные районы страны, показала, что в настоящее время потребление и сброс сточных вод на единицу выпускаемой продукции даже на аналогичных предприятиях производится различно. В тех районах, где водопроводная вода не лимитируется или ее можно бесконтрольно получить в любом количестве на территории самого предприятия, удельные расходы воды и сброс сточных вод в городскую канализацию становятся недопустимо большими. Это прежде всего объясняется тем, что на таких предприятиях, как правило, отсутствует обратное водоснабжение.

В 1973 г. общее количество потребляемой свежей воды всеми предприятиями масло-жировой промышленности составляло 118 млн. м³ в год. За 10 лет (с 1960 г.) объем потребляемой воды увеличился почти в два раза. Наибольшее количество воды (в млн. м³ в год) забирается из следующих рек: Волги — 22,6, Амударьи — 21,2, Сырдарьи — 15,5, Дона — 14, Днепра — 11,8, Невы — 7,6.

Общее количество воды оборотного водоснабжения на 1970 г. составляло 84 млн. м³ в год. За 10 лет (с 1960 г.) количество воды, находящейся в обороте, возросло в 2,6 раза.

Объем воды, забираемой предприятиями масло-жировой промышленности из городского водопровода, в 1970 г. составлял 63,6, а из источников самих предприятий — 32,4 млн. м³.

Общее количество воды, которое затрачивается на охлаждение оборудования и аппаратов, равно 46,3 млн. м³ в год, что составляет около 40% от общего потребления воды предприятиями.

На 1970 г. безвозвратные потери воды составили 8,2 млн. м³, из них 0,10 млн. м³ в продукт (маргарин, мыла, майонез и др.), 8 млн. м³ испаряется и 0,12 млн. м³ расходуются за счет утечек и других неоправданных расходов. По сравнению с 1960 г. безвозвратные потери в 1970 г. увеличились лишь на 12—13%.

Наибольшие потери воды происходят, главным образом, в системе оборотного водоснабжения.

В перспективе значительное сокращение количества сточных вод должно произойти в результате создания на многих предприятиях бессточного производства масло-жировой продукции.

Ориентировочно подсчитано, что объем сточных вод к 2000 г. по всем предприятиям масло-жировой промышленности составит примерно 50,0 млн. м³, т. е. по сравнению с количеством стоков в 1970 г. уменьшится в 2,0 раза. Это также объясняется тем, что большая часть очищенных стоков будет использоваться повторно и в системе оборотного водоснабжения, а также значительным сокращением потребляемой технической воды на единицу выпускаемой масло-жировой продукции. Например, при производстве мыла в дальнейшем могут быть полностью исключены воды, получаемые в настоящее время от вакуумной сушильной установки. В некоторых случаях будет введено воздушное охлаждение аппаратуры.

Однако появляются новые процессы обработки сырья в масло-жировой промышленности (перезтерификация животных жиров, получение белков из шрота, мойка соевых семян и др.), которые вызовут дополнительное увеличение расхода воды для нужд предприятий.

Поэтому для определения количества воды, потребляемой предприятиями, а также для определения количества сбрасываемой сточной воды будут использованы укрупненные нормы водопотребления и водоотведения производствами с учетом совершенных технологических процессов.

Загрязнения, входящие в состав сточных вод, делятся по физическому состоянию на:

нерастворимые вещества, содержащиеся в сточных водах в виде крупных частиц (более десятых долей миллиметра) и в виде суспензии, эмульсии и пены, величина частиц которых исчисляется от десятых долей миллиметра до 0,1 мкм;

коллоидальные частицы диаметром от 0,1 до 0,001 мкм; растворенные вещества, находящиеся в стоках в виде молекулярно-дисперсных частиц диаметром менее 0,001 мкм (они не образуют отдельной фазы, а составляют вместе со стоками истинный раствор).

По своему характеру загрязнения делятся: на минеральные (глинистые частицы, частицы шлака, растворы минеральных солей, минеральные масла и т. п.), органические (растительного и животного происхождения и химические вещества в виде углеродистых соединений), бактериальные и биологические (в виде дрожжевых, плесневых грибов, мелких водорослей, бактерий, простейших организмов и биологических наростов в градириях).

В бытовых стоках соотношение минеральных загрязнений к органическим достигает иногда один к одному.

В промышленных стоках, относящихся к предприятиям масло-жировой промышленности, загрязнения состоят главным образом из органических веществ в виде эмульгированных жироподобных веществ (растительные масла, твердые жиры, отчасти животные жиры, мыла и т. п.).

Под эмульсией подразумевается однородная смесь двух несмешивающихся и нерастворимых в обычных условиях жидкостей. В эмульсиях отдельные раздробленные капельки одной жидкости окружены другой жидкостью. Жидкость, раздробленную на капельки, называют дисперсной фазой, а заполняющую пространство между капельками — дисперсионной средой, или непрерывной фазой. Размер капелек дисперсной фазы в эмульсии определяет степень ее дисперсности. Чем меньше размеры отдельных капелек, тем выше дисперсность полученной эмульсии.

Концентрация дисперсной фазы в эмульсиях бывает самая различная — от самого малого до очень большого количества капелек в одном и том же объеме.

Стойкость эмульсии характеризуется временем, в течение которого она не разрушается. Сточные воды предприятия масло-жировой промышленности характеризуются сравнительно малой концентрацией капелек дисперсной фазы в дисперсионной среде (до 0,1%). Эти эмульсии практически весьма устойчивы даже при отсутствии каких-либо специальных стабилизаторов, так как при малых концентрациях капелек их столкновение и слияние маловероятно.

Сточные воды, содержащие мыло, способны пениться вследствие наличия в них поверхностного адсорбционного мыльного слоя значительной механической прочности. При сильном перемешивании сточных вод мыловаренного производства образуется пена, представляющая собой ячеистую систему, в которой пузырьки воздуха окружены мыльной пленкой сложного строения.

Пенистость растворов мыла зависит от ряда факторов и в особенности от жирового состава мыла. Пенообразование зависит от температуры стоков и концентрации в них мыла. Мыла, полученные из жирных кислот средней молекулярной массы (C₁₀—C₁₂), образуют крупноячеистую, но малоустойчивую пену. В одинаковых условиях мыла, изготовленные из жирных кислот C₁₆ или C₁₈, образуют мелкоячеистую, но устойчивую пену. Добавление к мылосодержащим стокам других стоков, содержащих щелочные электролиты, повышает пенообразование.

Производственные воды рафинационных цехов содержат некоторое количество нейтрального жира и растворенного мыла.

Чем выше концентрация мыла в растворе, тем больше оно удерживает жиров за счет эмульгирования.

Для снижения потерь жира сточные воды перед жироловушкой подкисляют серной кислотой. При этом мыла разлагаются, а смесь выделившихся жировых кислот и нейтрального жира всплывает. Поэтому сточные воды, попадающие на очистные сооружения от рафинационных цехов, как правило, имеют кислую реакцию.

В стоках предприятий масло-жировой промышленности имеются и биогенные вещества (табл. 1). Осадки, образующиеся на очистных сооружениях, содержат также азот, фосфор и калий (табл. 2).

Таблица 1

Примерный биогенный состав (мг/л) сточных вод

Стоки	Зола (неорганические вещества)	Азот общий	Фосфор P ₂ O ₅	Калий K ₂ O
Маслоэкстракционные заводы	25	0,5	1,5	1,0
Гидрогенизационные заводы	20	5	1,0	0,5
Рафинация жиров и масел	22	10	0,3	0,2
Производство глицерина и жирных кислот	20	14	2,0	0,5
Мыловаренные заводы	25	10	1,20	0,3

Таблица 2

Примерный биогенный состав осадка (% к абсолютно сухому веществу)

Осадки	Зола (неорганические вещества)	Азот общий	Фосфор P ₂ O ₅	Калий K ₂ O	Жиры
Сброженный в эмперах	28—30	5—6,3	3—3,5	0,6	15—20
Из биоокислителей	20—25	3,0—3,5	2—2,5	0,2—0,3	12—15

Общая загрязненность сточных вод органическими веществами характеризуется биохимической потребностью кислорода (БПК), измеряемой количеством кислорода, выраженным в мг на 1 л воды или сточных вод, необходимого для достижения полной минерализации органических соединений, окисляющихся с помощью микроорганизмов в аэробных условиях при температуре 20°С. Обычно при БПК указывают, через сколько суток было произведено определение, например, двадцатидневный период обозначается БПК₂₀, пятидневный — БПК₅ и полный БПК_{пол.} Расход кислорода на минерализацию загрязнений происходит неравномерно в течение всего процесса. Вначале процесс окисления идет весьма интенсивно, а затем

скорость этого процесса постепенно снижается. Поэтому принято считать, что пятидневный период исследований достаточен для характеристики биохимической потребности кислорода для сточных вод и воды. В течение этого времени минерализуется примерно 68—70% органических веществ. Определение БПК₅ широко применяется на практике для расчета допустимых органических загрязнений водоемов.

В целях ускорения получения данных по загрязнению сточных вод, при контроле за работой очистных сооружений часто вместо показателя БПК определяют химическое потребление кислорода — ХПК. Этот показатель может быть получен весьма быстро и дает довольно точную характеристику загрязненности сточных вод одновременно в различных точках очистных сооружений.

В процессе окисления органических соединений химическими окислителями окисляется, в основном углерод и водород без азота. Следовательно, количество израсходованного кислорода, устанавливаемое в этих определениях, не является точным показателем количества органических соединений, содержащихся в исследуемой воде. С помощью ХПК устанавливают органические вещества в зависимости от использованного химического окислителя, а также неорганические соединения, поглощающие кислород. Поэтому показатель ХПК не совпадает точно с БПК при исследовании одних и тех же стоков.

Из известных методов определения химической потребности кислорода наиболее приемлемым является бихроматный метод, так как он дает наименьшее отклонение по отношению к БПК [20].

Для ориентировочных расчетов очистных сооружений предприятий масло-жировой промышленности можно принимать значение БПК=0,8 ХПК или определять БПК по количеству органических веществ, находящихся в 1 л стоков, увеличенное в 1,5—1,8 раза.

При определении степени загрязнений очищенных стоков полезно знать классификацию поверхностных вод по степени их загрязнений. По данным С. М. Драчева [2], степень загрязнения поверхностных вод можно определять по химическим, физическим и бактериологическим показателям, приведенным в табл. 3.

При изучении состава сточных вод одним из важнейших вопросов является также определение количества загрязнений, приходящихся на единицу объема стоков, исчисляемых обычно в мг/л или г/м³ (концентрация загрязнений).

Концентрация загрязнений, как отмечено выше, имеет, как правило, значительные колебания в течение суток. Этот вопрос также подлежит систематическому и всестороннему изучению для того, чтобы более правильно запроектировать очистные сооружения и более рационально их эксплуатировать.

Химические, физические и бактериологические показатели воды в водоемах

Степень загрязнения	Растворенный кислород, мг/л		БПК ₅ , мг/л	Окисляемость, мг O ₂ /л	Аммонийный азот, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	Прозрачность, см (по Свейлингу)	Вяжа, баллы	Нефть, мг/л	pH	Коли-титр оборотного водоснабжения	Пригодность воды	
	летом	зимой										в системе оборотного водоснабжения	в хозяйстве
Очень чистая	9	13—14	0,5—1,0	1	0,05	1—3	>20	1	0	6,5—8,5	100—10	Пригодна	Пригодна
Чистая	8	11—12	1,1—1,9	2	0,10	4—10	10—20	2	0,1—0,2	6,5—8,5	1—10	»	»
Умеренно загрязненная	6—7	9—10	2—2,9	3	0,2—0,3	11—19	19—3	3	0,3	6—9	<0,05	»	Пригодна с очисткой
Загрязненная	4—5	4—5	3—3,9	4	0,4—1,0	20—50	2—1	4	1	5—10	0,005—0,05	Пригодна с очисткой	Непригодна
Грязная	2—3	0,5	4—10	5—15	1,10—3,1	51—100	1—1,5	5	2	5—10	0,005—0,001	То же	»
Очень грязная	0	0	>10	>15	>3	>100	<0,5	5	3	2—13	<0,001	»	»

Для определения органических и минеральных веществ, находящихся в осадке, его высушивают при температуре 105°С, а затем воздушно-сухой осадок прокалывают при температуре 600°С.

При прокаливании органическая часть сгорает, а неорганическая остается в виде золы. Отношение массы золы к общей массе сухого вещества осадка в процентах определяет зольность осадка, а потеря при прокаливании (100% минус зольность) определяет количество беззольного вещества.

При исследовании жиросодержащих стоков важное значение имеет определение количества жировых веществ и их состав.

Под действием аэробных микроорганизмов в присутствии кислорода при соответствующей температуре (выше +4°С) происходит окисление азота аммонийных солей, в результате чего образуются сначала нитриты (NO₂⁻), а при дальнейших процессах окисления — нитраты (NO₃⁻).

Процесс нитрификации имеет весьма большое значение при биологических процессах очистки стоков, так как накопившиеся запасы кислорода в составе нитритов при недостатке свободного кислорода в жидкости могут пойти на окисление органических веществ, не содержащих в себе азот. При разложении нитратов в атмосферу выделяется азот. Этот процесс окисления называется денитрификацией.

На многих биологических сооружениях процесс очистки сточных вод идет вполне удовлетворительно, очищенные стоки не превышают норму (15—25 мг/л по БПК_{пол}). Однако в очищенных стоках не всегда обнаруживаются нитриты или нитраты. Это можно объяснить лишь тем, что в очищаемой жидкости не хватает растворенного кислорода и поэтому окончательная очистка стоков идет за счет кислорода нитритов или нитратов.

При биологическом окислении происходит непрерывный процесс потребления кислорода и его растворение. Биологический процесс происходит в две фазы: окисление углеродсодержащих веществ, дающее в результате углекислоту и воду и далее окисление азотсодержащих веществ сначала до нитритов, а затем до нитратов.

При достаточном количестве кислорода в очищаемых стоках скорость окисления в первой фазе подчиняется известному закону: «Скорость окисления при неизменной температуре в каждый данный момент пропорциональна количеству органического вещества, имеющегося в очищаемой жидкости». Следовательно, если в сточные воды не будут поступать дополнительные загрязнения, то скорость окисления органических веществ по мере ее уменьшения будет снижаться. На основе этого составлены соответствующие формулы, предназначенные для определения количества кислорода, необходимого для окис-

ления полного объема органических веществ, находящихся в сточных водах.

В очистных сооружениях (и в водоемах), где загрязнения поступают непрерывно в течение суток, процесс окисления идет относительно равномерно в зависимости от количества поступающих загрязнений и минерализующей способности сооружений (или водоемов).

Воды, потребляемые и сбрасываемые в канализацию на предприятиях масло-жировой промышленности, делятся на следующие категории:

1. Вода питьевая, предназначенная для хозяйственно-питьевых и производственных целей (ГОСТ 2874—73).

2. Вода техническая свежая, предназначенная исключительно для производственных нужд предприятий, используемая впервые как из источника непосредственно, так и после предварительной ее очистки. В основном это та вода, которая используется для пополнения потерь в системе оборотного водоснабжения, для мойки оборудования и полов.

3. Вода оборотная, находящаяся в системе оборотного водоснабжения и предназначенная для охлаждения оборудования, воздушных компрессоров, вентилаторов и т. д., без соприкосновения с выпускаемой продукцией.

4. Вода, последовательно используемая. К ней относится вода, которая, будучи использованная в одном производственном процессе, применяется в другом без какой-либо специальной очистки.

5. Промышленные сточные воды (стоки), образующиеся в процессе изготовления масло-жировой продукции, при мойке полов, оборудования, приготовлении и регенерации катализатора, промывки водорода и т. д.

6. Барометрические воды, образующиеся при охлаждении парогазовоздушной смеси (пароэжекторный блок).

7. Продувочные воды, спускаемые в канализацию при опорожнении системы оборотного водоснабжения.

8. Жиро-бензинсодержащие сточные воды, образующиеся при экстракции масла на маслоэкстракционных заводах.

По данным ВНИИЖа, в бытовых водах предприятий содержится примерно 65% органических веществ и 35% минеральных примесей. Из них 18% представляют собой нерастворимые вещества, находящиеся в стоках в виде взвешенных частиц. Бытовые стоки, несмотря на повышенное содержание жировых веществ, содержат значительное количество биогенных веществ (в мг/л): азот аммонийных солей — 15—25, хлориды — 100—200, фосфаты — 8—10, калий — 3—5.

Промышленные стоки, наоборот, содержат в себе более 75% органических веществ, но сравнительно немного азота, фосфата и калия (см. табл. 1).

Некоторые промышленные стоки (например, стоки маслоэкстракционных заводов) имеют очень мало азота (0,5—0,6 мг/л), фосфора (0,8—1,5 мг/л) и калия (0,5—1,0 мг/л). Поэтому биологическую очистку сточных вод указанных предприятий целесообразно проводить совместно с бытовыми. В иных случаях необходимо иметь биогенную подпитку.

При очистке сточных вод всеми существующими методами большое значение имеет их активная реакция (рН).

Кислые воды действуют разрушающе на материал, из которого выполняются элементы очистных сооружений, а также на трубы, аппаратуру и т. п. Оптимальной средой для всех биохимических процессов очистки сточных вод следует принимать рН 7—8.

Все кислые или щелочные воды перед очисткой должны проходить нейтрализацию. Это необходимо как для самого процесса очистки, так и для спуска их в водоем или городскую канализацию.

Сточные воды как бытовые, так и промышленные при прохождении коллекторов и труб (особенно в системах оборотного водоснабжения) сильно загрязняются различными видами микроорганизмов. Чтобы оценить степень бактериального загрязнения сточной воды, определяют коли-титр (титр кишечной палочки) — то наименьшее количество воды в мл, в котором содержится одна кишечная палочка (например, при коли-титре, равном 0,1, количество бактерий в 1 мл равно 10).

При изучении сточных вод необходимо знать их стабильность (или стойкость). Относительная стойкость сточных вод связана со временем (в сутках), после истечения которого начинается их загнивание (в связи с полным израсходованием запаса кислорода).

Одной из особенностей промышленных стоков, затрудняющих исследования, является их нестабильность. Некоторые вещества, находящиеся в сточных водах одних цехов, при объединении со стоками других цехов могут вступать в химическое взаимодействие, образуя новые вещества, не свойственные данному предприятию. Особенно это относится к металлам, которые в щелочных водах образуют гидроокиси металлов, выпадающие в осадок. Жировые вещества в щелочной среде в присутствии металлов образуют металлические мыла, а в присутствии соды (в прачечной) образуется обычное мыло. Это обстоятельство также усложняет выявление отдельных видов загрязнений, находящихся в стоках.

В связи с этим, анализ промышленных стоков является весьма затруднительным и может привести к тем или иным ошибкам. Поэтому химик, прежде чем произвести качественный и количественный анализ стоков, должен знать технологию производства и сырья, входящего в состав изготавливаемой

продукции и их пропорцию, заранее определить возможное взаимное влияние ингредиентов, входящих в состав смешанных стоков. В ряде случаев перед определением загрязнений промышленных стоков целесообразно произвести анализы искусственно приготовленных смесей, близких к предполагаемому составу анализируемых стоков.

Для проведения наиболее эффективного контроля за спуском сточных вод в производственную канализацию, а также при проектировании новых заводов необходимо знать количества сточных вод, образующихся на производствах масло-жировой промышленности, и состав их загрязнений.

Ниже приведены источники образования промышленных стоков, их количества и характеристика по отдельным производствам масло-жировой промышленности.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ МАСЛОЭКСТРАКЦИОННЫХ ЗАВОДОВ

На маслоэкстракционных заводах растительные масла извлекают из сырого жмыхового лепестка или крупки путем экстракции бензином специальных марок на экстракторах. На этих заводах помимо цеха экстракции могут быть подготовительное, прессовое, гидратационное отделения, цехи очистки и расфасовки масла, а также вспомогательные цехи и складские помещения. Готовой продукцией является подсолнечное, хлопковое, соевое, льняное и другие растительные масла, а также шрот. Извлечение масла из маслячного материала производится на экстракционных линиях (НД-1000, НД-1250, МЭЗ-350, ДС-70 и др.).

Сточные воды образуются при мокром шротулавлывании и при конденсации водяных паров в конденсаторах. Они содержат преимущественно жировые вещества и бензин. Потери бензина со сточными водами экстракционных цехов обусловлены тремя факторами: некоторой растворимостью бензина в воде, уносом бензина с эмульсионными слоями сточных вод и шротовым шламом, отходящим от мокрых шротоловушек и конденсаторов шнековых испарителей.

Средние расходы сточных вод на предприятиях в зависимости от принятых технологических процессов экстракции масел (по данным ВНИИЖа и Гипропищепрома-3) приведены ниже.

В табл. 4 приведена характеристика сточных вод маслоэкстракционного производства.

При переработке 1 т семян для получения 0,7 м³ экстракционного масла образуется 3,1 м³ загрязненных вод и вод, не требующих специальной очистки. Безвозвратные потери при этом составляют 2,7 м³, обратная вода для охлаждения оборудования — 94 м³ на 1 т семян.

Количество сточных вод, м³ на 1 т сырья

Источник образования сточных вод	Количество сточных вод, м ³ на 1 т сырья
Увлажнение семян и шрота (безвозвратные потери)	0,04
Мойка оборудования	0,01
Охлаждение масла (теплообменник)	1,10
Воды бензинсодержащие (шламовыпариватель, водоотделитель, мойка оборудования)	0,6
НД-1250	0,5
НД-1000	0,5
Охлаждение паров растворителя при отгонке из шрота (оборотная вода)	0,18
Бутылочное моечное производство	0,10
Охлаждение оборудования	8,7
Стирка салфеток	0,1
Хозяйственно-бытовые сточные воды	0,4
Прочие сточные воды (лаборатория, мастерские, котельная и др.)	0,70

Смешанные производственные воды маслоэкстракционных заводов, образующиеся при очистке масла, стирке салфеток, фильтр-прессов и т. п., имеют большие колебания по содержанию жировых и взвешенных веществ (рис. 1), а также значительные колебания расхода в течение суток (рис. 2). Это в значительной мере усложняет процесс очистки смешанных сточных вод МЭЗа.

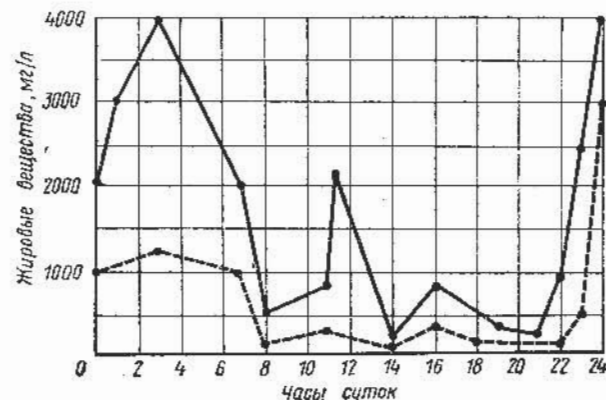


Рис. 1. Колебания содержания загрязнений промышленных стоков на Армавирском МЖК в течение суток (28/VIII 1970 г.): ———— жировые вещества; - - - - взвешенные вещества.

До поступления жиробензинсодержащих вод на очистные сооружения их подвергают предварительной обработке с целью извлечения бензина из воды для повторного его использования на производстве.

Для удаления бензина из промывной воды, поступающей из шротоловушки, на большинстве существующих заводов применяется бензиновыпариватель (шламовыпариватель) ВНИИЖа.

57825

Характеристика сточных вод маслоэкстракционного завода

Сточные воды	pH	Прозрачность по Снегелю, см	Кварцевые вещества, мг/л	Сухой остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Жировые вещества, мг/л	ХПК, мг/л	БПК ₅ , мг/л	Бензин, мг/л
После бензолловушки экстракционной линии ИД-1250	6-8	1-5	200-300	450-1000	100-500	100-300	50-100	200-350	150-450	46-100
После бензолловушки экстракционной линии ИД-1000	6-8	0-2	100-200	400-900	100-300	100-500	100-150	250-350	180-240	45-80
После бензолловушки экстракционной линии Де-Смет-70	6-8	0-2	100-300	400-1400	100-500	100-500	100-150	250-350	180-250	45-80
После бензолловушки экстракционной линии МЭЭ-350	6-8	0-2	100-300	450-1700	100-500	100-500	150-200	350-800	300-350	50-100
Оборотная вода маслоэкстракционных цехов (с учетом подпитки водой по 30%) при отсутствии очистных сооружений	6-8	0-2	10-150	260-1220	100-500	100-500	5-10	30-200	23-100	-

Это устройство состоит из стального корпуса со сферическим дном и крышкой. Внутри корпуса находится паровой эжектор 2 и змеевик 3 (рис. 3).

Для наблюдения за уровнем жидкости, находящейся в корпусе, установлено уровнемерное стекло 4. В верхней

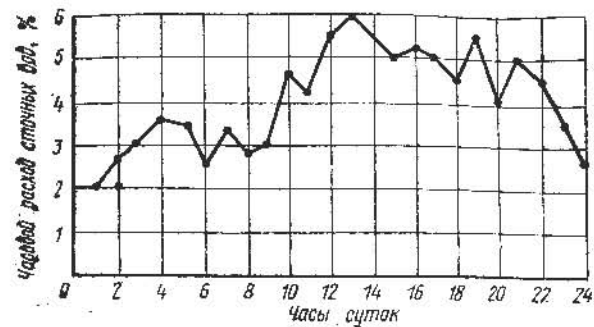


Рис. 2. Расход промышленных сточных вод маслоэкстракционного завода по часам суток (линия ИД-1250).

крышке имеется патрубок 5 для отвода паров бензина и воды в конденсатор для охлаждения и патрубок 6 для подачи в бен-

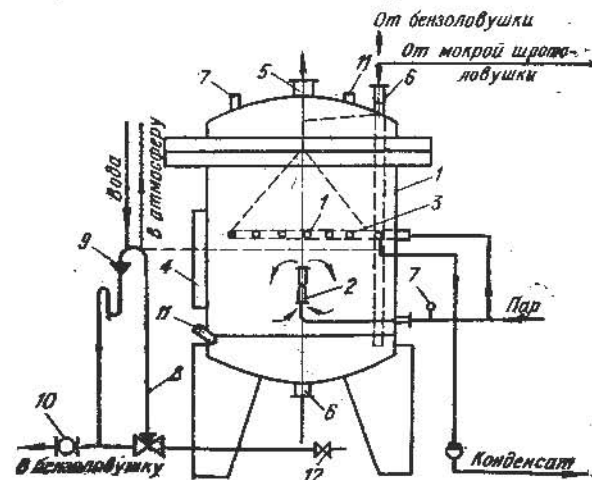


Рис. 3. Бензиновыпариватель (шламовыпариватель) ВНИИЖа:

1 — стальной корпус; 2 — эжектор; 3 — змеевик; 4 — уровнемерное стекло; 5 — патрубок для отвода паров бензина; 6 — патрубок для подачи воды с бензином и шротовым шламом; 7 — патрубок для термометра; 8 — переливная труба; 9 — воронка; 10 — смотровой фонарь; 11 — термокарман; 12 — трубопровод для подачи промывной воды или пара.

зиноиспаритель воды с бензином и шротовым шламом. Бензи-

ливной трубой 8, воронкой 9, смотровым фонарем 10, термоманометром 11 и трубопроводом 12 для подачи промывной воды или пара.

Устройство работает следующим образом: промывная вода, содержащая бензин и шротовый шлам, поступает в корпус 1 через патрубок 6. Одновременно с этим подается пар в эжектор 2 и змеевик 3. С помощью эжектора промывная вода перемешивается и равномерно нагревается до 95°С, а всплывающий бензин на поверхность воды (уровень которой на чертеже отмечен пунктирной линией) упаривается глухим паром, пропускаемым через змеевик 3. Пары бензина через патрубок 5 направляются в конденсаторы, где, охлаждаясь, вновь превращаются в воду и бензин. Полученная таким образом вода в смеси с бензином направляется в водоотделитель. После водоотделителя вода подается в мокрую шротоловушку (через второй бензиновыпариватель), а бензин используется для экстракции масла. Очищенная вода в бензиновыпариватель с содержанием бензина до 60—70 мг/л направляется в дворовую бензолушку через переливную трубу 8, назначение остальных приборов и трубопроводов ясно из их названия.

Всплывающий бензин в бензолушке периодически споняется в специальный отсек и оттуда откачивается в водоотделитель или в шламовыпариватель через патрубок 6. Для охлаждения воды, поступающей в канализацию, в переливную трубу 8 добавляется вода из оборотной системы. На проектируемых заводах предусматриваются несколько измененные типы шламовыпаривателя. Однако принцип их работы остается прежним.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ГИДРОГЕНИЗАЦИОННЫХ ЗАВОДОВ

Гидрогенизационные заводы (гидрозаводы) вырабатывают пищевые гидрированные жиры (саломас для маргарина, кондитерский жир, подгидрированное масло), технические гидрированные жиры (саломасы для туалетного и хозяйственного мыла, для стеарина, различных смазочных материалов и т. п.).

В состав гидрозаводов входят гидрогенизационное (автоклавное) отделение, отделение приготовления и регенерации катализатора, отделение рафинации масел, водородное производство.

В водородном цехе получают водород электролитическим или железо-паровым методом, а также конверсией природного газа.

В катализаторном отделении производится приготовление и регенерация катализатора. Для гидрирования жиров используются, главным образом, катализаторы смешанных карбонатов никеля и меди. Отделение суспензированного катализатора от гидрированного жира производится с помощью фильтрации на фильтр-прессах. Для извлечения жиров из катализаторной

грязи производят расщепление. Этим отчасти обусловлено содержание солей никеля и меди в сточных водах гидрозавода.

В гидрогенизационном производстве сточные воды образуются при промывке катализатора, стирке салфеток, фильтр-прессов, промывке водорода, а также при охлаждении и обогреве аппаратуры и при приготовлении растворов. Эти воды содержат жирные вещества, а также соли никеля и меди.

Количество сточных вод согласно исследованиям, проведенным на Краснодарском масложиркомбинате, Ленинградском заводе «Салолин» и других производствах, приведено ниже.

Сточные воды цехов	Количество, м ³ на 1 т продукции
Автоклавный	
Охлаждение оборудования (водородных компрессоров)	1,75
Промывка водорода	0,75
Охлаждение циркуляционного водорода (вакуум-насос)	0,8
Катализаторный	
Охлаждение оборудования (вакуум-фильтры, компрессоры, воздухоподогреватели)	1,0
Приготовление и обезжиривание катализатора	0,1
Охлаждение оборудования (конденсаторы)	0,35
Электролизный	
Получение водорода, кислорода и дистиллята	3,2
Прочие сточные воды (лаборатория, котельная, сливная станция и др.)	0,13
Хозяйственно-бытовые сточные воды	0,20

В табл. 5 приведена характеристика сточных вод гидрогенизационных заводов.

Таблица 5
Характеристика сточных вод гидрозавода

Сточные воды	pH	Прозрачность по Сисалину, см	Известковые вещества, мг/л	Сухой остаток, мг/л	Медь (Cu), мг/л	Никель (Ni), мг/л
От промывки катализатора	7—9	8—12	50—100	200—3000	1—0,5	1,5
От промывки водорода	6—7	0—2	50—150	250—1000	—	—

Продолжение

Сточные воды	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Жировые вещества, мг/л	ХПК, мг/л	БПК, мг/л
От промывки катализатора	50—500	100—2000	10—50	60—200	25—100
От промывки водорода	100—350	50—200	50—100	100—1000	50—300

Смешанные промышленные сточные воды гидрозаводов содержат большое количество жировых веществ и отличаются весьма неравномерным поступлением их на очистные сооружения. На рис. 4 показано изменение расхода производственных

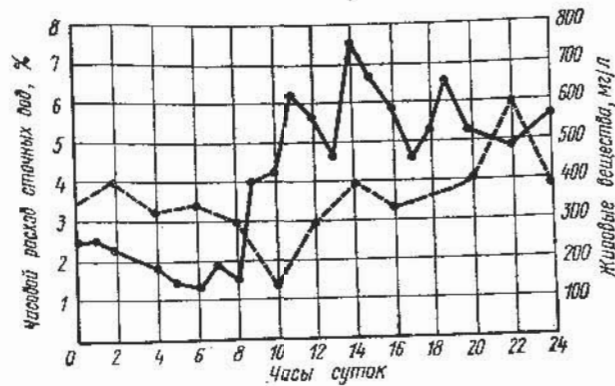


Рис. 4. Изменение расхода производственных сточных вод и жировых веществ по часам суток на гидрогенизационных заводах:
 — расход сточных вод; — — концентрация жировых веществ.

сточных вод по часам суток на гидрозаводах. Эти данные получены на основании исследований, проведенных на Краснодарском масложиркомбинате и на Ленинградском заводе «Салолин».

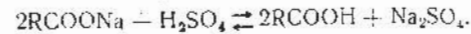
СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРИ РАФИНАЦИИ ЖИРОВ И МАСЕЛ

Рафинацию жиров и масел производят с целью удаления из растительных масел жирных кислот, фосфатидов и других веществ. При рафинации жиров и масел сточные воды образуются при сушке гидратированного и нейтрализованного масел, сушке гидратированных осадков, мойке оборудования и полов. Большое количество воды образуется при охлаждении парогазовоздушной смеси (барометрические воды) и незагрязненные воды (условно чистые) от охлаждения смесителей, дезодораторов, маслоохладителей, вакуум-насосов и поверхностных конденсаторов и др.

Основными отходами при рафинации растительных масел и жиров являются соапстоки. При разложении соапстоков применяется техническая серная кислота (ГОСТ 2184—67). Для нейтрализации кислых промывных вод перед подачей их на очистку следует применять кальцинированную соду (ГОСТ 5100—64). Количество воды для промывки жирных кислот на 1 т мыльно-щелочного раствора составляет около 1 м³/сутки. Для нейтрализации этих вод требуется 285 кг соды. Промыв-

ные и кислые воды имеют температуру 80—85°С. Для промывки нейтрализованного масла от мыла требуется около 12 м³ воды в сутки. На некоторых предприятиях часть промывных и кислых вод добавляется в мыльно-щелочной раствор для его разбавления. При периодическом разложении мыльно-щелочного раствора серной кислотой образуется 55,0 м³/сут кислых вод с содержанием 0,1% жира. В 55,0 м³ кислых вод содержится 263 кг серной кислоты. При нейтрализации кислых и промывных вод серной кислотой образуется 382 кг сульфата натрия.

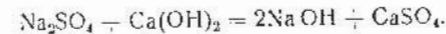
Разложения мыла с образованием жирных кислот можно достичь путем введения серной кислоты



Выделившиеся при этом жирные кислоты используются в производстве мыла. Обработку воды, содержащую мыла, рекомендуется производить при температуре 90°С и выше.

Для извлечения значительной части жировых веществ, находящихся в промывной воде, широко применяется указанный выше способ разложения мыла.

Кислые воды, образующиеся при разложении мыла, рекомендуется обрабатывать известковым молоком. При этом происходит реакция



Образующийся при этом гипс будет осаждаться в отстойниках, а NaOH при смешивании с жиросодержащими стоками других цехов пойдет на омыление жирных кислот и, следовательно, в канализацию поступать не будет.

Белковые вещества, находящиеся в кислых сточных водах, выделяются при нейтрализации их минеральной или уксусной кислотой. Для растительных белков изоэлектрическая точка (соответствующая наименьшей их растворимости) может находиться в зонах pH < 7, вследствие чего для выделения белков требуется подкисление.

Если на комбинате имеется мыловаренное производство, тогда кислые воды следует использовать для нейтрализации подмыльных щелоков. При этом всплывшие жировые вещества следует использовать в мыловарении, а отстаившуюся воду направлять в смеси с другими производственными водами на очистные сооружения.

Сточные воды рафинационного производства делятся на 2 группы:

сточные воды с весьма большим содержанием жировых веществ (750—2000 мг/л) и малым расходом (до 500 м³/сут). К ним относятся воды от промывки масла и саломаса, от разложения соапстока, от мойки помещения и стирки салфеток фильтр-прессов;

Характеристика сточных вод маргаринового завода

Сточные воды	рН	Прозрачность по Снежинку, см	Показатели загрязненности, мг/л							Приращение	
			Взвешенные вещества	Сухой остаток	Проклепанный остаток	Харинды	Сульфаты	Жироподобные вещества	ХПК мг/л		БПК ₅ мг/л
От мойки полов и оборудования	6	6	280	240	120	77	40	117	332	89	При нормальной работе оборудования
От обогрева аппаратуры молочного и молочного отделений и линии холодильный барабан—вакуум-комплексатор	6,9	16	40	112	110	67	40	0	12,5	5,6	t = 25—40°C
От обогрева линии «Джонсон»	6,5	10	122	120	100	49	40	24	45	20	t = 60—65°C
От промывки линии холодильный барабан—вакуум-комплексатор	6—7	1	9610	6082	180	42	122	5890	20195	6160	При санитарной мойке оборудования
От промывки линии «Джонсон»	10	1	105000	30200	2060	87	107	20000	36540	18100	То же
При обработке бумаги	7	—	150	442	152	40	108	194	2749	860	

При охлаждении компрессоров и оборудования образуются условно чистые воды (воды, не требующие специальной очистки).

Часть жиров, содержащихся в сточных водах, задерживается в цеховых жироловушках и используется в производстве мыла, а остальные жиры вместе с промышленными стоками сбрасываются в канализацию.

Количество сточной воды, образующейся при производстве маргариновой продукции, приведено ниже, а их характеристика загрязнений в табл. 7.

Сточные воды	Количество, м ³ на 1 т продукции
Мойка оборудования и полов	0,6
Охлаждение оборудования (теплообменник, пастеризатор и заквасочники и холодильная установка)	40
Лаборатория, эрачечная, мастерские, котельная	1,9
Хозяйственно-бытовые сточные воды	0,6

Наибольшее количество сточных вод на маргариновом заводе составляют барометрические воды. Барометрическая вода загрязнена жировыми веществами, свободными жирными кислотами и глицеридами, уносимыми паром при дезодорации. Резкий неприятный запах барометрической воды обусловлен также наличием небольшого количества других легколетучих органических примесей.

Наиболее распространенным способом дезодорации жиров за рубежом является обработка их активированным углем. Такие работы проводят и в Советском Союзе. Однако на большинстве действующих заводов дезодорацию жиров проводят острым паром. Общее количество воды, уходящей из барометрических конденсаторов при периодической дезодорации, составляет до 120 м³/ч, а при непрерывной дезодорации — 60 м³/ч.

В барометрической воде содержится до 75 мг/л жировых веществ (включая жирные кислоты), 250 мг/л сухого вещества, примерно 20% эфиронерастворимых веществ (нерастворимых в воде) и около 50% водонерастворимых веществ. Содержание сухих веществ в воде увеличивается при дезодорации кокосового и пальмоядрового масел. В результате барометрическая вода мутная и содержит большое количество взвеси в виде хлопьев.

Съем жировых веществ в дворовых жироловушках составляет примерно 33—40%.

Смешанные сточные воды маргариновых производств имеют весьма высокую концентрацию загрязнений по жировым веществам и значительные колебания расходов по часам суток. Исследования показали, что чем больше часовой расход сточных вод, тем меньше в них концентрация загрязнений. Средние из-

менения расходов производственных сточных вод, жировых веществ по часам суток при рафинации жиров и масел представлены на рис. 6.

При получении 1 т маргариновой продукции по укрупненным нормам образуется: загрязненных производственных сточных вод 4,2 м³, бытовых — 0,6 м³ и воды, не требующей специальной очистки, 1,1 м³.

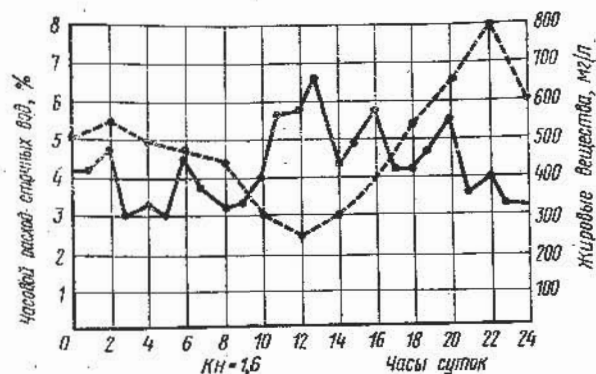


Рис. 6. Изменение расхода производственных сточных вод и концентрации жировых веществ по часам суток на маргариновых заводах:
— расход сточных вод; - - - концентрация жировых веществ

Безвозвратные потери воды на 1 т маргариновой продукции составляют 2,5 м³. Весьма много воды требуется для системы оборотного водоснабжения (45 м³ на 1 т продукции).

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА МАЙОНЕЗА

Для производства майонеза используется рафинированное дезодорированное растительное масло, яичный порошок, сухое молоко, уксус, горчица, соль, сахар. Все это так или иначе попадает в канализацию со сточными водами.

Известны два способа производства майонеза: периодический и непрерывный (линия «Джонсон»).

При периодическом способе производства майонеза санитарная мойка оборудования с полной разборкой технологических трубопроводов производится каждый день, как правило, в ночную смену, а при непрерывном промывают ежедневно только вентилаторы, а санитарная мойка оборудования с разборкой технологических трубопроводов производится один раз в неделю.

Оборудование моют горячей водой (40—55°С) с последующей обработкой раствором хлорной извести и ополаскиванием.

При выводе вентилаторов на рабочий режим, а также при нарушении температурного режима во время их работы образуются технологические сточные воды, которые поступают в канализацию.

Стойкие жировые эмульсии в воде получаются вследствие сильного перемешивания жира с водой при перекачке насосами и т. п.

Жировые вещества, находящиеся в сточных водах в виде пленки и во взвешенном состоянии, задерживаются при отстаивании в цеховых жироловушках и используются в производстве мыла.

При производстве майонеза в канализацию поступают сточные воды от мойки оборудования и тары, загрязненные в основном жировыми веществами, и условно чистые воды от обогрева аппаратуры.

Количество сточных вод майонезного производства приведено в табл. 8, а их характеристика в табл. 9.

Таблица 8

Сточные воды	Количество сточной воды майонезного производства, м ³ на 1 т продукции		
	Линия «Джонсон»	Линия периодического действия	Режим сброса
От мойки новой тары	2,7—3,5	3,5—3,8	Постоянно замкнута в систему оборотного водоснабжения (в линиях «Джонсон»)
От мойки возвратной тары	2,8—3,5	3,5—4,0	
От обогрева и охлаждения аппаратуры и насосов	22,0—27,0	1,3—1,5	Периодически. Раз в сутки в течение 3—4 ч
От мойки оборудования	0,05—0,1	0,1—0,2	

При производстве 1 т майонеза по данным ВНИИЖа и Гипропищепрома-3 образуется загрязненных вод — 5 м³, бытовых — 1,5 м³ и вод, не требующих специальной очистки — 0,4 м³. В системе оборотного водоснабжения требуется 25 м³ воды на 1 т выпускаемой продукции, а безвозвратные потери при этом составляют около 1 м³ на 1 т выпускаемого майонеза.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ГЛИЦЕРИНА И ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Поступающие на расщепление жиры подвергаются рафинации серной кислотой. При этом на промывку жира расходуется водопроводная вода в количестве до 20% от его массы. В отхо-

Характеристика сточных вод производства майонеза

Сточные воды	pH	Прозрачность по Снеллиунгу, см	Взвешенные вещества, мг/л	Сухие вещества, мг/л	Прокатенные вещества, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Вещества экстракционные серии эфиром, мг/л	ХПК, мг/л	БПК ₅ , мг/л	Примечание							
От мойки новых баков	7,0—7,5	25	10	60	50	11	35	5—15	20—40	1850	Условно чистые							
												300—1000	1000—30000	200—600	100—350	3000—10000	10000—20000	7200—15000
От промывки оборудования	6—7	1	30	80	70	20	35	5—10	20—25	10—15	Условно чистые							
												10400—21200	13400—26200	1780—5120	1480—5100	11500—20900	34600—83600	25000—65000
												350	3800	3300	100	3200	до 500	2150
От мойки возвратной банки	9	1	30	80	70	20	35	5—10	20—25	10—15	Условно чистые							
От мойки новой банки	7	20	30	80	70	20	35	5—10	20—25	10—15	Условно чистые							
От промывки оборудования	5	1	10400—21200	13400—26200	1780—5120	1480—5100	50—60	11500—20900	34600—83600	25000—65000	Условно чистые							

Линия периодического действия

Линия непрерывного действия (линия «Джонсон»)

дящей воде содержится значительное количество жировых веществ (300—500 мг/л). Все жиры, поступающие на производство, подвергаются расщеплению безреактивным способом, в результате чего около 5% от общей массы жира образуют глицерин.

Для дистилляции жирных кислот (их смесей) используется аппарататура различных видов. Наиболее распространенной и перспективной является модернизированная (непрерывно действующая) дистилляционная установка «Комсомолец», позволяющая повысить качество дистиллированных кислот и снизить потери жирных кислот с барометрическими водами. В настоящее время ими оснащено 18 заводов.

Для разделения натуральных жирных кислот в нашей стране имеются две ректификационные установки: одноколонная установка фирмы «Лурги» (Московский жиркомбинат) и трехколонная ректификационная установка фирмы «Ферросталь» (Казанский химкомбинат).

В одном цехе средней мощности перерабатывают 60 т жира (в который входит 50% технического жира). Из этого количества жиров вырабатывают 6 т сырого или 5 т динамитного глицерина, а также 25 т дистиллированных жирных кислот. При этом на его промывку расходуется до 20% (от массы жира) водопроводной воды, которая образует сточную воду с большим содержанием загрязнений.

Глицериновую воду с содержанием 10—12% глицерина подают в вакуум-выпарной аппарат, где после отгонки воды получают сырой глицерин. Выпарной аппарат снабжен барометрическим конденсатором, в который подается вода из системы оборотного водоснабжения. В конденсатор смешения к охлаждающей воде добавляется конденсат, образующийся за счет испарения воды, в результате чего общее количество образующейся при этом воды составляет 510 м³.

Из сырого глицерина после его дистилляции получают динамитный глицерин. На дистилляционной установке имеется три поверхностных (трубчатых) конденсатора, с помощью которых происходит охлаждение паров глицерина. В конденсаторы поступает около 1000 м³ технической воды из оборотной системы (условно чистая вода). После окончательной дистилляции сырого глицерина на дне аппарата образуется тудрон, после удаления которого куб промывают, на что расходуется 2 м³ водопроводной воды.

Сырые жирные кислоты, используемые для мыловарения, подвергают дистилляции на специальной установке «Комсомолец». После этого получается до 25 т светлых жирных кислот. В конденсационную систему поступает 1500—2000 м³ технической воды из системы оборотного водоснабжения. Эта вода частично загрязняется летучими (низкомолекулярными) жирны-

ми кислотами. Поэтому эту воду, находящуюся в обороте, необходимо периодически очищать.

Из системы оборотного водоснабжения вода расходуется на охлаждение одного насоса высокого давления, обслуживающего автоклавы для расщепления жиров, и на два вакуум-насоса, работающие на выпарной установке дистилляции глицерина. Всего на эти нужды уходит около 60 м³ воды в сутки. Имеются и другие расходы воды и сбросы сточных вод при производстве глицерина и дистилляций жирных кислот. Данные ВНИИЖа и Гипропищепрома-3 приведены ниже.

Сточные воды	Количество, м ³ на 1 т продукции
Производство глицерина	
Охлаждение парогазовоздушной смеси в конденсаторах (незагрязненные воды)	91,0
Охлаждение паровоздушной смеси (незагрязненные воды)	190,0
Мойка оборудования (барабанов)	0,03
Дистилляция жирных кислот	
Охлаждение конденсаторов (незагрязненные воды)	40,0
Охлаждение парогазовоздушной смеси (барометрические воды)	78
Хозяйственно-бытовые воды	0,30

Общее количество загрязненных вод, требующих специальной очистки для направления их в систему оборотного водоснабжения, составляет примерно 2100 м³ в сутки на 1 цех по расщеплению жиров при производстве глицерина.

Характеристика промышленных стоков указанных производств дана в табл. 10.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНЫХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

К натуральным моющим средствам относятся мыла туалетное и хозяйственное.

В качестве сырья в мыловаренном производстве используют: для производства хозяйственных мыл — расщепленные гидрированные растительные масла (саломас), небольшое количество расщепленных технических животных жиров, синтетические жирные кислоты, soapстоки, получаемые при рафинации растительных масел и животных жиров, в сыром виде и в виде дистиллированных жирных кислот, канифоль различных марок, талловое масло, нафтеновые кислоты (асидол, асидол-мылонафт и др.). Часть из этого сырья так или иначе попадает в канализацию.

Варка мыла производится как периодическим методом — в котлах, так и непрерывным на установках отечественной конструкции (ТНБ-2, БШМ, ДОН и др.), работающие на жирных

Таблица 10

Характеристика сточных вод при производстве глицерина и жирных кислот

Сточные воды	pH	Прозрачность по Сесляину, см	Взвешенные вещества, мг/л	Сухой остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Вещества, выстрагиваемые сернистым эфиром, мг/л	ХПК, O ₂ , мг/л	БПК ₅ , O ₂ , мг/л
От барометрического конденсатора дистилляции жирных кислот	6—7	5—10	50—200	200—500	50—100	50—200	20—100	65—200	40—85
От промывки жиров	10—12	0	600—1000	3500—17000	50—11000	3000—5000	300—500	7000—17000	3000—10000
От стирки салфеток	8—10	0	3000—8000	800—5000	100—800	100—800	300—2000	4000—40000	1500—10010
От вакуум-выпарки (устояло чистая вода)	7—9	7—25	10—50	200—500	50—100	50—200	10—20	70—200	15—70
От дистилляции глицерина	7,5	23	11	300	5	206	34	124	52

кислотах по двухстадийной схеме омыление — нейтрализация жирных кислот раствором углекислой соды с последующим доомылением каустической содой.

Для обработки хозяйственного мыла используют вакуум сушильные установки непрерывного действия (ВСУ). Расход воды на одну установку ВСУ составляет 8 м³/ч.

Механическую обработку основы туалетного мыла производят на поточных линиях с применением ленточных сушилок и вальцовых агрегатов.

Наряду с этим для производства туалетного мыла используют непрерывные линии марки ЭЛМ производительностью 2 т/ч. Расход воды на такую линию — 25 м³/ч.

В мыловаренном производстве сточные воды образуются от барометрических конденсаторов ВСУ, при расщеплении соапстоков (подмыльный шелока), при отстаивании жирового сырья, при охлаждении, очистке и компримировании углекислого газа, при охлаждении и обогреве аппаратуры.

Количество и характеристика сточных вод мыловаренного производства приведены в табл. 11 и 12.

Таблица 11

Количество сточных вод мыловаренного завода

Сточные воды	Количество, м³ на 1 т продукции	
	туалетное мыло	хозяйственное мыло
Промывка тары (отстой жирового сырья)	0,10	0,15
Промывка жира	0,08	0,09
Обработка мыла под вакуумом (незагрязненная вода)	36,0	95,0
Варка мыла (подмыльный шлока)	0,25	0,30
Охлаждение оборудования (воздушные компрессоры)	1,60	1,60
Лаборатория, прачечная, котельная и др.	2,40	2,40
Хозяйственно-бытовые воды	0,30	0,30

Выше было сказано, что при нейтрализации подмыльного шелока серной кислотой образуется сульфат натрия (примерно 10 кг на 1 м³), а при его разложении известковым молоком — гипс. Известно, что, попадая в канализацию, гипс осаживается в трубах, сокращая их пропускную способность. Поэтому ВНИИЖ предложил новый способ нейтрализации подмыльных шелоков жирными кислотами.

Применение этого способа на мыловаренных заводах позволяет резко сократить количество концентрированных сточных вод, поступающих в канализацию при производстве туалетного и хозяйственного мыла.

Характеристика сточных вод мыловаренного завода

Сточные воды	рН	Прозрачность по нефелину, см	Взвешенное вещество, мг/л	Сухой остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Жировые вещества, мг/л	ХПК, O₂ мг/л	БПК, O₂ мг/л
Отстой жирового сырья	4—6	0	3000—5000	6300—8500	100—300	20—50	6000—8000	15000—21000	9000—15000
Подмыльный шлока	9—13	0	10000—20000	12000—130000	10000—100000	100—6000	1500—10000	8000—60000	4000—16000
Барометрическая вода ВСУ	6—8	15—25	10—50	350—3050	200—2000	100—800	5—10	12—50	10—30
Барометрическая вода туалетного цеха	6—7	6—10	40—80	270—500	100—200	100—200	10—20	30—70	25—50
Углекислотное отделение очистки газа	5—6	20—25	5—10	150—250	20—50	60—100	10—20	20—50	10—25

Весьма перспективным способом обезжиривания подмыльных щелоков является способ вымораживания. При низких температурах вода, находящаяся в подмыльном щелоке, превращается в лед, а жировые вещества остаются в свободном состоянии. При таком способе можно разрушить весьма стойкую жировую эмульсию без применения каких-либо реагентов. Жировые вещества из подмыльных щелоков после их размораживания можно извлекать либо путем отстаивания, либо способом напорной флотации. Полученные таким способом жировые вещества следует вначале обработать паром для их уплотнения, а затем кислотой для разложения мыла. После этого жировые вещества могут быть использованы в народном хозяйстве (для приготовления различных сортов смазочных масел и т. д.). Отстоенный и обезжиренный подмыльный щелок вместе с другими производственными сточными водами следует направлять на дальнейшую очистку.

Задержанная на очистных сооружениях мыловаренных заводов жиромасса может быть использована для приготовления цементных и известковых растворов.

Вопрос очистки подмыльных щелоков в смеси с другими промышленными стоками может быть решен при эксплуатации очистных сооружений, построенных на Киевском мыловаренном заводе и Невском заводе косметических изделий.

ГЛАВА II

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ МАСЛО-ЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ СЕТИ, ДЮКЕРА, НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ, ИХ КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ

Все сточные воды поступают и передаются на очистные сооружения или в водоемы либо самотеком по коллекторам, либо с помощью насосных станций по напорным трубопроводам.

Совокупность всех сооружений, связанных с отведением сточных вод от канализуемой территории, с их очисткой, дезинфекцией и выпуском в водоем, принято называть канализацией.

На предприятиях масло-жировой промышленности можно встретить три системы канализации: общесплавная система, при которой все виды сточных вод,

образующихся на предприятиях, поступают и отводятся по одной сети каналов в городскую канализацию или в водоем непосредственно. Это наиболее распространенный вид канализования предприятий в настоящее время на существующих предприятиях;

раздельная система, при которой условно чистые и дождевые воды отводятся по самостоятельной сети водостоков в ближайший водоем без предварительной очистки, а хозяйственно-бытовые и производственные стоки (после пропуска их через жирословушки) направляются в городской коллектор;

полураздельная система канализации является разновидностью раздельной системы.

При этой системе имеются также две сети. Особенности такого вида канализования территории предприятия заключаются в том, что здесь первые порции наиболее загрязненных дождевых стоков передаются из дождевой сети в коллекторы хозяйственно-бытовой и производственной канализации, по которым отводятся вместе с другими загрязненными водами в городскую канализацию.

Проектирование этой сети следует вести с таким расчетом, чтобы жиросодержащие стоки всех цветов по крайней мере не перекладывались на локальные очистные сооружения. При реконструкции существующей заводской сети в некоторых случаях для транспортировки жиросодержащих стоков следует использовать существующую канализационную сеть с отключением от нее бытовых стоков. Условно чистые воды должны транспортироваться по самостоятельной сети или совместно с жиросодержащими стоками, если они совместно очищаются и используются в системе оборотного водоснабжения.

Значительное влияние на проектирование сети может иметь существующая сеть, отдельные канализационные выпуски и т. п.

Прежде чем остановиться на окончательной схеме сети проектируемого объекта, необходимо предварительно наметить несколько эскизных вариантов схемы сети с целью определения наиболее экономичного.

При трассировке сети полезно запомнить следующие правила: прокладка коллекторов по территории объекта производится по более пониженной ее части, если этому не препятствуют ранее уложенные другие коммуникации (водопровод, газопровод и т. п.).

Прокладка канализации должна быть произведена с таким расчетом, чтобы при повреждении других трубопроводов, проходящих параллельно, можно было бы производить ремонт их, не нарушая канализацию.

При проектировании канализационной сети дюкеров и напорных трубопроводов, предназначенных для транспортировки жиросодержащих стоков, следует пользоваться действующими

строительными нормами и правилами. Однако при этом необходимо считаться с некоторыми особенностями этих вод.

Самотечная канализационная сеть для отвода жиросодержащих стоков может быть запроектирована из керамических, бетонных, железобетонных, асбестоцементных и чугунных труб. Напорные трубопроводы в пределах территории предприятий, прокладываемые по эстакадам или по наружным стенам цехов, выполняют из стали, а подземные из чугуна.

При воздушной прокладке трубопроводы должны иметь уклоны с таким расчетом, чтобы в случае длительной остановки насосов вода, находящаяся в них, могла полностью стекать в сторону насосов или к месту их перекачки. В верхних точках трубопроводов следует предусматривать отводы с вентилями для периодического удаления воздуха.

Как выяснилось при эксплуатации, напорные трубопроводы и самотечная сеть предприятий масло-жировой промышленности часто обрастают слоем жира, удаление которого из труб весьма затруднительно. Поэтому все напорные трубопроводы, по которым транспортируются жиросодержащие стоки, а также там, где это возможно, самотечная сеть малого диаметра (до 150 мм) должны быть присоединены к паропроводу для периодической продувки их или подогрева жидкости острым паром.

При расчетном наполнении канализационной сети, предназначенной для пропуска жиросодержащих стоков, скорости течения следует брать несколько повышенными по сравнению с бытовыми водами (СНиП 1-32-74).

Диаметр, мм	Скорость, м/с
50—100	0,8
150—450	0,9
500—800	1,15

Наименьшая расчетная скорость течения (в м/с) очищенных жиросодержащих сточных вод должна быть:

после жироловушек	0,7
» флотационной очистки	0,5
» песчаных фильтров	0,4
» биологической очистки	0,4

Наибольшую скорость течения жиросодержащих стоков рекомендуется принимать равной: для металлических труб — 8 м/с, для других труб — 4 м/с.

Расчетная скорость движения жиросодержащих стоков в дюкерах должна быть не менее 1,2 м/с при условии возможности их прочистки и присоединении к паровой сети.

Наименьшие уклоны трубопроводов и каналов рекомендуется принимать в зависимости от допустимых критических скоростей течения жидкости, указанных выше.

На предприятиях, где имеются маслоэкстракционные чеки, при эксплуатации сети следует особенно соблюдать правила техники безопасности.

При всех эксплуатационных и ремонтно-строительных работах при необходимости рабочим попасть в канализационный колодец или бензолушку (опорожненную) необходимо убедиться в отсутствии в них паров бензина переносными газоанализаторами УГ-2 для малых концентраций (до 5 мг/л) и ПГФ2М-ИЗГ для больших концентраций. Допустимая концентрация паров бензина в воздухе в закрытых помещениях согласно СН-245—63 должна быть не более 0,3 мг/л, а нижний предел взрываемости в воздухе по данным ВНИИЖа — 40 мг/л.

Тяжелые газы и пары бензина, скопившиеся в колодце или сооружении, удаляют при помощи вентиляторов с ручным или электрическим приводом. Рабочие могут опуститься в колодец только с соблюдением всех мер предосторожности. Категорически запрещается работать в колодце (даже после проветривания) с фонарями, имеющими открытое пламя, зажигать спички и курить. Следует пользоваться аккумуляторами, свечильниками во взрывозащитном исполнении и с напряжением не выше 12 В.

При опускании в колодец рабочий обязан надеть предохранительный пояс с привязанной к нему прочной веревкой. Для оказания помощи работающему в колодце на поверхности должны находиться двое рабочих.

Наименьшая глубина заложения труб, предназначенных для жиросодержащих стоков, может приниматься на основании опыта эксплуатации канализации в данном районе или районах с аналогичными условиями.

Требования к производству и монтажу трубопроводов водоснабжения, канализации и тепловых сетей, устройств переходов трубопроводов через естественные и искусственные преграды, к выполнению специальных работ по строительству водоснабжения и канализации, испытанию трубопроводов и приемки их в эксплуатацию определяются СНиП 111-30—74. Это новые строительные нормы и правила «Водоснабжение, канализация и теплоснабжение. Наружные сети и сооружения» утверждены постановлением Госстроя СССР № 46 от 21 марта 1974 г. и введены в действие 1 июля 1974 г. Эти нормы и правила производства и приемки работ по водоснабжению, канализации, теплофикации составлены с учетом современного отечественного и зарубежного опыта устройства коммуникаций и направлены на максимальную механизацию производственных процессов, обеспечение роста производительности труда, повышение качества строительно-монтажных работ.

Расход сточных вод определяют по формулам

$$q = \omega v; \quad (1)$$

$$v = C \sqrt{Ri}, \quad (2)$$

где q — расход жидкости, м³/с;
 ω — площадь живого сечения потока, м²;
 v — скорость течения жидкости, м/с;
 C — скоростной коэффициент сопротивления;
 R — гидравлический радиус, м;
 i — гидравлический уклон канала (потока) или труб.

Скоростной коэффициент сопротивления C определяют по формуле акад. Н. Н. Павловского

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (3)$$

где n — коэффициент шероховатости;

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,10). \quad (4)$$

Для определения гидравлического уклона i можно применять одну из следующих идентичных формул

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} \quad (5)$$

или по формуле Дарси

$$i = \frac{\lambda v^2}{4R2g}, \quad (6)$$

где λ — коэффициент сопротивления трению по длине;
 g — ускорение силы тяжести, м/с².

Между коэффициентами сопротивления C и λ существуют зависимости

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}, \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{8g}{C^2}.$$

Коэффициент λ допускается определять по формуле Н. Ф. Федорова, учитывающей степень турбулентности течения жидкости для безнапорного режима

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -21 g \left(\frac{\Delta_0}{13,68 R} + \frac{a_2}{Re} \right) \quad (8)$$

и для напорного течения

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -21 g \left(\frac{\Delta_0}{3,42 R} + \frac{a_2}{Re} \right), \quad (9)$$

где Δ_0 — эквивалентная шероховатость, см;
 R — гидравлический радиус, см;
 a_2 — безразмерный коэффициент, учитывающий характер шероховатости труб;
 Re — число Рейнольдса.

В инженерной практике для определения скоростного коэффициента сопротивления широко применяется формула Н. Н. Павловского.

Для расчета канализационной сети используется формула (1) и формула Шези (2) с учетом коэффициента, определяемого по формуле Н. Н. Павловского (3) и (4).

Рекомендуется рассчитывать канализационную сеть также по формуле (1) и формуле Дарси (6) с определением λ по формуле Н. Ф. Федорова (8). По тем и другим формулам имеются таблицы, получившие широкое применение.

Для упрощения расчета сети следует использовать данные значений гидравлического радиуса, смоченного периметра и наполнения трубопроводов (табл. 13).

Таблица 13.

Основные данные для гидравлического расчета трубопроводов круглого сечения

Наполнение в долях d	Смоченный периметр в долях d	Площадь живого сечения в долях d^2	Гидравлический радиус в долях d	Наполнение в долях d	Смоченный периметр в долях d	Площадь живого сечения в долях d^2	Гидравлический радиус в долях d
0,05	0,4508	0,0148	0,0328	0,55	1,6710	0,4126	0,2648
0,10	0,6445	0,0419	0,0636	0,60	1,7725	0,4922	0,2778
0,15	0,7955	0,0759	0,0930	0,65	1,8758	0,5402	0,2882
0,20	0,9272	0,1120	0,1208	0,70	1,9826	0,5872	0,2964
0,25	1,0478	0,1536	0,1468	0,75	2,0946	0,6320	0,3018
0,30	1,1599	0,1985	0,1710	0,80	2,2145	0,6730	0,3048
0,35	1,2663	0,2456	0,1936	0,85	2,3458	0,7110	0,3035
0,40	1,3697	0,2935	0,2143	0,90	2,4984	0,7446	0,2981
0,45	1,4708	0,3429	0,2332	0,95	2,6903	0,7708	0,2865
0,50	1,5709	0,3928	0,2505	1,00	3,0417	0,7875	0,2505

При многочисленных расчетах участков сети весьма удобно пользоваться графиком. Преимущество графиков перед таблицами заключается в том, что они позволяют находить искомые гидравлические величины без применения трудоемкой интерполяции. В Советском Союзе в 1955 г. впервые были опубликованы сборники графиков [8], составленные по формуле Шези с применением формулы Н. Н. Павловского. По этим графикам

были рассчитаны канализационные сети, дюкера, напорные линии, каналы многих городов Советского Союза. Эксплуатация канализации, построенной по проектам, где использовали формулы Н. Н. Павловского для расчета канализационной сети, напорных трубопроводов и дюкеров, особых затруднений не встречает.

За последнее время опубликованы и широко используются графики для гидравлического расчета канализационных сетей, составленные по формулам (7, 9, 10). Однако следует отметить, что конечные результаты при использовании различными формулами для гидравлических расчетов сети и каналов почти совпадают или находятся в пределах допустимой таблицы, номограммы и графики могут быть использованы для расчета коллекторов, напорных трубопроводов и каналов.

При отсутствии готовых таблиц или графиков гидравлический расчет отдельных участков сети или определение расхода в существующих коллекторах (а в отдельных случаях и проектируемых) можно производить непосредственно по формулам (1, 2, 3, 4).

При расчете канализационной самотечной сети из керамики и бетона для пропускания жиродержащих стоков следует принимать, как и для бытовых сточных вод, $n=0,014$, а при расчете напорных трубопроводов из металла и железобетона круглого сечения $n=0,013$.

Для упрощения определения C можно пользоваться графиком, составленным автором по формуле (4) для значения коэффициентов шероховатости $n=0,011-0,014$ (рис. 7).

Примеры гидравлического расчета канализационного коллектора.

Пример 1. На территории масложиркомбината имеется железобетонный коллектор диаметром 0,6 м, уложенный с уклоном $i=0,004$, наклон его равно 0,3 м ($h/d=0,5$).

Требуется определить расход и скорость течения жиродержащих стоков при коэффициенте шероховатости $n=0,0014$.

По табл. 13 находим площадь живого сечения

$$\omega = 0,3928 \cdot 0,6^2 = 0,1414 \text{ м}^2, \text{ гидравлический радиус}$$

$$R = 0,2505 \cdot 0,6 = 0,15 \text{ м.}$$

По значениям R и n (см. рис. 7) определяем $C=52,6$.
По формуле (2) скорость течения будет

$$v = C \sqrt{Ri} = 52,6 \sqrt{0,15 \cdot 0,004} = 1,26 \text{ м/с.}$$

По формуле (1)

$$q = \omega v = 0,1414 \cdot 1,26 = 0,178 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Пример 2. На территории того же комбината имеется железобетонный коллектор диаметром 0,5 м, уклон его неизвестен. Наполнение коллектора во время замеров было равно 0,3 м ($h/d=0,60$). Необходимо опре-

лить расход сточных вод, пропускаемых коллектором. Для этой цели нужно найти скорость течения v .

Для разовых определений проще всего это можно найти с помощью поплавка. В этом случае в колодезю опускают поплавок (или любой плавающий предмет) и определяют время прохождения его до другого колодезю. Если это время окажется равным 25 с, а расстояние между колодезями — 50 м, то

$$v = 50 : 25 = 2 \text{ м/с.}$$

Так как скорость течения на поверхности выше, чем средняя скорость потока, примерно на 15%, то

$$v_{\text{ср}} = 2 \cdot 0,85 = 1,70 \text{ м/с,}$$

а живое сечение потока определяется по табл. 13

$$\omega = 0,4922 \cdot 0,5^2 = 0,123 \text{ м}^2,$$

расход

$$q = 0,123 \cdot 1,70 = 0,209 \text{ м}^3/\text{с.}$$

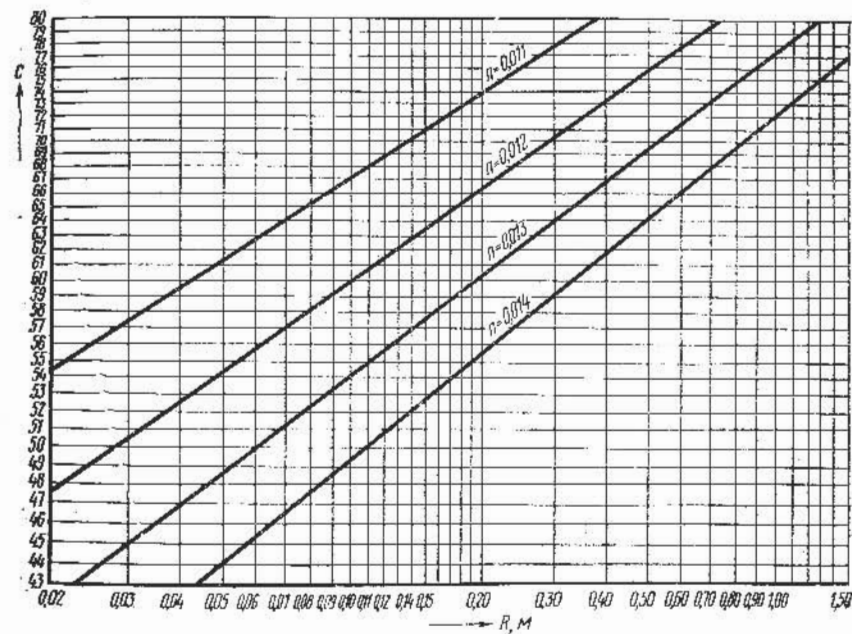


Рис. 7. Зависимость скоростного коэффициента C от гидравлического радиуса R .

В 1966 г. ВНИИЖем выдана соответствующая рекомендация Ленинградскому масложиркомбинату по отведению и очистке жировых сточных вод с применением напорной флотации. Здесь впервые было предложено строительство объединенных очистных сооружений для очистки стоков всех заводов, входя-

щих в состав комбината: маслоэкстракционный, маргариновый, мыловаренный, гидрогенизационный. В рекомендациях предусматривалось также строительство самостоятельной сети и насосных станций, предназначенных для отведения и перекачки промышленных стоков. Впервые была предложена схема оборотного водоснабжения с использованием всех видов промышленных стоков после их очистки.

Примерная схема канализования жиркомбината приведена на рис. 8.

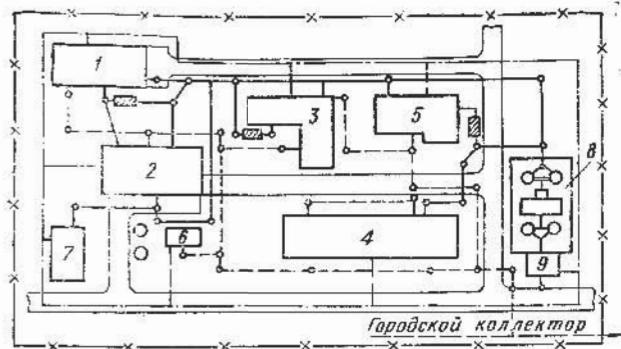


Рис. 8. Схема канализования жиркомбината:

1 — гидроавтомат; 2 — мыловаренный завод; 3 — маргариновый цех; 4 — завод синтетических моющих средств; 5 — маслоэкстракционный завод; 6 — сливная станция; 7 — водородный цех; 8 — очистные сооружения; 9 — насосная; — канализация жиросодержащих стоков; - - - хозяйственно-бытовая канализация; - 0 - 0 - оборотное водоснабжение; -X-X- забор; [] — жиролоушки.

В 1968 г. ВНИИЖ рекомендовал строить объединенные очистные сооружения, а также единую систему оборотного водоснабжения для всех заводов, входящих в состав Краснодарского масло-жирового комбината. Примерная схема такого водного хозяйства приведена на рис. 8. Из этой схемы видно, что все производственные сточные воды гидрогенизационного, мыловаренного, маслоэкстракционного заводов и ряда других цехов и подсобных хозяйств, указанных на схеме, отводятся по самостоятельным коллекторам на единые очистные сооружения. После очистки производственные сточные воды направляются в приемный резервуар насосов, подающих воду в закольцованную сеть оборотной воды. В этот же приемный резервуар попадают также отработанные и охлажденные на градирне воды. Из закольцованной сети оборотного водоснабжения вода под избыточным давлением направляется на нужды заводов, цехов и подсобного хозяйства. После использования для охлаждения оборудования через специальную сеть отводится на градирню для охлаждения.

Вода, забираемая из системы оборотного водоснабжения и используемая для мойки полов, оборудования, автомашин

и т. д., сбрасывается в производственную канализацию и вместе с промышленными сточными водами направляется на очистные сооружения с последующим использованием их повторно в системе оборотного водоснабжения. Хозяйственно-бытовые воды направляются в самостоятельную сеть и отводятся в городскую канализацию.

Расчет трубопроводов и коллекторов производится обычным способом и поэтому здесь не приводится.

Хорошо организованная система оборотного водоснабжения на предприятии играет решающее значение в бесперебойном снабжении технической водой, необходимой при выработке масло-жировой продукции.

При надлежащей организации водного хозяйства на предприятиях система оборотного водоснабжения может быть использована для подачи воды на охлаждение различной аппаратуры, машин, конденсаторов, на очистку газов и т. п., а также для мытья полов, оборудования, автомашин, в летние времена — для полива зеленых насаждений, газонов, дорог. Это становится возможным лишь при организации объединенной системы оборотного водоснабжения для всех заводов и цехов, входящих в комбинат и при полном использовании всех очищенных и обезвреженных производственных сточных вод для пополнения безвозвратных потерь оборотной воды.

ДОЖДЕВАЯ КАНАЛИЗАЦИОННАЯ СЕТЬ

Для своевременного удаления с территории предприятия дождевых вод устраивают дождевую канализацию (водостоки).

Кроме дождя, на территории предприятия выпадают снег, иней и град. Из всех этих видов осадков наибольший ущерб производству может принести дождевая вода, которая в некоторых пунктах может затопить территорию.

Большое скопление дождевых вод на проездах мешает движению людей и транспорта, разрушительно действует на подземные коммуникации, затопляет подвальные и складские помещения.

Выпадение дождевых вод и несвоевременное их удаление с орошаемой территории предприятия вызывает загрязнение и резкий подъем грунтовых вод, что нежелательно также и с санитарной точки зрения.

Несмотря на то что дождевая вода сама по себе является чистой, но вследствие прохождения ее через городской воздушный бассейн она достаточно сильно загрязняется, так как в атмосфере, особенно в ее нижних слоях, постоянно содержится большое количество твердых частиц пыли, дыма, различных солей и кислот.

Это загрязнение еще больше усиливается при стекании дождевой воды по территории предприятий за счет растворения в ней нефтепродуктов, жировых веществ или в некоторых случаях синтетических моющих средств и пыли.

Особенно большое загрязнение дождевая вода получает там, где санитарное состояние предприятия находится на низком уровне, где находятся неблагоустроенные мусоросборники, различная использованная невымытая тара, жиросборники, сливные станции и т. п.

Водостоки зачастую используются как приемники так называемых условно чистых вод, которые иногда содержат в себе большое количество минеральных масел, кислот и щелочей.

Все незаощенные площади, с которых наблюдается малый сток, и для которых не опасны периодические подтопления, следует, как правило, канализовать с помощью небольших кюветов, расположенных вдоль дорог и заборов.

При трассировке сети реконструируемых объектов следует также учесть очередность строительства дождевой канализации и наличие существующих водостоков.

На плане канализуемого объекта необходимо предварительно нанести все существующее и проектируемое подземное хозяйство завода. Внимательно выявить водоразделы, тальвеги.

Все коллекторы по территории предприятия следует прокладывать параллельно проезжей части и при том в каждом случае по той стороне ее, где отметки земли являются наименьшими. При выборе трассы водостоков следует считаться с ранее уложенными теплофикационной сетью, газосетью, хозяйственно-бытовой канализацией и т. п.

Начинать трассировку главных водосточных коллекторов следует с тальвегов с присоединением к ним второстепенных коллекторов, а к последним и всю остальную сеть (притоков) с таким расчетом, чтобы не пропустить ни одного участка на территории объекта. Эта работа относится к окончательной стадии трассировки. Этому должна предшествовать предварительная (эскизная) работа, которой проектировщик намечает основной характер будущей дождевой сети.

Конструкция дождевой сети в основном зависит от рельефа местности и может быть самая разнообразная, в связи с чем она должна быть всесторонне проработана и обоснована. Лучшим решением может быть признана та сеть, которая выбрана по различным вариантам, выполненным с технико-экономическими расчетами и сравнениями.

Трудно заранее дать общие рекомендации, применимые при трассировке сети для всех промышленных объектов. Здесь можно рекомендовать лишь некоторые правила, созданные

в результате длительной практики проектирования заводских канализаций:

стремиться, там где это допустимо, ограничиться открытыми водостоками. До предела использовать пропускную способность лотков на асфальтированных проездах;

по возможности не допускать глубокого заложения труб; магистральные закрытые каналы проводить друг от друга с таким расчетом, чтобы максимально использовать открытые каналы и пропускную способность лотков. Иначе говоря, при проектировании следует стремиться делать как можно меньше закрытой дорогостоящей сети;

необходимо по возможности строить сеть за счет коротких коллекторов и примыкающих к ним притоков, рационально используя для этой цели близкие водоемы и овраги.

Наблюдения за атмосферными осадками производятся на метеорологических станциях, организованных в большом количестве в СССР и других странах мира. Такие станции имеют приборы, с помощью которых измеряют осадки и ведут другие наблюдения (атмосферное давление, влажность воздуха и т. п.).

Длительными наблюдениями установлено, что в районах Москвы и Ленинграда выпадает осадков в среднем 400—600 мм за год. В отдельные годы эти цифры могут иметь значительные отклонения. Так, в 1906 г. в Москве выпало осадков 778 мм, а в 1920, засушливый год, всего лишь 297 мм.

В СССР наибольшее количество осадков выпадает в районе Батуми 2,4 м за год. В средней части СССР выпадает осадков значительно меньше и составляет 300—400 мм в год, а в Средней Азии еще меньше (100 мм/год).

Количество осадков, которое выпадает за сутки, очень разнообразно. В тропиках в отдельных случаях выпадает более 1000 мм/сутки. В Москве иногда суточное выпадение осадков достигает 150—160 мм, а несколько севернее Москвы количество осадков снижается и редко наблюдается свыше 70 мм за сутки.

В наших умеренных широтах наибольшее количество осадков наблюдается в летнее время, меньше в холодное. В районе Москвы в среднем за несколько лет в июне выпадает 80 мм, а в феврале не более 30 мм.

Для расчета сети необходимо знать выпадение осадков во время дождя и в его отдельные периоды. Количество воды, которое выпадает во время дождя в единицу времени, принято называть интенсивностью выпадения осадков.

Интенсивность осадков за время обильных дождей составляет 1 мм в минуту. Продолжительность таких ливней составляет обычно менее 1 ч.

Для автоматической записи количества осадков применяется плевниограф. Регистрирующая часть этого прибора поме-

щается в высоком металлическом круглом шкафу. В верхней части плювиографа находится обыкновенный дождемерный сосуд. Схема работы этого прибора следующая: дождевая вода вначале попадает в дождемерный сосуд, откуда по трубке стекает в цилиндр, помещенный внутри шкафа. В этом цилиндре находится поплавок со стержнем. Дождевая вода, падая в цилиндр, поднимает поплавок, движение которого связано со стрелкой, имеющей перо. Это перо вычерчивает кривую осадков на ленте, накрученной на специальный барабан. Запись дождя производится до верхней грани ленты, после чего вода автоматически переливается из цилиндра через сифон в ведро, помещенное внизу шкафа. Стрелка с пером опускается вниз и запись осадка продолжается.

При расчете промышленных водостоков обычно учитывают лишь те дожди, которые по сравнению с другими атмосферными осадками дают наибольшие одновременные стоки воды.

Основными показателями, характеризующими дождь, являются его продолжительность, интенсивность и повторяемость.

Интенсивность дождя, как уже отмечалось выше, характеризуется высотой слоя воды h (в мм), выпавшей за промежуток времени t (в мин). В практике проектирования дождевой сети наибольший интерес представляет средняя интенсивность (в мм/мин) дождя, выпавшего за определенный отрезок времени

$$i = \frac{h}{t} \quad (10)$$

Для практических целей большое значение имеет также другая размерность интенсивности, которая определяется объемом воды (в л), приходящимся на единицу площади (га) в единицу времени (с)

$$q = 166,7 i, \quad (11)$$

где цифра 166,7 является переводным коэффициентом от интенсивности по слою к интенсивности по объему.

Разнообразие выпадания дождей не позволяет свести их к какому-то определенному закону. Однако наблюдениями установлено, что дожди большей интенсивности имеют сравнительно небольшую продолжительность, в то время как мелкие, морозящие дожди могут длиться сутками.

За средние ливневые дожди обычно принимают для центральной части СССР — 70—100 л/с на 1 га, южной части СССР — 710—220 л/с на 1 га.

По этим интенсивностям несколько десятков лет тому назад и рассчитывали водостоки (для Москвы — 70 л/с на га, Парижа, Рима — 125 л/с на га и т. п.).

Наиболее важным фактором, характеризующим дождь, является его повторяемость. Замечено также, что чем сильнее ливень и чем выше его интенсивность, тем реже он повторяется. Для определения повторяемости того или иного ливня необходимо прежде всего систематизировать по интенсивности или по продолжительности дождя за определенный промежуток лет. После чего следует поделить общее количество ливней одинаковой продолжительности и интенсивности на число лет, в течение которых шло наблюдение, в результате чего можно определить их повторяемость.

Чем длительнее период наблюдений, тем точнее результаты по повторяемости дождей.

Следовательно, каждое изучение выпадания атмосферных осадков в данной местности проектировщиками используется в основном лишь для выявления зависимости между интенсивностью и продолжительностью дождей, а также для определения их повторяемости. Характер выпавших дождей даже в соседних районах резко отличается друг от друга. В связи с этим желательно в каждом случае использовать данные местных метеорологических станций и при этом за срок не менее 10—15 лет.

Дождевая сеть, будучи рассчитанная на самые сильные ливни, может получиться чрезвычайно большого сечения, что, естественно, отразится на стоимости строительства канализации.

Исходя из экономических соображений, расчет дождевой сети производят, как правило, не на максимальные, а на более умеренные дожди, допуская возможность периодического переполнения сети и даже некоторого допустимого подтопления территории.

Возможность периодического подтопления территории не должна повлечь за собой каких-либо неприятных последствий. Здесь подразумевается лишь то, что во время прохождения дождя большей интенсивности по сравнению с принятой в расчете для того или иного участка сети, не вся вода сразу будет отведена водостоком, а часть ее на некоторое время останется на орошаемой территории. (В этом случае затопляемая часть территории будет играть роль резервуаров емкости.)

Частота таких допущений в переполнении сети устанавливается в зависимости от значения канализуемой территории (наличие складских помещений, производственных цехов, подвальных помещений и т. п.).

Частота превышения расчетных интенсивностей, а следовательно, и расчетных расходов определяется так называемым периодом однократного превышения интенсивности расчетного дождя P , принятого при расчете сети.

Следовательно, одним из очень важных положений при проектировании сети является установление частоты повторения расходов, превышающих принятый при расчете сети максимальный расход.

Период однократного превышения интенсивности (переполнения сети) показывает, за какой период времени, равного P , можно ожидать превышения расходов в сети по сравнению с расчетным (при выпадении более сильного дождя, чем расчетный).

Иными словами, под периодом однократного превышения интенсивности следует понимать тот период времени (выраженный в годах), в который можно допустить один раз затопление сети.

Период однократного переполнения сети P должен устанавливаться на основе всестороннего учета особенностей местных условий, планировочных и эксплуатационных.

При этом в первую очередь должны быть выявлены отдельные участки территории, где недопустимо даже периодическое затопление (наличие складских помещений, подвалов, насосных станций и т. п.).

При расчете ливневой сети предприятий необходимо учитывать коэффициент стока.

По мере выпадения атмосферных вод на орошаемую площадь на ней постепенно образуется водяной слой.

Если представить площадь горизонтальной и водонепроницаемой, то после дождя на ней образуется слой воды, глубина которого будет зависеть от интенсивности выпавшего дождя (не считая испарения). В действительности такие случаи бывают чрезвычайно редко. Обычно выпавшая вода частично испаряется, просачивается в землю, заполняет неровность поверхности и затем стекает в пониженную часть.

Под скоростью испарения принято понимать количество воды, испаряющейся с единицы поверхности в единицу времени. Обычно скорость испарения выражается в граммах с поверхности 1 см^2 за 1 с.

Для практических целей пользуются другой единицей, а именно, высотой испаряющегося слоя воды в миллиметрах за более длительный промежуток времени (сутки, месяц, год).

Отношение количества дождевой воды, стекающей с 1 га площади в единицу времени к общему количеству дождевой воды, выпадающей за то же время и на ту же площадь, называется коэффициентом стока.

Учитывая, что общая площадь предприятий масло-жировой промышленности относительно небольшая, расчет водосточных канав и закрытых коллекторов может производиться по упрощенному методу. Если водосборная площадь, тяготеющая

к расчетному участку, равна F_1 , а коэффициент стока ψ , то расчетный расход дождевых вод Q_p составит

$$Q_p = \psi F_1 q_{20}. \quad (12)$$

За расчетный дождь можно принять дождь продолжительностью 20 мин, который повторяется 1 раз в год и в отдельных случаях 1 раз в 10 лет.

Данные по интенсивности дождей для каждой местности можно получить в местной метеорологической станции, а при отсутствии таковых в зависимости от расположения объекта на карте СССР (СНиП II-32-74). Среднее значение коэффициента ψ можно принять: для немощенных территорий 0,3 и для мощеных 0,5—0,6.

Для крупных масло-жировых комбинатов, площадь застройки которых превышает 50 га, необходимо производить расчет по методу «предельных интенсивностей» с последующим определением «критической приливной площади», сток дождевых вод которой получается больше, чем сток воды со всей площади предприятия, но при более продолжительном расчетном дожде, равном времени добегаания воды с самой удаленной точки до расчетного участка дождевой сети [9].

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Заводская насосная станция, предназначенная для перекачки жиросодержащих сточных вод с пониженной территории на очистные сооружения, может быть выполнена по типовым проектам обычных канализационных насосных станций.

При использовании этих проектов станций в местных условиях необходимо исключить те элементы, которые являются излишними при перекачке промышленных стоков, не имеющих каких-либо крупных загрязнений (тряпок, мочал, бумаги и т. п.). Поэтому заводская станция должна быть выполнена проще и дешевле обычных канализационных станций. В них не должно быть механизированных решеток, дробилок и т. п.

Мощность на валу насоса N_n (в кВт) определяют по формуле

$$N_n = \frac{QH}{102 \eta}, \quad (13)$$

где Q — производительность насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;
 H — напор насоса, м;
 η — к. п. д. насоса.

Мощность электродвигателя обычно принимают с коэффициентом запаса, равным 1,1—1,3 (большее значение для станций производительностью до $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Годовой расход электроэнергии A (в кВт·ч), потребляемой электронасосом, определяют по формуле

$$A = \frac{Q_{\text{ср}} N T}{102 \eta_1 \eta_2} \quad (14)$$

где $Q_{\text{ср}}$ — средняя производительность насоса, м³/с (принимают с коэффициентом 0,85);

T — количество часов работы насоса в году;

η_1, η_2 — к. п. д. насоса и электродвигателя.

Расход электроэнергии A_2 (в кВт·ч) на приведение в действие компрессоров определяют по их мощности и числу часов работы T в течение года

$$A_2 = N T. \quad (15)$$

Потребляемую мощность воздуходувок, вентиляторов и т. д. принимают по соответствующим каталогам.

Наибольшее применение в масло-жировой промышленности, очевидно, получают сравнительно небольшие станции шахтного типа с наземным павильоном. К ним относятся станции на два агрегата с вертикальными насосами ЦНВ-5М производительностью 90—150 м³/ч каждый, напором 50—68 м, и с электродвигателем АО2-32-4 мощностью 55 кВт, частотой вращения вала 1500 об/мин. Внутренний диаметр шахты 7,5 м. Насосы этой станции могут перекачивать промышленные стоки, имеющие нейтральную или слабощелочную реакцию. Приемный резервуар рассчитан на 10-минутный приток сточных вод. Объем его равен 30 м³.

Для монтажа и демонтажа оборудования на станции имеется таль с ручным приводом грузоподъемностью 1 т. Станция разработана на различную глубину заложения подводящего коллектора (от 3 до 7 м) в сухих и мокрых грунтах.

Конструкция подземной части станции для больших заглублений подводящего коллектора принята из условия ее строительства опускным способом. Станция имеет внутренний водопровод и канализацию, отопление и вентиляцию.

Внутреннюю канализацию следует присоединять к заводской хозяйственно-бытовой канализации (в типовом проекте станции внутренняя канализация присоединяется к приемному резервуару).

Управление пуском и установкой рабочих насосов производится автоматически в зависимости от уровня жидкости в приемном резервуаре.

Днище, стены, перегородки и перекрытия подземной части выполняют из железобетона.

Аналогично этой станции имеются типовые проекты канализационной станции с установкой насосов 2¹/₂ НФ производи-

тельностью одного насоса 32—54 м³/ч, напором 9,7—10,7 м, мощностью 2,5 кВт и частотой вращения 1450 об/мин; насосов 4НФ производительностью 108—180 м³/ч каждый, напором 26—23 м, с электродвигателем АО2-71-4 мощностью 20 кВт и частотой вращения вала 1450 об/мин; насосов 6НФ производительностью одного насоса 252—504 м³/ч, напором 24—20 м, мощностью электродвигателя 40—52 кВт, частотой вращения 960 об/мин.

Имеются типовые чертежи и более крупных насосных станций с установкой насосов 8НФ производительностью от 432 до 864 м³/ч.

Для перекачки бытовых и промышленных сточных вод с температурой до 80°С, содержащих небольшое количество абразивных частиц, с 1974 г. Рыбницкий насосный завод выпускает насосы типа Ф, комплектуемые с электродвигателями типа ВАО. Насосы 2,5Ф-6 в зависимости от диаметра рабочего колеса имеют производительность 20—51 м³/ч; напор 10—58 м; мощность электродвигателя 2,2—22 кВт и частоту вращения вала 1450—2000 об/мин. В табл. 14 приведена характеристика насосов марки Ф.

Таблица 14

Характеристика насосов марки Ф

Насосы	Производительность Q , м ³ /ч	Напор H , м	Мощность электродвигателя N , кВт	Частота вращения вала n , об/мин
Ф-12	47—115	7—39	3—30	1450
НФ-9	60—80,5	22—31	17	1450
НФ-6	64,5—80,5	7—18	7,5—10	1450
5Ф-6	32—46	32—46	22—40	890
5Ф-12	115—810	7,6—33	10—160	1450
8Ф	510	95	250	1450

Бобруйский машиностроительный завод выпускает более мощные насосы типа 16Ф-9 производительностью 1000—2400 м³/ч и уральский завод Гидромаш — насосы 16ФВ производительностью от 3600 до 50000 м³/ч. Эти насосы можно применять лишь при проектировании канализации предприятия совместно с крупным населенным пунктом. Перечень типовых проектов насосных станций приведен в табл. 15.

Заводские насосные станции для перекачки промышленных стоков (без примеси бытовых сточных вод) можно размещать на любой свободной территории предприятия. Санитарные резервы таких станций перекачек от пищевых цехов могут быть по согласованию с санитарными органами и пожарным надзором уменьшены по сравнению с требованиями, предъявляемыми к обычным канализационным станциям.

Таблица 15

Перечень типовых проектов канализационных насосных станций и характеристика их основного оборудования

Номер или шифр типового проекта	Марка насоса	Количество насосов в станции	Производительность насоса, м ³ /ч	Напор насоса, м	Мощность электродвигателя, кВт	Глубина заложения приемного коллектора, м	Организация, разрабатывающая типовый проект	
								Производительность насоса, м ³ /ч
902-1-23	3Ф-12	2	60 100	10 43	4 30	4; 5; 5; 7	Гипротрубопровод	
902-1-26	3Ф-12	2	58	10	4	3; 5; 7		
			50	9	4			
	5Ф-6	2	120 110	47 37	40 30	3; 5; 7		
5Ф-12	2	50	31	22	3; 5; 7			
		150	10	10				
		225	25	40				
		200	22	30				
902-1-22	8Ф-12	3	460	23	75	4; 5; 5; 7		Харьковский «Водоканалпроект»
			400	20	55			
			380	17	40			
902-1-30	10Ф-12	3	720	35	160	4; 5; 5; 7		То же
			650	30	125			
			580	26	100			
902-1-28	10Ф-12	5	720	35	160	5; 7	Ленинградское отделение Гипрокоммуналоканал	
			650	30	125			
			580	26	100			

Для перекачки жиро- и бензиносодержащих стоков маслоэкстракционных заводов можно применять типовые канализационные насосные станции с двигателями, выполненными во взрывобезопасном исполнении. В дальнейшем необходимо будет разработать типовые проекты насосных станций применительно к жировым и бензиносодержащим стокам.

Для перекачки стоков, содержащих крупные загрязнения, волокнистые вещества и т. п., следует использовать двухструйную насосную станцию*, в которой стоки, прошедшие решетку, перекачиваются насосами, а осадок, задержанный решеткой, гидроэлеваторами [12].

* Надьсев В. С. Способ перекачки насосами и водоструйными элеваторами поступающей из коллектора в приемный резервуар канализационной насосной станции сточной жидкости. Авт. свид. № 99437, 1953. Бюллетень изобретений № 12, 1954.

Таблица 16

График притока, откачки и остатка промышленных сточных вод (в м³) в приемном резервуаре по часам суток

Часы суток	Гидрозавод			Маслоэкстракционный завод (ИЛ-1250)			
	Приток воды	Откачка воды насосом	Остаток воды в приемном резервуаре	Часы суток	Приток воды	Откачка воды насосом	Остаток воды в приемном резервуаре
0-1	33,0	34	0,2	0-1	20,3	22	7,5
1-2	38,5	34	4,7	1-2	21,2	22	6,7
2-3	35,5	34	6,2	2-3	20,0	22	4,7
3-4	32,0	34	4,2	3-4	20,3	22	3,0
4-5	30,5	34	6,7	4-5	23,2	22	6,2
5-6	42,3	34	9,0	5-6	22,3	22	6,5
6-7	29,0	34	4,0	6-7	20,3	22	4,8
7-8	53,0	34	3,0	7-8	21,2	22	4,0
8-9	31,0	31	0	8-9	18,0	22	0
9-10	35,5	34	1,5	9-10	21,4	22	2,4
10-11	45,2	34	12,7	10-11	21,3	22	1,7
11-12	32,3	34	11,0	11-12	24,3	22	4,0
12-13	43,6	31	20,0	12-13	25,0	22	7,0
13-14	31,4	34	18,0	13-14	25,0	22	10,0
14-15	31,4	34	15,4	14-15	20,2	22	8,2
15-16	31,3	34	12,7	15-16	22,3	22	8,5
16-17	40,0	34	18,7	16-17	21,7	22	8,2
17-18	30,2	34	14,9	17-18	23,5	22	9,7
18-19	30,3	34	11,2	18-19	21,3	22	9,0
19-20	30,2	34	7,4	19-20	23,0	22	10,0
20-21	45,0	34	18,4	20-21	20,2	22	8,2
21-22	28,0	34	12,4	21-22	22,0	22	8,2
22-23	32,3	34	10,7	22-23	23,3	22	9,5
23-24	24,5	34	1,2	23-24	21,7	22	9,2
Всего	816	816	—	Всего	528	528	—

Насосные станции рассчитывают так же, как и канализационные станции перекачек, с учетом соблюдения допустимых скоростей течения применительно к жиросодержащим стокам. Учитывая, что жиросодержащих стоков на одном предприятии сравнительно немного (в среднем 1000 м³/сут), во многих случаях производительность насосов можно принимать, исходя из среднесуточного расхода сточных вод.

В табл. 16 приведен примерный график притока сточных вод на гидрозаводе и маслоэкстракционном заводе и приводится пример по расчету вместимости приемного резервуара в случае равномерной перекачки в течение суток. Эти расчеты показывают, что во многих случаях на предприятиях масло-жировой промышленности можно осуществить подачу сточных вод на очистные сооружения равномерно в течение суток. Для решения этой задачи необходимо произвести определение ко-

личества сточной воды по часам суток для каждого предприятия, где намечается произвести реконструкцию водного хозяйства.

Все работники должны знать и точно выполнять правила техники безопасности при эксплуатации насосных станций. Обслуживающий персонал, связанный с электрохозяйством, кроме того, должен знать и точно выполнять «Правила безопасности при эксплуатации электрических устройств станций и подстанций». Начальники электроцехов обязаны соблюдать все мероприятия, необходимые для безопасности производства работ, руководить инструктажем эксплуатационного состава в отношении безопасных методов работы и проверять выполнение установленных инструкций и правил по технике безопасности, охране труда и санитарному надзору. На всех станциях в сроки, установленные соответствующими правилами, должны подвергаться испытанию и освидетельствованию паропроводы, воздухопроводы, аппараты и сосуды, находящиеся под давлением, а также подъемные механизмы. Правила по технике безопасности должны быть вывешены на видном месте внутри насосной станции.

ГЛАВА III

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОЧИЩЕННЫМ ПРОМЫШЛЕННЫМ СТОЧНЫМ ВОДАМ

ВОДЫ, СБРАСЫВАЕМЫЕ В ГОРОДСКУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ

Из всех веществ, находящихся в промышленных стоках, наиболее вредными примесями для работы коллекторов являются жиры и тяжелые, главным образом, минеральные вещества (песок, мелкий гравий, частицы глины и т. п.). Это связано с гидравлическими особенностями течения жидкости в трубах. Известно, что скорость течения жидкости по всему живому сечению неодинакова. В середине потока она является наибольшей, и, чем дальше от центра, скорость уменьшается, а у самых стенок она практически равна нулю. В связи с этим в коллекторах при передвижении жидкости находящиеся в ней тяжелые примеси образуют на дне осадок, а жировые вещества, постепенно откладываясь на стенках труб, образуют слой жира по всему смачиваемому периметру. Это может привести к резкому сокращению пропускной способности коллектора, а иногда к полной их закупорке. Очистка коллектора от жирового слоя требует большого труда и специальных приспособлений. Вследствие этого сброс жировых вод в городской коллектор без предварительной их очистки на заводских очистных сооружениях не допускается.

Не рекомендуется сбрасывать в городскую сеть промышленные стоки, имеющие температуру свыше 40°C , так как горячие стоки разрушающе действуют на заделку стыков труб и, кроме того, повышенная температура сточных вод вызывает бурное размножение анаэробных бактерий, что приводит к выделению большого количества метана. В то же время сами бактерии являются дополнительными загрязнениями, увеличивающими БПК сточных вод при длительном прохождении стоков по городским коллекторам. Нельзя сбрасывать в канализацию промышленные стоки, имеющие волокнистые и объемные примеси, которые могут засорить сеть, затруднить работу насосных станций и очистных сооружений, а также все стоки, разрушающие бетон и сталь. Не допускается объединение промышленных стоков в канализационных трубопроводах, если при этом получается химическая реакция с выделением ядовитых газов. Предельная концентрация ядовитых веществ, которые могут представлять опасность для эксплуатирующего персонала или нарушать процессы биологической очистки сточных вод, составляет в мг/л: цианистого калия — 1, меди — 5, цинка — 10, никеля — 5, хрома — 2, свинца — 5.

Сточные воды маслоэкстракционных заводов, содержащие бензин в количестве, не превышающем 50 мг/л, могут быть очищены на городских очистных сооружениях. Однако передача этих стоков на очистные сооружения должна осуществляться с помощью заводской насосной станции (во взрывобезопасном исполнении) по самостоятельному напорному водоводу или самотеком (если рельеф местности позволяет). В случае, если в городе не имеется очистных сооружений или они находятся слишком далеко от предприятия, тогда следует предусматривать свои локальные (заводские) очистные сооружения.

Степень очистки сточных вод, принимаемая на заводских очистных сооружениях, зависит от местных условий города, а также от того, имеются ли в городе очистные сооружения и какой метод очистки сточных вод используется на этих сооружениях.

Контроль за проведением всеми предприятиями и организациями независимо от их ведомственной подчиненности мероприятий по охране природы и улучшению использования природных ресурсов возложен на местные Советы депутатов трудящихся и на органы санитарной службы. Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР осуществляет государственный контроль за рациональным использованием вод, за проведением мероприятий по охране водоемов от загрязнений, засорения и истощения, а также за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод. Поэтому все проектные решения по водному хозяйству предприятий необходимо согласовывать с органами местного Совета депутатов трудящихся (са-

нитарная служба, Управление канализации, а также с бассейновой инспекцией Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР и органами рыбоохраны).

ВОДЫ, СПУСКАЕМЫЕ В ВОДОЕМ

Спуск сточных вод в открытые водоемы контролируется общими требованиями к составу и свойствам воды в водоемах у пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования («Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами». М., 1975). Согласно этим требованиям в отдельных случаях нужна весьма высокая степень очистки сточных вод, что вызывает необходимость строительства сложных и дорогостоящих очистных сооружений. Во многих случаях этого можно избежать, если в другом, более отдаленном месте находится водоем, к которому санитарная инспекция предъявляет менее высокие требования. Поэтому при проектировании очистных сооружений целесообразно провести всесторонние исследования по выбору наиболее подходящего водоема для сброса в него сточных вод. Возможно, в этом случае потребуются прокладывать выпуск большой протяженности, который все же может оказаться более дешевым вариантом по сравнению со строительством очистных сооружений с применением биологических методов очистки сточных вод, тем более, если для их доочистки потребуется строительство фильтров или аэрационных прудов.

При проведении исследований необходимо также найти наиболее целесообразное место в водоеме, обеспечивающее полное и быстрое смешение сточных вод с водой водоема, исключая возможность воздействия их на район водозабора и мест культурно-бытового назначения, находящихся на участках, расположенных по течению реки не только ниже от выпуска, но и выше его (в случае подпора воды в водоеме куда впадет река).

Необходимо найти требуемую степень очистки сточных вод подлежащих к спуску в водоем. Решение этой задачи поможет произвести выбор наиболее целесообразного водоема и места для сброса сточных вод путем составления технико-экономических расчетов по различным вариантам.

Санитарными нормами предусмотрены две категории водопользования.

I категория — водоемы, используемые для централизованного питьевого водоснабжения города и предприятий пищевой промышленности.

II категория — водоемы, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы, расположенные около населенных пунктов.

Если водоемы, куда намечается спуск сточных вод, используются для ведения рыбного хозяйства, любительского или промышленного, к ним предъявляются требования Государственной инспекции по рыбному хозяйству.

Выдача заключений на строительство или реконструкцию объектов производится только после рассмотрения всех проектных материалов, касающихся очистки и условий отведения сточных вод на стадии выбора площадей для их размещения или на стадии технического проекта:

сброс сточных вод в рыбохозяйственные водоемы после соответствующей очистки допускается лишь в случае невозможности полного использования воды в производстве или на орошение и удобрение сельскохозяйственных земель;

состав и свойства воды рыбохозяйственных водоемов после сброса в них очищенных сточных вод должны соответствовать общим требованиям к качеству воды рыбохозяйственных водоемов;

к категории «условно чистых вод» по требованиям рыбохозяйственных органов может быть отнесена лишь та вода, которая используется в производстве для охлаждения оборудования, компрессоров, воздуходувок и т. п. по закрытой системе без соприкосновения с продуктами производства.

Проекты на строительство и реконструкцию отдельных цехов должны рассматриваться в полной узязке с вопросами очистки и отведения сточных вод всех объектов, входящих в состав предприятия. Поэтому при реконструкции предприятий для рассмотрения рыбохозяйственных органов должна представляться документация, характеризующая водное хозяйство и очистки сточных вод всех действующих и проектируемых объектов данного предприятия. Проектные материалы должны содержать расчет на смешение сточных вод предприятия с водой водоема, определяющий влияние сточных вод на качество воды водоема (БПК, взвешенные вещества, жировые вещества, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, ядохимикаты и другие специфические вещества, присущие проектируемому объекту). Кроме того, проектные материалы должны содержать баланс водопотребления и водоотведения и характеристику всех категорий сточных вод, метод и эффективность их очистки, а также состав загрязнений, оставшихся в сточных водах при сбросе в водоем.

Проектная документация на строительство объектов может быть согласована, если заложенные в нем мероприятия по очистке сточных вод удовлетворяют рыбохозяйственным требованиям; если представлены все материалы согласно требованиям, изложенным выше.

Проекты локальных очистных сооружений предприятий, сбрасывающих предварительно очищенные сточные воды в городские коллекторы, могут быть согласованы с органами ры-

Общие требования к составу и качеству воды в водоемах у пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования после спуска сточных вод

боохраны лишь при предъявлении данных по работе городских очистных сооружений (год строительства, мощность, метод и эффективность очистки сточных вод, характеристика водоема, куда осуществляется сброс очищенных сточных вод, справка местных органов власти о их согласии принять сточные воды проектируемого объекта и т. д.).

В случае отсутствия в городе очистных сооружений для согласования проекта локальной очистки сточных вод при условии сброса их в городские коллекторы, необходимо представить документы, позволяющие получить следующие данные: наличие технической документации на очистные сооружения, год предполагаемого строительства и пуска их в эксплуатацию, а также их мощность, метод и эффективность очистки сточных вод и полная характеристика водоема, куда намечается сброс этих вод и другие материалы, указанные выше, а также требуется согласие местных органов Совета депутатов трудящихся на прием сточных вод проектируемого объекта на городские очистные сооружения после ввода их в эксплуатацию.

Количество сточных вод и степень их загрязненности определяется расчетом, исходя из требований «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» и самоочищающей способности водоема.

Сброс сточных вод в пересыхающие водосмы и сухие озера не разрешается.

Характерными признаками загрязнений водоемов являются засорение крупными плавающими отходами (листьев, зерен семечек, корней, хвороста и т. д.), а также пленкой нефтепродуктов и масла.

Требования к составу и качеству воды водоемов у пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования после спуска сточных вод приводятся в табл. 17.

Суммарное количество загрязнений, которое допускается к сбросу в водосм со сточными водами, должно быть таким, чтобы концентрация загрязнений с учетом разбавления в водоеме, в максимально-загрязненной струе расчетного створа не превышало предельно допустимую их концентрацию.

Необходимая степень очистки сточных вод перед сбросом их в водоем определяется по общесанитарным, органолептическим и санитарно-токсикологическим показателям вредности (БПК, количество растворенного кислорода, активная реакция среды — рН, температура сточных вод, окраска и запах взвешенные вещества, плавающие примеси и допустимое содержание вредных веществ в воде водоема).

Расчеты по определению необходимой степени очистки сточных вод в зависимости от мощности водоема требуют значительное время и специальных навыков. Предприятия масло-жировой промышленности строят в населенных пунктах, где

Показатели	Водопользование	
	централизованное или централизованно-хозяйственно-питьевое водоснабжение — водоснабжение пищевых предприятий	купания, спорт и отдых населения, а также водосмы в черте населенных мест
Взвешенные вещества, мг/л, не более Плавающие примеси	0,25	0,75
Запах и привкус	Отсутствие запахов и привкусов интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемых непосредственно или при посредстве следующего хлорирования	Отсутствие посторонних запахов — запах рыбы. Не должна обнаруживаться в стобоке воды высотой:
Окраска	20 см	10 см
Температура	В летнее время не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца за последние 10 лет	
Активная реакция среды	6,5—8,5	6,5—8,5
Минеральный состав, мг/л	Не должен превышать по плотному остатку 1000, в том числе хлоридов 350 и сульфатов 500	Нормируется по показателю «запах и привкус»
Растворенный кислород, мг/л, не менее БПК при 20°С, мг/л, не более	1 в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня	4 в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня
Возбудители заболеваний	3,0	6,0
Ядовитые вещества	Сточные воды, содержащие возбудителей заболеваний, обезвреживаются после предварительной очистки. Не должны содержаться в концентрациях, которые могут оказать прямо или косвенно вредное действие на здоровье населения	

как правило, размещен также ряд других предприятий, очистка хозяйственно-бытовых сточных вод этих населенных пунктов должна осуществляться совместно с предварительно очи-

ценными промышленными сточными водами на единых очистных сооружениях города.

Такие сооружения должны проектировать специализированные проектные институты (Гипрокоммунводоканал, Союзводоканалпроект и др.).

ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

По эксплуатационным соображениям желательно, чтобы вода, находящаяся в обороте, была бы чистой (см. табл. 3). Однако на практике иметь такую воду в системе оборотного водоснабжения не представляется возможным. Любая чистая вода уже в первые часы нахождения в обороте загрязняется частицами масла и смолообразными продуктами. В воде заметно увеличиваются взвешенные вещества, жесткость и БПК.

Увеличение загрязнений в воде происходит в аппаратах, компрессорах, а также во время прохождения воздушного слоя в градирне. Увеличение солесодержания, жесткости воды происходит, главным образом, в результате испарения.

Взвешенные вещества в воде и БПК могут резко увеличиваться за счет биологических обрастаний поверхности в градирне и в трубах. Поэтому для поддержания состава оборотной воды надлежащего качества на предприятиях необходимо производить ее очистку.

На предприятиях масло-жировой промышленности в системе оборотного водоснабжения находятся барометрические воды, воды вакуум-сушильных установок, воды для охлаждения конденсаторов, воды, используемые в качестве охладителя аппаратуры, очистки газов и т. п. Все эти воды в том или ином количестве содержат в себе минеральные и растительные масла или твердые жиры.

На основе целого ряда исследований существующих систем оборотного водоснабжения ВНИИЖ разработал предварительные нормативные требования, предъявляемые к очищенным промышленным водам, которые используются в системе оборотного водоснабжения. Эти требования приведены ниже.

Показатели	Нормы
Температура	до 25—30
Взвешенные вещества, мг/л	10—20
Масла и смолообразные вещества, мг/л	25—35
Запах, баллы	до 3
pH	7—8
Жесткость, мг-экв/л	6
Общее солесодержание, мг/л	250—500
Хлориды, мг/л	100—350
Сульфиды, мг/л	100—200
Окисляемость, мг O ₂ /л (перманганатная)	15
БПК, мг O ₂ /л	40—60
Фосфор, азот, мг/л	3

Железо, мг/л	1,0—5
Оксиды тяжелых металлов	—
Сухой остаток, мг/л	250—500
Медь, мг/л	0,5
Никель, мг/л	0,5
Цинк, мг/л	10,0
Марганец, мг/л	—
Коли-титр	0,0001

При выпуске производственных сточных вод в водоем требования к очистке их регламентируются предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в воде водоемов, установленными Министерством здравоохранения СССР.

Для выполнения указанных требований в зависимости от состава производственных стоков и местных условий применяются биологические, химические, механические, физико-химические, термические и другие комбинированные методы очистки.

ГЛАВА IV

КОАГУЛЯЦИЯ, НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

КОАГУЛЯЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Жировая (масляная) эмульсия, сбрасываемая со сточными водами предприятий масло-жировой промышленности, представляет собой двухфазную систему, в которой растительное масло и жиры диспергированы в воде. Значительную роль в образовании стойкой жировой эмульсии играют мыла, понижающие поверхностное натяжение на границе раздела фаз. Поэтому жировая эмульсия представляет собой коллоидную систему, мицеллы (micella) которой состоят из частичек жира, окруженных слоем молекул мыла.

Некоторые виды мицеллы (сферические) при разбавлении системы ниже критической концентрации мицеллообразования распадаются на отдельные молекулы или димеры. При более высоких концентрациях сферическая мицелла превращается в пластинчатую, которая способна создавать структурную сетку геля — в виде студенистых осадков (коагелей). Гели мыл и мылоподобных поверхностно-активных веществ обладают

малой прочностью, пластичностью и способностью восстанавливать структуру, разрушенную механическими воздействиями. Для успешной очистки жиросодержащих сточных вод с помощью напорной флотации или с помощью осаждения в отстойниках необходимо разрушить эмульсию.

Опыты по разрушению отработанных эмульсий с помощью различных марок центрифуг, проведенные во ВНИИводгео, показали, что эффективное разрушение эмульсии происходит лишь при частоте вращения ротора свыше 7500 об/мин. Следовательно, при такой частоте вращения возникающие центробежные силы могут преодолеть силы связи в коллоидной системе.

Для разрушения эмульсии в сточных водах в основном применяются коагулянты. Эти вещества, введенные в жидкую среду, содержащую различные частицы органических веществ, вызывают их коагуляцию, т. е. слипание. Под действием коагулянтов образуются крупные скопления слипшихся частиц, выпадающих в виде хлопьев в осадок. Эффективными коагулянтами для дисперсной среды являются соли поливалентных металлов.

В качестве коагулянтов часто используют также водорастворимые органические высокомолекулярные соединения (полимеры), особенно полиэлектролиты. В отличие от неорганических коагулянтов их называют флокулянтами.

В результате коагуляции происходит слипание частиц коллоидальной системы при их столкновениях в процессе теплового (броуновского) движения образуются агрегаты, более крупные частицы, состоящие из скопления более мелких частиц.

Разрушить устойчивую коллоидную систему можно путем повышения температуры (термокоагуляция), сильным перемешиванием, замораживанием, действием звуковых волн, обработки в магнитном поле центрифугирования, введением коагулянта и т. п. В каждом конкретном случае необходимо выбрать наиболее эффективный и экономичный способ разрушения стойкой эмульсии.

При смешении сточных вод различных масло-жировых производств (гидрогенизации, мыловарения, маслосодобывания и т. п.) могут образоваться коллоиды. Это предельно высокодисперсные системы с наиболее развитой поверхностью раздела фаз твердых и жидких тел. В коллоидальной системе может происходить самопроизвольное укрупнение частиц твердой дисперсной фазы или капель жидкости как проявление неустойчивости дисперсных структур, взаимодействие соприкасающихся тел. Такое же явление наблюдается в сточных водах мясокомбинатов, молочных и рыбных заводов, когда происходит свертывание молочных продуктов, крови животных и рыб.

В большинстве случаев промышленные сточные воды содержат в себе стойкие эмульсии органических веществ. Эмульсии образуются вследствие диспергирования твердых тел в жидкости с помощью насосов, эжекторов, ультразвуковых вибраторов, вихревого перемешивания и т. д. Механическим диспергированием можно получить дисперсии с размером частиц до 10 мкм. Более стойкие эмульсии получаются лишь в присутствии диспергаторов и эмульгаторов, поверхностно-активных веществ, снижающих поверхностную энергию диспергируемых частиц, и препятствуют агрегации (слипанию) мелких частиц и слиянию капель (коагуляции и коалесценции). Поэтому в случае нахождения в жидкости большого количества эмульгаторов может произойти самопроизвольное диспергирование без воздействия перемешивающей силы. Дозирование реагентов производится сухим порошком или раствором. В нашей стране дозирование производится исключительно раствором, так как отечественные порошкообразные реагенты не выпускают. Сернокислый алюминий, сернокислое железо и другие коагулянты (реагенты) могут образовывать растворы с высокой концентрацией (до 40%).

Неочищенный сернокислый алюминий поставляют на очистные сооружения в виде кусков неправильной формы, а очищенный — в виде плит. Применение коагулянта в таком виде связано с весьма трудоемкими работами по загрузке его в растворные баки, приготовлением растворов и его дозированием. В настоящее время все чаще переходят на загрузку и растворение коагулянтов в больших объемах и большой концентрации (до 40%) с расчетом на продолжительную и бесперебойную работу очистных сооружений. В этом случае твердый коагулянт из железнодорожных вагонов или автомашин выгружают непосредственно в растворные резервуары большой емкости, где готовится раствор из расчета примерно месячной работы реагентного хозяйства. Для ускорения процесса растворения коагулянта в воде в резервуар подается сжатый воздух из расчета примерно 4 м³ на 1 м² его площади. Из растворных резервуаров раствор коагулянта по мере надобности перекачивается в расходные баки, размещаемые, как правило, в здании очистных сооружений, где его доводят водой до требуемой концентрации (около 10%).

Приготовление одновременно больших запасов высококонцентрированных растворов позволяет автоматизировать реагентное хозяйство.

В случае, если в качестве коагулянта используется хлорное железо, поставляемое в бочках, необходимо принять меры против выделения хлористого водорода в помещения реагентного хозяйства. В этом случае над раствором баком следует

установить металлический колпак, снабженный вытяжной вентиляцией.

Раствор глинозема сильно корродирует металл, поэтому внутренняя поверхность растворных и расходных баков должна быть защищена кислотостойкими покрытиями. Для этой цели может применяться листовая полиизобутилен марки ПГС, уложенный в два слоя на клею № 88.

Для перекачки раствора глинозема должны быть использованы кислотостойкие насосы, а трубопроводы для подачи раствора должны быть выполнены из нержавеющей стали, винилпласта.

При приготовлении извести следует учитывать ее чрезвычайно низкую растворимость в воде (1,23 кг/м³). На очистные сооружения известь, как правило, поступает в негашеном виде. Поэтому ее следует подвергать гашению водой в специальной емкости, в результате чего получается гидроксид кальция. При добавлении на 1 т негашеной извести 0,7 м³ воды получается так называемая пушенка, а при добавлении до 3,5 м³ воды — известковое тесто, а при большем добавлении воды — известковое молоко.

При небольших расходах глинозема (200 кг/сут) растворы готовят в специальных баках на очистных сооружениях. В этом случае целесообразно перемешивать раствор коагулянта с водой с помощью механических мешалок, приводимых в движение двигателем (через редуктор). Баки для приготовления растворов с механическими мешалками разработаны ВНИИЖем на различную производительность очистных сооружений (250; 500; 1200; 3000 м³/сут).

В табл. 18 приведены данные для дозирочных насосов, которые могут быть использованы на очистных сооружениях предприятий масло-жировой промышленности. (Выписка из каталога «Насосное оборудование, выпускаемое СССР в 1974 г.» Гипросантехпрома.)

Содержание примесей в исходной воде, на основе которой произошло образование промышленных стоков, имеет весьма большое значение при проведении коагуляции. В связи с этим промышленные стоки однотипных производств, но образованные на различной воде (открытые или подземные источники), могут коагулироваться неодинаково. Поэтому в некоторых случаях для проведения успешной коагуляции, а следовательно, и флотации потребуется проводить предварительную обработку промышленных стоков с целью удаления солей (кальция, магния) или проводить их нейтрализацию с целью создания оптимальной среды для коагуляции (рис. 9).

Химические примеси в сточных водах делятся на следующие группы: а) главные ионы; б) растворимые газы;

Таблица 18

Номенклатурный перечень насосов-дозаторов

Тип	Подача д/ч	Давление, Па	Электродвигатель		Масса, кг	Цена, руб.	Завод-изготовитель	Примечание
			тип	Мощность кВт				
2ДА (двухцилиндровый)	170—4240 д/ч	0,4—1,0	ВАО-31-4	5,5 3,0 2,2	743—510	1420 1400 1240	Рижский завод химического машиностроения	Одновременное дозирование чистых агрессивных жидкостей
	170—4240 д/ч	0,4—1,0	ВАО-31-4	5,5 3,0 2,2	1022	2060 2040 1890	То же	То же
	170—4240 д/ч	0,4—1,0	ВАО-31-4	5,5 3,0	1297	2820 2600	То же	То же
3ДА-0,5Р (трехцилиндровый)	2,5—100 (одного цилиндра) д/ч	0,4—10,0 (одного цилиндра)	АОЛ-21-4 ВАО	0,27	77	640 725	То же	Дозирование чистых нейтральных агрессивных жидкостей и сжиженных газов
	ГНД 10/25 ^н (герметичный бранный)	0—0,25 м ³ /ч	ВАО-07-4 Мотор-редуктор МРВ-02-027/87	0,27	70,5	900 1620 840	Саратовский завод «Нефтемаш»	Коррозионные токсические жидкости

Тип	Подача м ³ /ч	Давление, Па	Электродвигатель			Масса, кг	Цена, руб.	Завод- изготовитель	Примечание
			тип	мощность, кВт	число винтовых опорных кВт				
ДГ-64	0-0,63 м ³ /ч	63	BAO-32-4	3	1430	1250	То же	Неагрессивные не- фтепродукты и сжиженные газы	
ДК-64	0-0,63 м ³ /ч	63	BAO-32-4	7	1430	1700	То же	Агрессивные жид- кости	
ДГ-32 ДК-32	0-1,6 м ³ /ч	25	BAO-32-4	3	1430	1350 2300	То же	Неагрессивные не- фтепродукты и сжиженные газы	
НД-0,5P 2,5/400	2,5 м ³ /ч	400	АОЛ-21-4 BAO	0,27	42	340 420	Рижский завод химического машинострое- ния	Кислоты, неорга- нические растворы 16780 ПК	

в) биогенные вещества; г) микроэлементы; д) органические примеси.

Наиболее существенными ионами в воде являются ионы хлоридов Cl^- . В природной воде, как правило, содержатся ионы натрия Na^+ , кальция Ca^{2+} , магния Mg^{2+} , железа Fe^{2+} , калия K^+ , сульфатный ион SO_4^{2-} , карбонатный CO_3^{2-} , бикарбонатный ион HCO_3^- , силикаты SiO_3H^- .

Молекулы воды взаимодействуют с другими молекулами и ионами, а также между собой.

Полярность воды характеризуется весьма высокой диэлектрической постоянной ($D=81$). Поэтому многие вещества хорошо растворяются в ней, диссоциируют на ионы и гидратируются.

Вода обычно характеризуется «жесткостью» (1 мг-экв жесткости соответствует 20,04 мг Ca^{2+} или 12,16 мг Mg^{2+} в 1 л воды). Вода жесткостью 1,5-3 мг-экв/л считается мягкой, до 6 мг-экв/л — умеренно-жесткой и до 9 мг-экв/л — очень жесткой.

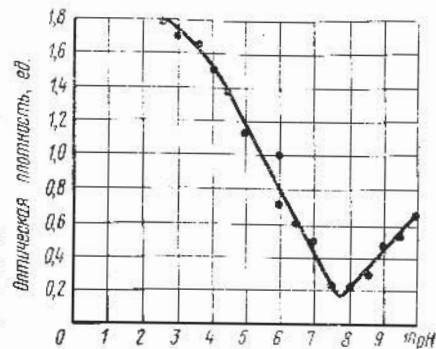


Рис. 9. Зависимость степени очистки жиросодержащих стоков от pH.

При коагуляции соли кальция и магния в большом количестве отрицательно влияют на взаимодействие минералов с реагентами и в ряде случаев связывают реагенты в нерастворимые соединения. При анализе действия реагентов на коагуляцию необходимо учитывать ионный состав воды. Чистый кварц, например, совершенно не взаимодействует с жирными кислотами, зато присутствие в воде даже незначительного количества ионов магния, кальция, меди, железа и других веществ резко активизирует эти взаимодействия.

При очистке сточных вод в ней могут образовываться нитратный ион NO_3^- , нитритный NO_2^- , ион аммония NH_4^+ , ионы фосфорной кислоты PO_4^{3-} и др.

Наряду с органическими и неорганическими солями в воде имеются газы. Содержание этих газов зависит от температуры, давления и природы самого газа. Растворимость кислорода в воде при давлении 0,13 кПа и 0°С равна 49,2 мг/л воды; азота при тех же условиях — 23,2 мг/л воды, а уголекислоты в десятки раз больше (1713 мг/л воды).

Растворимость газов P (в мг/л) в жидкости выражается формулой

$$P = K p_1 \quad (16)$$

где K — коэффициент пропорциональности, выражающий растворимость при $p=0,13$ кПа, он зависит также от температуры;

p_1 — парциальное давление газов над жидкостью, кПа (для кислорода в воздухе — 2,7, азота — 0,08, углекислоты — 0,007).

Степень растворимости веществ, которые могут быть в природных и сточных водах, приведены в табл. 19.

Таблица 19

Растворимость в воде некоторых веществ

Вещества	Температура, °С	Растворимость
Гидрат окиси марганца	18	0,0019 г/л
Гидрат закиси железа	25	$7,33 \cdot 10^{-6}$ г/л
Хлористое железо	22,8	39,82 % массы
Гидрат окиси никеля	20	0,0127 г/л
Гидрат окиси алюминия	18	0,00104 г/л
Хлористый кальций	25	46,08 % массы
Окись цинка	18	0,003 г/л
То же	25	0,01 г/л

Масла в сточной воде находятся главным образом в диспергированном состоянии. При высокой температуре сточных вод (75—80°С) количество растворенных масел достигает 80—100 мг/л. С понижением температуры растворимость масел резко снижается. В этом случае из сточных вод масла выделяются в виде высокодисперсной фазы.

Диспергированные жировые вещества могут легко извлекаться при флотации сточных вод с применением реагентов. Гораздо сложнее обстоит дело с удалением растворимых жиров (масел). При высокой температуре сточных вод (75—80°С) наблюдается обратный процесс — десорбция. Поэтому очистку жиросодержащих стоков следует проводить при температуре их до 40—50°С. Только в этом случае можно обеспечить надлежащий эффект очистки промышленных стоков от жировых веществ. Следует отметить, что при очистке воды для питьевых целей и сточных вод, не содержащих жировые вещества, коагуляция проходит наиболее успешно при температуре 75—80°С.

При флотации, как известно, большую роль играют реагенты, которые обычно классифицируются в зависимости от их назначения.

Реагенты-собиратели применяются для понижения смачиваемости поверхности частиц, для увеличения прилипания пузырька к флотируемым веществам. К этим реагентам относятся соли аминов, жирные кислоты, алкилсульфаты и другие вещества.

Реагенты-активаторы используются для повышения адсорбции взвешенных веществ на поверхности минералов. К ним относятся ионы CO_3^{2-} (в виде соды), олеиновая кислота и др.

Реагенты-вспениватели (пенообразователи) применяются для получения устойчивых пузырьков воздуха (не смешивающихся между собой), а также для образования пены (различные органические и неорганические вещества — сосновое масло, крезол, ксиленол и др.).

Реагенты-регуляторы несущественно влияют на раздели фаз, тем не менее оказывают регулирующее действие на другие реагенты (щелочи и кислоты, известь, едкий натр, сода), один и тот же реагент может быть реагентом-регулятором, собирателем и т. п.

При очистке сточных вод предприятий масло-жировой промышленности с помощью флотации приходится иметь дело, главным образом, с жировыми веществами, где большую роль могут играть реагенты-вспениватели, находящиеся в самой жидкости. Иногда необходимо добавлять такие вещества, как сосновое масло, крезол, ксиленол, ДС (детергент советский), моноэфир полигликолевой кислоты (сильные вспениватели), низшие жирные кислоты (более слабые вспениватели), ОПСМ — очень сильный вспениватель (растворимость в воде 50 г/л).

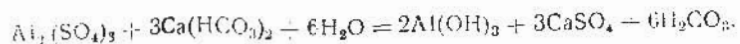
В присутствии вспенивателя пузырьки воздуха увлекают жировые вещества и частицы воды. На поверхности жидкости часть воды стекает с пузырьков воздуха, а жировые вещества остаются, постепенно образуя слой жировой массы. Чем выше гидратирован реагент-вспениватель, тем меньше отрывается вода от пузырьков воздуха, что приводит к образованию большого количества пены.

Сосновое масло в щелочной воде дает более обильную пену, чем в кислой.

Весьма хорошим коагулянтом при очистке жиросодержащих стоков является сернокислый алюминий. Отечественный сернокислый алюминий содержит в среднем 15,33% Al_2O_3 , 36,03% SO_3 , 48,64% H_2O .

Это бесцветное кристаллическое вещество в виде пластинок (или белого порошка), хорошо растворимое в воде. Добавление глинозема в очищаемую жидкость приводит к нейтрализации отрицательно заряженных эмульгированных частиц жира, способствует тем самым их объединению в крупные хлопья. Коллоиды, образующиеся вследствие гидролиза вводимых коагулянтов, благодаря большой удельной поверхности обладают и большой поверхностной энергией, а следовательно, высокой адсорбционной способностью. Это играет важную роль в процессе очистки жиросодержащих стоков.

Реакция при коагуляции сернокислым алюминием в присутствии бикарбонат-ионов происходит следующим образом:



Из этого уравнения можно подсчитать, что на каждые 342 мг сульфата алюминия расходуется 6 мг-экв HCO_3^- ионов. Если бикарбонатов в жидкости окажется недостаточно для полного гидролиза коагулянта, необходимо добавлять кальцинированную соду или известковое молоко. Молекулярная масса сернокислого алюминия — 666,45, а формула $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$.

Сернокислый алюминий должен удовлетворять требованиям, указанным в табл. 20.

Таблица 20

Химический состав (в %) сернокислого алюминия (ГОСТ 3758—65)

Показатели	Химически чистый	Чистый для анализа	Чистый
Нерастворимые в воде вещества, не более	0,01	0,02	0,05
pH 5%-ного раствора, не ниже	2	2	Не нормируется
Хлориды	0,001	0,002	0,01
Аммонийные соли, не ниже	0,0025	0,005	0,02
Железо	0,001	0,003	0,01
Тяжелые металлы сероводородной группы (Pb), не более	0,001	0,001	0,002
Кальций, не более	0,005	0,005	0,02
Натрий, не более	0,05	0,1	0,25

Неочищенный сернокислый алюминий (сорт БМ) получают при обработке не обожженной глины кислотой и содержит всего лишь 10% Al_2O_3 .

В результате реакции гидроокись алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ образует вначале коллоидное вещество, быстро переходящее в хлопья. Доза коагулянта зависит от солевого состава очищаемых стоков, содержания в них жировых веществ и от pH.

На основании многочисленных исследований, проведенных по очистке нейтрализованных жиросодержащих стоков, количество глинозема ориентировочно можно определить по данным, приведенным на рис. 10.

Нормы, указанные на рисунке, должны уточнять при пуске и наладке очистных сооружений с применением напорной флоатации.

В качестве коагулянта может быть использовано хлорное железо. Этот реагент получается путем хлорирования желез-

ной стружки при температуре 700°С. Основная характеристика хлорного железа приведена в табл. 21.

Таблица 21

Химический состав (в %) хлорного железа $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 4147—65)

Показатели	Химически чистый	Чистый
Нерастворимые в воде вещества, не более	0,002	0,05
Нитраты, не более	0,005	0,03
Сульфаты, »	0,005	0,03
Фосфаты, »	0,005	0,03
Железо закисное, не более	0,002	0,005
Марганец, »	0,005	—
Медь, »	0,003	0,01
Мышьяк, »	0,0005	0,005
Цинк, »	0,002	0,01
Щелочные металлы (в виде сульфатов), не более	0,05	0,5

В отдельных случаях для коагуляции загрязнений может быть использовано сернокислое закисное железо (молекуляр-

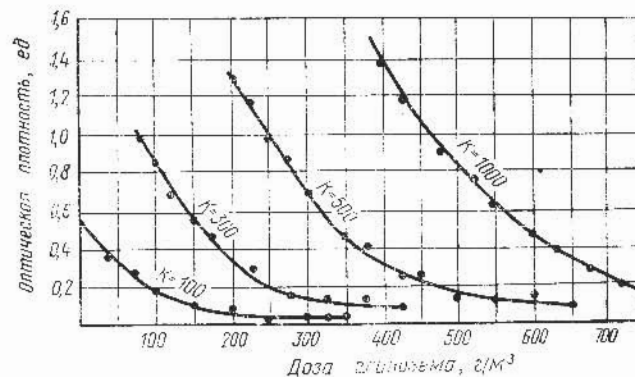


Рис. 10. Зависимость степени очистки сточных вод от концентрации в них жировых веществ и дозы глинозема.

ная масса 278,02), представляющее собой зеленовато-голубые кристаллы, растворимые в воде.

Для очистки кислых жиросодержащих стоков целесообразно применять гашеную известь в виде известкового молока.

Окись кальция CaO (молекулярная масса 56,08) представляет собой белый порошок (или куски), трудно растворимый в воде. На воздухе CaO поглощает влагу и CO_2 .

Окись кальция должна удовлетворять требованиям, указанным в табл. 22.

Таблица 22

Химический состав (в %) окиси кальция (ГОСТ 8677—66)

Показатели	Чистый для анализа	Чистый
Окись кальция, не менее	97,5	96
Углекислый кальций, не более	1	2,5
Нерастворимые в соляной кислоте вещества, не более	0,01	0,02
Азот общий из нитратов, нитритов, аммиака и пр., не более	0,03	0,06
Нитраты, не более	0,05	Не нормируются
Сульфаты, »	0,02	0,05
Хлориды, »	0,005	0,015
Железо, »	0,01	0,02
Тяжелые металлы сероводородной группы (Pb), не более	0,005	Не нормируются

При коагуляции нейтральных сточных вод, содержащих до 50 мг/л жировых веществ, известью дозой 100 мг/л очищенная вода будет иметь рН 10,2.

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Для нейтрализации щелочных стоков чаще всего используют техническую серную кислоту.

Расчет процесса нейтрализации заключается в определении количества реагента, необходимого для полной нейтрализации определенного количества сточных вод. Для этой цели необходимо знать характеристику промышленных стоков. Концентрация в них кислот и оснований обычно выражают в г/л, г-экв/л или в %, при расчете нейтрализации промышленных стоков следует концентрацию веществ выражать в г-экв/л.

Если имеются данные по концентрации в г/л, то пересчет в г-экв/л следует производить по формуле

$$C = \frac{C_1}{z} \quad (17)$$

где C — концентрация веществ, мг-экв/л;
 C_1 — концентрация веществ, мг/л;
 z — эквивалентная масса.

Обозначив $\frac{1}{z} = a$, получим (в г-экв/л)

$$C = a C_1 \quad (18)$$

Для серной кислоты $z=4$ г/л, а величина $a=0,0204$. Следовательно, при содержании в воде 1 г/л серной кислоты концентрация ее в г-экв/л $=0,0204 \cdot 1=0,0204$ г-экв/л.

Если концентрация вещества выражена в %, то

$$C = dp, \quad (19)$$

где

$$d = 10 a;$$

$$p = \frac{C_1}{10}.$$

Следовательно, при содержании в воде серной кислоты в количестве 1%, ее концентрация (в г-экв/л) будет

$$C = 10 \cdot 0,0204 \cdot 1 = 0,204 \text{ г-экв/л.}$$

Значения a и d , наиболее часто используемые для производственных целей, приведены в табл. 23.

Некоторые данные для расчета количества реагентов, необходимых для нейтрализации стоков, приведены в табл. 24 и 25.

При нейтрализации сернокислотных стоков известковым молоком доза активной окиси кальция принимается больше на 105—110% от теоретически полученной величины, а при нейтрализации сточных вод сухим порошком извести доза активной окиси кальция принимается на 140—150% больше количества, полученного теоретическими расчетами.

Таблица 23

Значения коэффициентов a и d для пересчета весовых (в г/л) и (в %) концентраций некоторых кислот и щелочей в г-экв/л

Показатели	a	d
Кислоты		
Серная	0,0204	0,204
Соляная	0,0277	0,277
Азотная	0,0159	0,159
Уксусная	0,0167	0,167
Щелочи		
Едкий натр	0,025	0,25
Едкое кали	0,0179	0,179
Известь		
Гашеная	0,027	0,27
Негашеная	0,0357	0,357
Аммиак	0,0509	0,509

Таблица 24

Количество щелочи (в г), необходимое для нейтрализации 1 г кислоты

Кислота	CaO	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	NaOH	Na ₂ CO ₃	MgCO ₃
Серная	0,56	0,755	1,02	0,816	1,08	0,94
Азотная	0,445	0,59	0,795	0,635	0,84	0,732
Соляная	0,77	1,01	1,37	1,10	1,45	1,29
Углекислота	1,27	1,68	—	1,82	—	—
Пяриновая	0,122	0,169	0,218	0,175	0,231	—
Уксусная	0,466	0,616	0,83	0,666	0,88	—

Таблица 25

Щелочи	Количество кислоты (в г), необходимое для нейтрализации 1 г щелочи					
	Серная		Соляная		Азотная	
	100%-ная	98%-ная	100%-ная	36%-ная	100%-ная	65%-ная
Едкий натр	1,22	1,24	0,91	2,53	1,57	2,42
Едкое кали	0,83	0,90	0,65	1,80	1,13	1,74
Известь гашеная	1,32	1,34	0,99	2,74	1,70	2,62
Аммиак	2,38	2,93	2,12	5,9	3,71	5,70

В результате нейтрализации кислых стоков известняками выделяется CO_2 . Это в некоторых случаях при флотации может привести к пенообразованию (например, $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \overset{\uparrow}{\text{CO}_2} + \text{H}_2\text{O}$). Нейтрализация кислых сточных вод содой дает хорошо растворимые нейтральные соли и газообразную двуокись углерода (например, $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \overset{\uparrow}{\text{CO}_2} + \text{H}_2\text{O}$).

В процессе нейтрализации образуются соли как растворимые, так и практически не растворимые в жидкости.

В результате нейтрализации кислых стоков едкими щелочами образуются хорошо растворимые в воде соли (например, $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$).

При нейтрализации известью серной кислоты, находящейся в стоках, образуется труднорастворимый гипс, который при концентрации, превышающей его растворимость в воде, выпадает в осадок.

Примерная стоимость реагентов приведена в табл. 26.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ И ОБРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Хлорирование воды, находящейся в системе оборотного водоснабжения. Большинство предприятий масло-жировой промышленности расположены на юге нашей страны, поэтому, как правило, все градирни в течение лета обрастают биологическими наростами, которые словно гирлянды свисают по всему объему охлаждающего устройства. Это обстоятельство приводит иногда к необходимости остановки отдельных цехов для очистки трубопроводов и аппаратов от биологических загрязнений.

В целях успешной борьбы с биологическими обрастаниями ВНИИЖем проведены исследования по всестороннему изучению их биологической природы. Образцы обрастаний отбирали на Ленинградском, Новосибирском и Краснодарском масложиркомбинатах. Микрофлору, микрофауну изучали мето-

Таблица 26

Примерная стоимость реагентов «франко-склад-очистные сооружения»*
(из материалов «Союзводоканалпроект»)

Реагенты	Отпускная цена по прейскуранту № 95-01, руб./т	Полная стоимость с учетом перевозки, руб./т			
		мелкими отправлениями	повагонно	в цистернах	
Аммиак жидкий синтетический	101	159	151	145	113
Анионит					
АН-2-ФН	1500	1573	1557	—	—
АВ-47-8	5500	5621	5605	—	—
АДЗ-10П	3100	3192	3176	—	—
Гексаметафосфат натрия (технический)	425	451	445	—	—
Гипохлорит кальция	125	194	138	—	—
«Львовзем» неочищенный	21	—	—	35	—
«Перекисный»					
Железо хлорное (сорт I)	120	—	163	168	—
Известь хлорная	55	127	121	121	—
Катионит					
КУ-1	1200	1262	1298	—	—
КУ-2-28	2250	2325	2311	—	—
Калий марганцовокислый	1400	1495	1485	—	—
перманганат калия, сорт I)					
кислота серная башенная (техническая)	21-75	—	78	—	28
кислота серная контактная (техническая)	20-45	—	85	—	37
кислота соляная ингибирующая	22-70	90	83	—	33
кислота соляная (техническая)	22-30	85	80	—	31
Купорос медный	350	394	386	—	—
Натрий технический твердый (сода каустическая)	140	175	170	—	—
Натрий кремнефтористый (технический)	95	141	136	—	—
Полиакриламид АМФ	250	292	286	284	—
Стекло жидкое натровое	28	81	75	75	—
Сульфоголь (сорт I)	170	—	189	—	—
К1-0,5-0,56					
Сода кальцинированная (синтетическая)	40	77	72	72	—
Тринатрийфосфат (технический)	85	115	—	—	—
Уголь активный					
АГ-3	560	587	582	—	—
БАУ	800	831	826	—	—
КАД	420	445	440	—	—
Хлор жидкий	70	185	163	153	86

* Расчет стоимости «франко-склад-очистные сооружения» по некоторым видам химических реагентов произведен на основе средних норм расходов по мере погруочно-разгрузочным работам средних расстояний перевозок железнодорожным и автомобильным транспортом.

Результаты микробиологического анализа оборотной воды на Лабинском МЭЗ за период хлорирования 30 мая 1972 г.

Время, ч-мин	Продолжительность хлорирования	Общее количество бактерий в 1 мл
11—30	Начало хлорирования	10000
12—00	После полчасового хлорирования	100
13—00	После 1,5 часов хлорирования	100
14—00	После 2,5 часов хлорирования	75

Дом микроскопирования прижизненных препаратов — образцов.

В результате исследования установлено, что обрастания содержат в себе огромное количество и самых разнообразных по форме водорослей. Они в основном и составляют каркас биологических наростов в градирнях. Разнообразен здесь и мир простейших, а также бактерий. Многие из них часто встречаются в биопленке на биоокислителях (см. гл. VI), так как питательные вещества в обоих видах сооружений практически одинаковые (жировые вещества, растительное масло и т. п.).

На предприятиях масло-жировой промышленности рекомендуется использовать хлор как средство борьбы с биологическими обрастаниями градирен и трубопроводов в системе оборотного водоснабжения.

Для борьбы с биологическими обрастаниями на Лабинском маслоэкстракционном заводе по чертежам Гипропищепрома-3 в 1971 г. была построена хлораторная для обеззараживания воды, находящейся в системе оборотного водоснабжения, жидким хлором с помощью аппарата ЛОНИИ-100 производительностью 5 кг хлора за 1 ч. Этот аппарат весьма прост в устройстве и надежен в работе.

Время контакта хлора со сточной водой в резервуаре обычно 30 мин. На этом заводе хлорная вода подается во всасывающую линию рабочих насосов системы оборотного водоснабжения. При этом хлорный газ перемешивается в начале в аппарате, затем в насосе. После этого хлорный газ попадает в напорный трубопровод, где он растворяется в воде под избыточным давлением. Вследствие этих обстоятельств контакт хлорного газа с водой может быть сокращен до 1,5—2 мин.

Хлоратор ЛОНИИ-100 имеет запорный вентиль, фильтр, редукционный клапан, снижающий давление до 0,2 МПа, манометры, измеряющие давление до и после редукционного клапана, ротаметр для измерения расхода газообразного хлора, стеклянный цилиндр, где производится смешение хлора с водой, поступающей из водопровода.

Изучение работы хлораторной на Лабинском МЭЗе показало, что уже в течение первого получаса хлорирования воды микроорганизмы практически уничтожаются (табл. 27). Включение хлораторной в работу следует производить не чаще двух раз в неделю, а в зимнее время одного раза в неделю.

Доза активного хлора с некоторым запасом должна быть 3—5 мг/л оборотной воды, а остаточное содержание его в воде не более 0,5 мг/л.

Озонирование сточных вод. Для дезинфекции сточных вод, а также для снижения органических загрязнений в очищенных стоках Лабинского маслоэкстракционного завода предусмотрена озонаторная установка.

Генератор озона представляет собой сосуд типа теплообменника, состоящий из пяти труб, внутри каждой трубы имеется на внутренней поверхности медно-графитовое токопроводящее покрытие. К покрытию подводится переменный ток напряжением 7—10 кВ. Корпус аппарата заземлен. Высоковольтный газовый разряд коронного типа возникает в тонком кольцевом газовом промежутке между металлической трубкой (наружным электродом) и стеклянным электродом. Так как стеклянный электрод запаян с одной стороны, весь выходящий воздух продувается через зону разряда вдоль оси труб и озонируется. В межтрубном пространстве циркулирует охлаждающая вода.

Пульт управления выполнен в виде металлического ящика, стоящего на четырех опорах, внутри ящиков установлен высоковольтный трансформатор НОМ-10, а к верхней крышке крепится регулятор напряжения РМО-250-0,5 и контрольно-измерительные приборы. Корпус пульта и один из выводов вторичной обмотки трансформатора заземлены. Другой вывод с помощью провода высокого напряжения соединен с токоведущей шпилькой озонатора.

В трубном пространстве озонатора находится сухой воздух (с точкой росы не выше 40°С), а в межтрубном пространстве вода.

Рабочее давление в трубном пространстве 0,06 МПа, а в межтрубном пространстве до 0,05 МПа. Потребное количество охлаждающей воды 0,05 м³/ч.

Рабочая температура входящего воздуха не выше 20°С. Подводимое напряжение (питающее) 127/220 В. Масса установки не более 160 кг.

В качестве обезвреживающего средства на предприятиях масло-жировой промышленности озон применен в 1971 г.

Процесс озонирования воды имеет ряд преимуществ, а именно:

озон является одним из самых сильных окислителей (больше, чем хлор или двуокись хлора);

при озонировании в воду не вносится ничего постороннего и не происходит изменений минерального состава воды и pH; избыток озона через несколько минут превращается в кислород, поэтому остаточный озон не представляет опасности по действию на организм или по ухудшению органолептических свойств воды (не дает привкусов и запахов, как хлор);

озон по сравнению с хлором обладает наиболее выраженным обеззараживающим действием в отношении споровых форм и возбудителей вирусных заболеваний.

Однако в дальнейшем, наряду с освоением и быстрым распространением обеззараживания воды хлором, озонирование стало развиваться очень медленно. Только в последние годы стали снова проводить работы по изучению действия озона на различные загрязнения воды.

Практически же применение озона весьма ограничено и находится лишь в стадии испытаний. Поэтому опыты по пуску и наладке озонаторной установки на Лабинском МЭЗе представляют особый интерес, тем более что здесь впервые применена новая технология озонирования стоков.

Для озонирования воды озон получают растворенным в воздухе с помощью так называемого «тихого» электрического разряда, происходящего в генераторе. Первая такая установка была изобретена Сименсоном. На водопроводных станциях озон используется главным образом для обесцвечивания, устранения привкусов, запахов и дезинфекции питьевой воды.

Озонирование воды, как правило, производится в контактных открытых камерах высотой 4—6 м. Средняя скорость всплывания пузырьков озono-воздушной смеси в воде равна примерно 30 см за 1 с. Следовательно, время нахождения частиц озона в камере, имеющей высоту 6 м, составит всего лишь 20 с, тогда как время нахождения очищаемой воды в камере принимается от 6 и более минут. Это избыточность приводит к значительной потере озono-воздушной смеси за счет выброса ее в атмосферу.

На очистных сооружениях масло-жировых предприятий, где очищенные воды используются в системе оборотного водоснабжения, озон целесообразно использовать главным образом для доочистки промышленных стоков, прошедших физико-химическую или биологическую очистку. В настоящее время для доочистки сточных вод часто используют пруды-накопители, поля фильтрации или сельскохозяйственные поля орошения. Эти способы весьма дорогостоящие, а в условиях существующих предприятий применение их практически не представляется возможным.

За последнее время ВНИИЖем совместно с Гипропищепромом-3 разработан и внедрен более рациональный способ использования озono-воздушной смеси для доочистки и обез-

зараживания жирно-бензинсодержащих стоков на очистных сооружениях Лабинского маслоэкстракционного завода.

Сточные воды этого завода содержат в основном жировые вещества — 40—50 мг/л, шrotовый шлак — 100—150 мг/л, бензин — 20—50 мг/л. Сточные воды завода поступают вначале в бензиноловушку, затем очищаются в жирословушке с помощью напорной флотации, после чего подвергаются биологической минерализации на биоокислителях. Несмотря на такую сложную и весьма эффективную очистку в очищаемой воде периодически все же остается 10—15 мг/л бензина. Использовать такую воду в системе оборотного водоснабжения по технике безопасности недопустимо. В связи с этим было принято решение для доочистки сточных вод использовать озono-воздушную смесь.

При прохождении в генераторе кислород, находящийся в воздухе, под давлением электрических разрядов подвергается как бы «дроблению». В результате этого атомы кислорода

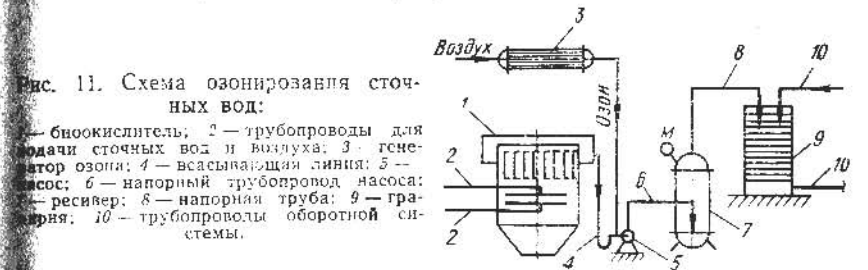


Рис. 11. Схема озонирования сточных вод:
1 — биоокислитель; 2 — трубопроводы для подачи сточных вод и воздуха; 3 — генератор озона; 4 — всасывающая линия; 5 — насос; 6 — напорный трубопровод насоса; 7 — ресивер; 8 — напорная труба; 9 — градирня; 10 — трубопроводы оборотной системы.

перераспределяются, образуя озон O_3 и новые молекулы O_2 , которые, как и другие газы при их образовании, становятся более активными к другим химическим веществам. Эта активность O_2 и O_3 еще более возрастает, если обработка сточных вод производится озono-воздушной смесью под избыточным давлением. Это подтверждается практикой эксплуатации очистных сооружений в Лабинске.

Технологическая схема озонирования сточных вод приведена на рис. 11. Сточные воды, пройдя биоокислитель 1 по трубопроводу 4, имеющему гидравлический затвор, направляются в насос 5. Одновременно в трубопровод 4 (который является также всасывающей линией насоса) от генератора 3 по трубопроводу 6 под некоторым давлением поступает озono-воздушная смесь, которая затем вместе с очищаемой водой перекачивается насосом 5 через ресивер 7 на градирню для подпитки системы оборотного водоснабжения.

Проходя в течение 3—4 мин ресивер под давлением 0,4 МПа, озono-воздушная смесь минерализует бензин и другие органические вещества, оставшиеся в воде после биоокислителя, а также дезинфицирует очищаемые стоки.

Производительность одного генератора при использовании сухого воздуха составляет 15 г озона за 1 ч. Потребное количество воздуха при этом составляет примерно 1,0 м³/ч с содержанием 0,75 кг кислорода.

Общее количество промышленных стоков, подлежащих доочистке, составляет 10 м³/ч. Следовательно, на каждый 1 м³ стоков приходится 75 г кислорода и лишь 1,5 г озона (2%).

Исследования показали, что после обработки стоков озонозодушной смесью в них остается не более 0,1 мг/л озона.

Кислород, находящийся в воздухе, после часового прохождения озонаторной установки и обработки воды расходуется примерно следующим образом: 20 г на образование О₃, 50 г на насыщение воды, 380 г уходит на градирню вместе с озонозодушной смесью, а оставшаяся часть кислорода в количестве 300 г расходуется на окисление органических веществ (30 г на 1 м³ очищенных стоков). Озон практически полностью уходит на дезинфекцию сточных вод.

Закрытая технологическая схема озонирования (см. рис. 11) позволяет во многом обезопасить помещения и окружающую среду от попадания в них озона.

Капитальные затраты на строительство озонаторной установки, приходящиеся на 1 м³ суточной обрабатываемой воды в Лабинске, составили 3,5 руб.

Стоимость строительства озонаторной установки от стоимости очистных сооружений в Лабинске составила около 3%.

Опыты по эксплуатации озонаторной установки показали, что наибольшее количество озона вырабатывается при давлении на озонаторе от 0,01 до 0,02 МПа.

Помещение озонаторной контролировали на присутствие озона в воздухе по индикаторным бумажкам (полоски бумаги, смоченные раствором КJ и крахмала). Во время работы озонаторной установки присутствие озона в воздухе не обнаруживалось.

При испытании озонаторной установки установили, что она дает хороший бактерицидный эффект. Так, общее количество бактерий в 1 мл воды до озонирования составляло в среднем 280000, а после озонирования 2900. Колический титр снижался с 0,0001 до 0,1, а коли-индекс с 10000000 до 1000, что является допустимым для оборотной воды.

Обеззараживающее действие озона протекает одновременно с окислением органических веществ воды, что ведет к улучшению органолептических качеств воды, т. е. ее цвета, запаха. Увеличивается прозрачность воды (в среднем на 3—4 см).

Содержание веществ, экстрагируемых серным эфиром, снижалось до 0—5 мг/л, в то время как вода до озонирования имела их от 6 до 20 мг/л. Соответственно изменялось и биохимическое потребление кислорода (БПК₅). До озонирования

вода имела БПК₅ от 10 до 16 мг/л, после озонирования — 0,4—3 мг/л, что вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к воде, используемой в системе оборотного водоснабжения.

ГЛАВА V

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Механическую очистку сточных вод проводят с целью выделения из нее различных нерастворимых загрязнений путем отстаивания, процеживания и фильтрования.

В отдельных случаях для задержания крупных загрязнений (тряпки, мочала, бумага, куски дерева и т. п.) применяются решетки с ручным или автоматическим удалением отходов. Для извлечения из стоков взвешенных веществ (главным образом органического происхождения), имеющих удельную массу большую или меньшую, чем удельная масса очищаемой жидкости, применяют отстаивание с помощью различных типов отстойников (вертикальные, горизонтальные, радиальные, эмшера и др.).

Для выделения из промышленных стоков частиц минерального происхождения (песка, глины, мелкого гравия и шлака) можно применять песколовки (горизонтальные, аэрируемые и др.). Жировые примеси, масла растительные и животные жиры, бензин, смолы и др. всплывающие вещества, находящиеся в промстоках, выделяются в специальных сооружениях (жироловушки, аэрируемые и неаэрируемые, бензолушки). Для очистки сточных вод от частиц весьма мелкой суспензии, хлопьев коагулянта, оставшихся после флотации, можно использовать различные ткани или зернистые материалы (фильтры).

Механическая очистка сточных вод обычно предшествует биологической или физико-химической обработке. Физико-химическую очистку сточных вод производят с помощью различных реагентов, а при малых количествах загрязнений в промышленных стоках (до 30—40 мг/л) — воздухом и кислородом. В этих случаях происходит реакция примесей, находящихся в жидкости, с реагентами и кислородом, в результате чего эмульгированные вещества и частично растворенные примеси образуют коллоиды, хлопья или окисляются кислородом. Физико-химическая очистка часто связана с изменением реакции сточных вод, обесцвечиванием и дезодорацией.

К физико-химическим методам очистки относятся напорная и импеллерная флотации, флотация с диспергированием воздуха через фильтросы и электрофлотация.

При напорной флотации в сточной воде происходят физико-химические процессы, связанные с применением реагентов, выделением воздушных пузырьков.

Импеллерная флотация сточных вод осуществляется путем механического диспергирования воздуха. Подсос воздуха внутрь очищаемой жидкости осуществляется вращающейся турбинкой через трубку, сообщающуюся с атмосферой.

Флотация через пористые пластины (фильтросы) осуществляется с помощью воздуха, подаваемого воздуходувками или компрессорами.

Электрофлотация сточных вод происходит с помощью электролиза, в результате которого образуются мельчайшие пузырьки водорода и гидроокись металла (например, $Al(OH)_3$).

Для очистки производственных сточных вод применяют целый ряд других методов, которые приведены ниже.

Экстракционный метод очистки сточных вод основан на удалении из стоков растворенных загрязнений с помощью экстрагентов, которые сами, не растворяясь в жидкости, могут растворить в себе загрязнения. Если из очищаемой жидкости тем или иным способом удалить экстрагент, то вместе с ним будут удалены растворенные в нем загрязнения. В качестве экстрагентов могут быть использованы бутилацетат, изобутилацетат, тяжелые масла, бензол и др. При однократной экстракции нельзя удалить из проточков загрязнения полностью; полная очистка стоков может быть достигнута лишь в результате многократной экстракции новыми порциями экстрагентов. На предприятиях масло-жировой промышленности этот метод применяется для очистки бензинсодержащих стоков МЭВов путем экстракции их жировыми веществами, находящимися в стоках других цехов комбината (см. раздел «Флотационно-песчаные фильтры»).

Мембранный метод очистки сточных вод основан на способности мембран задерживать загрязнения, содержащиеся в сточных водах за счет создаваемого осмотического давления.

В 1972 г. ВНИИЖем был проведен целый ряд предварительных опытов по очистке жиросодержащих сточных вод методом обратного осмоса. На основе этого была запроектирована первая установка. В качестве мембран использованы трубки диаметром 20 мм и длиной 150 мм, изготовленные научно-исследовательским институтом керамики с различной пористостью (0,47; 1,15; 1,12; 1,30 мкм). Первые испытания этой установки при давлении 3,0 МПа и пористости материала 0,47 мкм дали положительные результаты. Эффект очистки составлял более 95%. Микроорганизмы более чем на 98% за-

живались на мембране (это равносильно обеззараживанию жидким хлором).

Весьма сложной оказалась проблема регенерации мембран. Для этой цели через впуск подавали воду с каустической содой под избыточным давлением 2,0 МПа. При этом мембрана полностью регенерировала свою фильтрационную способность. Однако сложность такого способа очистки стоков и высокая стоимость пока не дают возможности рекомендовать его для очистки стоков в промышленных масштабах. Необходимо продолжить исследования в этой области, так как мембранный метод очистки может оказаться в будущем самым совершенным и наиболее доступным способом очистки жиросодержащих стоков.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ЦЕХОВЫХ И ДВОРОВЫХ ЖИРОЛОВУШЕК

На предприятиях масло-жировой промышленности имеются два вида жироловушек: цеховые и дворовые (наружные).

Первые устанавливают непосредственно в цехах для улавливания легко всплывающих частиц жира. Наружные жироловушки проектируют на более длительное пребывание в них жировых стоков с одного или целого ряда жироперерабатывающих производств.

На небольших жироловушках жир удаляют, как правило, вручную и в отдельных случаях пневматическими устройствами (Ленинградский масложиркомбинат, Ленинградский завод «Салолин» и др.).

Цеховые жироловушки, как правило, прямоугольной формы в плане имеют глубину проточной части от одного до двух м. Продолжительность отстаивания стоков в них 5—10 мин. В начале и в конце жироловушки устанавливают поперечные перегородки, не доходящие до дна на 0,3 м.

Дворовые жироловушки имеют примерно такую же конструкцию, как и цеховые, но по размерам они значительно больше и рассчитываются на время пребывания в них стоков — 2 ч и более.

На некоторых предприятиях для улавливания всплывающего жира используют нефтеловушки и рассчитывают их на время пребывания в них жиросодержащих стоков — 12 ч и более (Казанский химкомбинат им. Вахитова; Краснодарский масложиркомбинат). Однако даже такие большие сооружения (длиной до 25—40 м) не дают заметного увеличения эффективности очистки сточных вод от жировых примесей. Эксплуативность очистки сточных вод от жировых примесей. Эксплуативность же этих сооружений в значительной мере усложняется.

Для повышения эффективности очистки сточных вод в жироловушках за рубежом и, в частности, в Дании применяют аэрацию их сжатым воздухом через систему дырчатых труб

[21]. В СССР жироловушка такой конструкции была реконструирована на Ленинградском мясокомбинате, которая обеспечивает всплывание жировых веществ до 50%.

В 1967 г. Московский филиал ВНИИЖа впервые применил на Горьковском масложиркомбинате для очистки барометрических вод аэрацию с помощью водно-воздушной эмульсии. Для этой цели была использована существующая жироловушка прямоугольной формы в плане [3].

Это значительно улучшило эффект очистки барометрических вод. По данным лаборатории комбината за период с 9 февраля по 4 марта 1968 г., средняя эффективность очистки вод составила 55%, а в отдельных случаях 60—65%. Эксплуатация жироловушки весьма усложняется тем, что при прямоугольной ее форме весьма трудно обеспечить бесперебойное удаление всплывающей жировой массы.

В нашей стране первая механизированная жироловушка была разработана Гипропищепромом-3. Эта жироловушка принята в составе двухсекционной отстойной части, насосного отделения и вспомогательного помещения (рис. 12). Жиросодержащие промышленные стоки по самотечному трубопроводу 1 поступают в распределительный лоток 2, откуда через затопленную стенку 3 в отстойную зону жироловушки 4.

Осветленные промышленные стоки в конце отстойной части проходят под затопленную жиродерживающую стенку 5 и сбрасываются в отводящий лоток 6, откуда они по трубопроводу $d=150$ мм направляются в канализацию завода.

Всплывший жир в смеси с небольшим количеством воды поступает в поворотные щелевые жиросборные трубы 7, откуда через приемную камеру 8 по самотечному трубопроводу $d=150$ мм поступает в приемный промежуточный резервуар 9, размещаемый в насосном отделении.

Из промежуточного резервуара влажный жир специальным насосом 10 перекачивается в отстойную емкость, размещаемую в верхнем этаже здания, где происходит отстаивание жира от воды. После этого вода самотеком сливается в отстойную часть жироловушки, а жир тем же насосом перекачивается на дальнейшую переработку.

Для передвижения жирового слоя, образующегося на поверхности очищаемой воды, в щелевые трубы предусмотрен скребковый механизм, установленный на подвижной тележке 11, приводимой в движение с помощью электродвигателя АО-41-6/4 мощностью 0,6 кВт при частоте вращения 940 об/мин.

К тележке с помощью вала крепятся лопасти скребка 12, которые могут поворачиваться вокруг оси вала. Тележка движется по рельсам. Рабочий ход механизма, в одну сторону 12 мин, то же время составляет и обратный ход механизма. Поворот скребка (лопастей) производится автоматически.

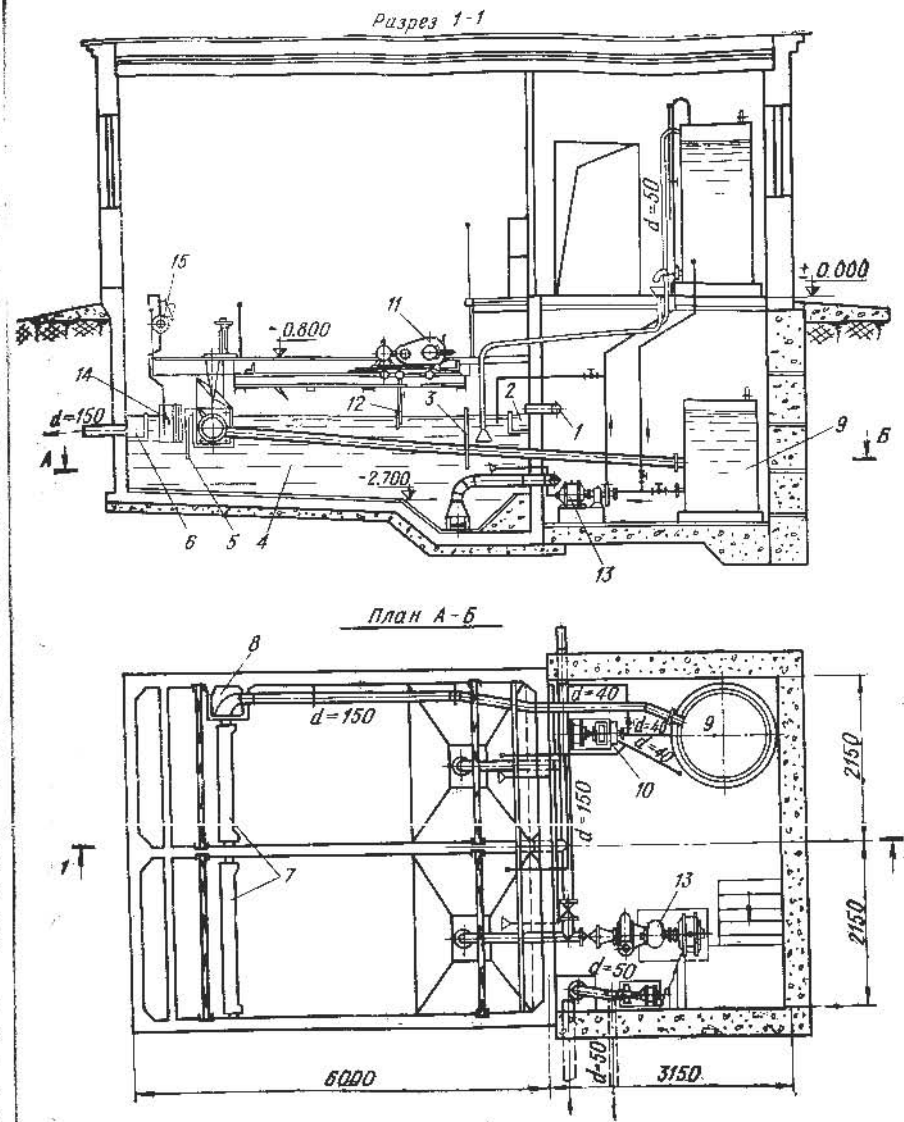


Рис. 12. Жироловушка Гипрожира:

1 — впуск стоков; 2 — распределительный лоток; 3 — затопленная стенка; 4 — отстойная зона; 5 — жиродерживающая стенка; 6 — отводящий лоток; 7 — щелевые жиросборные трубы; 8 — приемная камера; 9 — промежуточный резервуар; 10 — насос; 11 — подвижная тележка; 12 — скребок; 13 — насос; 14 — пробоотборник; 15 — ручной насос.

Осадок, выпадающий в отстойной части жироловушки, специальным насосом 13 периодически удаляется за пределы жироловушки. Мойку секций жироловушек производят по мере надобности, для чего предусмотрено устройство горячего производственного водоснабжения.

Для ведения контроля за работой жироловушки установлена пробоотборная емкость 14, куда непрерывно поступает очищенная вода, сбрасываемая в заводскую канализацию. Забор стоков из пробоотборника осуществляется ручным насосом 15 типа АКФ-4.

Щелочные жироборные трубы имеют диаметр 300 мм.

В насосном отделении установлены центробежные насосы марки 1½-К-6 производительностью 6—14 м³/ч при напоре 20—14 м, частоте вращения 2900 об/мин. Мощность электродвигателя 1,7 кВт.

Для удаления осадка из жироловушки установлен центробежный насос 13 марки 2½-НФ производительностью 32—54 м³/ч при напоре 10,7—9,7 м, частоте вращения 1450 об/мин. Мощность электродвигателя 2,8 кВт.

Основные показатели работы жироловушки следующие:

производительность — 6 м³/ч;

содержание жира в очищаемых стоках до 2500 мг/л;

удельная масса жира 0,9 т/м³;

содержание механических примесей 1000 мг/л;

глубина слоя воды в жироловушке — 0,8 м;

расчетный диаметр улавливаемых жировых частиц — 120 мкм;

ширина одной секции 2 м;

время прохождения очищаемых стоков жироловушки составляет примерно 2 ч.

Стоимость строительства жироловушек равна 10,11 тыс. руб.

В существующих методах расчета всех видов отстойников необходимо задаваться той или иной исходной величиной. Вначале нужно было пайти для жиросодержащих стоков «Минимальную гидравлическую крупность». Однако это оказалось совершенно непосильной задачей, так как само понятие «Минимальная гидравлическая крупность» весьма неопределенно. Одни и те же загрязнения ведут себя по-разному в зависимости от среды, в которой они находятся. Например, жировые вещества, как правило, всплывают на поверхность жидкости, но если в воде появляется щелочь (при мойке оборудования или полов), то жировые вещества образуют металлические мыла, которые осаждаются на дно жироловушки. Причем величина отдельных частиц мыла в зависимости от характера металла, на котором они образовались (алюминий, кальций, магний), различная и, следовательно, скорость осаждения их неодинакова.

В стоках имеются также частицы взвеси, которые можно увидеть с помощью лишь микроскопа. Однако скорость осаждения их может оказаться больше, чем у частиц более крупных размеров. Все здесь зависит от удельной массы частиц, их электростатического потенциала, температуры очищаемых стоков и турбулентности потока.

При смешении кислых стоков, например, гидрозавода с щелочными водами мыловаренного завода происходит коагуляция загрязнений. Если при этом в воде будут выделяться какие-либо газы (например, СО₂, если в воде имеется каустическая сода), то хлопья коагулированных частиц будут всплывать на поверхность жидкости, а при отсутствии газов, наоборот, они будут осаждаться на дно жироловушки.

При расчете отстойников весьма неопределенным значением оказалось понятие «эффективность осветления» стоков и тем более зависимость ее от «гидравлической крупности» осаждаемых частиц.

Сточные воды гидрозавода, например, содержат в себе до 1000 мг/л взвешенных веществ. После часового отстоя в них остается примерно 100 мг/л взвеси. Эффект очистки здесь составляет 90%.

Барометрические воды содержат в среднем 50 мг/л взвешенных частиц жировых веществ. После часового отстаивания эти воды, как правило, содержат лишь 25 мг/л взвесей. Эффект очистки здесь составляет всего лишь 50%, тогда как по взвешенным веществам отстаивание воды здесь чище в 4 раза, чем отстаивание сточная вода гидрозавода. Характер взвешенных веществ в очищенных стоках в обоих случаях практически одинаковый.

В дальнейшем ВНИИЖем были проведены опыты на действующих жироловушках с целью определения наименьшего времени, при котором в крупных жироловушках практически заканчивается процесс осаждения взвесей.

Для исследования этих вопросов была использована жироловушка гидрозавода Краснодарского масложиркомбината. Жироловушка имеет длину 20 м и ширину 10 м. Сточные воды этого завода содержат в себе 600—800 мг/л жировых веществ и 350—500 мг/л взвешенных веществ. При осторожном опорожнении жироловушки выяснилось следующее. Высота слоя осадка вначале жироловушки (после приямка) составила 18 см. Далее по длине жироловушки высота слоя падала. Никаких резких изменений в залегании осадка по длине жироловушки не наблюдалось. На участке, находящемся в 8 м от входа сточных вод, высота осадка составляла всего лишь 4 см, а в 10 м — его уже практически не было (была лишь слизь высотой 5—6 мм). Время пребывания стоков на участке жироловушки на протяжении 10 м составило 1,2 ч.

Второе исследование по распределению осадка по дну жи- роловушки было произведено на Запорожском МЖК. Длина жи- роловушки равна 6 м, а ширина 2 м. После опорожнения жи- роловушки в начале (после приямка) высота слоя осадка составила 22 см, затем по длине жи- роловушки высота слоя снижалась и уже на 5,5 м от входа стоков в жи- роловушку осадка на дне практически не было. Время пребывания сто- ков на этом участке жи- роловушки составило около 1,4 ч.

Аналогичные исследования жи- роловушки были проведены на Одесском жиркомбинате. Эти исследования показали, что время осаждения взвешенных веществ с помощью жи- роловушки составляет 1,2 ч, а осаждение стоков прекращается на про- тяжении 5 м.

Эти исследования следует рассматривать как предвари- тельные и, конечно, они не полностью отражают динамику осаждения взвесей по длине жи- роловушки. Тем не менее они позволяют убедиться, что отстаивание жиросодержащих сто- ков в действующих жи- роловушках практически заканчивается в течение 1,5 ч. Поэтому впредь до более глубоких исследо- ваний работы жи- роловушек расчет их следует производить, исходя из полуторачасового отстаивания стоков. Всплывание жировых частиц, как правило, происходит в более короткое время (0,3—0,54 ч).

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИИ

Современный флотационный процесс, основанный на ис- пользовании физико-химических явлений, регулируемый воз- действием многих факторов, является одним из наиболее вы- дающихся научно-технических достижений нашего времени в области очистки сточных вод.

Флотируют практически все минералы, находящиеся в воде, а также свинец, цинк, медь, олово, никель, кобальт, золото и алмазы, серу, мышьяк, сурьму, железо, хром, титан, уголь, графит, фосфориты, растворимые соли, слюду, полевые шпаты и многие другие вещества.

В Советском Союзе напорная флотация впервые стала применяться для очистки нефтесодержащих стоков.

Напорная флотация основана на использовании мельчай- ших пузырьков воздуха, выделяющихся из жидкости при сни- жении давления, которые, прилиная к жировым частицам, выносят их на поверхность очищаемых стоков. Это позволяет ускорить процесс выделения жировых веществ из сточных вод (рис. 13) по сравнению с отстаиванием.

Работа всех основных элементов очистных сооружений с применением напорной флотации осуществляется главным образом с помощью водно-воздушной эмульсии.

Существующий повсеместно способ получения этой эмуль- сии заключается в следующем. Сточные воды засасываются насосом 1 (рис. 14). Одновременно с этим во всасывающую линию этого насоса с помощью эжектора 4 подается опреде- ленное количество воздуха. Затем смесь воды и воздуха пода-

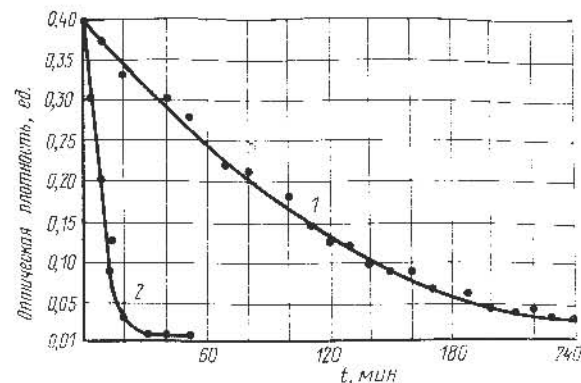


Рис. 13. Зависимость степени очистки коагулированных жиросодержащих стоков с помощью флотации и отстаивания:

1 — отстаивание; 2 — флотация.

ется в ресивер 2, где в течение нескольких минут воздух растворяется в воде при избыточном давлении 0,3—0,4 МПа, в результате чего получается водно-воздушная эмульсия (пересыщенный раствор).

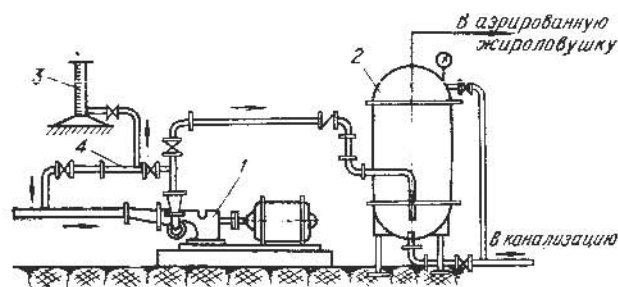


Рис. 14. Схема установки для получения водно-воздушной эмульсии:

1 — аэрационный насос с электродвигателем; 2 — ресивер; 3 — ротаметр; 4 — эжектор.

Значительную роль в бесперебойном получении водно-воз- душной эмульсии играет конструкция ресивера (напорной емкости). Эксплуатация некоторых существующих ресиверов с продольной перегородкой не дала положительных результа- тов [3]. Во время работы в верхней его части образуется слой жира, для удаления которого необходимо останавливать насо-

сы. Поэтому ВНИИЖ разработал новую конструкцию этого ресивера (см. рис. 14).

Ресивер состоит из стального корпуса с трубопроводами для подачи смеси воздуха и воды и выпуска готовой водно-воздушной эмульсии. В верхней части ресивера устанавливается предохранитель на случай, если давление в ресивере превысит установленную норму, и манометр.

Особенность устройства ресивера ВНИИЖа заключается в том, что выпуск водно-воздушной эмульсии производится на некоторой глубине от его верха. Это позволяет в сферической части содержать определенное количество избыточного воздуха. Излишки скопившегося воздуха могут быть удалены через выпуск в канализацию (при отсутствии этого излишка воздуха по выпуску будет сбрасываться небольшое количество воды для повторной очистки).

Смесь жидкости и воздуха подается в ресивер по трубопроводу, оканчивающемуся насадкой. Вследствие большой скорости истечения смеси через насадку в нижней части происходит сильное перемешивание жидкости и воздуха. При прохождении смеси жидкости и воздуха при избыточном давлении цилиндрической части ресивера создается водно-воздушная эмульсия, которая затем может быть направлена на флотационное сооружение.

Если по каким-либо причинам подсос воздуха эжектором будет меньше потребного при принятом рабочем давлении насосов, то часть воздуха, находящегося в верхней части ресивера, будет растворяться в очищаемой жидкости. Такое решение полностью исключает возможность прорыва излишнего воздуха во флотатор. При эксплуатации очистных сооружений с применением напорной флотации обнаружили, что при прорыве избыточного воздуха во флотатор происходит настолько сильное перемешивание очищаемой жидкости, что выделяющаяся жиромасса почти полностью выносится за пределы его.

Объем ресивера зависит от принятого рабочего давления и скорости растворения очищаемой жидкости. На основании исследований, проведенных автором на очистных сооружениях Ленинградского МЖК, установлено, что максимальное растворение воздуха при различном давлении и температуре воды 20°С заканчивается в течение 4 мин (рис. 15).

Если учесть, что воздух совместно с водой подвергается сильному перемешиванию под давлением в насосе, ресивере, трубопроводах, а затем при истечении из отверстий водораспределительной системы, расчет ресивера можно производить исходя из 1,5—2 мин пребывания в нем водно-воздушной смеси. Это подтверждается практикой эксплуатации многих очистных сооружений, где применяется водно-воздушная эмульсия для очистки промышленных стоков (Ленинградский завод «Салолин», Краснодарский и Ленинградский МЖК и др.).

На основе длительных исследований сотрудники ВНИИЖа совместно с проектировщиками Гиропищепрома-3 разработали новую технологию очистки жиродержащих стоков с применением напорной флотации [15, 19]. В состав очистных сооружений входят (рис. 16) приемный резервуар 1, аэрационные насосы 2, ресиверы 3, вертикальная жироловушка 4, флотатор 5, фильтр 6, генератор озона 7, насос 8, градирня 9 с выпуском охлажденных вод 10 [15, 17].

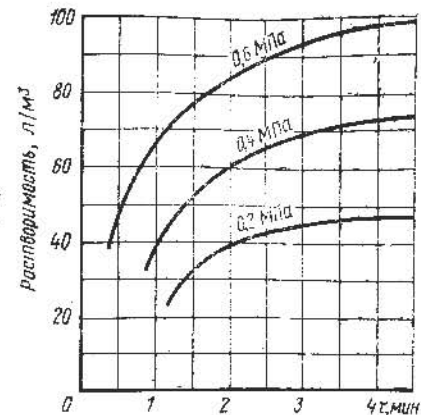


Рис. 15. Зависимость растворимости воздуха в воде от давления и времени при $t=20^{\circ}\text{C}$.

татор ВНИИЖа 5, флотационный песчаный фильтр 6, озонаторная установка с генератором озона 7, насос 8, градирня 9 с выпуском охлажденных вод 10 [15, 17].

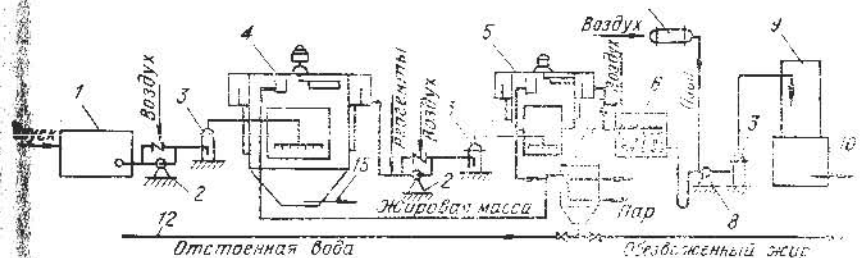


Рис. 16. Схема заводских очистных сооружений:

1 — приемный резервуар; 2 — аэрационный насос; 3 — ресивер; 4 — вертикальная жироловушка; 5 — флотатор; 6 — фильтр; 7 — генератор озона; 8 — насос; 9 — градирня; 10 — выпуск в систему оборотного водоснабжения; 11 — жироборник; 12 — трубопровод; 13 — выпуск осадка.

Очистные сооружения работают следующим образом. Сточные воды через впуск поступают в приемный резервуар. Из резервуара сточные воды засасываются аэрационным насосом, который с помощью воздуха, засасываемого эжектором, в ресивере превращает их в водно-воздушную эмульсию и подает в вертикальную жироловушку.

Предварительно очищенные воды из жироловушки поступают во второй аэрационный насос, который вновь обогащает их воздухом под избыточным давлением и в виде водно-воздушной эмульсии подает во флотатор. Для интенсификации процесса флотации загрязнений во всасывающую линию насоса следует подавать одновременно с воздухом реагенты.

Очищенная сточная вода после флотатора самотеком подается на фильтр для задержания мелких хлопьев и других частиц загрязнений, вынесенных из флотатора.

Для интенсификации работы фильтров целесообразно на трубе, подающей в него воду, установить эжектор для подсоса воздуха. Очищенная вода насосом через ресивер подается на градирню (в случае если очищенную воду следует охладить).

Для обеззараживания сточных вод, а также с целью полного окисления оставшихся в воде органических веществ во всасывающую линию насоса 8 следует подавать озон от генератора 7. Охлажденная очищенная вода после прохождения градирни может быть по выпуску 10 направлена на технологические нужды производства.

Задержанную в жироловушке и во флотаторе жиромассу следует отводить в жиросборник, где она подвергается термической обработке паром. Отстоявшуюся в жиросборнике воду необходимо направить по трубопроводу на повторную очистку, а обезвоженный жир на производство мыла (или мыльной пасты).

Осадок из конусной части жироловушки по выпуску 13 периодически следует направлять на иловые площадки для подсушки.

Насосные агрегаты, предназначенные для создания водно-воздушной эмульсии, как правило, должны располагаться вблизи приемного резервуара (с разрывом не более 2—5 м), ресивера и флотаторов. Насосы желательно иметь одной марки для возможности замены рабочего насоса резервным, не изменяя режима подсоса воздуха, реагентов и т. п. Насосы следует устанавливать под заливом. Это значительно упростит автоматизацию их работы. Из эксплуатационных соображений на очистных сооружениях целесообразно предусматривать лишь один рабочий насос (и один резервный).

Для получения водно-воздушной эмульсии насосы могут быть использованы центробежные, вихревые и другие, обеспечивающие необходимую производительность и напор. При давлении в ресивере больше 0,3 МПа при каждой напорной линии насосов следует установить обратный клапан.

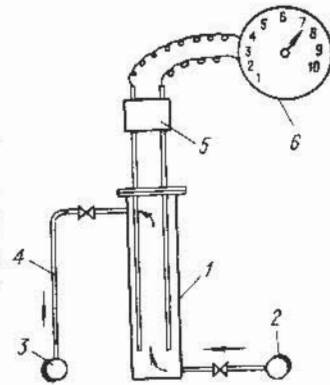
Температура воздуха в машинном зале в отопительный период при постоянном обслуживании рабочими не должен быть ниже 16° С, а при автоматической работе насосов не ниже 5° С.

Для перекачки жиромассы, задержанной аэрированной жироловушкой и флотаторами, целесообразно использовать лишь объемные насосы (шестеренные, поршневые и т. п.), ввиду того что центробежные, вихревые и другие насосы ненадежны в работе при перекачке жиромассы, особенно обезвоженной.

Для определения pH сточных вод используют pH-метры. Схема установки зависит от местных условий. На очистных сооружениях Краснодарского МЖК была принята следующая схема (рис. 17). Для установки датчика был изготовлен цилиндр 1 из нержавеющей стали диаметром 150 мм и высотой 1,2 м. Очищаемая жидкость подается в нижнюю часть ци-

Рис. 17. Схема установки pH-метра:

1 — корпус цилиндра; 2 — напорная линия насоса с подводящей трубой с вентилем; 3 — всасывающая линия насоса; 4 — отводная труба с вентилем; 5 — датчик; 6 — pH-метр.



линдра от напорного трубопровода насоса. Из верхней части цилиндра эта жидкость непрерывно сбрасывается по отводной трубе 4 во всасывающую линию этого же насоса. Время пребывания жидкости в цилиндре равно одной минуте. В цилиндр вставлен датчик 5, подающий импульсы на pH-метр 6. Такая сравнительно простая схема установки pH-метра обеспечивает весьма точные показания pH очищаемых стоков.

Для перемешивания реагентов, коагулянта и воздуха на всасывающем трубопроводе насоса, куда они поступают, целесообразно предусмотреть смеситель (рис. 18). Это устройство несложное в изготовлении, однако оно позволяет совместно с ресивером более быстро получить нейтральную водно-воздушную эмульсию.

Приемные резервуары проектируют перед насосными агрегатами. Они предназначены главным образом для некоторого усреднения концентраций загрязнений, pH стоков, а также для снижения установленной мощности на насосных станциях.

Вследствие колебания уровня жидкости в приемном резервуаре происходит изменение вакуума во всасывающей линии

насосов, куда обычно подается воздух и флотореагенты. При высоком положении уровня жидкости в приемном резервуаре подсос воздуха и флотореагентов из-за снижения вакуума становится минимальным, а производительность насоса, наоборот, максимальной.

Следовательно, в этом случае количество воздуха и флотореагентов в воде может оказаться недостаточным.

При самом низком уровне жидкости в приемном резервуаре подсос воздуха и реагентов, наоборот, значительно увеличится, а производительность насоса снизится.

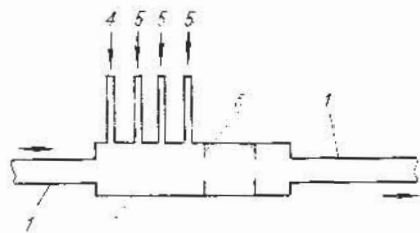


Рис. 18. Схема смесителя:
1 — всасывающий трубопровод; 2 — смеситель; 3 — перегородка; 4 — сброс от УЗЛНОВКИ 100-метра; 5 — труборпроводы для подачи флотореагентов и воздуха.

Возник вопрос о необходимости регулирования расходов сточных вод. В связи с этим ВНИИЖем разработана конструкция так называемого регулирующего резервуара (рис. 19).

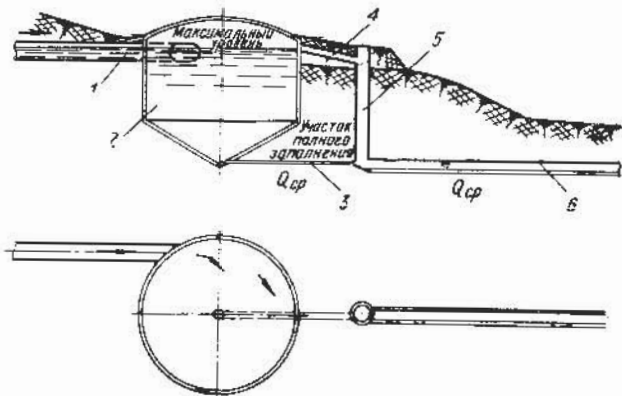


Рис. 19. Схема регулирующего резервуара с коллекторами:
1 — подводящий коллектор; 2 — резервуар емкости; 3 — участок напорного коллектора для пропуска среднего расхода стоков; 4 — переливная труба; 5 — колодец; 6 — коллектор для отвода усредненного расхода.

позволяющего устранить отмеченные выше недостатки в работе насосов, подающих смесь воздуха и жидкости в ресивер [11]. Конструкция регулирующего резервуара обеспечивает удаление из него как всплывающих веществ, так и осаждающихся частиц (при полной откачке воды из резервуара). При расчете вместимости приемного резервуара необходимо стремиться

к тому, чтобы насосы работали с минимальным количеством остановок, а их производительность была бы близка к среднечасовому притоку сточных вод на очистные сооружения. Это особенно относится к очистным сооружениям малой производительности (до 1000 м³/сут) и к предприятиям, где расход сточных вод в течение суток имеет сравнительно небольшие колебания.

На предприятиях, работающих в три смены и имеющих сравнительно небольшое количество сточных вод (до 1000 м³/сут), во многих случаях целесообразно устанавливать резервуары-накопители. Это позволит проводить очистку сточных вод лишь в одну дневную смену. Такое решение было принято, например, при строительстве очистных сооружений на Омском заводе синтетических моющих средств. Суточное количество промышленных стоков на этом заводе составляет 150 м³. Производительность очистных сооружений равна 24 м³/ч (из расчета работы их в течение 8 ч в сутки и с учетом коэффициента неравномерности). Максимальный приток сточных вод в дневную смену равен 60 м³. В остальное время суток сточные воды, поступающие в канализацию в количестве 90 м³, перекачиваются в резервуары-накопители.

Это решение позволяет резко сократить численность эксплуатационного состава, повысить качество очистки сточных вод, улучшить обработку жиромассы, извлеченной из промышленных стоков. Работа очистных сооружений в дневную смену позволит улучшить дозировку реагентов, обеспечить более равномерную работу аэрационных насосов и равномерный подсос воздуха при флотационном способе очистки сточных вод. В дневную смену можно обеспечить более квалифицированную эксплуатацию очистных сооружений и тщательный контроль за качеством очищенных стоков.

Схема насосной станции завода при работе очистных сооружений в одну смену может быть представлена в следующем виде (рис. 20). Промышленные сточные воды направляются по коллектору 1 в приемный резервуар 2 насосной станции. Из приемного резервуара сточные воды с помощью насосов перекачиваются в резервуар-накопитель, откуда они самотеком по трубопроводу 5 направляются на очистные сооружения.

Производительность насосов и очистных сооружений $Q_ч$ (в м³/ч) при работе их в течение одной или двух смен можно определить по формуле

$$Q_ч = \frac{Q_c K_n}{n}, \quad (20)$$

где Q_c — суточный расход стоков, м³;

n — количество часов работы очистных сооружений;

K_n — коэффициент суточной неравномерности.

Объем резервуарной емкости при 8-часовой работе очистных сооружений может быть принят с некоторым запасом

$$V_p = 0,6 Q_c \quad (21)$$

Для более точных расчетов производительности очистных сооружений и рабочих насосов, а также определения потребного объема резервуара-накопителя, необходимо знать колебания расходов сточных вод на предприятии в течение суток. Ниже приводится пример такого расчета по одному из масложир-

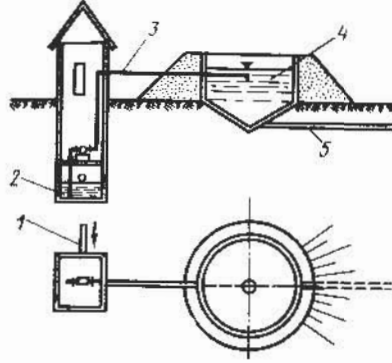


Рис. 20. Схема насосной станции с резервуаром-накопителем:

1 — коллектор; 2 — приемный резервуар насосной станции; 3 — насосная линия; 4 — резервуар-накопитель; 5 — трубопровод для отвода стоков на очистные сооружения.

комбинатов. Расход сточных вод за каждый час суток приводится в табл. 28.

Сумма всех максимальных часовых расходов сточных вод по всему комбинату составляет 157,4 м³/ч. Однако, как видно из табл. 28, максимально часовые расходы не совпадают по времени, в связи с чем наибольший часовой расход сточных вод по всему комбинату равен 145,9 м³.

Если же очистку сточных вод комбината осуществлять в одну смену, то производительность рабочих насосов и очистных сооружений должна быть 240 м³/ч, а объем резервуара-накопителя — 1018 м³ (см. табл. 28). Следовательно, производительность насосов и очистных сооружений при этом варианте очистки сточных вод возрастает на 64% по сравнению с вариантом круглосуточной очистки стоков. Однако при первом варианте произойдет резкое сокращение количества обслуживающего персонала, уменьшится количество реагентов, так как здесь можно осуществлять более рациональный расход глинозема, щелочи и т. п.

Неотъемлемой и наиболее важной частью в устройстве резервуаров емкости на сети (см. рис. 19) является регулирующая камера. Конструкция такой камеры должна быть надежной в работе, простой в устройстве и доступной для периодического осмотра.

Таблица 28

Часовой расход промышленных сточных вод на насосной станции, подача стоков в резервуар-накопитель и остаток сточных вод в резервуаре-накопителе

Часы суток	от гидро-завода	Расход промышленных стоков, м ³						от стоков от столовой	Общий приток в резервуар-накопитель	Подача на очистные сооружения, м ³	Остаток в резервуаре-накопителе, м ³
		от МЭЗа	от прячечной и мойки тары	от мыльно-варильного цеха	от сливной станции	от гаража	от столовой				
0-1	16,2	10,5	—	5,0	—	—	—	31,7	—	737,0	
1-2	16,2	12,3	—	6,2	—	—	—	34,7	—	771,7	
2-3	16,2	15,2	—	7,2	—	—	—	38,6	—	810,3	
3-4	16,2	10,3	—	5,0	—	—	—	31,5	—	841,8	
4-5	40,10	9,5	—	5,0	—	—	—	31,8	—	873,6	
5-6	63,50	9,5	—	8,2	—	—	—	31,9	—	931,9	
6-7	98,50	10,3	—	10,0	—	—	—	86,0	—	1017,9	
7-8	102,40	12,2	3,5	10,0	—	—	—	131,8	240	939,7	
8-9	102,40	17,3	5,0	15,0	5,2	—	—	145,9	210	815,6	
9-10	102,40	12,1	4,0	10,4	3,5	—	—	135,5	240	711,1	
10-11	46,70	13,0	4,3	10,3	5,7	—	—	139,0	240	610,1	
11-12	46,60	12,3	3,2	8,8	8,8	—	—	119,3	240	489,4	
12-13	51,80	10,3	2,7	7,4	7,0	—	—	82,8	240	332,2	
13-14	71,30	8,5	1,5	7,3	6,2	—	—	75,5	240	167,7	
14-15	79,70	9,5	2,0	7,2	6,2	—	—	78,3	246	0	
15-16	79,70	10,5	2,5	7,0	3,2	—	—	100,5	—	100,5	
16-17	66,10	13,4	3,0	6,0	8,4	—	—	203,1	—	203,1	
17-18	42,70	10,0	4,2	5,0	8,4	—	—	316,4	—	316,4	
18-19	27,20	12,5	4,1	5,0	3,2	—	—	428,0	—	428,0	
19-20	16,20	8,0	4,8	4,0	10,2	—	—	111,6	—	528,1	
20-21	16,20	8,5	4,0	3,0	3,6	—	—	75,5	—	598,6	
21-22	16,20	8,5	2,8	3,0	3,2	—	—	45,8	—	644,4	
22-23	16,20	8,0	—	3,0	—	—	—	33,7	—	678,1	
23-24	16,20	8,0	—	3,0	—	—	—	27,2	—	705,3	
Всего (округленно)	1297,0	269,0	56,0	171,0	87,0	33,0	14,0	1927,0	1926		

Назначение камеры заключается в том, чтобы независимо от поступления сточных вод и наполнения резервуаров обеспечить постоянный, предварительно заданный расход сточных вод*. Для расчета необходимого объема регулирующего резервуара целесообразно знать график притока сточных вод к резервуару, емкости от всех видов водопользователей. Имея такой график притока сточных вод, следует определить среднечасовую подачу сточных вод на очистные сооружения. Сумма разности притока сточных вод в резервуар за каждый час и часовой подачи стоков на очистные сооружения определит максимальный остаток стоков в резервуаре. На этот объем сточных вод следует иметь емкость резервуара.

Первое применение поплавкового регулирования стоков на сети и очистных сооружениях по предложению автора нашло место в проекте канализации г. Чебоксары и текстильного комбината, составленного Гидрокоммунводоканалом. Такое же устройство рекомендуется применять и для регулирования стоков предприятий масло-жировой промышленности [11].

Как известно, большинство предприятий масло-жировой промышленности находятся на юге нашей страны. Поэтому здесь представляется возможность размещать основные сооружения (жироловушки и флотаторы) на открытой площадке. Это позволит значительно снизить затраты на строительство очистных сооружений. В закрытых помещениях следует разместить насосное, реагентное хозяйство и фильтры. Схематический план таких очистных сооружений приведен на рис. 21.

Конструкция отдельных элементов очистных сооружений с описанием их работы приводится ниже.

Вертикальная жироловушка ВНИИЖа. В 1970 г. сотрудники ВНИИЖа совместно с проектировщиками Гидролизпрома-3 разработали новую конструкцию аэрируемой жироловушки (рис. 22).

Жироловушка имеет корпус 1 с коническим основанием, флотационную камеру 2, зону отстаивания 3, впуск водно-воздушной эмульсии 4, лоток для приема жиромассы 5, скребки и электродвигатель 6, выпуск очищенной воды 7, выпуск осадка 8, реактивное водораспределительное устройство 9, кольцевой водосборник 10, водосливную стенку 11, водосборный коллектор 12, водоотводные стояки 13.

Работает жироловушка следующим образом: водно-воздушная эмульсия по трубопроводу 4 и далее через реактивное водораспределительное устройство 9 поступает в флотационную камеру.

* Надусев В. С. Устройство для поддержания постоянного расхода жидкости. Авт. свид. № 104563, 1956. Бюллетень изобретений № 6, 1957.

При прохождении флотационной камеры сточная вода подвергается аэрации мельчайшими пузырьками воздуха, выделяющимися из водно-воздушной эмульсии вследствие снижения давления. Во флотационной камере происходит всплывание на поверхность наиболее крупных жировых частиц очищаемой

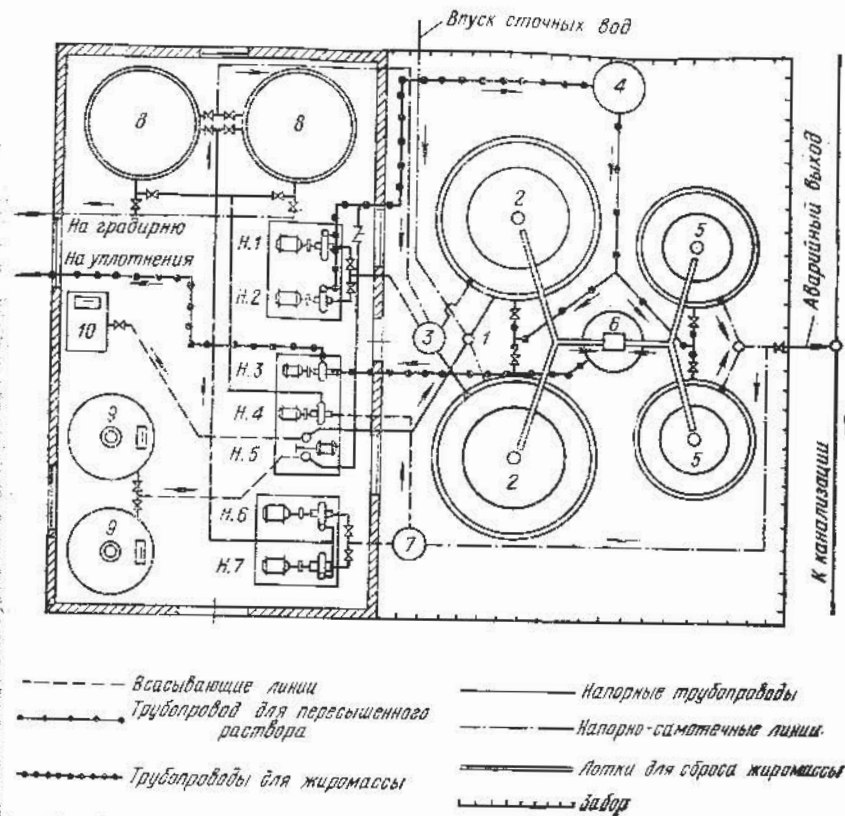


рис. 21. Схематический план очистных сооружений с пашорной флотацией: 1 — приемная камера; 2 — аэрируемая жироловушка; 3 — первый приемный резервуар; 4 — ресивер; 5 — флотатор; 6 — жиросборник; 7 — второй приемный резервуар; 8 — песчаный фильтр; 9 — резервуар для гипосульфата; 10 — бак для щелочи (кислоты); 11 — последний фильтр; 12 — насос для пересыщенного раствора; 13 — насос для жиромассы; 14 — насос для промывки фильтра; 15 — двухкомпонентный насос-дозатор; 16 и 17 — насосы для перекачки стоков на фильтры; 18 — эжектор для подсоса воздуха.

жидкости. Пройдя флотационную камеру, сточные воды попадают в зону отстаивания 3. Здесь происходит всплывание наиболее мелких частиц жира с помощью мельчайших пузырьков воздуха, засасываемых сюда потоком очищаемой жидкости. В этой зоне происходит также выпадение наиболее тяжелой взвеси, главным образом минерального происхождения.

Очищенная сточная вода поступает в водосборный коллектор 12, из которого через ряд стояков 13 попадает в кольце-

вой водосборник 10, откуда она через выпуск 7 может быть направлена на дальнейшую очистку.

Для поддержания постоянного уровня воды в жироловушке в кольцевом водосборнике на всю его длину установлена водосливная стенка 11. Верхняя отметка лотка должна быть выше на 2—2,5 см уровня воды в жироловушке.

Всплывшая на поверхность воды жиромасса скребается в лоток с помощью скребка, приводимого во вращательное движение электродвигателем 6. Из лотка жиромасса самодетком отводится в резервуар для уплотнения с помощью пара.

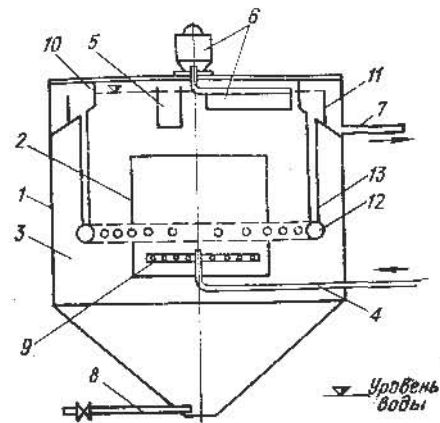


Рис. 22. Вертикальная жироловушка ВНИИЖа.

Образующийся в конусной части осадок по выпуску 8 следует периодически удалять в специальную емкость с последующей транспортировкой на свалку или на иловые площадки для подсушки.

Скорость всплывания жировых частиц на поверхности зависит от высоты слоя очищаемой жидкости, ее температуры, а также от размеров частиц жира, скорости и направленности потока жидкости, от состава жировых веществ, находящихся в стоках, коэффициента сопротивления и т. д.

Средняя скорость всплывания жировых частиц сточных вод, например, гидрозавода, составляет приблизительно 0,013 см/с, при коагуляции 0,02 см/с, при флотации крупными пузырьками до 0,03 см/с, а при флотации мельчайшими пузырьками с помощью водно-воздушной эмульсии до 0,05 см/с.

Средняя скорость всплывания жировых частиц в сточных водах других производств может быть несколько выше (барометрическая вода) или, наоборот, ниже (подмыльный щелок). При восходящем потоке скорость всплывания жировых частиц во флотационной камере будет больше, чем в зоне отстаивания, где поток жидкости направлен сверху вниз.

Все это создает большую сложность для технологического расчета жироловушки по имеющимся теоретически обоснованным формулам. Поэтому расчет их следует производить исходя из времени флотации (очистки).

Отличительная особенность жироловушки ВНИИЖа заключается в том, что здесь исключается попадание всплывшей жиромассы в последующие элементы очистной станции. Это достигается тем, что воды в кольцевой водосборник могут попасть из нижней части зоны отстаивания. Особенность жироловушки ВНИИЖа заключается также в том, что отбор очищенной воды происходит равномерно по всему среднему периметру отстойной зоны с помощью водосборного дырчатого коллектора 12, отвод воды из коллектора может быть только через водосборные стояки 13.

Размещение кольцевого водосборника внутри корпуса 1 имеет ряд преимуществ:

уменьшается площадь зеркала воды в верхней части жироловушки, что значительно упрощает устройство скребкового механизма, а также удаление жиромассы, всплывшей на поверхность воды;

при сужении верхней части жироловушки слой жиромассы, образующийся на поверхности воды, становится толще, плотнее и устойчивее;

резко снижается общая площадь жироловушки, что позволяет несколько сократить размеры помещения очистных сооружений в плане.

Работа жироловушки ВНИИЖа была впервые исследована на очистных сооружениях Армавирского МЖК. Анализы жиросодержащих стоков до и после очистки были проведены сотрудниками лаборатории комбината совместно с сотрудниками лаборатории по очистке сточных вод ВНИИЖа. Эти исследования показали, что жироловушка может дать высокую эффективность очистки промышленных стоков, несмотря на весьма большую концентрацию загрязнений по жировым веществам (до 5393 мг/л).

На основании проведенных исследований, а также опыта проектирования рекомендуются следующие предварительные расчетные данные.

Для крупных предприятий, имеющих свыше 1000 м³/сут жиросодержащих стоков, количество жироловушек должно быть не менее 2 шт. Для предприятий, имеющих меньшее количество стоков, можно ограничиться одной жироловушкой.

Глубину слоя очищаемой воды следует принимать 2—2,5 м. Содержание воздуха в водно-воздушной эмульсии должно быть 1,5—2,5% от объема очищаемых стоков.

Время пребывания жидкости во флотационной камере 15 мин, а в зоне отстаивания 25—30 мин.

Влажность всплывающей массы не более 96—97%, а отстоявшейся в течение 12 ч — около 90%. После обработки жиромассы паром влажность ее понижается до 80%.

Необходимую площадь живого сечения F_{ϕ} (в м²) флотационной камеры с учетом всей глубины цилиндрической части жироловушки определяют из расчета времени пребывания в камере 15 мин по формуле

$$F_{\phi} = \frac{0,250 Q_c}{11} \quad (22)$$

где Q_0 — расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 H — глубина слоя жидкости, м.

Живое сечение зоны отстаивания F_0 (в м^2) определяют по формуле

$$F_0 = \frac{0,75 Q_0}{H} - F_{\text{ф}} \quad (23)$$

Одним из важных элементов флотационных сооружений, а также биоокислителей (гл. VI) является механизм водораспределения по всей площади очистного сооружения.

Наиболее простым в исполнении и надежным в работе для этой цели может быть использовано реактивное водораспределительное устройство (рис. 23).

Реактивное водораспределительное устройство состоит из распределительной чаши 1, отрезков труб (плеч) 2 с отверстиями 4, трубопровода для подачи водно-воздушной эмульсии 3. Работа устройства видна из чертежа.

Водораспределительное устройство должно состоять из 8—10 отрезков труб с просверленными в них отверстиями.

Общую площадь отверстий в реактивном устройстве следует определять, исходя из принятой скорости истечения очищаемых стоков (0,8—1,0 м/с). Диаметр каждого отверстия должен быть принят из условия незасоряемости (10—20 мм). Струи воды, истекающие из отверстий, следует направлять в одну сторону с целью создания вращения всей толщи аэрируемой воды. Это позволит осуществить равномерное распределение пузырьков воздуха по всей площади жироловушки.

Общую площадь отверстий нужно определять по формуле (1) в зависимости от расхода стоков (в $\text{м}^3/\text{с}$) и принятой скорости истечения воды из отверстий. Расстояние каждого отверстия от центра определяют, исходя из равенства обслуживаемой ими площади аэрации (чем дальше находится отверстие от центра, тем меньше должно быть расстояние между соседними отверстиями).

Расстояние каждого отверстия от центра R (в м) с некоторым допущением можно производить по формуле

$$R_i = R_p \sqrt{\frac{i}{n}} \quad (24)$$

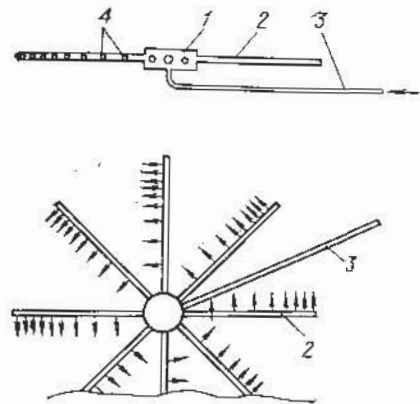


Рис. 23. Реактивное водораспределительное устройство.

Общую площадь отверстий в реактивном устройстве следует определять, исходя из принятой скорости истечения очищаемых стоков (0,8—1,0 м/с). Диаметр каждого отверстия должен быть принят из условия незасоряемости (10—20 мм). Струи воды, истекающие из отверстий, следует направлять в одну сторону с целью создания вращения всей толщи аэрируемой воды. Это позволит осуществить равномерное распределение пузырьков воздуха по всей площади жироловушки.

Общую площадь отверстий нужно определять по формуле (1) в зависимости от расхода стоков (в $\text{м}^3/\text{с}$) и принятой скорости истечения воды из отверстий. Расстояние каждого отверстия от центра определяют, исходя из равенства обслуживаемой ими площади аэрации (чем дальше находится отверстие от центра, тем меньше должно быть расстояние между соседними отверстиями).

Расстояние каждого отверстия от центра R (в м) с некоторым допущением можно производить по формуле

$$R_i = R_p \sqrt{\frac{i}{n}} \quad (24)$$

где R_p — радиус одного плеча водораспределителя, м;
 i — порядковый номер отверстия от оси водораспределителя;
 n — число отверстий в одном плече водораспределителя.

Пример. Произвести расчет отверстий и расстояние между ними в водораспределительном устройстве жироловушки. Количество плечей (отрезков труб) — 8, длина каждого плеча 2 м. Диаметр отверстий $d=10$ мм (0,79 см^2). Скорость истечения жидкости из отверстий $v=1$ м/с. Расход стоков $Q=20$ $\text{м}^3/\text{ч}$ (0,0056 $\text{м}^3/\text{с}$).

Общая площадь всех отверстий определяется по формуле (1)

$$w = \frac{Q}{v} = \frac{0,0056}{1} = 0,0056 \text{ м}^2 \text{ (56 см}^2\text{)}.$$

Каждое отверстие имеет площадь 0,79 см^2 . Нетрудно подсчитать, что всех отверстий каждого плеча водораспределителя должно быть 9.

Расстояние от центра первого отверстия по формуле (24) будет

$$R_1 = R_p \sqrt{\frac{1}{n}} = 2 \sqrt{\frac{1}{9}} = 0,674 \text{ м}.$$

Подставляя в это уравнение следующие порядковые номера, получим для $R_2=0,94$ м; $R_3=1,15$ м; $R_4=1,33$ м, . . . , $R_9=2$ м.

Нетрудно убедиться, что на каждое отверстие приходится примерно одинаковая площадь аэрации ($\sim 0,14 \text{ м}^2$).

Прямоугольная аэрируемая жироловушка. В настоящее время на всех предприятиях масло-жировой промышленности построены и эксплуатируются жироловушки прямоугольной формы в плане. Как уже упоминалось выше, эффективность работы таких жироловушек весьма низкая (не более 40%). Кроме того, удаление жиромассы, всплывшей на поверхность очищаемой жидкости, как правило, осуществляется вручную, а построенные на некоторых жироловушках скребковые устройства, предназначенные для этой цели, практически не работают.

В 1970 г. автором предложена новая конструкция жироловушек, с помощью которых обеспечивается высокий эффект очистки сточных вод и автоматическое удаление всплывшей на поверхность воды жиромассы (рис. 24).

Жироловушка состоит из корпуса 1 прямоугольной формы в плане; горловины 2, скребкового устройства 3 с круговым движением скребка; привода 4, трубопровода для подачи водно-воздушной эмульсии 5, водораспределительного устройства 6, водосливной стенки 7, жиросборного лотка 8, колодез 9, жиротводящей трубы 10.

Жироловушка работает следующим образом: жиросодержащие сточные воды в виде водно-воздушной эмульсии по впуску поступают в корпус жироловушки 1. Всплывающая жиромасса под действием мельчайших пузырьков воздуха направляется к горловинам 2. Здесь она с помощью скребкового устройства 3, приводимого в круговое вращение приводом 4,

удаляется в жироборный лоток 8, по которому она стекает в жироборные колодцы 9 и отводится к месту ее переработки по трубам 10. Для поддержания постоянного уровня жидкости в горловинах при любом расходе стоков, поступающих на очистку, предусмотрена водосливная стенка 7. Очищенная вода, переливаясь через водосливную стенку, отводится по выпуску на дальнейшую более глубокую очистку.

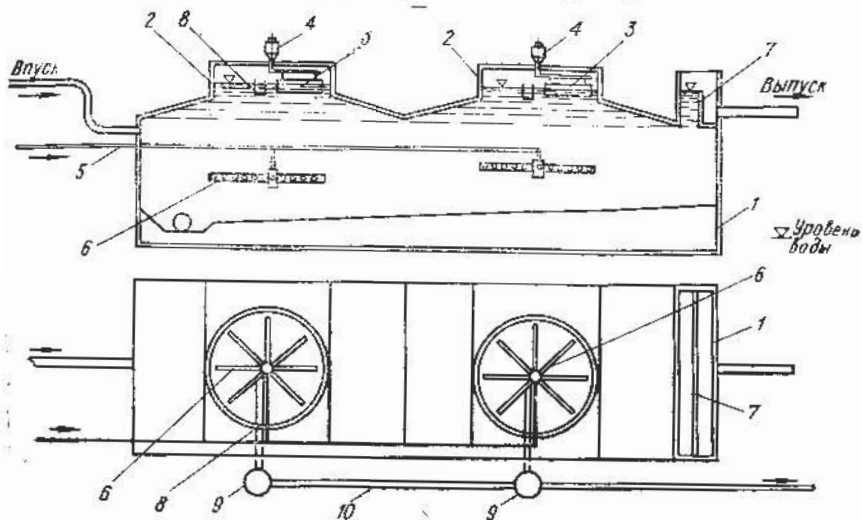


Рис. 24. Прямоугольная аэрируемая жироловушка.

Для интенсификации очистки жиросодержащих сточных вод через трубопровод 5, а затем через водораспределительное устройство 6 в жироловушку следует подавать реагенты, а для нейтрализации кислых сточных вод (в основном цеха рафинации масел) щелочь.

Такая жироловушка построена на Запорожском масложиркомбинате для очистки сточных вод гидрозавода. Жироловушки такой же конструкции запроектированы для ряда других предприятий (комбинат имени Вахитова в Казани, маслоэкстракционный завод в Бендерах и др.). Обследование работы этой жироловушки показало, что эффективность очистки сточных вод в такой жироловушке не ниже, чем аэрируемой. Однако полезный объем ее должен быть примерно в 1,5 раза больше, чем полезный объем в вертикальных жироловушках ВНИИЖа.

При очистке жиросодержащих сточных вод на флотационных сооружениях образуется весьма незначительное количество осадков (не более 0,5% от общего количества загрязнений, находящихся в промышленных стоках). Поэтому удале-

ние этих осадков может быть проведено один, два раза в год, во время профилактического ремонта.

Прямоугольная жироловушка, построенная по проекту Гипропищепрома-3, может быть реконструирована в аэрированную. При реконструкции этих жироловушек полезный объем осадительной камеры может быть увеличен примерно в два раза с доведением глубины от 0,8 до 1,60 м. Для этой цели следует поднять на выходе переливную стенку до отметки 0,80. Тележки и щелевые трубы при этом следует демонтировать, а взамен их устанавливать горловину, водораспределительное и скребковое устройства, реагентное хозяйство и аэрационный насос. Производительность жироловушки при этом увеличится в 4 раза, а эффективность очистки сточных вод почти в два раза.

Флотаторы. Сотрудники лаборатории по очистке сточных вод совместно с Центральным конструкторским бюро ВНИИЖа разработали конструкцию флотатора (рис. 25), предназначенного для очистки жиросодержащих стоков. Флотатор состоит из флотационной камеры 1, отстойной камеры 2, водосборного коллектора 3, водоотводных стояков 4, кольцевого водосборного лотка 5, водосливной стенки 6, впуска водно-воздушной эмульсии 7, выпуска очищенных сточных вод 8, скребкового устройства 9, электродвигателя 10, жироборного лотка 11, реактивного водораспределителя 12.

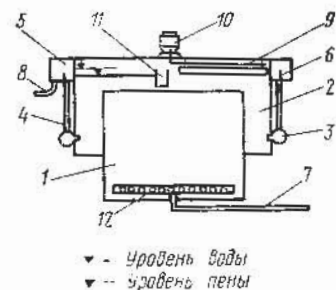


Рис. 25. Схема напорного флотатора.

Флотатор работает следующим образом.

Водно-воздушная эмульсия по трубопроводу 7 и далее через реактивный распределитель 12 направляется во флотационную камеру 1, являющуюся главным очистным элементом этого сооружения. Поэтому объем этой камеры определяется с таким расчетом, чтобы в ней происходило задержание наибольшей части жировых веществ, находящихся в сточных водах. Далее частично очищенная жидкость равномерно по всему периметру флотационной камеры поступает в отстойную камеру 2, куда одновременно поступает часть пузырьков воздуха, увлекаемых течением жидкости. В этой зоне происходит всплывание оставшейся части жировых веществ. Одновременно с этим эта зона служит для предотвращения выноса всплывшей на поверхность жировой пены за пределы флотатора. Очищенная сточная вода в отстойной зоне поступает в сборный коллектор 3 и далее по отводам 4 направляется в кольцевой водосборный лоток 5. В этом лотке имеется водосливная

стенка 6, позволяющая осуществлять равномерный перепад жидкости по всей его длине и поддерживать постоянный уровень жидкости во флотаторе. Очищенная сточная вода через выпуск 8 направляется в канализацию (или на доочистку на фильтры). Всплывшая на поверхность жировая масса с помощью скребкового устройства 9, приводимого в круговое движение приводом 10, сбрасывается в жиросборный лоток 11, из которого она направляется в специальную емкость для утилизации. Продолжительность пребывания сточной воды во флотационной камере следует принимать 20 мин, а продолжительность отстаивания стоков в отстойной зоне — 10—15 мин. Общее время флотации должно быть не менее 30—35 мин. Высоту наполнения флотатора, как показали испытания очистных сооружений на Краснодарском масложиркомбинате и на заводе «Салолин», можно принимать до 2,5 м. Давление в ресивере не менее 0,4 МПа. Реактивное водораспределительное устройство должно состоять, как правило, из 6—8 отрезков труб с отверстиями диаметром не менее 10—15 мм. Жиросборный лоток располагается на 2—3 см выше зеркала воды во флотаторе (над гребнем водослива). Длину лотка принимают на 5—10 см меньше радиуса флотатора.

Как показали испытания и эксплуатация флотационных установок, скребок, сбрасывающий жировую массу в лоток, составляет после лотка значительный сектор, неочищенный от всплывших жировых частиц. Поэтому целесообразно предусматривать второй скребок, предназначенный лишь для удаления всплывающих в этом секторе жировых веществ с тем, чтобы с помощью первого скребка сбрасывать их в лоток. Время оборота каждого скребка не должно превышать 1 мин. Начальный размер пузырьков воздуха зависит от условий выпуска водно-воздушной эмульсии через водораспределительное устройство. На основе опыта эксплуатации флотационных установок скорость истечения водно-воздушной эмульсии из отверстий следует принимать не менее 0,8—1,0 м/с.

В качестве коагулянта можно использовать глинозем, а также хлорное и сернистое железо. Применение этих коагулянтов позволяет извлекать жировые вещества, находящиеся в промышленных стоках в виде стойких эмульсий и частично в растворенном состоянии.

В 1969 г. сооружения с применением метода напорной флотации были впервые пущены в постоянную эксплуатацию на ленинградском заводе «Салолин» и Краснодарском МЖК.

Основные показатели работы очистных сооружений следующие:

производительность 500 м³/сут, время флотации 20—30 мин, эффективность очистки 90—98%, остаточное содержание жировых веществ в очищенных стоках не выше 30—50 мг/л.

В 1970 г. прошли испытание и пущены в эксплуатацию очистные сооружения с применением напорной флотации на Ленинградском масложиркомбинате для очистки стоков рафинационного цеха. Исследования работы этих сооружений показали вполне удовлетворительные результаты. До очистки сточные воды содержали взвешенных веществ от 200 до 5000 мг/л, а жировых веществ от 280 до 5600 мг/л, после очистки — взвешенных веществ до 60 мг/л, а жировых веществ до 40 мг/л (по данным ВНИИЖа).

На основании исследований, проведенных на Ленинградском МЖК и других предприятиях Ленинграда, ВНИИЖем, Гипрошхепромом-3 и Ленинградским отделением «Союзводоканалпроект» были даны рекомендации и выданы рабочие чертежи на строительство очистных сооружений с применением напорной флотации.

Флотационно-песчаный фильтр (рис. 26) разработан сотрудниками ВНИИЖа и изготовлен экспериментальным машиностроительным заводом ВНИИЖа. Этот фильтр предназначен для очистки малозагрязненных барометрических вод, содержащих не более 40—50 мг/л жировых веществ, или для доочистки стоков, прошедших биологическую или физико-химическую очистку.

При очистке барометрических вод установка работает следующим образом. Очищаемая вода засасывается насосом. Одновременно с этим во всасывающую линию насоса подается через патрубок воздух, а из дозирующего бака реагент (глинозем). Затем смесь воды, воздуха и реагента под избыточным давлением поступает в ресивер. Очищенные стоки в виде водно-воздушной эмульсии подаются в фильтр через водораспределитель 6 и разбрызгиваются по всей площади загрузки 2, при прохождении водно-воздушной эмульсии из нее выделяются мельчайшие пузырьки воздуха, которые выносят коагулированные частицы жировых веществ на поверхность воды.

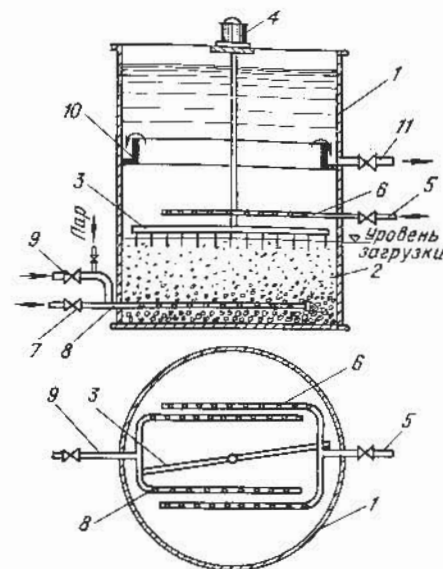


Рис. 26. Флотационно-песчаный фильтр: 1 — корпус; 2 — песчаная загрузка; 3 — рыхлитель; 4 — привод; 5 — выпуск водно-воздушной эмульсии; 6 — водораспределитель; 7 — выпуск очищенной воды; 8 — водосборник; 9 — выпуск промывочной воды; 10 — водоотводящий лоток; 11 — выпуск промывочной воды.

Это в значительной степени снижает возможность образования водонепроницаемой пленки на поверхности загрузочного материала. Через некоторое время работы фильтра загрузочный материал его все же начинает загрязняться, что вызывает подъем уровня воды. В этом случае включают рыхлитель 3 и очищенная вода через водосборник 8 и выпуск 7 направляется в систему оборотного водоснабжения.

При повышении уровня воды в корпусе 1 до верхней отметки автоматически включается насос, который подает очищенную воду, находящуюся в специальной емкости, через выпуск 9 и водосборник 8 в нижнюю часть загрузочного материала 2 для его промывки.

В случае необходимости подогрев промывной воды может быть произведен паром в специальной емкости. (Пар может быть также подан непосредственно в фильтр.) Для ускорения процесса растворения глинозема предусмотрена подача пара в затворный бак.

Промывная вода после прохождения слоя загрузочного материала 2 поступает в водоотводящий лоток 10, а затем через выпуск 11 на повторную очистку.

Испытание установки проводили сотрудники ВНИИЖа совместно с работниками Залорожского масложиркомбината.

В результате этих испытаний были установлены следующие показатели, необходимые при проектировании флотационно-песчаных фильтров для очистки барометрических вод:

Скорость фильтрации, м ³ /(м ² ·ч)	3—4
Межпромывочный период, суток	трое
Доза коагулянта (глинозема), мг/л	25—50
Время пребывания водно-воздушной смеси в ресивере, мин	1—1,5
Интенсивность промывки, л/(с·м ²)	10—15
Высота слоя загрузки, м	0,8—1,0
Предельный напор воды, м	3

Испытания флотационно-песчаного фильтра показали, что очистка барометрических вод на них проходит удовлетворительно (до очистки содержание жировых веществ — 50 мг/л после очистки — 0,10 мг/л), что вполне отвечает требованиям, предъявляемым к воде, используемой в системе оборотного водоснабжения.

На 1 м² фильтрующей площади необходимо затратить примерно 265 кг пара на одну промывку.

Песчаные фильтры были впервые использованы в сооружениях на Армавирском МЖК; для доочистки жиробензиновых содержащих сточных вод, предварительно очищенных методом напорной флотации.

В состав очистных сооружений входят: вертикальная жиrolовушка; флотаторы и флотационно-песчаные фильтры ВНИИЖа.

На Армавирском МЖК очистку бензиносодержащих стоков производят совместно с промышленными стоками маслопрессового цеха и сепарационного отделения. Эти стоки содержат большое количество жировых веществ (свыше 1000 мг/л). Поэтому при смешении стоков эти жировые вещества растворяются в себе свободный и частично растворенный бензин, содержащийся в стоках маслоэкстракционного цеха.

При очистке смешанных стоков на очистных сооружениях жировые вещества и частицы шрота, находящиеся в них, почти полностью извлекаются вместе с растворенным в них бензином. Оставшаяся часть бензина, растворенного в смешанных стоках, окисляется воздухом во время аэрации этих стоков жиrolовушке, а затем во флотаторах.

Исследования показали, что с помощью двойной аэрации (в жиrolовушках и во флотаторах) можно окислить 20—50 мг/л бензина, находящегося в воде.

В помещениях очистных сооружений МЭЗов должны быть установлены газоанализаторы ПГФ-2М1 для определения паров бензина в воздухе. Для измерения концентрации паров бензина гексановой фракции необходимо составить пересчетную таблицу или получить готовую (УкрНИИМП).

Результаты анализов сточных вод комбината до и после очистки показали, что в большинстве случаев жировые вещества в сточных водах, прошедших фильтры, отсутствуют или оставляют 3—10 мг/л. При очистке промышленных стоков заметно снижается содержание солей жесткости и особенно взвешенных веществ (до 10 мг/л). По прозрачности и взвешенным веществам очищенную воду можно сравнить лишь чистой водой открытых водоемов (см. табл. 3).

В первый период исследования очистных сооружений загрузочный материал песчаных фильтров промывали через 2 сут, а в последующие дни через 2—3 сут. При проектировании межпромывочный период следует принимать (с осторожностью) — 3 сут.

Состав жиромассы, задержанной на очистных сооружениях, зависит от продукции, которую вырабатывают на данном предприятии. Весьма хороший состав имеют жировые вещества, находящиеся в сточных водах цеха рафинации при промывке масла. Такая жиромасса содержит до 90% жирных кислот, которые можно успешно использовать при производстве мыла. Хороший состав жировых веществ содержится в сточных водах гидрозавода и маргаринового производства и др. В присутствии щелочи и сернистого алюминия при высокой температуре часть жиромассы может образовать металлические мыла. Такую жиромассу, задержанную на очистных сооружениях, следует предварительно обработать кислотой с целью олуечения истинных жирных кислот и Al₂O₃.

Жирные кислоты следует использовать для получения мыла или мыльной пасты, а Al_2O_3 повторно для коагуляции загрязнений, находящихся в очищаемых стоках.

При обработке 1 л жиромассы 38%-ной серной кислотой можно получить 400 мл кислого раствора, которым можно коагулировать загрязнения, находящиеся в 100—200 л сточной воды.

В лабораторных условиях после обработки кислотой удалось выделить в чистом виде растительное масло с кислотным числом 3,4 мг КОН в количестве 47,2% от содержания его в очищаемой воде.

Это свидетельствует о том, что жиромасса содержит в себе достаточное количество питательных веществ. Поэтому на маслоэкстракционных заводах, где нет вблизи мыловаренного производства, жиромассу целесообразно использовать для обогащения шрота жирами.

Исследования показали, что содержание алюминия в обогащенном шроте составляет ничтожное количество (не более 0,0006%).

Однако все же вопрос об использовании жиромассы для мыла и для обогащения шрота подлежит дальнейшему исследованию.

Для выделения алюминия из жиромассы, задержанной на очистных сооружениях, рекомендуется иметь две емкости, рассчитанные каждая на 8-часовой прием жиромассы. После наполнения жиромассой одной емкости (до определенной отметки) в нее добавляется нужное количество 38%-ной кислоты. После тщательного перемешивания с помощью мешалок обработанную жиромассу следует отстаивать в течение 1 ч. После этого кислый отстой необходимо равномерно слить в очищаемую воду, а уплотненную жиромассу использовать в мыловаренном цехе.

Исследование жиромассы на кислотный состав показало следующее (табл. 29).

Таблица 29

Кислотный состав жиромассы

Показатели	Состав жирных кислот, %					
	C_{14}	C_{16}	C_{18}	C_{20}	C_{22}	C_{24}
Смешанная жиромасса	1,5	12,2	6,3	1,2	39,0	39,8
Жиромасса из флотаторов	1,9	17,7	7,6	1,8	37,7	33,3

Из табл. 29 видно, что в органической части жиромассы, задержанной на очистных сооружениях, содержится насыщен-

ных кислот 27,2% и ненасыщенных — 72,8%. В смешанной жиромассе (из жироловушек и флотаторов) содержится насыщенных кислот 20% и ненасыщенных — 80%.

На некоторых предприятиях жиромассу, задержанную на флотационных сооружениях, сбрасывают в дворовую жироловушку, куда поступают кислые сточные воды. Из жироловушки жиромассу удаляют с помощью пневматических устройств. Жиромасса используется для производства мыла, а освободившийся алюминий для коагуляции жировых частиц, находящихся в очищаемых стоках. На некоторых комбинатах жиромассу направляют в мылосточные резервуары, где их вместе с мылосточком подвергают обработке серной кислотой. В этом случае освободившийся алюминий вместе со сточными водами уходит на очистные сооружения. Следовательно, вопрос по обработке жиромассы, задержанной на очистных сооружениях, необходимо решать в каждом случае отдельно, исходя из местных условий комбината.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФЛОТАЦИИ

Электрофлотаторы. Как уже отмечалось выше, метод напорной флотации может обеспечить весьма высокую степень очистки жиросодержащих стоков. Однако этот метод имеет существенные недостатки, связанные с необходимостью иметь реакгентное хозяйство, которое в значительной мере усложняет эксплуатацию очистных сооружений и автоматизацию процесса очистки.

Весьма перспективным является способ электрической флотации, обладающий высокой скоростью и эффективностью при извлечении тонкодисперсных частиц, находящихся в сточных водах, без применения каких-либо реагентов.

Преимущество электрофлотации заключается в том, что обеспечивается генерация газовых пузырьков весьма тонкой дисперсности (примерно 10—15 мкм в момент их образования) в достаточном для флотации количестве. Путем изменения параметров тока можно в широком диапазоне изменять дисперсность и гранулометрический состав пузырьков, что имеет большое значение в создании оптимальных условий для извлечения жировых частиц любых размеров.

Многие исследователи полагают, что размер пузырьков газов, образующихся при электролизе воды, зависит главным образом от pH очищаемых сточных вод, температуры, диаметра электродов и плотности тока.

Однако наши исследования показали, что при очистке промышленных сточных вод с помощью электричества возникают трудности в связи с нестабильностью электролитических свойств стоков в течение суток и их загрязнений (см. рис. 1, 2, 4 и др.).

На масложиркомбинатах при спуске подмыльных щелочей, где количество поваренной соли доходит до 10%, плотность тока может возрасти в 5—6 раз.

Так же обстоит дело в случае залпового сброса на локальные очистные сооружения щелочи и кислоты совместно с промывной водой рафинационного цеха (рис. 27). Следовательно, возникает необходимость производить полное усреднение pH сточных вод в течение суток.

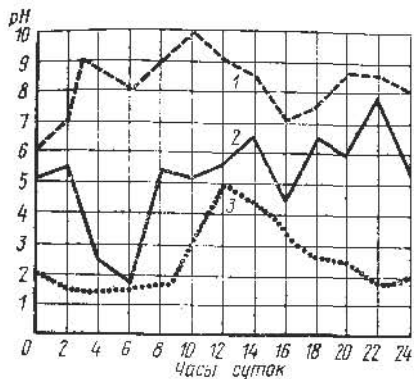


Рис. 27. Колебания pH стоков по часам суток на предприятиях: 1 — комбинат СМС им. Карпова; 2 — Ленинградский МЖК; 3 — Краснодарский МЖК.

Иначе резкое изменение загрязнений, поступающих на очистку, может привести к недопустимому возрастанию плотности тока.

Большие неудобства в эксплуатации очистных сооружений с применением электричества может вызвать выделяющийся при электролизе воды водород, который в смеси с воздухом дает взрывоопасную смесь. Следовательно, все электродвигатели, освещение и т. п. должны быть выполнены во взрывобезопасном исполнении с соблюдением всех мероприятий по технике безопасности. Во многих литературных источниках по электрофлотации много материала изложено о размерах пузырьков газов, образующихся при электролизе воды. Некоторые авторы считают, что чем тоньше электроды, тем меньше размеры пузырьков газа. На основе этого были предложены конструкции аппаратов, в которых электроды выполнены либо из тонкой проволоки, либо из металлической сетки. В электрофлотаторах такой конструкции электроды быстро изнашиваются, в результате чего может произойти замыкание электрического тока. На больших площадях усложняется монтаж электродов, их очистка и демонтаж. Исследования ВНИИЖа показали, что электроды, выполненные из листовой стали размером, например, 1 м² при высоте наполнения флотатора 2,5—3,0 м и рабочей плотности тока (200—300 А/м²) могут дать пузырьки газа размером не более 2,5—3 мм при нагруз-

их коагулированными частицами жира. Поэтому электрофлотаторы могут быть оборудованы крупными электродами из расчета их работы в течение месяца.

Широкому использованию очистки сточных вод с помощью электричества препятствовало то, что не были найдены надежные и удобные в работе аппараты, а также эффективные и доступные способы очистки электродов и быстрая их замена. До конца не решены вопросы техники безопасности эксплуатации очистных сооружений, где используется способ электрической флотации. В связи с этим сотрудники ВНИИЖа совместно с работниками Гипропищепрома-3 свыше восьми лет проводили научные и конструкторские исследования с целью создания надежных электрофлотаторов, пригодных для очистки жиросодержащих сточных вод [16, 19].

Вначале были проведены многочисленные опыты по очистке сточных вод на лабораторной установке электрофлотатора непрерывного действия. Эта установка выполнена из органического стекла и имеет диаметр 100 мм и высоту 2 м. Сточные воды в установку подавали от поплавоквого дозатора.

В нижней части установки расположены горизонтально два алюминиевых электрода на расстоянии 4 см один от другого. Для равномерного распределения пузырьков газа, выделяющихся при электролизе, на каждой электродной пластинке сделаны по 65 отверстий диаметром 5 мм каждое. Общая полезная площадь одного электрода составляет 48 см².

На этой установке было проведено много опытов. В качестве исходной жидкости принимали водопроводную воду с добавлением мыльного раствора из расчета 300 мг/л жирных кислот, а также поваренной соли 1000 мг/л. Опыты проводили при наполнениях 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и 2 м, при силе тока, равной 2,5; 3; 4 А. Напряжение тока находилось в пределах 50—100 В. По мере прохождения очистки наблюдалось заметное уменьшение напряжения тока с 62—68 В до 24—48 В в среднем при одной и той же величине силы тока.

Данные по очистке воды приведены на рис. 28, из которого видно, что для получения одинакового эффекта очистки сточных вод (по оптической плотности равной 0,10) требуется время (в мин): при высоте наполнения флотатора $h=2$ м — 40, при $h=1,5$ м — 30, а при $h=0,5$ м примерно 15. Однако количество энергии в кВт·ч, затраченное на 1 м³ очищаемой воды при наполнении флотатора $h=2$ м, равно 0,55 кВт·ч, тогда как при $h=0,75$ м — 0,85 кВт·ч, а при $h=0,5$ м — 0,95 кВт·ч.

Электрофлотаторы, имеющие глубину наполнения 2 м и выше, являются более экономичными по расходу энергии вместе с тем требуется большая площадь для их размещения и, следовательно, меньшая площадь электродов.

Это заключение имеет практическое значение при снижении себестоимости очистки стоков. Некоторые исследователи считают, что оптимальная высота наполнения в электрофлотаторах должна быть $h=0,8$ м.

Однако дальнейшее увеличение глубины наполнения установок флотатора свыше 2,5 м вряд ли будет целесообразным.

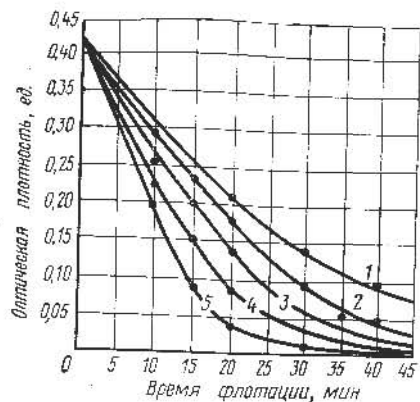


Рис. 28. Зависимость эффекта очистки стоков от наполнения флотатора

h (в м):
 1 — $h=1,5$; 2 — $h=1,0$;
 3 — $h=0,75$; 4 — $h=0,5$.

так как при этом может произойти отрыв пузырьков газа от частиц жира вследствие увеличения скорости всплывания (рис. 29).

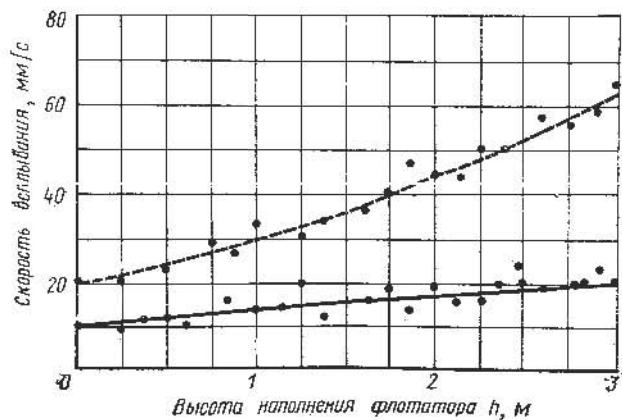


Рис. 29. Зависимость скорости всплывания пузырьков воздуха, выделившихся из водно-воздушной эмульсии, от высоты наполнения флотатора:
 — в жиросодержащих стоках; — в чистой воде.

На Невском заводе косметических изделий очистка смешанного стока, взятого из всех основных технологических производств пропорционально расходам, показала, что такие сто-

за 1—2 мин электрофлотации очищаются практически полностью. Из стоков удаляются взвешенные вещества (до 10 мг/л), увеличивается их прозрачность и резко снижается содержание жировых веществ (до 10 мг/л).

Такие же примерно результаты были получены по очистке смешанных стоков Одесского жиркомбината и Армавирского масложиркомбината, где снижение загрязнений (по жирам) доходило в среднем с 566 до 24 мг/л.

Для проведения опытов по очистке жиросодержащих стоков в полупроизводственных условиях на экспериментальном машиностроительном заводе ВНИИЖа изготовлена первая опытная установка флотатора (рис. 30).

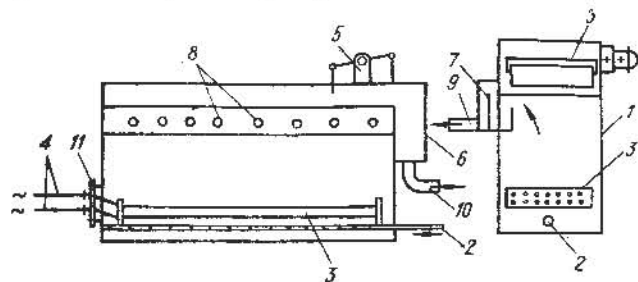


Рис. 30. Схема полупроизводственной установки электрофлотатора.

Установка выполнена в виде прямоугольного резервуара площадью в плане $0,6 \times 1,3$ м. Полезная высота 1,10 м. Пропитываемость установки при 30 мин аэрации равна $1,7$ м³/ч. Установка состоит из следующих элементов: металлического корпуса 1, впускного устройства с отверстиями 2, двух рядов алюминиевых электродов 3, выполненных из стержней диаметром 12 мм и вставленных в раму из органического стекла с разрывом 15 мм один от другого, электропровода от сети переменного тока 4.

Для удаления жиромассы, всплывающей на поверхность жиросборник 6, выполненный в виде лотка, установлен сребковый механизм 5, вращающийся с частотой 11 об/мин с помощью двигателя с редуктором типа СД-54 мощностью 5 Вт.

Для поддержания постоянного уровня во флотационной камере предусмотрено перепускное устройство с водосливом 7. Для равномерного удаления очищенной жидкости из флотатора на одной из боковых стен предусмотрен ряд отверстий диаметром 15 мм. Очищенная вода удаляется в канализацию через выпускное отверстие 9. Жиромасса, задержанная во флотаторе, из жиросборника 6 удаляется через выпускное отверстие 10. Для замены электродов, а также для их чистки предусмотрен люк 11.

В 1968 г. электрофлотатор был установлен на территории Ленинградского МЖК в конце основного канализационного коллектора. Во время испытания флотатора работали масло-экстракционный цех и цех рафинажи. Основными загрязнениями сточных вод были твердые жиры и растительное масло. Установка электрофлотатора работала следующим образом. Сточные воды из канализационного колодца с помощью передвижного насоса 6-ИФ перекачивались в промежуточный резервуар вместимостью 3 м³. Из промежуточного резервуара жидкость с равномерным расходом 1,70 м³/ч подавалась через выпускное устройство 2 в нижнюю часть флотатора. Одновременно с этим на установку подавался от трансформатора переменный ток силой до 80 А при напряжении 12—25 В. Время флотации составляло 25—30 мин. Очищаемая жидкость, поднимаясь к выходным отверстиям 8, аэрировалась газами.

Всплывающая жировая масса периодически удалялась в жиросборник 6 с помощью скребкового механизма 5, а очищенная вода сбрасывалась через выпуск 9 в канализацию.

Работа установки проходила удовлетворительно.

Колебание силы тока было сравнительно небольшое и практически не влияло на процесс очистки сточных вод.

Во время испытаний наблюдалось некоторое снижение эффекта очистки за счет образования электродов, поэтому их приходилось чистить примерно через 8 ч работы флотатора. За 8 дней работы флотатора электроды полностью израсходовались и требовалась их замена. Результаты анализа сточных вод до и после очистки показали, что очистка сточных вод с помощью электрофлотации проходила весьма успешно. Остаточное содержание жировых веществ в очищенной воде было настолько мало, что не обнаруживалось существующими методами анализов.

Интенсивность выделения водорода по всей площади флотатора была сравнительно небольшая, поэтому над открытым флотатором исключалась возможность образования взрывоопасной смеси. Это проверяли с помощью приборов, а также посредством зажигания огня.

При испытании установки расход электроэнергии при напряжении 12 В составил примерно 0,420 кВт·ч, а при 25 В — около 0,8 кВт·ч на 1 м³ очищенных стоков.

Теоретические расчеты показывают, что при затрате силы тока в 1 А·ч можно получить 449 мл сухого водорода и 224,5 мл сухого кислорода. В промышленных условиях выход газов по затраченному току обычно достигает 99,5% от теоретически вычисленного. Для того чтобы началось образование водорода и кислорода, минимальная разность потенциалов между электродами должна быть 1,23 В. Однако на практике для непрерывного электролиза необходима разность на-

пряжения на электродах не менее 2—4 В. Расход энергии при этом на выработку 1 м³ водорода и 0,5 м³ кислорода составит в зависимости от электролитических условий очищаемой воды 4,5—9 кВт·ч.

Напряжение во флотаторе при нормальной работе называется напряжением разложения.

Напряжение, получаемое во флотаторе выше 1,23 В, называется перенапряжением. Чем больше величина перенапряжения, тем больше расходуется энергии на очистку 1 м³ сточных вод.

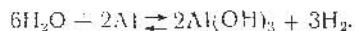
Перенапряжение зависит от плотности тока, температуры очищаемой жидкости, материала электродов, состояния их поверхности. Причиной перенапряжения могут быть различные затруднения при разрядке ионов или при образовании газобразных продуктов реакции. При изменении плотности тока в небольших пределах перенапряжение можно считать в прямой пропорции. Снижение перенапряжения может быть достигнуто путем увеличения размера электродов или уменьшения нагрузки. Поэтому для каждого электрофлотатора в зависимости от вида очищаемых стоков (их электролитических условий) следует устанавливать оптимальные размеры их и максимальную нагрузку.

Перенапряжение увеличивается при повышении температуры, в связи с чем очистка стоков с помощью электричества более экономично проходит при сравнительно низких температурах (до 40—50°С) очищаемой воды. Гладкая поверхность электродов обычно вызывает большие перенапряжения, чем шероховатая. Поэтому электроды предпочтительно изготовлять из отдельных стержней. Наиболее низкое катодное перенапряжение дает сталь, наиболее низкое анодное — никель. Поэтому при использовании постоянного тока для питания электрофлотаторов возможно изготовить катоды из железа, а аноды — из никелированного железа или графитовой плиты. Это целесообразно делать лишь тогда, когда очищаемые стоки щелочные.

Электропроводность чистой воды весьма небольшая. Поэтому смешанные сточные воды предприятий масло-жировой промышленности, особенно там, где имеются мыловаренные производства, имеют незначительное удельное сопротивление. Загрязнению поверхности электродов способствуют хлориды и сульфаты, карбонаты, которые к тому же вызывают перенапряжение на аноде. Постоянный ток для очистки сточных вод может быть применен на заводах, где он вырабатывается для получения водорода и для освещения. В других случаях следует предусмотреть установку выпрямительных агрегатов.

Потребную силу тока нужно вычислять, исходя из всей площади флотатора, из расчета 200 А/м². Теоретически напря-

жение тока достаточно иметь 1, 2, 3 В. Однако в производственных условиях напряжение тока будет несколько выше (12 В). Многочисленные опыты показали, что при нормальной работе электрофлотатора из очищаемой воды в атмосферу выделяется лишь водород, а кислород, образующийся в результате электролиза воды, вступает в реакцию с алюминием, выделенным под действием электрического тока



При исследовании установили также, что чем меньше пузырьки водорода (0,03—0,04 мм), тем лучше идет флотация. Величина пузырьков газа, образующихся на электродах, зависит от плотности тока, толщины электродов и от высоты столба очищаемых стоков. При высоте флотатора 2 м и плотности тока 200 А/ч на 1 см² на электродах, выполненных в виде колосниковых решеток, образуется сплошное облако, состоящее из мельчайших, не видимых простым глазом, пузырьков газа.

Учитывая особенности электрической очистки сточных вод, ВНИИЖем разработан электрофлотатор (рис. 31).

Электрофлотатор работает следующим образом.

Очищаемая вода подается по впускному патрубку 2, которая затем распределяется равномерно по всей площади отстойной зоны II через отверстия 4, находящиеся в водораспределителе 3. При прохождении отстойной зоны II жировые частицы и другие легкие вещества всплывают на поверхность воды, а тяжелые и взвешенные вещества оседают в зону III. Предварительно очищенная вода из отстойной зоны поступает в верхнюю часть флотационной камеры 5 и далее направляется вниз к водоотводным трубам 7. В нижней части флотационной камеры размещаются в два ряда электроды (лучше алюминиевые), которые под действием тока частично разлагаются, образуя Al(OH)₃ и водород. Полученный реагент с помощью газа быстро перемешивается в воде, находящейся во флотационной камере, и коагулирует находящиеся в ней загрязнения. В результате перемешивания реагента очищаются стоки, находящиеся в верхней части флотатора. Очищенная вода через водоотводные трубы 7 направляется в кольцевой водосборный лоток 10, из которого переливается через водоливную стенку 11 и может быть направлена на доочистку на фильтры через выпуск 13. Всплывшая на поверхность воды жиромасса с помощью скребка, приводимого в круговое вращение приводом 8, сбрасывается в жиросборный лоток 9, откуда она направляется на уплотнение острым паром до влажности 95—96%. Осадок, образующийся в зоне III, подлежит периодическому удалению на иловые площадки. В случае об-

разования отложений (главным образом карбонатных) придается в движение диэлектрическая щетка 12 от привода 8. Содержание минеральных примесей в очищаемой воде имеет большое значение при проведении электрокоагуляции органических загрязнений. В связи с этим промышленные стоки типичных производств, но образованные на различной природной воде (открытые или подземные источники), могут очищаться неодинаково. При электролитической очистке стоков

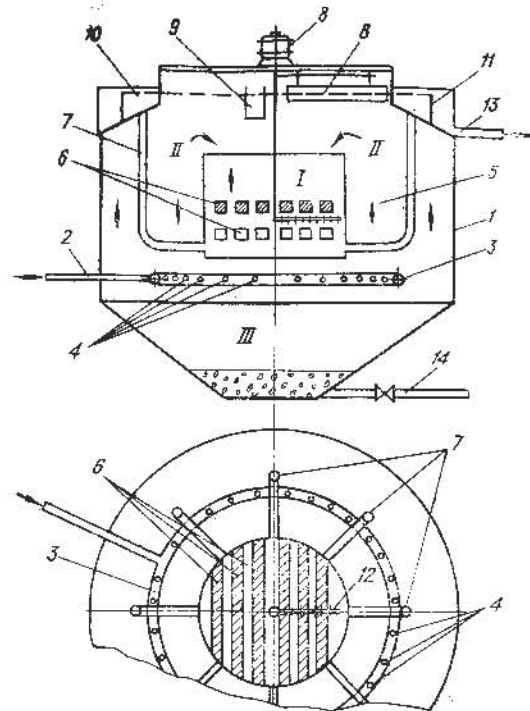


Рис. 31. Схема электрофлотатора:

1 — корпус с коническим основанием; 2 — впускной патрубок; 3 — водораспределитель; 4 — устройство с отверстиями; 5 — флотационная камера; 6 — электроды; 7 — водоотводные трубы; 8 — скребок с приводом; 9 — жиросборный лоток; 10 — кольцевой водосборный лоток; 11 — водоливная стенка; 12 — вал с диэлектрической щеткой; 13 — выпуск; 14 — выпуск осадка; I — зона флотации; II — зона отстоя; III — зона содержания осадка.

держатся в них в большом количестве (свыше 9 мг-экв) или кальция и магния могут отрицательно повлиять на взаимодействие минералов с гидратом окиси алюминия и связывать их в нерастворимые соединения. Содержащиеся в воде в небольшом количестве ионы кальция, меди, железа, магния других металлов резко активизируют это взаимодействие.

При высокой температуре очищаемых стоков (свыше 60°С) может произойти десорбция жировых веществ. Поэтому очи-

стку жиросодержащих стоков на электрофлотаторах следует производить при температуре их до 40—50°С. При очистке на электрофлотаторе природных вод, не содержащих жировых веществ, коагуляция примесей проходит более успешно, наоборот, при более высоких температурах (75—80°С).

Преимущество электрофлотатора ВНИИЖа заключается в том, что к электродам поступает предварительно очищенная и частично умягченная вода, что в значительной мере предохраняет их от частых загрязнений и наслоения отложениями.

В электрофлотаторе ВНИИЖа впервые была применена диэлектрическая щетка, расположенная между рабочими поверхностями электродов, что позволяет вести бесперебойную и непрерывную их очистку. Опытная установка электрофлотатора прошла испытание на Ленинградском МЖК (1972 г.). Такая установка производительностью 250 м³/сут запроектирована Гипропищепромом-3 для Ленинградского комбината химико-пищевой ароматики.

Электрофлотатор также выгодно отличается распределением поступающих на очистку сточных вод, а также отводом очищаемых стоков с помощью водоотводных труб и кольцевой водосборной лотки. Сужение верхней части флотатора позволяет получать более плотную всплывающую на поверхность жиромассу. Одновременно с этим уменьшение жиросборной поверхности во флотаторе упрощает задачу по удалению всплывающей жировой массы в жиросборный лоток.

После электрофлотатора коагулированные сточные воды следует направлять на флотаторы, а жиромассу после обработки — в мыловаренное производство.

Как показали исследования, при силе тока в 1 А можно разложить 0,35 г алюминиевых электродов. Для коагуляции загрязнений, находящихся в 1 м³ малозагрязненных сточных вод (до 100 мг/л по БПК), необходимо разложить 5 г Al. Для более загрязненных вод потребное количество алюминия увеличивается, примерно 5 г на каждые последующие 100 мг/л загрязнений, находящихся в сточных водах.

Электрокоагуляторы. Как было уже сказано, коагуляция загрязнений с помощью реагентов вызывает значительное усложнение эксплуатации очистных сооружений. Поэтому ВНИИЖем разработан так называемый напорный электрокоагулятор (рис. 32), с помощью которого можно без реагентного хозяйства производить коагуляцию загрязнений, находящихся в сточных водах. Впервые электрокоагулятор установлен и испытан на Ленинградском заводе «Салолин». Производительность этого электрокоагулятора 50 м³ стоков в сутки. ВНИИЖем разработаны чертежи электрокоагулятора производительностью до 2000 м³ стоков в сутки для Ленинградского завода «Салолин», Армавирского масложиркомбината и Бендерского маслоэкстракционного завода. Напорный электро-

коагулятор работает по тому же принципу, что и электрофлотатор.

Электрокоагулятор состоит из закрытого металлического цилиндрического корпуса 1, состоящего из двух равных половин, свободно вращающихся на шарнирном устройстве 7. Для создания герметичности корпуса предусматриваются зажимы 8. Внутри корпуса имеются пазы 6, в которых вмонтированы шины для присоединения к постоянному или переменному источникам тока и вставлены алюминиевые или железные электроды 2, состоящие из двух равных половин. Для выпуска и выпуска сточных вод предусмотрены патрубки 9 и 10. Для очистки электродов имеются диэлектрические щетки 3, закрепленные на валу 5, приводимого круговое вращение с помощью электродвигателя 4.

Коагулятор работает следующим образом. Сточные воды, подлежащие коагулированию, поступают в корпус 1 через патрубок 9. Одновременно с этим к электродам 2 подводится ток, вследствие чего происходит образование Al₂O₃, обладающего хорошим коагулирующим свойством. Очищаемая вода с коагулированными загрязнениями по выпуску 10 направляются на песчаные фильтры или во флотаторы для выделения из нее хлопьев коагулянта. При работе электрокоагулятора на электродах постепенно образуется отложение различных солей, в результате чего возрастает напряжение тока. Для избежания этого во время работы электрокоагулятора производится одновременно очистка электродов с помощью диэлектрических щеток 3.

При износе электродов примерно на 50% их следует заменить новыми, а старые подлежат переплавке. При замене электродов необходимо включить резервный агрегат.

Для очистки жиросодержащих сточных вод с помощью электричества ВНИИЖем предложена новая схема установки (рис. 33).

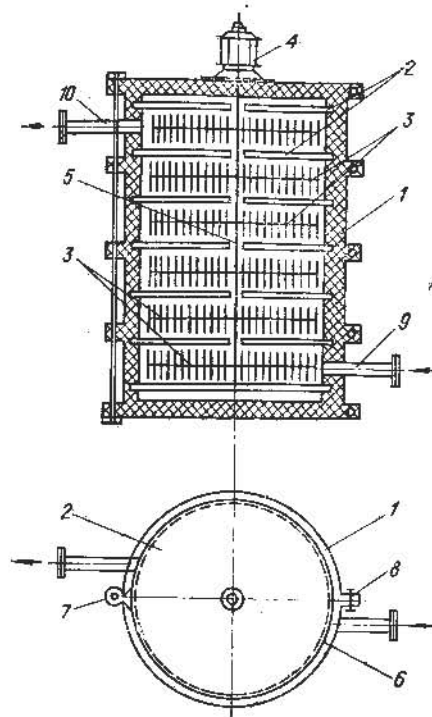


Рис. 32. Напорный электрокоагулятор.

Электрокоагуляционная установка для очистки сточных вод состоит из приемного резервуара, электрокоагулятора, флотатора, фильтра и т. д.

Установка работает следующим образом: сточные воды через выпуск попадают в приемный резервуар 1, из которого насосом 2 перекачиваются в верхнюю часть электрокоагулятора 3, где проходят через ряд металлических электродов 4 (алюминий, железо).

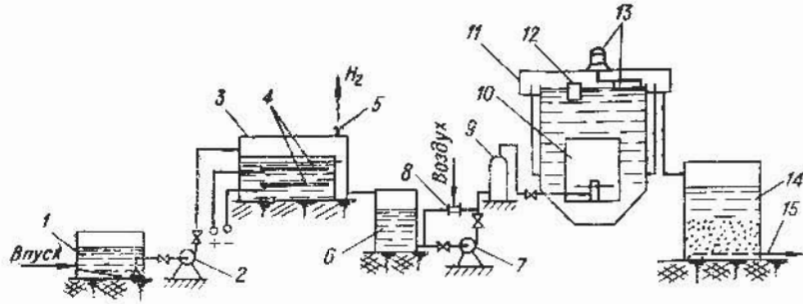


Рис. 33. Схема электрофлотационной установки для очистки сточных вод с небольшим количеством загрязнений (барометрических).

Под действием электрического тока (постоянного или переменного) в результате электролиза воды и разложения металла образуются гидроокиси металлов. В результате этого происходит коагуляция загрязнений, находящихся в сточных водах. Одновременно с этим выделяются газы, которые отводятся в атмосферу через газотводящий трубопровод 5. Отработанные в электрокоагуляторе сточные воды направляются через водосливную стенку в промежуточную емкость 6. Далее сточные воды засасываются аэрационным насосом 7. Одновременно с этим в аэрационный насос 7 подается с помощью эжектора 8 воздух, который затем растворяется в ресивере 9 и далее в виде водно-воздушной эмульсии направляется во флотатор 11 через флотационную камеру 10. Сточная вода при прохождении через флотационную камеру аэрируется мельчайшими пузырьками воздуха, выделяющимися из водно-воздушной эмульсии при снижении давления. Во флотационной камере наиболее крупные жировые частицы очищаемой жидкости всплывают на поверхность. Пройдя флотационную камеру, сточные воды попадают в зону отстаивания, здесь всплывают наиболее мелкие частицы жира с помощью мельчайших пузырьков воздуха, засасываемых сюда потоком очищаемой жидкости. В этой зоне выпадают наиболее тяжелые взвеси, главным образом, минерального происхождения.

Очищенная сточная вода через отводы поступает в кольцевой водосборник, из которого направляется в фильтр.

Рекомендуемые выпрямительные агрегаты для очистки жиродержащих сточных вод на электрофлотаторах (Быстровский электротехнический завод)

Тип агрегата	Режим работы	Мощность, кВт	Выпрямленное напряжение, В	Выпрямленный ток (наименьший-повышающий)	Вид охлаждения	Размеры, мм			Примечания	
						высота	глубина	ширина		
ЗАКГ-18/9-320	I	5,76	12-18	75-320	Воздушное	1662	400	870	300	Перевернутый
	II	2,88	3-9							
ВАКГР-12/6-630	I	7,56	9-12	50-630	*	1492	590	882	380	Релеверсный
	II	3,70	3-6							
ВАКГ-12/6-630	I	7,56	9-12	75-320	*	1662	480	870	350	Перевернутый
	II	2,88	3-9							
ВАКГ-12/6-1600	I	19,2	9-12	375-1600	Воздушно-водяное	1711	758	910	650	*
	II	9,6	3-6							
ВАКГ-2/6-3200	I	38,4	9-12	750-3200	Воздушно-водяное	1711	882	910	800	Перевернутый
	II	19,2	3-6							

Для поддержания постоянного уровня воды во флотаторе в кольцевом водосборнике на всю его длину установлен водослив. Всплывшая на поверхность воды жировая масса удаляется скребком, приводимым в круговое движение электроприводом 13, в лоток 12, а затем самотеком поступает в резервуар для уплотнения. Образующийся в конусной части осадок следует периодически удалять в специальную емкость для последующего обезвреживания.

Время пребывания очищаемой жидкости во флотаторе 30—35 мин. Влажность извлеченной из промышленных стоков жировой массы не более 96—97%, а уплотненной с помощью пара — около 80—85%.

Дальнейшая очистка происходит на песчаных фильтрах 14. После фильтров очищенная вода подается по водоотводному трубопроводу 15 в систему обратного водоснабжения.

Рекомендуемые выпрямительные агрегаты приведены в табл. 30.

Объем водорода (в м³/ч), выделяющегося при электролизе, определяют по формуле

$$V_{\text{в}} = \frac{0,418 BI}{1000}, \quad (25)$$

где 0,418 — электрохимический эквивалент водорода, км³/(А·г);

B — выход водорода по току;

I — сила тока, А.

Концентрация водорода в помещении (в %) при n -кратном воздухообмене

$$C_{\text{в}} = \frac{1}{n} \cdot \frac{V_{\text{п}} \cdot 100}{V_{\text{п}}}. \quad (26)$$

где $V_{\text{п}}$ — объем помещения, где располагаются электрофлотаторы или электрокоагуляторы.

Для автоматического контроля и сигнализации содержания водорода в помещении, где имеются электрофлотаторы, следует установить газоанализаторы СГГ-2-В4Б и ТП-1116М и автоматический газоанализатор типа ТХГ-5 для периодического контроля содержания кислорода в водороде, выходящего из очищаемой воды.

ГЛАВА VI

БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ЖИРОВЫХ И БЕНЗИНСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Биологический метод очистки сточных вод основан на жизнедеятельности микроорганизмов, производящих минерализацию органических загрязнений, находящихся в сточных водах.

В настоящее время имеются в основном два вида биологической очистки: в естественных условиях — поля орошения, поля фильтрации, пруды и водоемы (в качестве доочистки); в искусственных условиях — биологические фильтры (капельные, высоконагружаемые башенные, пластмассовые), аэротенки различных видов (одно и двухступенчатые с регенерацией ила и без регенерации активного ила, аэротенки-отстойники, аэротенки с механической аэрацией, аэротенки с низконапорной аэрацией и т. п.).

В искусственных сооружениях процесс очистки протекает значительно быстрее, чем в естественных условиях.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА БИОФИЛЬТРАХ

Совсем еще недавно очистку сточных вод на предприятиях, имеющих сравнительно небольшие загрязнения (до 100 мг/л), производили на биофильтрах, в которых основой минерализации загрязнений являлась биопленка, образующаяся на загрузочном материале при периодическом и капельном орошении ее сточными водами, а также при свободном доступе воздуха.

На основе этого принципа появились наиболее распространенные капельные биофильтры, аэрофильтры, биофильтры с пластмассовой загрузкой, башенные фильтры и др. [4].

Капельные биофильтры строят в виде прямоугольного резервуара с поддоном, выполненным из бетона или кирпича и заполненным сортированным загрузочным материалом (щебень твердых пород, гравий, котельный и доменный шлаки, керамзит и т. п.). Аэрация загрузочного материала осуществляется за счет образующейся естественной тяги.

Загрузочный материал должен быть неразмокающим и морозоустойчивым.

Сточная вода подается сверху равномерно (но с определенным интервалом), распределяется по всей поверхности загрузочного материала. Равномерность распределения очищаемой жидкости по площади осуществляется в основном с помощью сиринклеров, а периодичность орошения — с помощью дозирующего бака.

Имеются и другие способы орошения загрузочных материалов сточными водами (вращающиеся оросители, опрокидывающие желоба и т. п.). Необходимо рассчитать биофильтр так, чтобы внутри загрузочного материала не создавались бы сплошные потоки воды между отдельными кусками. Очищаемая вода должна во всех случаях лишь обволакивать отдельные куски загрузочного материала, стекая с них в виде капель. Только в этом случае загрузочный материал не заливается и биофильтр работает с полной отдачей.

Первые биофильтры на предприятиях масло-жировой промышленности были построены на Лабинском маслоэкстракционном заводе, Винницком масложиркомбинате и др.

На загрузочном материале развивается биопленка, в которой содержатся все виды микроорганизмов, необходимые для минерализации органических соединений. Часть загрязнений окисляется кислородом воздуха.

Избыток биопленки периодически смывается с загрузочного материала и выносится с очищаемой жидкости.

Капельные биофильтры применяют для очистки сточных вод в количествах, не превышающих 1000 м³/сут.

Очищенная вода должна иметь не более 15 мг/л загрязнений (по БПК). Однако на практике количество загрязнений в очищенных стоках бывает значительно выше (25—30 мг/л). Биофильтры размещают в отапливаемых помещениях, если среднегодовая температура наружного воздуха до 3°С. В закрытых помещениях устанавливают биофильтры при малой производительности (до 500 м³/сут), если среднегодовая температура воздуха составляет менее 6°С.

Оценкой биологического процесса, проходящего в том или ином сооружении, является так называемая окислительная мощность, исчисляемая количеством граммов кислорода, получаемого с 1 м³ сооружения в сутки и израсходованного для окисления органических веществ (аммонийной соли до нитритов и нитратов и т. п.). Окислительная мощность сооружений весьма различная (от нескольких сот граммов — капельные биофильтры до полутора килограммов — биоокислители).

Окислительная мощность биофильтра при средней зимней температуре сточных вод 10°С определялась по табл. 31.

Таблица 31

Таблица 32

Окислительная мощность (в г/м³) загрузки биофильтра

Ориентировочная окислительная мощность (в г/м³) загрузки аэрофильтров

Среднегодовая температура воздуха, °С	В помещениях		Среднегодовая температура воздуха, °С	В помещениях	
	отапливаемых	неотапливаемых		отапливаемых	неотапливаемых
До 3	200	—	До 3	400	—
Более 3 до 6	250	150	Более 3 до 6	500	400
» 6 » 10	—	250	» 6 » 10	—	500
» 10	—	300	» 10	—	600

Как видно из табл. 31, нагрузка на 1 м³ полезного объема биофильтра весьма незначительна. Поэтому с целью интенсификации процесса очистки стоков разработаны различные конструкции высоконагружаемых биофильтров (аэрофильтры).

В отличие от биофильтров эти сооружения вентилируются с помощью вентиляторов, что позволяет увеличить высоту загрузки до 4 м. Высота загрузочного материала принимается здесь 40—60 мм, для нижнего, подстилающего слоя 0,2 м—100 мм. Окислительная мощность аэрофильтра при средней зимней температуре сточных вод 10°С приведена в табл. 32.

Институтом «Союзводоканалпроект» в 1961 г. разработаны типовые проекты двухсекционных железобетонных биофильтров (со спринклерами) открытых и размещенных в шатрах полезной высотой загрузочного материала 2 м (табл. 33).

Таблица 33

Основные параметры типовых биофильтров

Объем загрузки секции, м ³	Размеры 1 отсек. лотка в плане, м	Размеры лотка в осев. м	Строительный объем лотка, м ³	Объем загрузки секции, м ³	Размеры 1 отсек. лотка в плане, м	Размеры лотка в осев. м	Строительный объем лотка, м ³
216	6×9	12×24	1357	864	12×18	15×42	3920
432	9×12	12×30	2240	1512	21×18	24×42	6510
1008	12×21	21×30	4687	2520	21×30	24×66	10180

В ПНР разработаны так называемые башенные фильтры, обладающие большой окислительной мощностью, которая обеспечивается, по утверждению авторов изобретения, усиленной тягой, развиваемой внутри башни, работающей по принципу дымовой трубы. Внутри башни размещен загрузочный материал на колосниковых решетках слоями по 2—3 м. Высота поддона каждого слоя загрузочного материала равна 0,4 м. Размеры фракций, принятые в ПНР, 4—10 см.

Рекомендуемая в СССР крупность загрузочного материала биофильтров 40—100 мм при содержании фракций размером 10 мм — не менее 40% и фракций размером 50 мм — не более 10%.

Окислительная мощность башенных фильтров при очистке сточных вод до 20 мг/л (по БПК) и температуре сточной воды 10°С составляет 1000 г/м³ загрузочного материала.

Как известно, в дымовой трубе создается большая тяга благодаря весьма большой разнице в температуре топочных газов и наружного воздуха. Внутри башни температура в межзагрузочном пространстве определяется в основном температурой очищаемой воды. Поэтому в летнее время, когда температура очищаемой воды будет равна температуре наружного воздуха, тяга в башне будет равна нулю. В дневное время, когда температура воздуха станет выше температуры очищаемой воды, движение воздуха в башне будет происходить

сверху вниз. Только зимой можно ожидать достаточно хорошую тягу в башне и то, конечно, не такую большую, как это наблюдается в трубах котельных установок. В связи с этим дальнейшее проектирование башенных фильтров для очистки промышленных стоков можно будет вести лишь после всесторонних испытаний их в производственных условиях, построенных на внеплощадочных очистных сооружениях Пологовского маслоэкстракционного завода (Запорожская обл.).

Вызывает также опасение в работе башенных фильтров и то, что их загружают главным образом по высоте, вследствие чего интенсивность орошения на единицу поверхности загруженного материала возрастает примерно в четыре раза по отношению к капельным биофильтрам. Это обстоятельство еще более увеличивает опасность заиливания верхнего слоя загруженного материала.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА АЭРОТЕНКАХ

Основой минерализации загрязнений в аэротенках является активный ил, образующийся в достаточно хорошо аэрируемой очищаемой жидкости.

Активный ил содержит в себе все виды микроорганизмов, необходимых для минерализации загрязнений [20]. В непрерывно действующих аэротенках активный ил вместе с очищенной водой уходит за пределы сооружения. Поэтому для его удержания предусматриваются вторичные отстойники, из которых активный ил с помощью насосов возвращается в аэротенк.

На этом принципе возник целый ряд разновидностей аэротенков (аэротенки с низконапорной аэрацией, аэротенки-смесители и т. п.) [4].

Аэротенки имеют вид прямоугольных, как правило, железобетонных резервуаров и бывают двух-, трех- и четырехкоридорные.

В аэротенке часть органического вещества окисляется воздухом, другая же часть этих веществ идет на прирост активного ила. «Мосводоканалпроектом» разработаны типовые проекты производительностью от 10 до 250 тыс. м³/сут. Всего разработано 9 типоразмеров для полной и один для неполной биологической очистки стоков. Для аэрации очищаемой жидкости здесь используется сжатый воздух, подаваемый через фильтросные пластины, уложенные в каналах на дне аэротенка.

При нахождении во вторичном отстойнике, где отсутствует кислород, а также перекачка насосами активный ил во многом теряет свои биологические свойства. Поэтому прежде чем подать в аэротенки, его регенерируют в регенераторах, выполненных аналогично аэротенкам. Глубина аэротенков принимается не менее 3 м.

Для поддержания активного ила во взвешенном состоянии необходимо иметь значительную интенсивность аэрации стоков. Сточные воды и активный ил подают, как правило, с торца аэротенка. Содержание активного ила в аэротенках составляет до 3 г/л. Остальное количество образующегося активного ила при влажности 99,4% направляют на обезвоживание.

Для работы обычного аэротенка необходима воздухоподводящая станция и насосная установка для рециркуляции активного ила.

Аэротенки, работающие на бытовых и промышленных стоках предприятий масло-жировой промышленности, можно рассчитывать по формулам (27) и (28).

Расход воздуха (в м³ на 1 м³ жидкости)

$$Q_v \approx \frac{2a}{KH} \quad (27)$$

где a — БПК поступающей жидкости;
 K — коэффициент использования воздуха, зависящий от вида аэратора (для дырчатых труб $K=6-8$, для фильтросов $K=12$);
 H — высота заполнения, м.

Продолжительность аэрации T (в ч) при полной очистке будет

$$T = \frac{2a}{KI} \quad (28)$$

где I — интенсивность аэрации, принимаемая по таблицам или по графику в м³/(м²·ч) (рис. 40).

Продолжительность аэрации в аэротенках для сточной жидкости со среднегодовой температурой 15°С приведена в табл. 34.

Таблица 34

Продолжительность аэрации в аэротенках, ч

БПК очищаемых стоков, мг/л	БПК очищенной воды, мг/л			БПК очищаемых стоков, мг/л	БПК очищенной воды, мг/л		
	без регенератора	с регенераторами			без регенератора	с регенераторами	
		15	15			20	15
100	4,4	3,4	2,3	350	—	9,8	8,8
150	5,5	4,8	3,6	400	—	11	10,1
200	6,8	6,1	4,9	450	—	12,2	11,3
250	8	7,4	6,2	500	—	13,4	12,7
300	—	8,6	7,5				

При неполной очистке сточных вод время аэрации t определяют по формуле

$$t = C \frac{2a}{KI} \quad (29)$$

где C — коэффициент, зависящий от % снижения БПК (при снижении БПК на 75% $C=0,55$, а при снижении на 80% $C=0,65$).

В обычном многокоридорном аэротенке в различных его точках условия биологической очистки протекают по-разному.

В начале аэротенка, где имеется наибольшее количество различных загрязнений и наименьшее количество кислорода в активном иле, активизируются лишь в основном простейшие организмы и грибы. В дальнейшем, в связи с изменением питательной среды проявляют активность другие виды находящихся в активном иле микроорганизмов и бактерий. В конце последнего коридора действуют, главным образом, микробы нитрификаторы. Поэтому активный ил заселяется чрезвычайно разнообразными видами микроорганизмов. По данным Ц. И. Роговской и М. Ф. Лазаревой, при нормальной работе аэротенка активный ил содержит в себе различные виды нитчатых бактерий, корненожек, инфузорий, колелчаток. Иногда там появляются древоподобные с широкими лопастями или узкие плотные тяжи [20]. Значительная роль в минерализации загрязнений отводится инфузориям. Такое богатое скопление различных организмов объясняется тем, что активный ил за несколько часов должен проходить самые различные питательные среды в аэротенке. Микроорганизмам приходится в связи с этим приспосабливаться к различным условиям. Одни виды организмов проявляют жизнедеятельность только в начале аэротенка, а другие, наоборот, лишь в последней стадии очистки стоков.

Очевидно, только этим можно объяснить, что двухступенчатая система аэротенков является более эффективной, так как здесь в обеих ступенях очистки создается свой мир организмов, соответствующий той среде, в которой они живут и размножаются.

Для производственных сточных вод предприятий МЖП перед биологической очисткой, как правило, требуется предварительная подготовка и усреднение содержания жировых веществ, бензина, цинка, меди, глицерина и других веществ, отрицательно влияющих на процесс биологической очистки сточных вод. Это достигается путем устройства резервуаров-усреднителей и разбавления очищаемых сточных вод водой до предельно допустимых концентраций загрязнений (табл. 35).

Температура очищаемых сточных вод при этом не должна быть ниже 6°C и не выше 30°C , а pH должен быть равен 6,5—9, а растворенных солей в сточных водах допускается до 10 г/л.

Таблица 35

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в сточных водах и осадке, поступающих на очистные станции, мг/л по данным ВНИИводгео и ВНИИЖа

Вещества	Биологическая очистка	Сбраживание осадка
Медь	0,4—0,5	25
Мышьяк	0,2	—
Никель	1	500
Свинец	1	50
Хром		
трехвалентный	2,7	25
шестивалентный	2,7	3
Цинк	11	—
Циан	0,1 (3,2)*	30
Сульфиды	20 (40)*	—
Анилин	100 (250)*	—
Бензол	100	200
Глицерин	5 (500)*	—
Капролактан	100	—
Кислоты		
бензойная	150	—
стеариновая	300	—
масляная	500	—
Спирты		
амиловый	3	100
метиловый	200 (700)*	5000
Фенол	1000	—
Формальдегид	160 (1000)*	—
Детергенты (синтетические поверхностно-активные вещества): ОП-7 и ОП-10	10**—20***	100
Сульфиды	10**—20***	200
Порошок «Новость»	100	100
Красители	25—120	—
Жироподобные вещества (масла)	100 (50)****	—
Уксуснокислый аммоний	500	—
Пиридин	400	—
Крезол	100 (1000)*	—
Нефтепродукты	100 (50)*	—
Бензин	25—50****	—

* Значения по данным ВНИИводгео.

** При полной биологической очистке в аэротенках.

*** При неполной биологической очистке в аэротенках.

**** Значения по данным ВНИИЖа.

Очищаемая вода на искусственных биологических сооружениях должна иметь достаточное количество биогенных веществ (табл. 36). При недостаточном количестве биогенных элементов в сточных водах их вводят в виде солей азота, фосфора, калия и т. п. (табл. 37) или разбавляют хозяйственно-бытовыми водами.

Таблица 36

Минимальная концентрация биогенных веществ, мг/л

БПК _{полн} смеси сточных вод, мг/л	Азот аммонийных солей	Фосфор
0—500	15	3
500—1000	25	8

Растворы питательных солей готовят на сооружениях биологической очистки сточных вод на специальных установках, включающие растворные, дозирующие и подающие устройства (баки с мешалками, дозаторы, насосы). Эти устройства называются установками биогенной подпитки.

Приготовление растворов азотсодержащих соединений не вызывает затруднений, так как аммонийные соли хорошо растворимы в воде; это позволяет приготовить раствор повышенной концентрации по азоту (до 15%).

Таблица 37

Характеристика биогенных солей азота и фосфора

Соединения	ГОСТ	Активность по азоту и фосфору, %
По аммонийному азоту		
Сульфат аммония	10873—64	20,8
Нитрат аммония (аммиачная селитра)	ТУ6-03-1962—64	26
Мочевина	2081—61	46
Аммиачная вода	9—67	20,5
По фосфору		
Суперфосфат простой	8382—57	19
Суперфосфат двойной		46
Ортофосфорная кислота (термическая)	10678—68	54

Приготовление растворов суперфосфата затруднено вследствие плохой растворимости и образования большого количества шлама. Однако несмотря на плохую растворимость и незначительную активность по P_2O_5 , суперфосфат вследствие низкой стоимости широко распространен по сравнению с прочими фосфорсодержащими реагентами.

Для приготовления раствора суперфосфата с оптимальной концентрацией по P_2O_5 , т. е. для более полного использования фосфора, необходимо правильно определить соотношение воды и суперфосфата при его растворении.

Концентрацию рабочего раствора по P_2O_5 при применении простого суперфосфата следует принимать 2%, при использо-

вании двойного суперфосфата — до 5%, pH раствора должно быть равно примерно 2.

Максимальная температура растворения суперфосфата составляет 50°С, при более высокой температуре образуется практически нерастворимый двузамещенный фосфат кальция. На практике растворение суперфосфата следует вести неподогретой водой, потому что время растворения суперфосфата от температуры зависит незначительно. Все азотсодержащие соединения достаточно хорошо растворяются в неподогретой воде.

В некоторых проектах биогенных установок предусмотрено раздельное приготовление фосфорсодержащих и азотсодержащих растворов. Это целесообразно, потому что при смешении этих растворов возможно образование нерастворимых кальциевых соединений $CaSO_4$, $CaHPO_4$ и пр. и вследствие этого происходит зарастание трубопроводов и оборудования. Кроме того, раздельное приготовление растворов увеличивает объем, а следовательно, и стоимость установки.

Дозирование растворов биогенных добавок следует производить отстоянным раствором.

Целесообразно принять следующий режим приготовления растворов фосфора, азотсодержащих солей;

- заполнение водой растворного бака;
- загрузка расчетной дозы суперфосфата и азотсодержащих солей;
- перемешивание в течение 2 ч с последующим отстаиванием раствора;
- слив отстоянного раствора в рабочую емкость или дозирование непосредственно из растворного бака;
- наполнение растворного бака водой, размешивание и откачивание шлама в накопитель;
- при приготовлении рабочего раствора только азотсодержащих соединений время перемешивания принимается 0,5 ч;
- концентрация рабочего раствора по азоту - - до 15%.

Растворы биогенных добавок имеют ярко выраженную кислоту или щелочную реакцию. pH насыщенного раствора суперфосфата равно 2. pH 5%-ных растворов сульфата и нитрата аммония равно 6. Смешение растворов биогенных добавок с очищаемыми стоками может даже при больших разбавлениях вызвать нежелательные изменения pH очищаемых сточных вод. Рассчитать возможные границы изменения pH очищаемого стока при введении биогенных добавок, учитывая сложный химический состав сточных вод, не представляется возможным. pH очищаемой смеси следует определять экспериментальным путем. Контроль за содержанием биогенных элементов в сооружениях ведут по остаточному содержанию фосфора и азота.

Потребное количество биогенных элементов в пересчете на товарный продукт $q_{\text{тов}}$ можно определить следующим образом: для азотсодержащих соединений суточное количество товарного продукта

$$q_{\text{тов}} = \frac{Q q_p}{10a} \quad (30)$$

для фосфорсодержащих соединений

$$q_{\text{тов}} = \frac{Q q_p}{10a} \cdot 2,3 \quad (31)$$

где $q_{\text{тов}}$ — количество товарного продукта, кг/сут;

Q — количество сточных вод, м³/сут;

q_p — расчетная доза питательной соли по азоту или фосфору, мг/л;

a — активность соединения по азоту или P₂O₅, %;

2,3 — коэффициент, учитывающий отношение молекулярных масс P₂O₅ : P.

Количество биогенных веществ рассчитывают на 30-дневный запас. Трубопроводы, арматура, насосы, затворные и растворные баки должны быть изготовлены в кислотостойком исполнении. Необходимо предусмотреть возможность промывки всех трубопроводов для предотвращения их зарастания гипсовыми отложениями.

Дозировать растворы питательных солей можно дозаторами любой конструкции (см. табл. 18).

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ И ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА

Для анаэробного сбраживания осадков, поступающих из первичных отстойников, биоокислителей, а также избыточного активного ила, поступающего из вторичных отстойников, используются метантенки.

Метантенки изготавливают в виде железобетонного закрытого резервуара. Распад органических веществ в метантенках происходит в две фазы. В первой фазе из жиров, углеводов и белков образуются жирные кислоты, водород, аминокислоты и пр. Во второй фазе сбраживания разрушаются кислоты с образованием метана и углекислого газа. Сбраживание осадков обычно происходит при подогреве их острым паром при усиленном перемешивании с помощью мешалок или гидроэлеваторов при температуре 33—35°С (мезофильный процесс) или при температуре 53—55°С (термофильный процесс). При термофильном сбраживании осадков суточная нагрузка на 1 м³ полезного объема метантенка в зависимости от его влажности 16—24% в сутки (табл. 38), тогда как при мезофильном процессе сбраживания илов всего лишь 7—12% в сутки.

Несмотря на это проектировщики чаще предпочитают мезофильное сбраживание осадков и илов. Это объясняется тем, что качество сброженного осадка при этом процессе выше (он лучше поддается обезвоживанию и сушке) и требуется меньше пара для поддержания необходимой температуры в метантенке.

Смесь газов, выделяющихся при сбраживании осадков, состоит преимущественно из метана (до 70%) и углекислого газа (до 30%). Метан часто используется как топливо для получения пара, необходимого для подогрева осадка, находящегося в метантенках.

Объем метантенка V_m (в м³) очистных сооружений предприятий масло-жировой промышленности может быть определен по формуле

$$V_m = \frac{M_0 100}{D} \quad (32)$$

где M_0 — количество суточного осадка, подлежащего сбраживанию в метантенках, м³;

D — допустимая доза загрузки в метантенках (см. табл. 38).

Объем выходящего газа V_r (в м³ на 1 кг беззольного вещества) при сбраживании осадков можно определить по формуле

$$V_r = \frac{a - K D^2}{100} \quad (33)$$

где a — максимальная величина сбраживания беззольного вещества, % (ориентировочно для осадка равна 0,53%, для активного ила — 41%);

K — коэффициент, зависящий от влажности осадка (ориентировочно равен 50);

D — допустимая доза загрузки в метантенках (см. табл. 38).

Количество тепла Q (в кДж/ч), необходимого для подогрева сырого осадка, определяют по формуле

$$Q = M_0 (T - T_0),$$

где M_0 — количество осадка, л/ч;

T — расчетная температура в метантенке, °С;

T_0 — температура сырого осадка, подлежащего сбраживанию, °С.

В этой формуле следует учесть потери тепла через стенки метантенка.

Основные показатели метантенков по типовым проектам приведены в табл. 39.

Растворимые органические соединения разлагаются практически полностью, а свободные жирные кислоты значительно меньшей степени (80—90%). Очень трудно разлагается лиг-

Таблица 38

Суточная доза загрузочного материала метантенка, м³

Режим сбраживания	Влажность загрузочного осадка, %				
	92	93	94	95	96
Мезофильный	7	7	8	9	10
Термофильный	16	14	16	18	20

Таблица 39

Основные показатели метантенков по типовым проектам

Диаметр, м	Полезный объем, м ³	Высота, м			Строительный объем, м ³	
		верхнего конуса	цилиндрической части	нижнего конуса	здание обслуживания	кислородная сеть
10*	500	1,45	5	1,7	—	—
12,5	1000	1,90	6,5	2,15	652	100
15	1600	2,35	7,5	2,6	2035	112
17,5	2500	2,5	8,5	3,05	2094	136
20	4000	2,9	10,6	3,5	2520	174

* Типовой проект не разработан

нин. Продуктами разложения его являются вещества, необходимые для образования почвенного перегноя (гумуса).

Первая фаза брожения ила переходит в кислотную среду, которая затем переходит во вторую фазу — щелочную.

Кислотное разложение органических веществ сопровождается обильным выделением кислот, в результате чего рН осадков и илов падает до 5 и ниже. Процесс сопровождается гнилостным запахом.

Во второй фазе брожения осадков и ила образуются аммонийные соединения, амины, кислые карбонаты и небольшие количества CO₂, N₂, CH₄ и водорода, в результате чего кислотность осадков и илов повышается, переходя в дальнейшем в щелочную среду. Под действием ферментов ил становится вязким и сильно вспенивается.

Во второй фазе брожения выделяется огромное количество газов, с помощью которых флотируемые органические вещества выносятся на поверхность. Во избежание образования плотной корки сбраживаемые осадки и ил необходимо непрерывно перемешивать. Это одновременно ускоряет процесс распада загрязнений. На этой стадии происходит окончательное разложение органических соединений до образования метана и углекислого газа. Карбонаты, образующиеся при соединении

ионов аммония с двуокисью углерода, создают сильно щелочную среду.

Для ускорения процесса сбраживания целесообразно в осадки и ил вводить определенное количество культур микроорганизмов. Это позволит сократить время, необходимое для пуска в эксплуатацию метантенков примерно в два раза. Для улучшения условий анаэробного разложения осадков в некоторых случаях целесообразно содержащее в метантенках подщелачивать известковым молоком с таким расчетом, чтобы рН был равен 7,5—8.

В первой фазе сбраживания органических веществ принимает участие различный мир бактерий и простейших. К ним относятся многочисленные бактерии, производящие гидролиз углеводов, а также бактерии, расщепляющие жиры. Бактерии, участвующие в гидролизе органических соединений, не способны на их дальнейшее разложение.

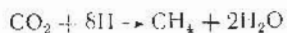
В следующей стадии разложения загрязнений, подверженных гидролизу, производят в другой группе бактерий, которые называются метановыми бактериями. Эти бактерии разлагают жирные кислоты на двуокись углерода и метан.

Первые чистые культуры метановых бактерий были получены в 1940 г. Они имеют три вида: *Mb formicum*, *Ms barkerii* и *Me vannielii*. Метановые бактерии развиваются лишь в бескислородной среде и весьма чувствительны к кислороду, содержащемуся в осадках и илах. В отличие от многих видов сапрофитных бактерий метановые бактерии не разрушают углеводы, аминокислоты. Каждый вид метановых бактерий разлагает лишь определенные кислоты. Например, *Mb formicum* может усваивать лишь только муравьиную кислоту, CO, H₂, поэтому эти вещества являются средой для его развития. Для *Me mazeri* средой для развития является уксусная и масляная кислоты, для *Ms barkerii* являются уксусная кислота, метанол, CO, H₂, для *Mb suboxydans* — масляная, валериановая и капроновая кислоты. Для других видов — первичные вторичные спирты, H₂, пропионовая кислота и т. д.

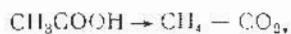
Для нормальной жизнедеятельности метановых бактерий в иле и осадках должно быть определенное количество азотистых соединений. Поэтому для сбраживания некоторых видов осадков, выделенных из промышленных стоков, может возникнуть необходимость вносить азот в виде углекислого и хлористого аммония, нашатырного спирта и аминокислот. Общее количество азота в осадках должно быть не менее 3 мг на 1 г сухого вещества.

Содержащиеся в иле сульфаты натрия во время брожения восстанавливаются до сероводорода. Анаэробное разложение органических веществ является одним из самых сложных процессов, используемых при очистке сточных вод.

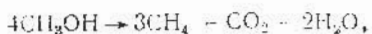
Известно, что метан образуется в результате восстановления двуокиси углерода



или в результате разложения уксусной кислоты



Доказано, что метан может образоваться непосредственно путем восстановления метанола



Это известные формулы превращения химических веществ в метан.

Биохимический механизм превращения органических веществ в метан и двуокись углерода значительно сложнее и потому до сих пор полностью не раскрыт и продолжает оставаться темой дальнейших исследований.

Анаэробное брожение может проходить при температуре от 6 до 58°C. С повышением температуры увеличивается и скорость сбраживания. Однако сбраживание должно непременно проходить при постоянной, предварительно заданной температуре.

Изменение температуры даже на 1—2°C может привести к нарушению метанового брожения. Влияние температуры на ход разложения органических загрязнений характеризуется количеством газа, образующегося при разных температурах из 1 кг сбраживаемого осадка. Некоторые исследователи полагают, что из 1 кг органических веществ, поступающих в метантенк с илом или осадком (в пересчете на сухое вещество), при сбраживании выделяется газа, в л: при 10°C около 450, 15°C — 530, 20°C — 600, 25°C — 670 и при 30°C до 760.

По действующим нормам в СССР количество выделяющегося газа для ориентировочных расчетов можно принимать в зависимости от влажности осадков от 12 до 16 м³ на 1 м³ загружаемого осадка. Длительность фазы брожения осадков и ила зависит от температуры сбраживаемого осадка. При средней температуре 15°C он длится около 6 месяцев. Этот период может значительно сократиться при постепенном увеличении загрузки его и путем введения в него перебродившего ила, взятого из другого действующего метантенка.

Если при метановом сбраживании будет достигнуто снижение органических веществ до 50—65% от первоначального содержания их в сыром осадке, это будет свидетельствовать

о том, что метантенк прошел пуско-наладочный период и может быть принят для постоянной эксплуатации.

Нагрузку метантенка определяют в зависимости от вида сбраживания (термофильное и мезофильное) согласно табл. 38.

Газ, образующийся при метановом брожении осадков, содержит, кроме метана и углекислого газа, небольшое количество NH₃, H₂S, H₂ и O₂. Эта смесь газов при добавлении воздуха в соотношении 1:5 взрывоопасна. Часто в газе, выделяющемся из метантенков, содержится сероводород, который сильно токсичен и при концентрациях 0.1% представляет смертельную опасность для эксплуатационного персонала. Поэтому требуются особые правила по технике безопасности.

Как уже упоминалось выше, в настоящее время метан все реже и реже используется как топливо для котельной очистных сооружений. В связи с этим многие научно-исследовательские институты под руководством ВНИИводгео в настоящее время занимаются исследованиями возможности перехода от анаэробного сбраживания осадков и ила с помощью аэробных бактерий.

В 1974 г. ВНИИЖем на основе целого ряда опытов по минерализации органических веществ указанным способом разработана новая конструкция аппарата — оксидатор. Он состоит из цилиндрического корпуса, имеющего коническое основание и горловину. Отличительная особенность этой установки заключается в том, что аэрация осадков и ила производится не сжатым воздухом, как это принято в настоящее время, а ило-воздушной эмульсией, образующейся с помощью аэрационного насоса ВНИИЖа (рис. 37) или обычным способом, применяемым при напорной флотации (см. рис. 14).

Первые опыты по минерализации осадков и ила указанным способом дали положительные результаты.

В настоящее время эти опыты проводятся в производственных условиях на Лабинском МЭЗ.

Суточную загрузку ила следует принимать из расчета 0,8 кг в сутки органических веществ при 30°C на 1 м³ полезного объема оксидатора.

Форма оксидатора может быть принята аналогично типовой метантенкам без глухого перекрытия горловины. Новые порции ила следует сразу же перемешивать с полным объемом осадка, находящегося в оксидаторе. Это увеличивает производительность оксидатора в связи с тем, что при этом в минерализации органических веществ будут участвовать одновременно все виды микроорганизмов, находящиеся в сбраживаемом осадке.

Обезвоживание сырого и сброженного осадка, как правило, производится на иловых площадках. Они представляют

собой спланированные дренажные участки земли (карты), окруженные со всех сторон земляными или железобетонными ограждениями. Карты оборудованы съездами для транспорта. Осадок на иловые площадки периодически наливается небольшим слоем и подсушивается до влажности 75—80%. Влага из осадка частично испаряется, а частично просачивается в грунт (дренируется). Подсушенный осадок можно загружать на грузовые автомашины, самосвалы для транспортировки к месту использования (в основном как удобрения для сельскохозяйственных полей). Дренирующий слой площадок на искусственном основании образуется из слоя (200 см) гравия или шлака и слоя (200 см) песка. Кроме того, в дренажные траншеи укладываются дренажные трубы $d=75$ мм. Расстояние между дренажными трубами на небольших картах рекомендуется принимать 4—5 м.

В зимнее время замерзший ил раскалывается на куски, которые затем вывозят на поля.

На предприятиях масло-жировой промышленности иловые площадки следует располагать с разрывом от основных объектов предприятий. Величина этих разрывов должна быть согласована с местными санитарными органами. На очистных сооружениях предприятий МЖП иловые площадки, как правило, нужно проектировать по типу оранжереи, перекрытые стеклянными рамами или полиэтиленовой пленкой. Это позволит улучшить санитарное состояние окружающей среды и резко сократить потребную площадь для их размещения, разрывы от основных цехов предприятия.

Готовая нагрузка ила на 1 м² иловых площадок зависит от климатических условий района, где они размещаются, а также от типа площадок (с дренажем или без дренажа, закрытые или открытые и т. д.).

Для закрытых иловых и дренажных площадок, расположенных в средней полосе СССР, годовая нагрузка на 1 м² может быть принята ориентировочно: для сброженного осадка 3,5 м³, а для южных районов страны и Средней Азии — 4,5 м³. В остальных случаях при расчетах иловых площадок следует пользоваться действующими строительными нормами и правилами, утвержденными Госстроем СССР.

Обезвоживание осадка иногда производят с помощью центрифугирования их на сепараторах или вакуум-фильтрах. Эти методы обезвоживания осадков, образующихся на очистных предприятиях МЖП, еще не разработаны и не проверены, а потому от их применения следует пока воздержаться. Удовлетворительное обезвоживание осадков может быть получено с помощью вакуум-фильтров (например, на фильтрах БК-404 с обработкой осадка химическими реагентами).

БИОШТОВОЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Всесторонние исследования, проводимые ВНИИЖем по очистке жиросодержащих стоков с большим содержанием жира (свыше 100 мг/л) как на аэротенках, так и на биофильтрах, не дали положительных результатов.

Биологическая очистка жировых стоков в зарубежных странах также не нашла своего полного разрешения. Многие исследователи полагают, что жировые стоки можно очистить только в смеси с бытовыми стоками. По нормам, действующим в СССР, содержание жировых веществ в стоках при том не должно превышать 100 мг/л. (По данным ВНИИЖа, не более 50 мг/л, табл. 35).

За последнее десятилетие для очистки смеси городских и промышленных стоков на аэротенках все чаще и чаще приходится прибегать к весьма длительной аэрации, достигающей до 20 ч и более, с применением различных биогенных веществ. Обработка таких стоков усложняется еще и тем, что при этом образуется весьма большое количество избыточного активного ила. Количество осадка, образующегося после биофильтров, пределяется, исходя из нормы 0,2 л на одного жителя в сутки, тогда как объем избыточного ила после аэротенков определяется исходя из 4 л на одного жителя в сутки (в 20 раз больше). Все это вызывает необходимость иметь дорогостоящее и сложное обезвоживающее устройство или большой объем метантэнков, мощные котельные для их обогрева и ольшие площади для устройства иловых площадок.

Поэтому в последнее время во многих странах проводятся многочисленные исследования с целью отыскания новых технологических решений в области биологической очистки промышленных сточных вод.

На основании этого положения Гидропищепромом-3 разработаны аэротенки для очистки сточных вод, содержащих жировые вещества не более 50 мг/л, для Шуйского маслоэкстракционного завода, которые в 1975 г. пущены в эксплуатацию и дали положительные результаты.

В связи с широким развитием химической промышленности появилась реальная возможность в создании более эффективных сооружений для биологической очистки сточных вод, что и явилось предметом теоретических и экспериментальных исследований Гидрокоммунводоканала и ВНИИЖа.

В 1962 г. после проведения целого ряда исследований на простейших лабораторных установках была разработана конструкция биоокислителя вертикального типа*.

* Надысев В. С., Павлов Г. И. Устройство для биологической очистки сточных вод. Авт. свид. № 184738, 1966. Бюллетень изобретений № 15, 1966.

В биоокислителях одновременно производится первичное отстаивание сточных вод, их предварительная аэрация воздухом, биологическая очистка, вторичное отстаивание и дезинфекция (рис. 34).

Установка состоит из резервуара 1 с пирамидальным или конусным основанием, внутри которого расположена труба 2 для подачи очищаемых стоков, и реактивное водораспределительное устройство 3. В верхней части резервуара имеются биощиты 5. По наружному периметру резервуара размещен вторичный отстойник 4. В этом отстойнике предусмотрен выпуск 7 с гидрозатвором 6, а также трубопровод 9 для выпуска осадка. В верхней части отстойника 4 имеется емкость 10 для сбора всплывшей биопленки и выпуск 11.

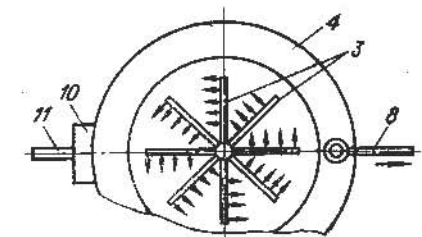
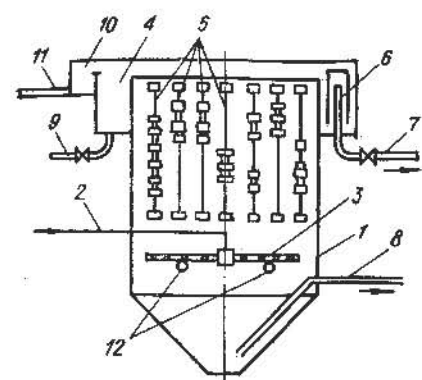


Рис. 34. Схема биоокислителя.

Для удаления осадка из пирамидальной части предусмотрен выпуск 8.

Особенностью биоокислителей являются биологические щиты (биощиты), располагаемые в биологической зоне, вследствие чего такой процесс очистки получил название биощитовой метод очистки сточных вод.

По эксплуатационным соображениям биощиты можно выполнять в виде металлических или деревянных рам, на которых с помощью капронового шнура крепятся куски пористых или волокнистых материалов, предназначенных для создания на них биопленки.

В настоящее время на предприятиях химической промышленности выпускают целый ряд пористых и волокнистых материалов.

Из всех проверенных в лабораторных и производственных условиях материалов наиболее удобным в конструктивном отношении, а также по своей прочности, долговечности и эффективности очистки стоков является поролон, выпускаемый в СССР на Рошальском химическом комбинате. Этот материал имеет чрезвычайно пористую структуру. В одном кубическом сантиметре свободная поверхность всех пор достигает до 30 см², что весьма способствует развитию на ней биологической пленки.

Для изготовления биощитов можно использовать отходы различной формы (полоски, кубики и другие различного вида обрезки), образующиеся на предприятиях, изготавливающих всякого рода изделия из поролон и волокнистых материалов. Опыты показали, что кроме синтетических материалов для оборудования биощитов может быть использована пористая керамика и некоторые виды горных пород, вулканического происхождения, металлические и капроновые сетки, дырчатые пластины из пластмасс и многое другое.

Наблюдения за работой биоокислителя показали также, что биопленка при нормальной аэрации хорошо развивается как на органической, так и на неорганической основах. В действующих биоокислителях биопленка хорошо развивается на стальных или железобетонных стенках самого биоокислителя, на капроновых шнурах, медных, алюминиевых проводах, на которые крепятся куски поролон.

Если в биоокислитель поместить куски дерева, прутья и другие предметы, то они становятся также дополнительной основой для развития биопленки. Следует всегда помнить о том, чтобы каждый кусок загрузки омывался течением очищаемой жидкости.

Основным фактором для минерализации загрязнений в биоокислителях является биомасса, развивающаяся на неподвижной твердой фазе в самой толще достаточно хорошо аэрируемой жидкости.

Многочисленные исследования в дальнейшем показали, что биопленка в биоокислителе в отличие от биопленки биофильтров представляет собой сплошную плотную массу, толстым слоем облегающую со всех сторон куски поролон. Отдельные пучки волокон биопленки при этом достигают длины 15—20 см, что позволяет микроорганизмам более полно проникать в толщу жидкости. Этот вид биопленки словно соткан из тончайших нитей, имеющих, однако, достаточную прочность, чтобы выдержать течение аэрируемой жидкости. Это обстоятельство делает биоокислитель наиболее эффективным сооружением для биологической очистки сточных вод без применения циркулирующего активного ила [14, 15].

Схема работы установки (рис. 34) следующая: сточные воды через трубу 2 и реактивный водораспределитель 3 попадают в нижнюю часть резервуара и далее проходят зону отстаивания по принципу обычных отстойников вертикального типа. Взвешенные вещества благодаря малой восходящей скорости потока жидкости оседают в пирамидальную (или конусную) часть резервуара. Далее сточные воды проходят в зону предварительной аэрации, после чего попадают в зону биологической очистки, где расположены биощиты 5.

Сточная жидкость после биологической очистки переливается по всему периметру установки в зону вторичного осаж-

10—1079а

дения 4. Отстоянная вода сбрасывается через выпуск 7 в водоем или в систему оборотного водоснабжения. Во избежание выноса из зоны осаждения 4 всплывшей на поверхность воды биопленки на выпуске 7 устанавливается гидравлический затвор 6.

Осадок из отстойной зоны и конусной части следует периодически удалять на иловые площадки через выпуск 8 и 9. Всплывшая на поверхность очищенной жидкости биопленка сгребается в специальную емкость 10, которая затем через трубопровод 11 удаляется на иловые площадки для обезвоживания.

Аэрацию жидкости можно осуществлять сжатым воздухом, подаваемым в биоокислитель через пористые трубы 12 с максимальной величиной пор 200—250 мкм. Для лучшего распределения воздуха по всей площади биоокислителя очищенные стоки целесообразно подавать через реактивный распределитель 3 с истечением жидкости через отверстия в одном и том же направлении. Тогда жидкость, находящаяся над пористыми трубами, будет вращаться и, следовательно, вся масса ее будет равномерно обогащаться кислородом.

Наблюдения за биоокислителем показали, что в первый же период его работы поверхность поролона покрывается мельчайшими пузырьками воздуха, что способствует быстрейшему насыщению очищаемой жидкости кислородом, а также полному созреванию биопленки.

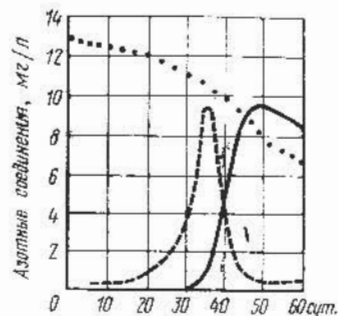
Первые исследования работы биоокислителя по очистке жиросодержащих стоков были проведены ВНИИЖем в 1967 г. со сточными водами Ленинградского мыловаренного завода. Исходная сточная вода содержала в среднем 260 мг/л мыла и других жирowych веществ, а также глицерина. Полное созревание биопленки осуществлялось в течение 24 дней, после чего очищенные воды имели 5—10 мг/л загрязнений (по ВПК₅).

При испытании горизонтального типа биоокислителя большое внимание уделяли выявлению оптимальной величины загрузки ее поролоном. С этой целью в каждом ее коридоре последовательно меняли количество биоцитов. В результате этой работы было установлено, что для достижения наилучших показателей биологической очистки стоков необходимо иметь примерно 10—12% поролона от полезного объема биологической зоны.

Особенность работы биоокислителей горизонтального типа заключается в том, что по всем его коридорам биологическая пленка может содержать различные виды микроорганизмов. В начале первого коридора, где очищаемая жидкость имеет наибольшую загрязненность, биоциты «заселяются» главным образом простейшими организмами, в конце последнего коридора биопленка содержит в себе в основном нитрифицирующие бактерии.

Следует предположить, что, увеличивая беспредельно число ступеней очистки, можно добиться такого положения, когда в каждой последующей ступени разнородность форм культуры будет резко сокращаться, приближаясь, в конце концов, к чистым культурам. Многоступенчатую очистку сточных вод на биоокислителях можно организовать путем лишь последовательного перепуска очищаемой жидкости из одной секции в другую, так как здесь в отличие от аэротенков не требуется устройства промежуточных вторичных отстойников. В этом случае отпадает также необходимость производить и перекачку активного ила из вторичных отстойников в соответствующую ступень биологической очистки, как это следует делать при многоступенчатой очистке стоков с помощью активного ила. Многоступенчатый биоокислитель, очевидно, в дальнейшем будет широко применяться для очистки сильно загрязненных промышленных стоков. Однако необходимы дальнейшее изучение и экспериментальные проверки.

Рис. 35. Изменение азотных соединений за период созревания биопленки:
 NH₄ — — — NO₂ — — — NO₃.



За время наблюдения за работой биоокислителя были получены данные по изменению азотных соединений в очищаемой воде по мере созревания биопленки (рис. 35).

Из рисунка видно, что содержание аммонийных солей, находящихся в очищенной жидкости по мере созревания биопленки, резко падает. Вместе с тем с каждым днем в установившемся состоянии постепенно начинает нарастать количество нитритов. В момент появления нитратов и по мере их количественного нарастания происходит снижение количества нитритов. В дальнейшем в очищенной жидкости наступило более или менее стабильное содержание аммонийных солей, нитритов и нитратов.

Осадок, образующийся в биоокислителе, представляет собой полуразложившуюся массу, легко отдающую воду.

В связи с этим очистное сооружение с применением биоцитового метода во многом упрощает весь процесс очистки и обработку осадка.

Кроме вертикальных и горизонтальных биоокислители могут быть комбинированные и многоступенчатые. Ленинградским отделением Гипрокоммунводоканал разработан биоокислитель радиального типа, совмещенный с метантенком. Макет этого сооружения приведен на рис. 36. В центре виден метантенк, вокруг которого размещен биоокислитель с биологическими щитами.

Такие биоокислители запроектированы Гипрокоммунводоканалом для гг. Новгорода и Гатчины.

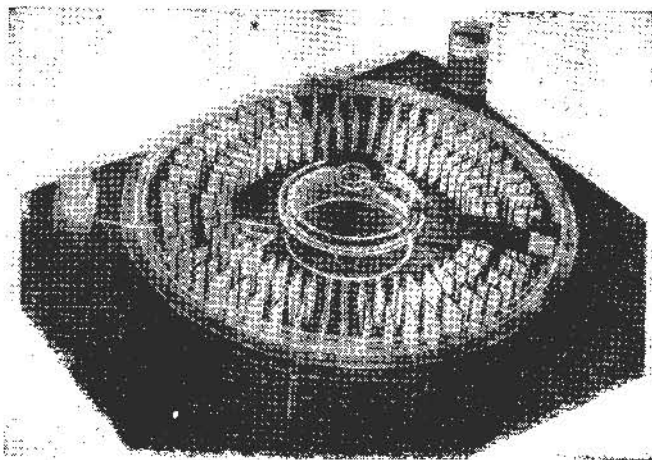


Рис. 36. Макет радиального биоокислителя, совмещенного с метантенком, расположенным внутри биоокислителя.

Биологический процесс, происходящий в биоокислителях. Как известно, при очистке сточных вод большое значение имеют микрофауна и микрофлора. Из всех микроорганизмов наибольшую роль в очистке воды и стоков следует отнести к бактериям, с помощью которых получается конечный результат разложения органических веществ на минеральное вещество и газообразные продукты.

Значительную роль в минерализации загрязнений, особенно в начальной ее стадии, играют также простейшие организмы. Однако здесь следует отметить, что простейшие, принимая участие в минерализации загрязнений, нередко ведут паразитический образ жизни. Многие из них поглощают огромное количество микроорганизмов, участвующих в минерализации загрязнений, а иногда поедают биопленку, в которой они находятся. Многие из простейших уничтожают мельчайшие формы растений, которые участвуют не только в очистке стоков, но и в построении биопленки.

Таким образом, очистка сточных вод происходит в результате чрезвычайно сложной взаимосвязи целого мира бактерий, простейших и растений.

Большое количество видов бактерий имеет вид палочки. Однако к бактериям следует отнести также микроорганизмы, имеющие шаровидную, нитевидную или извилистую форму. Бактерии чрезвычайно разнообразны по своей физиологии. Они очень активны и в большом обилии имеются в биопленке. Некоторые виды бактерий близки по своему строению сине-зеленым водорослям, родственны лучистым грибок, спирохетам и одноклеточным простейшим. Бактерии участвуют в круговороте веществ в природе.

Диаметр шаровидных бактерий равен 1—2 мкм, ширина палочковидных форм колеблется от 0,4 до 0,8 мкм, длина — 2—5 мкм. Встречаются более крупные бактерии. Так, серобактерия имеет диаметр 20 мкм, а нити других серобактерий (*Beggiatoa*) видны даже невооруженным глазом.

При делении кокков в различных плоскостях образуются пакеты клеток. Большую роль в обмене веществ играет цитоплазматическая мембрана, находящаяся под клеточной стеной. Многие виды бактерий подвижны. Они передвигаются с помощью длинных жгутиков под действием их волнообразных и спиральных колебаний. Виды бактерий, имеющих один жгутик, называются монотрихами, а пучок жгутиков — лофотрихами. Некоторые бактерии передвигаются в результате выделяемой слизи (реактивный способ движения).

Многие аэробные и анаэробные бактерии образуют овальные или круглые блестящие споры (спороносные бактерии). Если споры крупные и располагаются в центре клетки, то палочка приобретает веретенообразную форму. Со временем остатки вегетативной клетки разрушаются и спора становится свободной. Споры очень устойчивы к действию высокой температуры и ядовитых веществ, попав вновь в благоприятную среду, из них выходят молодые палочковидные вегетативные клетки.

Бактерии могут подвергаться различным изменениям. Они могут утратить подвижность, способность образовывать пигменты, давать споры, усиливать или уменьшать способность к синтезу различных органических веществ. При изучении бактерий определяют их размеры, морфологию клеток, характер роста чистой культуры на различных питательных средах. Устанавливают также характер разжижения бактериями желатины, сбраживаемость углеводов, восстанавливать нитриты, образовывать аммиак, сероводород и т. п. После деления бактерий каждая из двух клеток начинает расти и достигает нормальных размеров.

В данном случае речь идет о росте отдельной клетки. Размножение клеток, составляющих популяцию, приводит к уве-

личению общего числа клеток. В этом случае говорят о росте культуры.

Об интенсивности роста судят на основе подсчетов клеток в 1 мл культуры с помощью микроскопа или по степени мутности питательной среды.

В состав клеток бактерий входят те же биогенные вещества и микроэлементы, что и в состав клеток высших растений и животных (45—55% углерода, 7—15% общего азота, 25—30% кислорода, 6—8% водорода и др.). Среди других элементов — фосфор P_2O_5 , калий K_2O , натрий Na_2O , магний MgO , сера SO_3 , кальций CaO , железо Fe_2O_3 и небольшое количество хлора.

Если же окисление идет не до конца, то в среде накапливаются промежуточные продукты. Такие процессы называются брожением.

При сбраживании углеводов различными бактериями могут образоваться: молочная кислота, этиловый, пропиловый или бутиловый спирты, ацетон и другие вещества. Имеются бактерии термофильные, которые могут жить и размножаться в горячей сточной воде и иле (термофильное брожение осадков). Некоторые бактерии могут жить при низкой температуре в воде полярных морей (психрофильные формы) и в среде, содержащей до 20% поваренной соли и даже в очень кислой или щелочной среде (алкалофильные).

В биопленке микроорганизмы наблюдаются в виде зольных скоплений различной формы, которые представляют собой единство (симбиоз) растительного и животного мира. В биопленке происходит непрерывная борьба тех бактерий, которые производят минерализацию загрязнений, и микроорганизмов, которые ведут паразитический образ жизни. В нормально развивающейся биопленке живет и размножается большой высокоорганизованный коллектив микроорганизмов и растительного мира, помогающие друг другу в поддержании необходимых условий жизнедеятельности. Как уже говорилось выше, конечным результатом работы микроорганизмов в большинстве случаев являются нитраты, которые, как известно, служат питательной основой растений. Отмершие микроорганизмы также могут служить питательной средой для растений. Сами растения придают устойчивую форму биопленке, способной выдерживать сильное течение воды.

Некоторые виды бактерий выполняют определенные функции, необходимые для создания стабильности и устойчивости биопленки (а также для борьбы с вредителями).

Среди простейших микроорганизмов биопленку заселяют в больших количествах инфузории. Размножаются инфузории путем деления надвое и множественного деления или путем почкования.

Инфузории имеют около 6000 видов и делятся на подклассы (спирально-ресничные, кругоресничные, воронкоресничные, сосущие и др.).

Не менее важную роль в очистке сточных вод имеют амебы, которые относятся к отряду наиболее простейших. Находятся они в большом количестве в водоемах, а также в почве.

В биопленке можно обнаружить водные грибы, дрожжи, которые состоят из протоплазмы и оболочки. В анаэробных условиях дрожжи развиваются лишь на органических кислотах. Часто можно встретить так называемые коловратки, имеющие длину от 0,04 до 2 мм. Они питаются, главным образом, бактериями и простейшими.

Большую положительную роль при очистке стоков играют черви, особенно в первой стадии минерализации крупных фракций загрязнений. Среди червей имеются паразитические черви (*Aelosoma*), которые при определенных условиях могут начисто съесть биопленку, оставив после себя лишь каркас ее.

При изучении работы биоокислителя по очистке жировых и мылосодержащих стоков важно было решить, каким образом микроорганизмы, находясь в биопленке, минерализуют загрязнения, находящиеся в стоках.

Можно было предположить, что это происходит в момент, когда сточные воды омывают биопленку. В этом случае должны быть «проскоки» загрязненных вод между рядами биоцинтов. Были высказаны также предположения, что в поисках питания микроорганизмы покидают биопленку и затем обратно возвращаются. Такое предположение оказалось несостоятельным, так как многочисленными исследованиями установлено, что чем лучше работает биоокислитель, тем меньше микроорганизмов находится в очищаемых сточных водах.

Для выяснения процессов биологической очистки, происходящих в биоокислителях, были проделаны следующие опыты. В действующий биоокислитель ежедневно добавляли мыльный раствор из расчета примерно 1 г мыла на 1 л полезного объема биоокислителя. При добавлении мыльного раствора очищенная за сутки вода, находящаяся в биоокислителе, вначале приобретала молочный цвет, а затем, через одну, две минуты происходила коагуляция загрязнений. Образовавшиеся хлопья под действием аэрации начинали быстро вращаться по всей толщине очищаемой жидкости, но уже через 20—25 мин эти хлопья, преодолевая течение аэрируемой жидкости, начинали обволакивать со всех сторон биопленку, находящуюся на поролоне. Жидкость в биоокислителе вновь становилась прозрачной, без каких-либо взвесей.

Необходимо отметить, что хлопья притягивались только к биопленке. Стенки и дно биоокислителя при этом оставались относительно чистыми. Чистыми оставались также куски поролона, на которых не успела образоваться биопленка.

Были проведены и другие опыты. Параллельно биоокислителю устанавливали такой же биоокислитель, но без загрузки его поролоном. Длительная аэрация мылосодержащей воды в этом сосуде не приводила к заметной очистке и коагуляции примесей. Но стоило только в него добавить часть жидкости, находящейся в действующем биоокислителе, как тут же начался процесс интенсивной коагуляции. Однако образовавшиеся при этом хлопья, увлекаемые течением жидкости, уже не оседали ни на дно, ни на стенки сосуда.

На основании этих опытов установили, что микроорганизмы активно влияют на среду очищаемой жидкости, способствуют коагуляции загрязнений, сами создают в биопленке соответствующие электромагнитные заряды с тем, чтобы хлопья смогли бы, преодолевая течение жидкости, адсорбироваться на биопленке. Только этим можно объяснить, что коагулированные хлопья органических веществ притягиваются лишь к поролону, имеющему биопленку, в то время как бы «избегая» куски поролона, на которых еще не успела появиться биопленка.

При очистке других видов загрязнений установили, что во всех случаях органические вещества, попадая в жидкость, превращаются в мельчайшие хлопья, которые, как и мыльные хлопья, притягиваются к биопленке, обволакивая ее со всех сторон.

Если же микроорганизмы, находящиеся в биопленке, не в состоянии изменить среду всего объема очищаемой жидкости (особенно в начале работы биоокислителя), тогда изменение среды происходит лишь в той части жидкости, которая смачивает биопленку и основу, на которой она развивается.

При нормальной работе биоокислителя микроорганизмы строго «следят» за состоянием биопленки и материала, на котором она образовалась. Для подтверждения этого обстоятельства были проделаны следующие опыты.

Для очистки сточных вод биоокислитель был оборудован биоцитами, изготовленными из хлопка. Через некоторое время на нем образовалась биопленка и очистка бытовых стоков стала проходить удовлетворительно.

В течение трех месяцев работы биоокислителя никаких следов разрушения хлопка при этом не было обнаружено. После этого был оборудован биоокислитель с поролоновой загрузкой. С помощью дозатора в биоокислитель подавали сточную воду с примесью мелко истолченного хлопка. Когда биопленка созрела, то выяснилось, что минерализации подвергаются не только бытовые загрязнения, находящиеся в сточных водах, но и хлопок.

При испытании биоокислителей может произойти разрушение поролона, на котором уже образовалась биопленка. Это может произойти при резком изменении состава органических

загрязнений в очищаемых стоках. В этом случае жизнедеятельность микроорганизмов, находящихся в биопленке, не только падает, что они уже не в состоянии оказывать сопротивление тем организмам, для которых основа, на которой они развивались, оказалась питательной средой. Однако такой случай в практике может оказаться чрезвычайно редко. При изменении состава загрязнений многие организмы, как правило, быстро адаптируются к новым условиям и появляются новые виды организмов. Это очень легко прослеживается при проведении опытов по очистке промышленных стоков различными загрязнениями по изменению цвета биопленки. Например, при очистке мылосодержащих стоков биопленка имеет серый цвет, но если в эти стоки добавить глицерин, то уже через несколько часов в биопленке появляется значительный налет, а потом и вся биопленка значительно светлеет. Исследование биопленки с помощью микроскопа показывает, что при изменении состава загрязнений стоков происходит также изменение состава микроорганизмов, производящих минерализацию этих загрязнений.

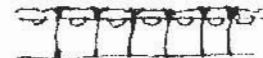
Способы насыщения очищаемых стоков кислородом при их биологической очистке. В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом аэрация очищаемой жидкости в аэротенках осуществляется с помощью сжатого воздуха.

Для создания более мелких пузырьков воздуха во многих случаях используют пористые пластины (фильтросы).

В отдельных случаях для насыщения очищаемой жидкости кислородом используют механические аэраторы, а в качестве эксперимента низконапорную аэрацию, осуществляемую с помощью вентиляторов. Для аэрации стоков в биоокислителе помощью сжатого воздуха следует применять водораспределительное устройство, аналогичное применяемому во флотаторах. Для получения более мелких пузырьков воздуха дырчатые трубки следует обмотать в три слоя капроновой тканью или стеклотканью. При этом каждое отверстие должно быть изолировано от соседнего с помощью перевязки капроновым шнуром. Как было указано выше, хороший эффект аэрации стоков может быть также получен с помощью пористых керамических труб.

Практика показала, что аэрация очищаемых стоков сжатым воздухом дает хорошие результаты. Однако такой вид аэрации приводит к сильному барботированию очищаемой жидкости, особенно при нарушении стыков труб или нарушении ткани. Все это может привести к отрыву в отдельных местах биопленки. Работа биоокислителей улучшается, если насыщение стоков кислородом осуществляется при спокойном их течении.

В связи с этим сотрудниками ВНИИЖа совместно с проектировщиками Гипропищепрома-3 внедрен на очистных со-



ружениях новый метод обогащения очищаемых стоков кислородом.

Эта цель достигается тем, что вместо сжатого воздуха здесь применяется водно-воздушная эмульсия. При этом очищаемая жидкость до подачи в биоокислитель предварительно насыщается кислородом воздуха под избыточным давлением (см. рис. 14). При поступлении водно-воздушной эмульсии в биоокислитель вследствие снижения давления из нее выделяются мельчайшие пузырьки воздуха, с помощью которых поопляется дефицит кислорода.

Предлагаемый способ насыщения очищаемой жидкости кислородом позволяет по отношению к существующему способу резко сократить количество воздуха, подаваемого в жидкость, а одновременно с этим улучшить условия для жизнедеятельности микроорганизмов, находящихся в биопленке.

Как было уже указано выше, в нашей стране, а также и за рубежом водно-воздушную эмульсию получают в ресиверах (см. рис. 14).

В целях упрощения получения водно-воздушной эмульсии сотрудники ВНИИЖа в 1969 г. изобрели специальный насос-аэратор* (рис. 37), с помощью которого можно забирать из приемного резервуара сточную воду, насыщать ее воздухом под надлежащим давлением и готовую вод-

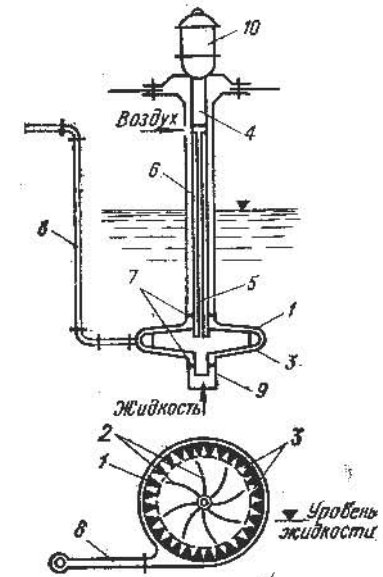


Рис. 37. Схема насоса-аэратора: 1 — корпус; 2 — рабочее колесо (крыльчатка); 3 — кольцо с коническими насадками; 4 — вал аэратора; 5 — полость; 6 — кожух вала; 7 — сальники; 8 — напорная линия; 9 — входной патрубок; 10 — привод (двигатель).

но-воздушную смесь в биоокислитель. В этом случае нет необходимости иметь эжектор и ресивер. Насос-аэратор работает следующим образом: сточная вода через входной патрубок 9 с помощью рабочего колеса 2, приводимого во вращательное движение приводом 10, засасывается насосом в корпус 1 насоса. Одновременно сюда же через полость 5, находящуюся в вале 4, засасывается воздух в необходимом количестве. Эта смесь перемешивается крыльчатками рабочего колеса 2 и отбрасывается к коническим насадкам 3, где она, раздробленная на отдельные струйки, сжимается под надлежащим давлением за

* Надьсев В. С., Семелов Н. А. Устройство для флотации жидкости. Авт. свид. № 277731, 1970. Бюллетень изобретений № 25, 1970.

счет работы рабочего колеса насоса. Образующая при этом водно-воздушная эмульсия по напорному трубопроводу 8 может направляться непосредственно в биоокислитель.

Опытные образцы насоса-аэратора были изготовлены на экспериментальном заводе ВНИИЖа и успешно прошли испытания в 1969—1971 гг. на Ленинградском и Воронежском масложиркомбинатах, на Ленинградском комбинате химико-пищевой ароматики при проведении биологической очистки промышленных стоков. Производительность насоса-аэратора составляет до 2 м³/ч.

Как было выше сказано, процесс насыщения кислородом очищаемых сточных вод в биоокислителях с помощью водно-воздушной эмульсии происходит как мельчайшими пузырьками воздуха, выделяющимися при понижении давления, так и за счет оставшегося кислорода в воде при этом давлении.

Исследования показали, что при перегрузках биоокислителей, когда содержание кислорода в стоках снижается до нуля, выделившиеся из воды пузырьки воздуха практически используются полностью без уноса их в атмосферу. Для создания нормальных условий для жизнедеятельности микроорганизмов эту часть воздуха следует принимать с коэффициентом $K_B = 0,8$. Оставшийся растворенный воздух в очищаемых стоках может использоваться микроорганизмами полностью при снижении давления до 1,3 кПа. Исходя из этого, количество воздуха C (в л), содержащегося в 1 м³ водно-воздушной эмульсии и используемого на биохимическую очистку сточных вод при заданном давлении, будет

$$C = C_1 + K_B (C_2 - C_1) \dots \quad (34)$$

где C_1 — количество воздуха (в л), растворенного в 1 м³ очищаемых стоков при давлении $p = 0,13$ кПа при различной температуре (рис. 38);

C_2 — количество воздуха (в л), выделяемого из 1 м³ водно-воздушной эмульсии, при снижении давления до 0,13 кПа при той же температуре (рис. 39);

K_B — коэффициент использования пузырьков воздуха, выделившихся из водно-воздушной эмульсии при снижении давления.

Учитывая, что содержание кислорода в воздухе составляет округленно 21%, а масса 1 л его равна 1,29 г, то количество кислорода W (в г), содержащегося в 1 м³ водно-воздушной эмульсии, можно определить по формуле

$$W = 1,29 \cdot 0,21 \cdot C = 0,27 C \quad (35)$$

Количество загрязнений A , находящихся в очищаемых сточных водах, поступающих на биоокислители в течение часа, определяют по формуле

$$A = Q_{с.в} (БПК_{пол} - БПК^0) \quad (36)$$

где $Q_{с.в}$ — расчетный расход сточных вод, м³/ч (с учетом коэф. фидента суточной неравномерности K);
 $БПК_{пол}$ и $БПК^o$ — биохимическая потребность в кислороде очищаемых и очищенных стоков, О₂/м³.

На основе приведенных данных требуемую производительность аэрационного насоса q определяют по формуле

$$q = \frac{A}{W} = \frac{Q_{с.в} (БПК_{пол} - БПК^o)}{0,27 C} \quad (37)$$

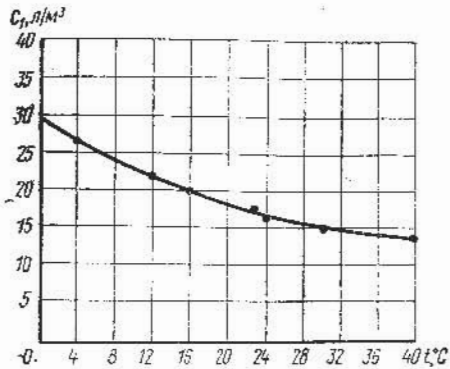


Рис. 38. Растворимость воздуха C_1 в воде в зависимости от температуры t , °C.

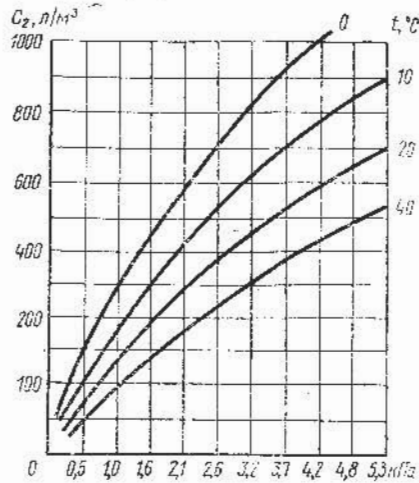


Рис. 39. Растворимость воздуха C_2 в воде в зависимости от давления и температуры.

Количество воздуха Q_v (в л/ч), подаваемого аэрационным насосом, будет

$$Q_v = C q. \quad (38)$$

Производительность аэрационного насоса, определяемая по формуле (37), можно найти путем подбора с таким расчетом, чтобы подсос воздуха эжектором не превышал бы 6—8% его производительности, а создаваемый им напор обеспечил бы полное растворение этого количества воздуха в очищаемых сточных водах.

Пример. Требуется определить полезный объем биоокислителя, а также производительность аэрационного насоса. $Q=435$ м³/сут; $K_0=1,1$; $t=20^\circ\text{C}$, $БПК_{пол}=125$ г/м³, $БПК^o=20$ г/м³. Высота наполнения биоокислителя $H=3$ м. Часовой расход стоков $Q_ч=20$ м³/ч. $ОМ=600$ г/м³, $K=0,8$. Полезный объем биоокислителя будет равен 83 м³ (см. ниже, формула 39). Задаемся давлением в насосе 1,0 МПа. По рис. 38 находим $C_1=18$ л/м³, а по рис. 39 $C_2=170$ л/м³. При этих условиях необходимое содержание воздуха в воде будет

$$C = [18 + 0,8 (170 - 18)] = 139,6 \text{ л/м}^3,$$

согласно уравнению (37) производительность аэрационного насоса должна быть

$$q = \frac{20(125 - 20)}{0,27 \cdot 139,6} = 56 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

количество воздуха, которое при этом будет поступать в биоокислитель в виде эмульсии

$$Q_v = \frac{139,6 \cdot 56}{1000} = 7,8 \text{ м}^3/\text{ч}, \text{ что}$$

составляет примерно 14% от производительности насоса. В этом случае целесообразно половину потребного количества воздуха (4 м³/ч) подавать помощью эжекторов во всасывающую линию, а другую часть воздуха (3,8 м³/ч) — в напорный трубопровод аэрационного насоса.

В связи с тем что расход очищаемых стоков меньше 6 м³/ч, недостающее количество воды должно пополняться за счет рециркуляции очищенной воды.

Аэрация очищаемой воды в биоокислителях может осуществляться комбинированным насосом. В этом случае очищаемые воды с помощью аэрационного насоса предварительно насыщаются воздухом и в виде водно-воздушной эмульсии подаются на биоокислитель. Недостающее количество воздуха можно пополнять путем подачи в биоокислитель сравнительно небольшого количества воздуха (1,5—2 м³/м²). В этом случае инстинкта стоков будет проходить в относительно спокойных условиях и с большой нагрузкой. Так работают биоокислители на очистных сооружениях Лабинского МЭЗа.

Известно, что при более низких температурах во всех живых организмах происходит торможение в развитии клеток, значительно медленнее химические реакции, а также обмен веществ, вследствие чего резко сокращается потребность в кислороде. У некоторых животных (например, у ящериц) при температуре ниже нуля потребность в кислороде в 100 раз меньше, чем при температуре 25°C. Это в равной степени относится и к простейшим организмам.

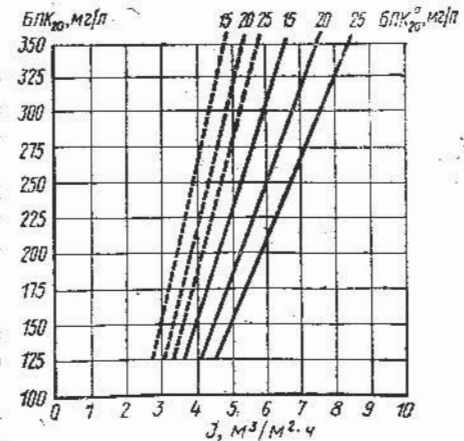


Рис. 40. Зависимость интенсивности от $БПК_{20}$ и $БПК^o_{20}$: — для аэротенков; — для биоокислителей.

сокращается потребность в кислороде. У некоторых животных (например, у ящериц) при температуре ниже нуля потребность в кислороде в 100 раз меньше, чем при температуре 25°C. Это в равной степени относится и к простейшим организмам.

Как уже было отмечено выше, наибольшая активность микроорганизмов при минерализации загрязнений наступает при температуре очищаемой жидкости, равной 30—32°С. Следовательно, при этой температуре сточных вод количество подаваемого в биоокислитель воздуха должно быть самым высоким.

Поэтому при определении потребной интенсивности аэрации следует учитывать температуру и концентрацию загрязнений. На основе исследований, проводимых во ВНИИЖе и Гипрокоммунводоканале, интенсивность аэрации при $t = 15^\circ\text{C}$ следует принимать по рис. 40.

ФЛОТАЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Флотационно-биологическая очистка промышленных стоков основана на тесной взаимосвязи флотационного и биоциклового методов очистки. Этот способ разработан работниками Гипролизцепрома-3 совместно с сотрудниками ВНИИЖа*. Схема очистных сооружений с применением указанного выше метода приведена на рис. 41.

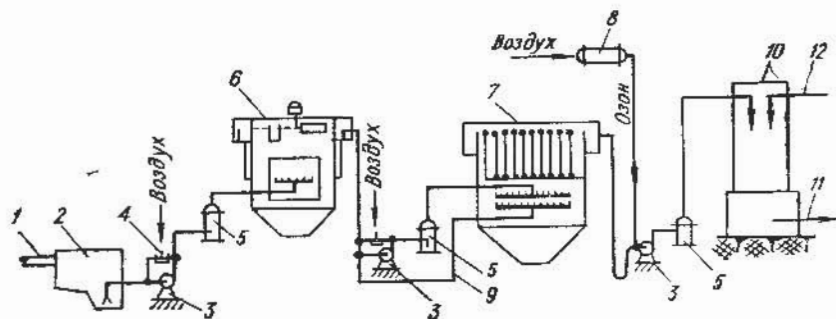


Рис. 41. Схема очистных сооружений с применением флотационно-биологического метода очистки сточных вод:

1 — впуск сточных вод; 2 — приемный резервуар; 3 — аэрационные насосы; 4 — эжекторы; 5 — ресиверы; 6 — жироловушка ВНИИЖа; 7 — биоокислитель; 8 — генератор озона; 9 — трубопровод для рециркуляции воды; 10 — градирни; 11, 12 — трубопроводы системы оборотного водоснабжения.

Очистные сооружения состоят из приемного резервуара 2, аэрационных насосов 3, ресиверов 5, жироловушки ВНИИЖа 6, биоокислителя 7, генератора озона 8, трубопровода для рециркуляции воды 9, градирни 10.

Очистная станция работает следующим образом.

Сточные воды по трубопроводу 1 поступают в приемный резервуар 2, из которого аэрационным насосом 3 и ресиве-

* Способ очистки жиросодержащих сточных вод. Авт. свид. № 445163. 1974. Бюллетень изобретений № 40, 1974. Авт.: В. С. Надышев, Ю. В. Устинов, В. И. Мещерякова, Б. П. Лебедев, С. С. Ермолин.

ром 5 в виде водно-воздушной эмульсии подаются в аэрируемую жироловушку ВНИИЖа 6. Здесь жировые вещества под действием воздуха, выделяемого из водно-воздушной эмульсии, поднимаются на поверхность воды, а тяжелые минеральные примеси оседают в конусную часть жироловушки. Предварительно очищенная сточная вода с помощью второго аэрационного насоса и эжектора 4 вторично насыщается воздухом в виде водно-воздушной эмульсии подается через водораспределительное устройство в биоокислитель 7, где подвергается биологической очистке. Очищенная вода насосом 3 через ресивер 5 передается на градирню 10. Одновременно с этим для доочистки стоков и их обеззараживания во всасывающую линию насоса 3 подается озono-воздушная смесь от генератора 8.

Осевший осадок в конусных частях жироловушки и биоокислителя, а также всплывшую на поверхность воды жиропленку периодически следует направлять на иловые площадки или другие обезвреживающие устройства.

Особенности флотационно-биологического метода очистки промышленных стоков заключаются в следующем:

непрерывное окисление органических веществ воздухом при избыточном давлении в насосах трубопроводов, ресиверах, также при нормальном давлении в жироловушке и биоокислителях. Это имеет существенное значение, если в стоках содержатся вещества, трудно минерализуемые биологическим способом (бензин, некоторые виды синтетических моющих средств и т. п.);

непрерывное обогащение очищаемой воды кислородом воздуха, что также имеет значение при минерализации загрязнений с помощью микроорганизмов;

не требуется иметь реакгентное хозяйство (глинозем), что значительно упрощает эксплуатацию сооружений;

очистка весьма просто и эффективно используется озон.

При эксплуатации очистных сооружений установили, что для усреднения концентрации загрязнений, а также с целью избежания прорыва в больших количествах бензина на биологические сооружения перед очистными сооружениями, особенно маслоэкстракционных заводов и заводов СМС, необходимо устанавливать резервуары усреднители.

Перемешивание поступающей на очистку воды промышленных стоков со стоками, находящимися в усреднителе, может осуществляться с помощью мешалок или сжатого воздуха.

Расчет усреднителей следует вести из расчета пребывания стоков не менее 12 ч. Это позволит работать практически при среднесуточных концентрациях загрязнений сточных вод.

Очистные сооружения с применением флотационно-биологического метода очистки стоков были впервые построены на Лабинском МЭЗе. В течение двух лет (1971—1973) на этих очистных сооружениях проводили всесторонние испытания, которые дали положительный результат.

При работе МЭЗа с хлопковыми семенами сточные воды до очистки содержали в среднем: жировых веществ 50—80 мг/л, взвешенных веществ 100—120 мг/л, бензина 40—60 мг/л. После биоокислителей стоки имели: жировых веществ 6—20 мг/л, взвешенных веществ 10—15 мг/л, бензина 5—10 мг/л. После озонирования количество жировых веществ в стоках снизилось до 0—2,5 мг/л, а бензина до 0.

При работе с подсолнечными семенами очищенные сточные воды на биоокислителях в среднесуточных пробах в течение 6 сут имели следующие показатели загрязнений: прозрачность от 12 до 19 см, взвешенные вещества от 10 до 23 мг/л, жировые вещества от 9 до 17 мг/л, ХПК от 12 до 30 мг/л, БПК не более 25 мг/л.

Исходная сточная вода содержала в себе наибольшее количество жировых веществ 132 мг/л, а ХПК — 220 мг/л. (Данные Азово-Черноморской бассейновой инспекции Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР.)

Эти показатели свидетельствуют о том, что очищенная вода после биоокислителя по своим качествам приближается к поверхностной воде умеренно-загрязненной (см. табл. 3).

В 1975 г. аналогичные очистные сооружения пущены в эксплуатацию на Пологовском маслоэкстракционном заводе для очистки жирно-бензиподержащих стоков (автор проекта инженер Ю. В. Устинов). Гипроиндустпром-3 разработал рабочие чертежи очистных сооружений с применением аэрационно-биологического метода для Ленинградского комбината химико-лицевой ароматики, Черновицкого масложиркомбината и др.

ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА БИООКИСЛИТЕЛЕЙ

Полезный объем биоокислителей зависит от суточного расхода очищаемых стоков, от окислительной мощности биологической зоны, температуры очищаемых стоков, от вида загрузки, способа насыщения жидкости кислородом, БПК_{пол} очищаемых и очищенных стоков.

Полезный объем биоокислителя, имеющего поролоновую загрузку, может быть определен по формуле

$$V = \frac{(\text{БПК}_{\text{пол}} - \text{БПК}_{\text{пол}}^0) Q K K_t K_i}{\text{ОМ}}, \quad (39)$$

где V — полезный объем биоокислителя, м³;
 $\text{БПК}_{\text{пол}}$ — биологическая потребность кислорода очищаемых сточных вод, г/м³;

$\text{БПК}_{\text{пол}}^0$ — биологическая потребность кислорода очищенных сточных вод, г/м³;

ОМ — окислительная мощность биоокислителя, г О₂ в сутки на 1 м³ его полезного объема;

Q — расход очищаемых стоков, м³/сут;

K — средний коэффициент неравномерности поступления сточных вод за время аэрации в часы максимального притока, определяемый отношением среднечасового притока сточных вод за часы аэрации к среднечасовому суточному притоку;

K_t — коэффициент, зависящий от способа аэрации;

K_i — коэффициент, зависящий от температуры сточных вод.

При аэрации очищаемых сточных вод сжатым воздухом через пористые трубы (или через другие аналогичные им устройства) при интенсивности аэрации $I=2-5$ м³/м² значение $K_t=1,25-1,15$. При аэрации очищаемой жидкости с помощью водно-воздушной эмульсии, значение $K_t=1 \cdot 10$.

При проектировании аэротенков продолжительность аэрации (от которой зависит объем сооружения), полученная по соответствующим формулам при $t=15^\circ\text{C}$, подлежит уточнению отношением $\frac{15}{t^\circ\text{C}}$. Из этого видно, что если очищаемая

жидкость имеет температуру 30°С, то объем аэротенков будет в два раза меньше того объема аэротенков, который определяется при температуре стоков 15°С. Исследования работы биоокислителей при различных температурах стоков не подтвердили резкого изменения производительности сооружений. Поэтому при определении объема биоокислителя поправочный коэффициент на изменения температуры K_t стоков следует принимать с некоторой осторожностью

$$K_t = \frac{\sqrt{15}}{\sqrt{t}} = \frac{3,87}{\sqrt{t}}. \quad (40)$$

Продолжительность аэрации T сточных вод будет

$$T = \frac{V}{Q_4}, \quad (41)$$

где Q_4 — среднечасовое поступление жидкости на биоокислитель за смену с максимальным водоотведением, м³.

Окислительная мощность (в кг) 1 м³ полезной емкости биоокислителя по БПК_{пол} при 15°С для следующих стоков приведена ниже.

Стоки	Окислительная мощность
Хозяйственно-бытовые	1
Мыловаренного производства	0,8
Масло-прессовых заводов	0,7
Маргаринных производств	0,6
Гидрозаводов	0,6
Маслоэкстракционных заводов	0,50

В результате проведенных исследований установлено, что при очистке 1 м³ жиросодержащих стоков, имеющих БПК_{пол} = 150 мг/л, образуется примерно 2 л осадка с влажностью 98%. При других значениях БПК_{пол} количество осадка следует принимать 2 л, умноженное на отношение $\frac{\text{БПК}_{\text{пол}}}{150}$ при влажности 98%.

В случае добавления к промышленным стокам бытовых вод, например, от поселка, количество дополнительного осадка следует исчислять, исходя из общего числа жителей, с учетом нормы водопотребления (табл. 40).

Таблица 40

Количество ила, приходящегося на одного жителя, в зависимости от нормы водопотребления

Показатели	Суточная норма водопотребления (л) на одного жителя				
	150	200	250	500	более 300
Количество ила на 1 м ³ жидкости (при влажности 98%), л	2,5	1,9	1,5	1,25	1,15
Количество ила (г сухого вещества)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

Весьма важным является изучение состава и влажности осадка и всплывшей жиромассы. Объемная масса осадка, особенно пены, при их образовании близка к объемной массе жидкости. При уплотнении осадок и пена быстро теряют воду и уменьшаются в объеме.

Изменение объема при различном содержании воды обычно определяют по известной формуле

$$V_2 = V_1 \frac{100 - W_1}{100 - W_2}, \quad (42)$$

где V_1 — объем осадка или пены (в м³) при влажности его W_1 ;
 V_2 — объем осадка (в м³) при изменении влажности от W_1 до W_2 .

Пример. Определить объем жиромассы V_2 (в м³), задержанной жиroleвушкой после ее уплотнения до влажности 90%, если она имела объем до уплотнения 50 м³ и влажность 98%. По формуле (42) находим:

$$V_2 = 50 \frac{100 - 98}{100 - 90} = 10 \text{ м}^3.$$

Следовательно, объем жиромассы после уплотнения уменьшился в 5 раз.

После тщательного осмотра биоокислитель следует на две трети залить водой (лучше из реки) и затем заполнить доверху очищаемой сточной водой (см. рис. 41).

Далее необходимо включить в работу второй аэрационный насос 3, открыв предварительно задвижку на трубопроводе 9, который предназначен для рециркуляции очищаемой жидкости. Полученная при этом водно-воздушная смесь будет поступать через водораспределительное устройство в нижнюю часть биоокислителя 7. Таким образом, в первый период работы очистных сооружений биоокислитель лишь заполняется водой и частично сточными водами без протока очищаемых сточных вод. Примерно через сутки после того, как количество растворенного кислорода в биоокислителе повысится до 4—5 мг/л, следует дать небольшой проток сточных вод по всем сооружениям, для чего необходимо производить периодическое включение и выключение первого аэрационного насоса 3.

В последующие дни, впрямь до полного созревания биопленки (примерно 22—25 сут), необходимо постепенно увеличивать подачу очищаемых стоков на очистные сооружения до расчетной величины. Для этого желательно через каждые 8 ч производить определение содержания кислорода в очищаемой воде с тем, чтобы не допустить снижения его концентрации ниже 3—4 мг/л. Кроме этого, необходимо ежедневно производить анализ сточных вод до и после очистки на определение взвешенных и жировых веществ, рН, прозрачности. В случае, если очистка стоков сильно замедлится или вообще останется на одном и том же уровне, следует уменьшить подачу сточных вод на очистные сооружения. То же следует сделать в случае уменьшения концентрации кислорода в очищаемой воде. Желательно, насколько это доступно, чаще проводить анализы стоков на БПК₅ и ХПК, особенно в первые дни работы сооружений. В начале работы очистных сооружений следует особенно строго вести наблюдения за рН и температурой сточной воды (по приборам), а также подсосом воздуха (по ротаметру).

Для увеличения подсоса воздуха с помощью эжектора целесообразно несколько прикрыть задвижку на всасывающем трубопроводе.

После полного созревания биопленки очистные сооружения следует пустить в постоянную эксплуатацию.

Массовая гибель микроорганизмов характеризуется почернением биопленки. Такое явление происходит, главным образом, при отравлении микрофлоры и микрофауны токсическими веществами или большим количеством бензина (свыше

50 мг/л). Почернение биомассы может произойти вследствие длительного отсутствия кислорода в очищаемых стоках (в течение 6—8 ч). После ликвидации причины, вызвавшей гибель микроорганизмов, биомасса может быть восстановлена без вмешательства обслуживающего персонала. Однако для ускорения работы биоокислителей следует сделать промывку загрузки. Для этой цели нужно понизить в биоокислителе уровень жидкости до аэрационных устройств и затем сильной струей воды смыть биопленку. После этого дать отстояться воде в течение одного часа, после чего удалить осадок на иловые площадки.

На основании практических результатов нормальная работа биоокислителя восстанавливается в течение 4—5 дней после промывки.

Каждый случай гибели биопленки следует рассматривать как аварию. Степень виновности обслуживающего персонала, допустившего гибель биопленки, устанавливает комиссия, назначенная директором предприятия, и фиксируется актом.

КОНТРОЛЬ И ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЛОТАЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ СТОКОВ

Контроль за работой очистных сооружений, а также за сбросом сточных вод в городскую канализацию или в водоем осуществляется путем систематических визуальных наблюдений, анализов стоков и воды в системе оборотного водоснабжения. Контроль по загрязненности сточных вод должны производить в месте выпуска их в городскую канализацию до и после очистки на объединенных очистных сооружениях, а там, где они отсутствуют, до и после дворовых жироловушек. Систематический контроль следует вести также за санитарным состоянием и качеством повторно используемой и оборотной воды. Для определения некоторых показателей требуется весьма длительное время (например, БПК). Поэтому их нужно проводить 1 раз в 10 суток. Отдельные виды загрязнений, как, например, остаточный после дезинфекции хлор, который может даже в незначительных дозах вызвать гибель животного и растительного мира в водоемах, следует контролировать не реже чем через 2 ч. Контроль за содержанием в сточных водах бензина, который может при известных концентрациях образовывать в канализационных коллекторах взрывоопасную смесь или нарушить биологическую очистку стоков, нужно проводить непрерывно путем визуальных наблюдений и периодическим исследованием проб на бензин.

Для учета расхода потребляемой воды и сточных вод на очистных сооружениях должны быть установлены измерительные приборы и устройства [13].

Качество контроля работы очистных сооружений во многом зависит от того, насколько правильно отобрана проба. Способ отбора пробы промстоков зависит от местных условий канализования предприятия. При выполнении особо важных анализов необходимо, чтобы способ отбора проб предварительно был согласован со всеми заинтересованными сторонами (санэпидстанцией, органами охраны рыбных запасов, трестом «водоканализация» и др.).

Условия, которые следует соблюдать при отборе проб, весьма разнообразны и поэтому не представляется возможным дать подробные рекомендации для всех предприятий, в связи с чем здесь приводятся лишь наиболее общие принципы. Состав сточных вод обычно сильно колеблется и целиком зависит от технологии производства. Поэтому необходимо предварительно выяснить процесс образования промышленных стоков и стремиться брать средние или среднепропорциональные пробы в течение суток или нескольких суток в зависимости от условий спуска, так как отдельные цехи могут спускать сточные воды не ежедневно и нерегулярно, а иногда один раз в 10 дней. Средняя проба должна быть составлена из равных количеств жидкости, взятой через одинаковые промежутки времени.

При нерегулярном спуске промышленных стоков необходимо составлять среднепропорциональные пробы, т. е. отбирать пробы, пропорциональные объемам спускаемой сточной жидкости, в единицу времени. Средние и среднепропорциональные пробы следует брать в течение суток, сливая отдельные порции в большие чисто вымытые емкости. По истечении суток содержащая в емкости жидкость перемешивается и затем часть ее отбирается (примерно 3 л) в отдельную посуду для производства анализа. Из напорного трубопровода, там, где это возможно, среднесуточная или среднесменная проба может быть отобрана путем непрерывного отбора в большую бутылку через специальный преоборборник (кран). При проверке эффективности действия очистных сооружений или жироловушек необходимо следить за тем, чтобы пробы до очистки и после очистки собирались из одного потока. Для этого необходимо учитывать время прохождения сточных вод по очистным сооружениям.

Для характеристики изменения состава промышленных стоков в различное время суток надо отбирать разовые пробы и определять в них отдельные виды загрязнений, характерные для данного стока. Такие пробы следует брать через одинаковые промежутки времени (например, через час). Это

позволит выявить максимальные и минимальные количества загрязнений промышленных стоков, что важно знать как для составления режима работы очистных сооружений, так и для определения наибольшей или наименьшей нагрузки на очистные сооружения и на водоемы.

В местах, где имеются значительные количества протекающих сточных вод (не менее 0,5 м), отбор проб следует производить батометром. Если же глубина потока жидкости незначительна, то пробу следует отбирать при помощи стеклянного пробоборборника вместимостью 1—1,5 л, заключенного в металлическую оправу со свинцовым дном. Пробоборборник должен иметь горлышко с резиновой пробкой, открываемой с помощью шпур на любой глубине потока жидкости.

В теплое время, там где это доступно, пробы можно отбирать специальной посудой, опуская руку в жидкость. Посуда и пробки, используемые для отбора проб, должны быть тщательно вымыты, сначала теплой водой, затем хромовой смесью. При длительном содержании отобранной пробы могут произойти существенные изменения состава загрязнений. Поэтому, если польза производить анализ сразу или в крайнем случае через 12 ч после отбора пробы, необходимо пробу консервировать для стабилизации ее химического состава.

Пробы для определения всех видов связанного азота, окисляемости и т. п. консервируют, прибавляя к ним серную кислоту: по 2 мл разбавленной (1:3) серной кислоты на каждый литр исследуемых промышленных стоков. Пробы для определения взвешенных веществ и сухого остатка консервируют, прибавляя к ним 2 мл хлороформа на 1 л исследуемых стоков. Для определения фенолов сточную воду подщелачивают, добавляя к ней 5 г едкой щелочи на 1 л стоков. Пробы, предназначенные для определения БПК (биохимическое потребление кислорода), следует хранить при 3—4°С и стремиться анализировать на месте отбора проб как можно скорее.

При отборе каждой пробы записывают в специальный журнал номер пробы, вид и происхождение стоков, место отбора, день и час отбора.

Основными загрязнителями стоков предприятий масло-жировой промышленности являются жировые вещества, а для маслоэкстракционных заводов жировые вещества и бензин. Количества этих веществ в стоках определяют, как правило, путем экстракции растворителями. Поскольку селективных органических растворителей, в которых растворялись бы отдельно масла, жиры, мыла, смолы, воска, тяжелые углеводороды, хлорное железо и др., не существует, приходится определять суммарное содержание всех этих веществ. Следует отметить, что даже водопроводная или артезианская вода, используемая для технологических целей, часто содержит в себе экс-

трагируемые вещества в количествах не менее 5—8 мг/л (повидимому, за счет солей жесткости и хлорного железа и др.). Это обстоятельство следует учитывать при анализе сточных вод путем сопоставления загрязнений, полученных в очищенных стоках, с количеством загрязнений, находящихся в воде, которая используется для технологических целей производства.

Эффект работы отдельных сооружений или в целом очистных сооружений определяется путем сравнения состава сточных вод до поступления и после выхода из указанных сооружений.

Основными показателями (в мг/л) для характеристики сточных вод являются: осадок по объему, взвешенные вещества, хлориды, азот общий, азот аммонийных солей, нитраты, нитриты, окисляемость O_2 , БПК_{пол}, бензин и соли тяжелых металлов, никель, медь и др., а также температура воды в °С, прозрачность в см по Снеллину, окраска.

В особых случаях периодически можно определять (в мг/л): сульфаты, фосфаты, калий, плотный остаток.

Для бактериологического контроля определяют: число бактерий в 1 мл — на мясопептонном агаре при 37°С, число бактерий в 1 мл — на среде эндо при 37°С.

Осадки характеризуются: влажностью в %, зольностью в % и химическим составом (количество жиров, белков и углеводов в мг/л).

Полный анализ поступающих и очищенных стоков желательно производить не реже одного раза в декаду, а оборотной воды один раз в месяц. Предлагаемая схема контроля за работой очистных сооружений должна быть составлена, исходя из местных условий, значений очистных сооружений, и согласована с рыбной инспекцией, санэпидстанцией, бассейновой инспекцией, министерством мелиорации и водного хозяйства, трестом «Водоканализация» и др. Измерение температуры сточных вод и наружного воздуха, pH, прозрачности, взвешенных веществ необходимо определять в каждой пробе.

Основные выводы по контролю за санитарным состоянием водного хозяйства и сточных вод должны быть доведены до сведения руководителей предприятия не реже одного раза в квартал, а в случае обнаружения каких-либо недопустимых отклонений от установленной нормы по загрязнителям стоков и оборотной воды немедленно и в письменной форме.

Контроль за количеством сбрасываемых в канализацию промышленных стоков следует вести во всех местах их образования. Контроль нужно осуществлять путем периодических замеров на месте с помощью доступных и достаточно точными приборами (расходомерами, водосливами и т. п.), оборудованными автоматическими записывающими устройствами. Данные по расходам промышленных стоков следует заносить

в журнал. Наблюдения за расходами сточных вод нужно проводить на очистных сооружениях до выпуска в городскую канализацию (или в водоем непосредственно) ежедневно, а локальные сбросы промышленных стоков один раз в 10 дней.

Обслуживание аппаратов, сосудов и технологического оборудования разрешается лицам, достигшим 18-летнего возраста, прошедшим производственное обучение, сдавшим экзамены квалификационной комиссии и прошедшим стажировку на рабочем месте, имеющим удостоверение на право самостоятельной работы.

В цехе должна быть вывешена технологическая схема установки с обозначением коммуникаций и запорной арматуры, приборов контроля и безопасности.

На аппаратах (сосудах) установки должны быть обозначены наименование и порядковый номер согласно технологической схеме.

Трубопроводы должны быть окрашены согласно ГОСТ 14202—69 (кислотные линии окрашиваются в оранжевый цвет).

Сосуды под давлением необходимо эксплуатировать в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Аппараты, работающие при атмосферном давлении, после монтажа и ремонта с применением сварки нужно испытывать на герметичность в соответствии с «Нормалью машиностроения» (МН 72—62) наливом воды или смачиванием керосина по ГОСТ 3242—69.

Все движущиеся части машин и аппаратов необходимо ограждать в зоне, доступной обслуживающему персоналу.

Температура в обогреваемых аппаратах должна поддерживаться автоматически в предусмотренных пределах.

Емкости для кислот и щелочей нужно оборудовать переливными линиями. Фланцевые соединения кислотных линий запрещается располагать над проходами. Их следует ограждать металлическими кожухами.

Кислоту в цеховые емкости и производственные аппараты необходимо подавать закрытой струей, подача кислоты должна быть механизирована.

При приготовлении раствора серной кислоты следует лить кислоту в воду (а не наоборот) тонкой струей при перемешивании. При работе с кислотами необходимо иметь защитные средства, спецодежду и спецобувь по нормам. В помещениях, где работают с серной кислотой, следует устанавливать раковины с фонтанчиками на видных, легко доступных местах.

Промежуточные емкости и емкости для различных растворов необходимо снабжать сигнализатором верхнего уровня,

сблокированным с питающим насосом, а блок для кислой воды — сигнализатором для верхнего уровня.

Все аппараты должны быть закрыты крышками с вытяжками; на люках должны быть установлены металлические решетки.

Подача серной кислоты помимо смесителя непосредственно в аппарат не допускается.

Загрузку кальцинированной соды в коробку необходимо механизировать.

Кислые воды нужно нейтрализовать в емкости, снабженной крышкой и вытяжкой для удаления выделяющегося углекислого газа, или этот узел должен располагаться за пределами рабочего помещения.

Горячие поверхности аппаратов и трубопроводов необходимо изолировать, температура поверхности изоляции не должна превышать 45° С.

Уровни шума и вибрации на рабочих местах должны удовлетворять требованиям СН 245—71.

Помещение для разложения соапстоков должно иметь точно-вытяжную вентиляцию.

Защитные приспособления и одежда:

при работе с серной кислотой — защитные очки, прорезиненный передник, резиновые рукавицы и сапоги, шерстяной костюм;

при работе с сухой кальцинированной содой — респиратор.

ГЛАВА VII

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЗАВОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Объем капиталовложений на развитие водного хозяйства по масло-жировой отрасли в 1970 г. составлял примерно 2,8 млн. руб.

Эксплуатационные расходы в целом по всему водному хозяйству в 1970 г. не превысили 2,8 млн. руб. К 1980 г. они возрастут до 7,0 млн. руб., а капиталовложения на строительство очистных сооружений возрастут до 8 млн. руб. в год.

Стоимость очистных сооружений по сравнению со стоимостью основных фондов предприятия незначительна. Согласно проекту, составленному на Кировском маргариновом заводе, стоимость основных производственных фондов после реконструкции должна составить 5,3 млн. руб., а стоимость системы канализации — 0,25 млн. руб., что составляет всего лишь 5% от общей балансовой стоимости предприятия, а численность работающих на очистных сооружениях завода составляет около 2% от общей численности работающих.

На Красноярском маргариновом заводе стоимость очистных сооружений равна 153 тыс. руб. или 3% от общей стоимости основных производственных фондов, а численность работающих на очистных сооружениях равна 2% от всех работающих на заводе рабочих и служащих.

На Лабинском маслоэкстракционном заводе стоимость очистных сооружений равна 127 тыс. руб., что составляет по отношению к стоимости основных производственных фондов производства 2%, а численность работающих на очистных сооружениях равна около 2% от всех работающих на предприятии.

Примерно такое же соотношение и на других предприятиях, имеющих очистные сооружения.

Как уже было сказано, что при постройке очистных сооружений на всех предприятиях будет задержано около 30 тыс. т жиромассы в год, стоимость которой составит не менее 6 млн. руб. в год. Еще большие средства можно сэкономить за счет снижения потребляемой для производства воды и снижения сброса сточных вод в городскую канализацию.

Следовательно, строительство и реконструкция водного хозяйства на предприятиях МЖП позволит не только предохранить наши водоемы от загрязнений, но и получить значительные дополнительные средства за счет резкого снижения водопотребления и сброса сточных вод в городские коллекторы, а также за счет реализации в народном хозяйстве жиромассы, задержанной на очистных сооружениях.

Экономическая эффективность работы заводских очистных сооружений обусловлена снижением себестоимости очистки сточных вод, уменьшением капиталовложений, повышением количества и качества извлекаемой из производственных стоков жиромассы, снижением потребления воды из городского водопровода за счет использования очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения и сокращения количества стоков, сбрасываемых в городскую канализацию.

Экономическая эффективность проектируемых заводских очистных сооружений с применением новой технологии очистки жиросодержащих сточных вод и обработки осадков определяется путем сравнения с аналогичными по производительности и качеству очистки очистными сооружениями, применяемыми раньше в масло-жировой промышленности.

Экономическую эффективность очистных сооружений, проектируемых для действующих предприятий, можно определить путем сопоставления денежных и материальных затрат, связанных с эксплуатацией водного хозяйства предприятия до строительства очистных сооружений и после их строительства (с учетом срока окупаемости). Это сопоставление возможно лишь в том случае, если в результате построенных сооруже-

ний получают денежные средства за счет реализации задержанной в них жиромассы, а также в результате сокращения потребляемой свежей воды для нужд производства и сокращения количества сбрасываемой сточной воды в городскую канализацию.

Расчет сравнительной экономической эффективности проектируемых очистных сооружений до последнего времени производили в каждом проектно-институте по своим разработанным методам. В 1973 г. сотрудниками ВНИИводгео разработано методическое положение по расчету экономической эффективности предлагаемых методов очистки промышленных сточных вод [7]. Это позволило создать единую методику расчета экономической эффективности сооружений, входящих в систему водного хозяйства предприятий различных отраслей промышленности СССР. Эти методические указания стали основой составления данного раздела.

Сравнительный экономический эффект определяется на основе следующих показателей:

капитальные вложения (здания, сооружения, дороги, оборудование, складские помещения и т. п.);

годовые эксплуатационные расходы (зарплата, стоимость электроэнергии, материалов, реагентов и др.).

Для расчета экономической эффективности применяется показатель приведенных затрат, представляющий собой сумму текущих и единовременных затрат, приведенных к годовой размерности в соответствии с установленным коэффициентом эффективности.

Критерием сравнительной экономической эффективности капитальных вложений является минимум приведенных затрат. Наиболее экономически эффективный вариант определяется наименьшей суммой приведенных затрат.

Приведенные затраты P определяют по формуле

$$P = \mathcal{E}_r + E_n K, \quad (43)$$

где \mathcal{E}_r — годовые эксплуатационные затраты;

K — капитальные вложения (сметная или балансовая стоимость);

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (принимается равным 0,12).

Показатели \mathcal{E}_r и K можно рассчитывать как полную сумму капитальных вложений и годовых эксплуатационных затрат, так и в виде удельных капитальных вложений (на 1 м³ воды) и себестоимости очистки 1 м³ сточной воды (эксплуатационные затраты, отнесенные к 1 м³ воды).

Разность приведенных затрат по двум вариантам P_1 и P_2 дает величину годового экономического эффекта (\mathcal{E}), получаемого в результате замены одного варианта другим

$$\mathcal{E} = (P_1 - P_2) A, \quad (44)$$

где A — годовой объем единиц, если приведенные затраты определяли по удельным показателям.

Подход к расчету технико-экономических показателей (ТЭП) предлагаемого решения зависит во многом от вида аналога:

если аналогом служит действующий объект, то при расчетах технико-экономических показателей используются данные бухгалтерского учета предприятия (балансовая стоимость и фактические эксплуатационные затраты);

если аналогом служит проектная разработка, то используются сметно-финансовые расчеты (сметная стоимость и эксплуатационная смета);

если сравниваются несколько вариантов, представленных схематично (нет существующего или запроектированного) по ТЭП, следует рассчитывать, пользуясь справочными данными и инструктивно-нормативными материалами.

Если сравниваемые варианты не воплощены в проекты, то по каждому оцениваемому варианту следует составить рабочую схему для экономического расчета с указанием основных и вспомогательных сооружений, зданий и оборудования, принимающих участие в процессе очистки, указать их объемы (производительность).

Подсчет годового расхода электроэнергии приводится в разделе «Насосные станции для перекачки жиросодержащих сточных вод».

Годовую стоимость потребленной электроэнергии (\mathcal{E}') по узлу или площадке определяют в виде суммы

$$\mathcal{E}' = (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) \cdot \frac{a'}{100} \quad (45)$$

где a' — тариф за 1 кВт·ч электроэнергии, коп.

Оплачиваемую мощность N (в кВт) электродвигателя высокого напряжения (более 200 кВт) определяют по формуле

$$N = \frac{\sum N K_1}{\eta \cos \varphi} \quad (46)$$

где $\sum N K_1$ — суммарная мощность установленных электродвигателей высокого напряжения, кВт;

K_1 — коэффициент, учитывающий фактически потребляемую мощность (принимается равным 1,1);

η — к. п. д. электродвигателя (принимается равным 0,9);

$\cos \varphi$ — показатель коэффициента мощности, характеризующий полезно использованную электроэнергию (при нормальной работе двигателя в среднем равен 0,8).

Оплачиваемую мощность трансформаторов $N_{\text{тр}}$ (в кВт) определяют по формуле

$$N_{\text{тр}} = \frac{\sum N K_1 K_2}{\cos \varphi} \quad (47)$$

где $\sum N K_1$ — суммарная мощность всех рабочих электродвигателей низкого напряжения;

K_2 — коэффициент, учитывающий электроосветительную нагрузку, (принимается равным 1,05);

$\cos \varphi = 0,9$.

Сравниваемые варианты должны быть приведены в сопоставимый вид по методам исчисления стоимостных показателей, видам затрат, уровню цен, территориальной принадлежности и др., т. е. по всем признакам, кроме признака, эффективность которого определяется. Аналоговое (базисное) решение должно быть равным или близким к предлагаемому по производительности (не отличается более чем на 10—15%) и условиям эксплуатации (целевое назначение, материально-техническая база и др.).

Определение показателя годовых эксплуатационных затрат на очистку стоков (или себестоимости очистки) осуществляется по следующим статьям затрат:

материалы (реагенты и др.);

заработная плата производственного персонала с начислениями на социальное страхование;

электроэнергия;

тепловая энергия;

амортизационные отчисления;

текущий ремонт;

цеховые расходы;

прочие расходы.

Материалы — учитываются затраты на основные материалы, используемые при эксплуатации очистных сооружений. К основным материалам относятся: химические реагенты, растворители, загрузочные материалы в фильтрах и др.

Определение годовых затрат на материалы осуществляется отдельно для каждого вида материала.

Годовой расход реагентов (растворителей и т. д.) P (в т/год) определяют по количеству очищаемых стоков в год и дозе реагентов на их очистку по формуле

$$P = \frac{Q \cdot a}{10^6 \cdot \alpha} \quad (48)$$

где Q — количество очищаемых стоков за год, м³;

D — средневзвешенная доза химически чистого реагента на 1 м³ стоков, г;

α — содержание основного вещества в товарном реагенте, %.

Годовой расход реагентов для очистки сточных вод может быть определен по среднесуточному количеству загрязнений, расчетным данным соответствующих реагентов и количеству дней поступления сточных вод в году.

Аналогичным путем определяют годовой расход растворителей и других материалов. Годовой расход догрузки (досып-

ки) заполняются в фильтрах определяют с учетом величины его износа, которая должна быть известна по нормам или фактическим данным.

Затраты на материалы (реагенты, растворители и пр.) M (в руб./год) вычисляют по формуле

$$M = \sum_{i=1}^n P_i C_i \quad (49)$$

где P — годовой расход каждого материала (реагента и др.);

C — цена 1 т материала, руб;

n — количество применяемых в очистке материалов.

Цену 1 т материала принимают по действующим оптовым ценам с учетом транспортно-заготовительных расходов.

Заработная плата производственного персонала (основная и дополнительная), непосредственно занятого на очистных сооружениях. К производственному персоналу относятся: операторы, слесари, коагуляторщики, фильтровальщики, хлораторщики, дежурные рабочие и др., а также ИТР, служащие и МОП, непосредственно связанные с процессом очистки сточных вод.

При определении фонда заработной платы персонала, обслуживающего очистные сооружения, следует руководствоваться ведомственным штатным расписанием и тарифными ставками рабочих.

По осуществленному решению должен приниматься фактический фонд зарплаты (при необходимости: по узлу, методу, в целом) персонала, закрепленного за сооружениями, по предлагаемому — по аналогии с существующими решениями.

На определенную величину основного фонда заработной платы в соответствии с действующим трудовым законодательством начисляется дополнительная заработная плата сверх сумм, начисленных за определенное время. Она составляет 8% от основной зарплаты. В состав дополнительной заработной платы входят: оплата основных и дополнительных отпусков, доплата за ночное время, оплата рабочего времени, затраченного на выполнение государственных и общественных обязанностей и др.

Отчисления на социальное страхование на самостоятельных объектах канализации (например, станция аэрации) — составляет 4,7% от суммы основной и дополнительной зарплаты, в других случаях процент отчисления на соцстрах определяется в зависимости от ведомственной принадлежности предприятия (в химической промышленности — 8,4%, в металлургической промышленности — 7,9% и т. п.). В среднем он может приниматься в размере 8% от годового фонда заработной платы.

При отсутствии нормативной базы для определения расходов на заработную плату допускается использование данных

по аналогичным объектам, схемам и т. д., с внесением в них необходимых изменений. При этом должно проводиться обоснование расчета (со ссылкой на использованный материал).

При укрупненных и ориентировочных расчетах фонд заработной платы обслуживающего персонала может быть определен на основе среднегодовой заработной платы по категориям работающих

Категория	Заработная плата, руб.
Рабочие	1350
ИТР	1500
Служащие	1100
МОП	850

Указанная среднегодовая заработная плата включает все виды доплат и премий.

Электроэнергия, расходуемая на перекачку сточных вод, обработку осадка и шлама, на подачу воздуха, на приведение в движение оборудования (илоскребов, механических граблей и пр.).

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели насосов, компрессоров, воздуходувок и т. п.

Стоимость электроэнергии, потребляемой электродвигателями, рассчитывается по тарифам энергосистемы, снабжающей предприятие электроэнергией. Если общая установленная мощность электродвигателей и трансформаторов меньше или равна 100 кВт, то оплата потребляемой энергии производится по одноставочному тарифу за потребляемую электроэнергию (по счетчику). Если оплачиваемая мощность электродвигателей и трансформаторов больше 100 кВт, то оплата потребляемой электроэнергии производится по двухставочному тарифу: за установленную мощность электродвигателей и трансформаторов (независимо от количества потребляемой электроэнергии) и потребленную электроэнергию (по счетчику).

Оплата трансформаторов и электродвигателей высокого напряжения производится по суммарной мощности их.

В практике промышленных предприятий оплата за электроэнергию часто осуществляется по максимальной нагрузке (по заявленной потребителем мощности). Цена за 1 кВт заявленной мощности устанавливается энергосистемой, питающей предприятие. Фактические затраты \mathcal{E} на электроэнергию в цехах очистки сточных вод определяют по формуле

$$\mathcal{E} = (N_s + N_{тр}) a'' \quad (50)$$

где a'' — тариф за 1 кВт установленной мощности электроснабжающей системы, руб./кВт.

Ориентировочно, для укрупненных расчетов затраты на электроэнергию, расходуемую на очистку промышленных стоков, составляют 25—30% от общей суммы эксплуатационных затрат.

Затраты на топливо, воду, пар и сжатый воздух, используемые на технологические нужды, определяются по их себестоимости, установленной на рассматриваемом объекте. Если расчет приводится без привязки к конкретному объекту, то затраты определяются по действующим прейскурантным ценам (тарифам).

Расходы топлива, воды, пара и сжатого воздуха определяются по нормам или фактическим данным.

Амортизационные отчисления от суммы капитальных вложений (сметной или балансовой стоимости основных фондов) определяются в соответствии с установленными Госпланом СССР нормами по группам фондов (на здания, сооружения и оборудование). В составе амортизационных отчислений предусмотрены затраты на полное восстановление фондов и на частичное восстановление (затраты на капитальный ремонт). «Союзводоканалпроект» выведены усредненные проценты амортизационных отчислений: для здания и сооружений канализации — 6%, для оборудования — 12, для сетей канализации — 4%.

Текущий ремонт производственных зданий, сооружений и оборудования. Затраты на текущий ремонт включают основную и дополнительную заработную плату ремонтных рабочих с начислениями на социальное страхование, затраты на материалы, расходуемые на ремонт и запчасти, а также услуги ремонтных мастерских предприятия.

Как показывает опыт эксплуатации очистных сооружений, выявить фактические затраты на текущий ремонт (при современном учете) не представляется возможным, поэтому затраты на ремонт можно определить расчетным путем с помощью нормативов.

Затраты на текущий ремонт канализационных сетей включают только затраты на материалы (ремонтные работы входят в обязанность производственных рабочих, обслуживающих сети).

«Союзводоканалпроект» предлагает расходы на текущий ремонт принимать в размере одного процента от стоимости сооружений, оборудования и сетей.

Ориентировочно затраты на текущий ремонт зданий, сооружений и оборудования допускается принимать до 50% от величины отчислений на капитальный ремонт.

Цеховые расходы включают в себя содержание административно-управленческого персонала, расходы на энергетические ресурсы (электроэнергию на освещение, топливо,

воду, пар и пр., расходуемые на хозяйственные нужды), затраты на содержание лабораторий, складов и пр. Цеховые расходы рекомендуется определять прямым счетом.

Прочие расходы: износ и ремонт малоценных и быстоизнашивающихся инструментов, приспособлений, хозяйственного инвентаря; расходы по технике безопасности и охране труда, затраты на услуги сторонних организаций и других цехов предприятий, а также другие неучтенные расходы.

Прочие расходы могут учитываться ориентировочно в размере 5—6% от общей суммы эксплуатационных расходов без учета амортизационных отчислений.

В некоторых случаях расходы на текущий ремонт относят в цеховые расходы или цеховые расходы объединяют с «прочими» расходами, в других случаях все эти статьи расходов объединяются в «накладные расходы». Укрупненно «накладные расходы» составляют 20—25% общей суммы эксплуатационных затрат (без затрат на текущий ремонт — 15—17%).

Общий показатель эксплуатационных затрат включает в себя годовые затраты: на приобретение материалов, на заработную плату производственного персонала, на электроэнергию и другие энергоресурсы, на текущий ремонт, а также сумму годовых амортизационных отчислений и прочие расходы.

В составе показателя капитальных вложений учитываются затраты на строительство и монтажные работы и на приобретение или изготовление необходимого оборудования.

При исчислении показателя капитальных вложений в промежуточных расчетах следует выделять стоимости зданий, сооружений и оборудования для использования их при исчислении суммы амортизационных отчислений.

При исчислении показателя капитальных затрат по каждому варианту должно соблюдаться единство по видам затрат, уровню цен.

Исчисленные экономические показатели рекомендуется сводить в таблицы. Оформленный таким образом расчетный материал облегчает анализ полученных результатов.

Материал по определению экономического эффекта представлен в виде самостоятельного документа (отчета или раздела), который должен в обязательном порядке содержать пояснительную записку с резульативной таблицей «Основные технико-экономические показатели» и приложение в виде расчетных таблиц и подписывается должностным лицом, являющимся ответственным исполнителем работы.

В пояснительной записке должны быть изложены: сущность технического предложения и его преимущества; обоснование выборного аналога; основные параметры и характеристики сравниваемых вариантов; метод определения экономи-

ческого эффекта и его расчет (с расчетом приведенных затрат по вариантам); область и объемы применения предлагаемого варианта.

В пояснительную записку включают схемы, чертежи, фотографии и графики, наглядно характеризующие предложение.

На основе данных по эксплуатационным затратам и амортизационным отчислениям себестоимость отведения и очистки 1 м³ стоков *a* составит

$$a = \frac{P_r \cdot 100}{QD_c} \quad (51)$$

где *P_r* — годовая сумма эксплуатационных расходов и амортизационных отчислений, руб.;

Q — суточное количество очищаемых стоков, м³;

D_c — количество дней в году работы очистных сооружений.

Стоимость жиромассы, задержанной на очистных сооружениях, следует принять в зависимости от того, где она используется в народном хозяйстве. Для ориентировочных расчетов стоимость жиромассы следует принимать 250 руб. за 1 т. Следует также учесть экономию денежных средств благодаря использованию очищенных стоков в системе оборотного водоснабжения. Здесь необходимо знать стоимость 1 м³ воды, получаемой от городского водопровода, и плату за сброс предприятием 1 м³ стоков в городскую канализацию.

Окупаемость очистных сооружений равна отношению стоимости строительства всех сооружений к годовой экономической эффективности.

Как показала практика эксплуатации первых очистных сооружений с применением напорной флотации, окупаемость очистных сооружений составляет 1,5—2 года, а экономическая эффективность для средних по мощности предприятий 80—100 тыс. руб. в год.

Согласно методическому положению по расчету сравнительной эффективности методов очистки сточных вод, разработанных ВНИИводгео, примерная штатная численность персонала должна быть:

1. Для биологических очистных сооружений производительностью от 1 до 5 тыс. м³ в сутки:

Начальник	1
Мастер по биохимической очистке	1
Мастер по обработке осадков	1
Мастер по дезинфекции	1
Оператор на решетках и песколовках	5 (1)
Оператор по отстойникам	4 (1)
Оператор по биологическим сооружениям	5 (1)
Оператор по обработке осадка	5 (1)
Оператор по хлораторной установке	4 (1)
Оператор по доочистке	4 (1)
Машинист компрессорных и насосных установок	1
Специалист по химии и биохимии	1

Лаборант	1
Уборщики помещений	1
Всего	34 (14)

Примечание. В скобках приведены значения при автоматической работе очистных сооружений.

2. Для сооружений с механической очисткой сточных вод той же производительности численность персонала составляет 10 (6) человек. На первых очистных сооружениях с применением флотационно-биологического метода эксплуатационный состав составляет 10—12 человек. На очистных сооружениях с применением напорной флотации эксплуатационный состав не превышает 8 человек.

Окончательная штатная численность персонала на очистных сооружениях предприятий МЖП может быть установлена лишь после того, как наберется больше данных по эксплуатации таких очистных сооружений.

Нормы амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства СССР приводятся в табл. 41.

Примерная стоимость реагентов приводится в табл. 26.

Таблица 41

Нормы амортизационных отчислений по основным фондам водопроводно-канализационного хозяйства (извлечение из действующих «Норм амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства СССР», утвержденных СМ СССР в 1961 г.) в % к капитальным затратам

Группы и виды основных фондов	Шифр	Норма амортизационных отчислений		
		общая	на капитальный ремонт	на полное восстановление (реконструкция)
Здания, дороги, благоустройство				
Здания каркасные с железобетонным металлическим каркасом с заполнением каркасов каменным материалом	10000	2,5	1,5	1,0
Здания с каменными стенами из штучных камней или крупноблочные колонны и столбы железобетонные	10001	2,8	1,6	1,2
Подъездные железнодорожные пути предприятия	20216	3,5	2,0	1,5
Автомобильные дороги производственных асфальтированные	20222	4,4	1,9	2,5
Заборы каменные и металлические	20539	3,0	0,8	2,2
Сооружения водопровода				
Сооружения для аэрации воды: брызгальные бассейны железобетонные	20514	4,4	1,9	2,5
Градири	20515	3,5	0,2	3,3
железобетонные	20516	11,0	1,0	10,0
деревянные				

Группы и виды основных фондов	Шифр	Норма амортизационных отчислений		
		общая	на капитальный ремонт	на полное восстановление (ре-новация)
Резервуары чистой воды и нейтральных жидкостей, железобетонные, заземленные	20523	2,2	0,2	2,0
Резервуары				
кирпичные	20524	4,1	0,8	3,3
металлические	20525	14,0	10,7	3,3
Водонапорные башни кирпичные и железобетонные	20526	2,4	1,1	1,3
Водонапорные башни:				
металлические	20527	5,3	2,0	3,3
деревянные	20528	8,0	3,0	5,0
Отстойники				
горизонтальные	20520	10,9	8,9	2,0
вертикальные и двухъярусные	20521	4,0	2,0	2,0
Песколовки с гидроэлеватором (горизонтальные и вертикальные)	20518	4,8	2,8	2,0
Биофильтры	20502	9,3	4,3	5,0
Аэрофильтры	20503	5,6	3,6	2,0
Аэротенки	20510	3,9	1,9	2,0
Поля орошения и поля фильтрации	20506	9,3	5,3	4,0
Иловые и песковые площадки с основаниями				
искусственными	20505	15,1	8,4	6,7
естественными	20504	47,7	41,0	6,7
Шламоотстойник	20529	4,5	2,0	2,5
Газгольдеры и наземные емкости для хранения жидкого газа	20514	2,5	0,5	2,0
Метантенки с гидроэлеваторами	20501	3,7	1,7	2,0
Трубопроводы				
Сети трубопроводов с колодцами, колонками и гидрантами и прочим оборудованием (включая водоводы)				
асбестоцементные	20405	5,8	0,8	5,0
чугунные	20407	2,3	0,9	1,4
стальные	20406	4,1	0,8	3,3
Сети канализационные (коллекторы и уличная сеть с колодцем и арматурой)				
керамические	20402	3,2	1,2	2,0
железобетонные и бетонные*	20403	3,6	1,1	2,5

* По трубам водопроводным напорным, железобетонным впредь до установления новых нормативов на амортизацию, сумму амортизационных отчислений рассчитывать по минимальному нормативу применительно к чугунным трубам (шифр 20407).

1. Вода и сточные воды в пищевой промышленности. Перевод с польского под ред. канд. техн. наук В. М. Каца. М., «Пищевая промышленность», 1972. 284 с.
2. Драчев С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. Л.—М. «Наука», 1964. 274 с.
3. Замская Р. С., Шмидт А. А. и др. Исследование очистки барометрических вод от загрязнений. — «Масло-жировая промышленность», № 9, 1966, с. 13—17.
4. «Канализация», Стройиздат, 1969. 590 с. Авт.: А. И. Жуков, А. Я. Карелин, С. К. Колобапов, С. В. Яковлев.
5. Караваев Н. Н., Резник Н. Ф. Флотационная очистка сточных вод от нефтепродуктов. ЦНИИТЭИнефтехим, 1966. 87 с.
6. Карелин Я. А. Очистка сточных вод нефтяных промыслов и заводов. Госгиздат, 1959. 344 с.
7. Методические положения по расчету сравнительной экономической эффективности методов очистки промышленных сточных вод. ВНИИводгео. М., 1972. 16 с.
8. Надисев В. С., Ганичева Н. В., Макарова Л. А. Сборник графиков для гидравлического расчета канализационных коллекторов, напорных трубопроводов и каналов. Издание 2-е. Изд-во МКХ РСФСР, 1955. 71 с.
9. Надисев В. С. Расчет дождевой и общесплавной канализации по методу «критических приливных площадей стока». Изд-во МКХ РСФСР, 1949. 95 с.
10. Надисев В. С. Эксплуатация водного хозяйства промышленных предприятий. М., 1968, с. 88—92.
11. Надисев В. С. Регулирующие отстойники. — «Жилищно-коммунальное хозяйство», № 5, 1957, с. 21—23.
12. Надисев В. С. Двухструйная канализационная насосная станция. — «Вологодское и санитарная техника», № 5, 1961, с. 11—13.
13. Руководство по методам исследования, техникохимическому контролю и учету производства в масло-жировой промышленности, т. V, гл. 8, под общей ред. докторов техн. наук В. М. Ржекина и А. Г. Сергеева. Л. ВНИИЖ, 1969. 502 с.
14. Надисев В. С. Очистка сточных вод на биоокислителях. — «Жилищное и коммунальное хозяйство», № 5, 1970, с. 36—37.
15. Надисев В. С. Очистка сточных вод предприятий масло-жировой промышленности. М., ЦНИИТЭИпищепром, 1972. 29 с.
16. Надисев В. С., Устинов Ю. В., Мецержакова В. И. Опыт очистки жиродержащих стоков на электрофлотаторах. — «Масло-жировая промышленность», № 2, 1973, с. 39—41.
17. Очистка жиродержащих сточных вод методом напорной флотации. — «Масло-жировая промышленность», № 10, 1970, с. 43—44. Авт.: В. С. Надисев, В. А. Соловьев, Л. Н. Щербаков, Н. Е. Морозова.
18. Основные направления развития масло-жировой промышленности на 1971—1975 гг. Под ред. д-ра техн. наук Сергеева А. Г. ВНИИЖ, 1969. 456 с.
19. Очистка жиродержащих стоков с помощью электрической флотации, серия 4, вып. 5. М., 1974, с. 3—11. Авт.: В. С. Надисев, Ю. К. Голубева, Г. С. Маслеников, М. М. Титова, Ю. В. Устинов.
20. Роговская Ц. И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод. Госиздат. М., 1967. 140 с.
21. Сергеев А. Г. Масло-жировая промышленность в Дании. М., 1964. 89 с.
22. Садовникова И. Д. Очистка сточных вод промышленных предприятий. Челябинск, 1969. 91 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
ГЛАВА I. Количество и состав промышленных сточных вод на предприятиях масло-жировой промышленности	7
Образование, количество и характеристика сточных вод	7
Сточные воды маслоэкстракционных заводов	16
Сточные воды гидрогелизационных заводов	20
Сточные воды при рафинации жиров и масел	22
Сточные воды маргаритовых заводов	24
Сточные воды производства майонеза	28
Сточные воды производства глицерина и жирных кислот	29
Сточные воды производства натуральных моющих средств	32
ГЛАВА II. Особенности проектирования и конструкции канализационных сооружений предприятий масло-жировой промышленности	36
Канализационные сети, дюкера, напорные трубопроводы, их конструкция и расчет	36
Дождевая канализационная сеть	45
Насосные станции для перекачки жиросодержащих сточных вод	51
ГЛАВА III. Требования, предъявляемые к очищенным промышленным сточным водам	56
Воды, сбрасываемые в городскую канализацию	56
Воды, спускаемые в водоем	58
Воды, используемые в системе оборотного водоснабжения	62
ГЛАВА IV. Коагуляция, нейтрализация и обеззараживание сточных вод	63
Коагуляция загрязнений, находящихся в сточных водах	63
Нейтрализация сточных вод	74
Обеззараживание и обработка промышленных сточных вод	76
ГЛАВА V. Механические и физико-химические методы очистки сточных вод	83
Очистка сточных вод с помощью цеховых и дворовых жиroleвушек	85
Очистка сточных вод методом напорной флотации	90
Очистка сточных вод с помощью электрической флотации	113

ГЛАВА VI. Биохимическая очистка жировых и бензинсодержащих сточных вод	126
Очистка сточных вод на биофильтрах	127
Очистка сточных вод на аэротенках	139
Способы обработки осадков и избыточного активного ила	136
Биохитовой метод очистки жиросодержащих сточных вод	143
Флотационно-биологический метод очистки промышленных сточных вод	158
Приближенный метод расчета биоокислителей	160
Особенности пуско-наладочных работ очистных сооружений с применением биоокислителей	163
Контроль и особенности эксплуатации очистных сооружений с применением флотационно-биологического метода очистки стоков	164
ГЛАВА VII. Экономическая эффективность работы заводских очистных сооружений	169
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	181



Василий Семенович Надyses

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЯ МАСЛО-ЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Редактор И. Н. Кобчикова

Художник М. В. Носов

Художественный редактор С. Р. Нак

Технический редактор Л. Ф. Кузина

Корректоры: Т. Н. Бобрикова и В. А. Шавер

Т-03146	Сдано в набор 8/IX 1975 г.	Подписано в печать 29/I 1976 г.
Формат 60×90 ^{1/16}	Бумага типографская № 2	Объем 11,5 печ. л.
Уч.-изд. л. 12,43	Тираж 3700 экз.	Заказ 1079а Цена 63 коп.

Издательство «Пищевая промышленность»,
ЧЗ3035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., д. 12

Московская типография № 19 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Москва, Б-78, Каланчевский тупик, д. 3/5