

И. А. В Е Л Д Р Е

Г
ИГИЕНИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА
СТОЧНЫХ ВОД
СЛАНЦЕВОЙ
ПРОМЫШ-
ЛЕННОСТИ

ТАЛЛИН · 1962

XI

-9178 II

АКАДЕМИЯ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

И. А. ВЕЛДРЕ

МАТЕРИАЛЫ К ГИГИЕНИЧЕСКОЙ
ОЦЕНКЕ СТОЧНЫХ ВОД СЛАНЦЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ТАЛЛИН 1962

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук Эстонской ССР

Редактор Х. Янес

РИСО № 398



Велдре Ингеборг Артуровна
МАТЕРИАЛЫ К ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ
СТОЧНЫХ ВОД СЛАНЦЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На русском, эстонском и немецком языках

Редакционно-издательский совет
Академии наук Эстонской ССР
Таллин, ул. Кохту, 6

Редактор РИСО А. Севастьянов
Технический редактор Э. Тоомсалу
Корректор В. Лушков

Сдано в набор 17. V 1961 г. Подписано к печати 26. III 1962 г. Бумага 60×90¹/₁₆. Печатных листов 7,25+1 вклейка. Учетно-издательских листов 6,69. Тираж 600. МВ-00285. Заказ 4893.

Типография им. Ханса Хейдеманна, г. Тарту, ул. Юликооли 17/19. I.

Цена 52 коп.

Введение

Эстонская ССР богата реками и озерами, имеющими большое значение в народном хозяйстве республики.

В Эстонской ССР насчитывается 1500 озер, акватория которых составляет 5% всей территории республики (В. А. Шарков, 1953).

Из озер Эстонии 50 имеют размер больше 1 км², 7 озер — свыше 5 км² [В. Тармисто (V. Tarmisto, 1959)]. Все реки Эстонии можно разделить по месту их впадения на 3 группы: впадающие в Финский залив, в Рижский залив и в Чудское озеро.

Самыми крупными водоемами Эстонии являются реки Нарва, Пярну, Эмайыги, Ягала и др., озера Чудское, Выртсъярв и прочие (В. Тармисто, 1959).

Некоторые из открытых водоемов Эстонии используются для централизованного водоснабжения, как, например, озера Юлемисте, Консо и др.

Все водоемы Эстонии, в том числе и заливы Финский и Пярнуский, имеют большой удельный вес в рыболовном хозяйстве республики. Кроме того, колхозники широко используют воду для хозяйственных целей.

Промышленные предприятия Эстонии, расположенные на берегах крупных рек, пользуются ими для технического водоснабжения.

Реки, озера и заливы республики служат и спортивным целям. Особенно развит в Эстонии парусный спорт. Яхтсмены Эстонии принимают участие во всесоюзных соревнованиях по парусному спорту, нередко занимая одно из первых мест.

Водоемы Эстонии, особенно заливы, имеют огромное значение для отдыха и лечения населения. На берегах Финского и Пярнуского заливов расположены крупнейшие санатории и дома отдыха Эстонии, там же находятся многочисленные пионерские лагеря.

В Советской Эстонии имеется всего 3 дома отдыха и 14 санаториев, из них 3 для больных туберкулезом и 7 для тубер-

кулезных детей. Общее количество коек в нетуберкулезных — 1110 и в туберкулезных — 1375*.

Санатории в городе Пярну широко известны за пределами Эстонской ССР лечебными грязями.

Отсюда видно, какое значение имеет санитарное состояние водоемов Эстонской ССР для здоровья населения и народного хозяйства страны.

Капиталистические страны Европы и Америки отмечают угрожающие размеры загрязнения водоемов в связи с развитием промышленности, концентрацией населения в промышленных районах и недостаточной деятельностью в области санитарной охраны водоемов. Уже Ф. Энгельс в свое время писал: «Только общество, способное установить гармоническое сочетание производственных сил по единому общему плану, может позволить промышленности разместиться по всей стране так, как это наиболее удобно для ее развития и ее сохранения...» и дальше «Только путем слияния города и деревни можно устранить нынешнее отравление воздуха, воды и почвы...»**.

Борьба с загрязнением водоемов принимает все более и более серьезный характер в Советском Союзе. В последние годы благодаря усиленной борьбе с загрязнением водоемов были достигнуты некоторые успехи в этой области, но, несмотря на это, многие водоемы страны до настоящего времени загрязняются промышленными сточными водами.

Загрязнение водоемов сточными водами ведет к ухудшению санитарных условий жизни населения прибрежных мест, затрудняет водопользование и водоснабжение.

Ведущая отрасль промышленности Эстонской ССР — сланцевая промышленность. Предприятия сланцевой промышленности сбрасывают большие количества сточной воды в водоемы.

Осуществляя решение XXI съезда Коммунистической партии Советского Союза и задачи семилетнего плана, бурно развивается вся промышленность в целом, а в том числе и сланцевая промышленность, что ведет к возрастанию количества сточных вод. Это требует усиленного внимания к мерам, предпринимаемым в области санитарной охраны водоемов от загрязнения промышленными сточными водами.

Решение XX съезда КПСС обязывает промышленные предприятия улучшить работу по охране водных источников от загрязнения их промышленными выбросами.

Однако на ряде предприятий до сих пор не имеется очистных сооружений для сточных вод. Многие комбинаты из года в год платят большие штрафы за сброс неочищенных сточных вод в открытые водоемы.

* Данные из отчета Курортного Управления за 1959 г. и Минздрава за 1960 г.

** Ф. Энгельс «Анти-Дюринг», стр. 280, 1951 г.

На основании постановления Совета Министров СССР от 22 апреля 1960 г. № 425 «О мерах по упорядочению использования и усилению охраны водных ресурсов СССР» коренным образом будет улучшено санитарное состояние открытых водоемов и очистка сточных вод промышленных предприятий.

Целью этой работы было дать полную санитарно-химическую характеристику сточным водам сланцевой промышленности путем химического анализа и на основании экспериментальных опытов над различными разведениями сточных вод с водными организмами.

В результате этого исследования и на основании данных по очистке стоков аналогичных производств получены теоретические основы для выбора метода очистки сточных вод сланцевой промышленности.

Настоящая работа, основанная на материалах исследований, накопленных в течение многих лет в сланцевой промышленности, вносит свою долю в дело улучшения санитарной охраны открытых водоемов и правильного решения вопросов очистки промышленных сточных вод в Эстонской ССР.

Проведенные в 1951—1954 гг. исследования сточных вод комбината «Кивийыли», результаты которых представлены в настоящей работе, всесторонне характеризуют вредное влияние неочищенных сточных вод сланцевой промышленности на санитарное состояние водоема и токсичность их воздействия на водные организмы.

Работами, проведенными в последующие годы, характеризуется комплекс методов очистки сланцевых сточных вод и дается оценка каждому из них в отдельности.

В настоящей работе приводятся также данные исследований по изучению условий труда в цехах по очистке сланцевых сточных вод и дается гигиеническая оценка их.

Материалы исследований, представленные в настоящей работе, позволяют использовать опыт очистки сточных вод на сланцеперерабатывающем комбинате им. В. И. Ленина в г. Кохтла-Ярве, на других сланцеперерабатывающих предприятиях и на разных аналогичных производствах и могут послужить основой при дальнейшей работе по выработке предельно допустимых концентраций для различных химических веществ в сточной воде сланцевой промышленности.

1. СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

1. Фенольные сточные воды

В литературе, относящейся к вопросу загрязнения открытых водоемов промышленными сточными водами, большой удельный вес имеют различные предприятия термической переработки твердого топлива: коксохимические заводы и газогенераторные станции. Сточные воды этих двух отраслей промышленности описаны А. И. Жуковым и И. Л. Монгайт (1948) под общим названием — фенольные сточные воды.

И. М. Телегин и В. В. Волгин (1954) называют водные конденсаты газогенераторных станций фенольными водами, так как они содержат фенолы (карболовая кислота, крезолы и т. д.).

Н. А. Мосевич и соавторы (1952) называют фенольными сточными водами воды, сбрасываемые коксохимическими, коксогазовыми и металлургическими заводами, газогенераторными станциями и другими предприятиями по термической переработке твердого топлива (каменного угля, дрезесны, торфа, сланцев).

Так как изучаемые нами сточные воды от переработки горючих сланцев мало описаны в литературе, а по своему химическому составу они относятся к фенольным водам, нас интересовали данные литературы о фенольных сточных водах.

На сложность и непостоянство состава фенольных сточных вод (от термической переработки твердого топлива) указывали А. И. Жуков и И. Л. Монгайт (1948). Авторы отметили, что эти воды содержат специфические загрязнители, как фенол, аммиак и смолы, а также большое количество (до 7—10% от веса перерабатываемого топлива) взвешенных веществ. По данным этих авторов, содержание смол в отдельных стоках достигает 20—35, а содержание аммиака до 5—10 г/л. Количество фенола и его гомологов, по данным тех же авторов, составляет 0,5—12 г/л воды.

В литературе последних лет имеются данные исследования сточных вод от переработки топлива на содержание в них канцерогенных веществ. С. Н. Черкинский и соавторы (1959) исследовали сточные воды коксогазового завода, завода «Нефтегаз» и нефтеперерабатывающего завода на содержание в них 3,4-бензпирена. По данным этих авторов, во всех пробах воды коксогазового завода обнаружен 3,4-бензпирен, иногда даже в значительных количествах. В сточных водах завода «Нефтегаз» 3,4-бензпирен обнаружен тоже во всех пробах, а в сточных водах нефтеперерабатывающего завода авторам не удалось его обнаружить. Авторы пришли к выводу, что содержание 3,4-бензпирена в сточной воде зависит от температуры, при которой происходит возгонка сырья; при температуре ниже 500°С канцерогенные вещества в сточных водах не были обнаружены. Авторы подчеркивали опасность загрязнения сточными водами, содержащими 3,4-бензпирен, открытых водоемов и поднимали вопрос о допустимых пределах загрязнения водоемов канцерогенными веществами.

Указания на возможность загрязнения водоемов канцерогенными веществами имеются и в зарубежной литературе [И. Борнеф и Р. Кног (Borneff J., R. Knog, 1959)]. По мнению этих авторов, наиболее важными канцерогенными веществами являются некоторые полициклические и ароматические углеводороды, как 3,4-бензпирен и 1,2,5,6-добензантрацен.

Как видно из приведенных выше литературных данных, название «фенольные сточные воды» можно применить к сточным водам большой группы производств, как, например, коксохимических, коксогазовых, металлургических заводов, газогенераторных станций и других предприятий по термической переработке твердого топлива. Фенольные воды содержат в своем составе, кроме фенолов, еще много других химических веществ, таких, как аммиак, смолы, 3,4-бензпирен, и считаются сильно загрязненными.

2. Влияние сточных вод на открытые водоемы

В связи с ростом городов и мощным развитием промышленности в СССР вопросы санитарной охраны водоемов от загрязнения сточными водами приобретают особенно важное значение.

В соответствии с существующим санитарным законодательством защита водных источников от загрязнения сточными водами обеспечивается путем устройства очистных сооружений, правильной их эксплуатации, надлежащим надзором со стороны санитарных организаций за работой очистных сооружений и за санитарным состоянием водоемов.

Открытые водоемы, реки, озера и моря часто используются в качестве приемников сточных вод, и таким образом происходит загрязнение водоемов. Если водоем достаточно мощный и сбрасываемые количества сточных вод незначительны, эти загрязнения довольно быстро ликвидируются за счет процессов самоочищения и водоем остается практически чистым. При спуске больших количеств сильно загрязненных сточных вод в маломощные водоемы, последние загрязняются и становятся непригодными для хозяйственно-бытового использования, рыбозаведения и т. д.

Влияние промышленных сточных вод на открытые водоемы подробно изучено как в Советском Союзе, так и за границей.

В гигиенической литературе уделяется много внимания вопросам влияния сточных вод на организм человека и животных. В литературе по гигиене водопользования (И. В. Баранов (1958), М. Н. Задубин (1958), А. И. Жуков (1957), Л. И. Казачков (1937), А. В. Каныгина и И. Д. Родзиллер (1957), А. В. Каныгина и М. П. Лебедева (1957), Н. А. Мосевич (1951), Ш. Г. Хачидзе (1956), И. И. Шенгелия (1956), А. Г. Алмestранд (A. G. Almestrand, 1959) и многие другие).

Влияние различных стоков на море и на загрязнение прибрежной полосы моря описано в работах С. С. Аглицкого и К. Б. Хайта (1952) и Н. Н. Алфимова (1957).

И. И. Шенгелия (1956) установил пороговые концентрации химических веществ, содержащихся в промышленных сточных водах различных отраслей промышленности, при которых вкус, цвет или запах были еще уловимы. Из 94 веществ, исследованных автором, наиболее активное влияние на запах воды оказывали тяжелые смоляные масла; на вкус из органических веществ — керосин и на окраску — смоляные масла.

О влиянии фенола на вкус и запах воды имеются данные Ф. А. Данилова (1927), М. С. Несмеяновой (1953), М. М. Калабиной (1954) и др. По данным М. М. Калабиной (1954), сам фенол (карболовая кислота) дает чувствительный запах только при концентрации 20 мг/л.

Многие авторы [М. С. Несмеянова (1953), Н. С. Строганов и А. Т. Пажитков (1941), А. П. Васильев (1954), М. М. Калабина (1954) и др.] указывают, что при хлорировании воды даже слабые концентрации фенола (0,0005—0,02) дают хлорфенольный запах, в результате чего вода становится непригодной для употребления.

М. С. Несмеянова (1953) приводит данные пороговых запахов не только для карболовой кислоты, но и для других фенолов. М. Н. Светлакова (1955), изучая влияние различных фенолов на органолептические свойства воды при обеззараживании

ее хлором, установила, что крезолы дают хлорфенольный запах уже при концентрации их в 0,001 мг/л.

М. С. Яншина (1951) указывает на то, что посторонние запахи не только делают воду непригодной для питья, но мешают также проведению спортивных занятий на воде.

А. И. Жуков и И. Л. Монгайт (1948) указывали, что сброс неочищенных фенольных сточных вод в открытые водоемы влечет за собой ряд тяжелых последствий, делает эти водоемы непригодными для питьевого и хозяйственного использования и для рыборазведения. Авторы отметили, что специфические примеси этих вод (фенолы, смолы и т. д.) вредно действуют на флору и фауну водоемов и придают воде неприятный, трудноустраняемый привкус и запах. Авторы обратили особое внимание на роль тяжелых смол сточных вод, отлагающихся на дне и вызывающих вторичное загрязнение водоема.

С. А. Несмеянов и А. Н. Фихман (1952), характеризуя сточные воды электростанций и теплоэлектроцентралей, приводят данные о том, что на тонну сжигаемого угля со сточными водами в водоемы сбрасываются от 10 до 27 г смазочных масел и нефтепродуктов.

С. Н. Черкинский (1951) и С. А. Несмеянов (1951) изучали санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. По мнению этих авторов, необходимо учитывать местные гидрологические и гидрометеорологические условия. С. А. Несмеянов считает, что при спуске сточных вод непосредственно с берега, почти независимо от количества сточных вод и мощности водоема, прямому воздействию стоков подвергается вся береговая полоса на большом расстоянии. Загрязненная прибрежная полоса реки, по мнению С. А. Несмеянова, создает своего рода барьер для доступа к чистой речной воде.

Кратности разбавления сточных вод в реках изучал И. Д. Родзиллер (1959).

М. Н. Задубин (1958) определил пути действия производственных сточных вод на рыб.

При выяснении токсического действия фенола на рыб большинство авторов пользовались методом так называемых рыбных проб, т. е. наблюдали действие на рыб растворенного в воде фенола в различных концентрациях. При этом за показатель вредного действия фенола принималась длительность выживания рыб. Этот метод оказался самым точным и поэтому широко применяемым.

Е. А. Веселов (1953) критиковал так называемую «рыбную пробу». Автор отметил, что по этой методике учитывается только острое, а не хроническое отравление рыб. Недостатком этого метода является то, что, по мнению этого автора, чувствительность различных видов рыб к ядам неодинакова, а также рыбы на различных стадиях своего развития обладают тоже разной

чувствительностью. Е. А. Веселов считал необходимым учитывать также действие яда на пищу рыб — на планктон и бентос.

К. Филь (K. Viehl, 1955), изучая загрязнение реки Плейссе сточными водами коксохимических заводов и установок газификации бурого угля, приводил данные о токсичности отдельных компонентов сточных вод на рыб и простейшие организмы.

На вредное влияние фенольных сточных вод от сухой перегонки твердого топлива указывал Э. Блазер (E. Blaser, 1959). По данным Блазера, концентрации от 5 до 10 мг/л фенола в водоеме являются смертельными для рыб. Автор также отметил, что вследствие фенольного привкуса рыба становится непригодной для пищи даже при низких концентрациях фенола в воде водоема.

Бант (H. J. Bandt, 1955), описывая влияние фенола на рыб и другие организмы в водоеме, нашел, что чистый фенол при концентрациях в 9,5 мг/л является смертельным для форели и при 12 мг/л — для окуня.

Ш. Г. Хачидзе (1956), описывая загрязнение реки Куры фенольными сточными водами шпалопрпиточного завода, установил, что речная вода была покрыта сплошной пленкой и на 40 км ниже выпуска наблюдался массовый замор рыбы. В тушках погибшей рыбы обнаружен фенол в количестве от 0,1 до 6,3 мг/кг.

Ф. Б. Трама (F. B. Trama, 1957) изучал токсическое действие фенольных растворов на рыб и установил, что при концентрации фенола 28 мг/л все взятые в опыт рыбы погибли в течение 24 часов, при 26 мг/л живых было 10%, при 20 мг/л — 50%, при 17 мг/л — 70% и при 15 мг/л — 100%.

По данным Г. К. Чистякова (1941), смертельной для рыб является концентрация фенола от 4 до 25 мг/л, в зависимости от чувствительности рыб.

К. Штундл (K. Stundl, 1955), изучая влияние фенолсодержащих сточных вод на поверхностные и грунтовые воды, установил, что фенолы вредят в первую очередь рыбному хозяйству. Автор отметил, что высокие концентрации фенолов смертельны для рыб, а малые (в среднем 0,1—0,2 мг/л) портят вкусовые качества воды. К. Штундл указал, что концентрации, смертельные для рыб, длительно переносятся низшими водными растениями.

Я. Разниевский (J. Razniewski, 1960), изучая загрязнение Щецинского залива фенолами, указал на вредность последних для рыбного населения залива. Я. Разниевский приводил данные о том, что рыбы, выловленные из этой бухты, имели фенольный запах и привкус. Содержание фенолов, по данным этого автора, в Щецинском заливе в 1958 г. оказалось ниже 0,01 мг/л, а в районе впадения реки Одер в залив концентрации фенолов колебались от 0,01 до 0,044 мг/л.

Я. Разниевский (1960) приводит данные опытов Альберсмейера и Эрихсона, проведенных с целью установления влияния фенолов на вкусовые качества мяса рыб (караси и др.). По данным этих авторов, даже после 4-недельного пребывания рыб в растворе чистого фенола с концентрацией 15 мг/л мясо рыб не приобрело фенольного привкуса. Исходя из этого, авторы пришли к выводу, что химически чистые вещества (фенолы, крезолы, ксиленолы) не портят вкусовых качеств мяса рыб, а совместно с другими, нефенольными соединениями, содержащимися в сточных водах газовых заводов, придают привкус мясу рыб.

В литературе имеются данные о влиянии сточных вод на понижение содержания растворенного кислорода в воде водоема, что, возможно, вызывает гибель рыб.

Р. Девизон и соавторы (R. Davison, 1959) проводили опыты по изучению потребности рыб в растворенном кислороде и установили при этом, что кизуч (семейство лососевых) при температуре 20° и ниже выживает (в 5-дневных опытах) при концентрациях не меньше 1 мг/л.

Х. Клют (H. Klut, 1938) показал, что рыбы при возможности уходят из таких водоемов, где содержание кислорода падает до 3—4 мг/л.

М. А. Сибиряков (1951) выяснил, что благоприятные условия в водоеме, как с гигиенической, так и с рыбохозяйственной точек зрения, сохраняются до тех пор, пока содержание растворенного в нем кислорода не падает ниже 5 мг/л. По данным автора, при содержании кислорода 3 мг/л возможна асфиксия рыб.

А. Г. Гусев и Н. А. Мосевич (1952) изучали влияние на рыб понижения содержания кислорода в водоемах. По чувствительности к этому фактору авторы разбивали всех рыб на 4 группы. К четвертой группе (рыбы малой чувствительности) авторы относили карасей и отметили угнетение их дыхания при содержании кислорода 1—2 мг/л. Авторы отметили, что для многих видов угнетение дыхания начинается при содержании кислорода в воде 4,5 мг/л, а у ценных рыб (лососевые, осетровые) даже при 6—7,5 мг/л.

Приведенными выше работами с предельной ясностью доказано вредное влияние фенольных сточных вод на открытые водоемы, на органолептические показатели воды и на водные организмы.

Одним из важнейших вопросов санитарной охраны водоемов от загрязнения промышленными сточными водами является нормирование вредных веществ в водоемах.

Вопросами нормирования вредных веществ занимались многие гигиенисты, как С. Н. Черкинский (1957), С. Н. Черкин-

ский и М. Т. Голубева (1954), М. М. Калабина (1954), С. А. Фридлянд и М. Н. Рублева (1958) и др.

В настоящее время имеется список более 70 веществ, для которых утверждена предельно допустимая концентрация, установленная экспериментальным путем.

С. Н. Черкинский и М. Т. Голубева (1954) занимались определением предельно допустимой концентрации для нефти и нефтепродуктов. Авторы изучали стабильность нефти в воде, влияние нефти и нефтепродуктов на санитарное состояние водоемов, влияние этих веществ на органолептические свойства воды и дали санитарно-технологическую характеристику нефти и нефтепродуктов. В результате этой работы авторы пришли к выводу, что в качестве предельно допустимой концентрации для сырой нефти (туймазинской, балаханской) и нефтепродуктов (мазут, бензин) может быть рекомендована концентрация 0,2—0,3 мг/л, а для многосернистой нефти — 0,05—0,1 мг/л.

М. М. Калабина (1954) проводила исследования по определению предельно допустимой концентрации фенола в водоемах. Автор показала, что самоочищение воды водоема от фенола даже в летнее время происходит сравнительно медленно. Так, при содержании в речной воде фенола 31 мг/л оно падает до десятых долей мг за трое суток пробега от места стока (через 7—8 км). Остатки фенола держатся в водоеме долго и на протяжении 14 км количество фенола уменьшается лишь с 0,03 до 0,022 мг/л.

Изучением комбинированного действия различных химических веществ занимались С. А. Фридлянд и М. Н. Рублева (1958). При изучении совместного действия шести веществ: фенола, нефти, сероуглерода, четыреххлористого углерода, хлорбензола и дихлорэтана авторы выяснили, что при уменьшении предельно допустимых концентраций в 6 раз соответственно числу веществ, входящих в изучаемый комплекс, запах исчезал совсем или не превышал одного балла. Авторы считают оправданным принцип простого суммирования эффекта действия вредных веществ, нормируемых по органолептическим показателям.

Резюмируя литературу, приведенную для оценки влияния сточных вод на открытые водоемы, необходимо еще раз подчеркнуть, что фенольные сточные воды при спуске их в неочищенном виде в водоемы сильно загрязняют последние. Сточные воды ухудшают органолептические свойства воды водоемов, придают воде привкус и запах фенолов, меняют ее окраску. Вредное влияние сточных вод проявляется в двух направлениях: с одной стороны, ядовитые химические вещества, как, например, фенол, вредно действуют на рыб и другие водные организмы. Уже концентрация 5—10 мг/л фенола может вызвать смерть отдельных видов рыб. С другой стороны, содержание

больших количеств органических веществ в сточных водах, которые бурно потребляют растворенный в воде кислород для их окисления и тем самым снижают количество растворенного кислорода в воде, вызывают угнетение дыхания рыб.

В санитарной охране водоемов важную роль играет нормирование вредных веществ в них. По нормированию отдельных вредных веществ имеется много работ, по нормированию же вредных веществ при совместном их присутствии пока еще мало данных. Поэтому первые работы в этой области (С. А. Фридлянд и М. Н. Рублева) являются особенно ценными.

3. Методы очистки сточных вод

Очистка производственных сточных вод является важнейшим мероприятием при санитарной охране открытых водоемов. Важную роль правильной и достаточно эффективной очистки подчеркивали А. И. Жуков и И. Л. Монгайт (1948).

Методы очистки фенольных сточных вод, как и других промышленных стоков, разделяют на две группы, исходя из момента возможности использования ценных веществ [Ц. И. Роговская (1948), С. Н. Черкинский (1950), Л. Ф. Кабакова (1937), М. И. Лапшин (1952)].

Методы очистки сточных вод можно также разделить на химические (или физико-химические) и биологические (Г. Г. Шигорин и Л. Г. Демидов, 1951).

Вопросами очистки и удаления фенольных сточных вод занимались А. И. Жуков и соавторы (1957), К. Ф. Кац (1959), Т. И. Ланина (1950), З. С. Окунь (1959), А. Ф. Шабалин (1953), С. И. Ниговский (S. J. Niegowski, 1956), Б. Мейснер (B. Meissner, 1955), С. Ланда (S. Landa, 1956), Г. Брингман (G. Bringman, 1955), Де-Лапорт (A. V. De Laporte, 1954), А. Дирикс (A. Dierichs, 1955) и многие другие.

И. К. Лысогорова (1959) проводила санитарное обследование очистных сооружений для сточных вод предприятий нефтяной промышленности. По данным этого автора, эффективность современных нефтеловушек на промыслах в условиях нормальной эксплуатации в 1954 г. соответствовала проектным нормам, т. е. содержание нефти в выходящей воде не превышало 150 мг/л. Нефтеловушка старой конструкции, по данным того же автора, дала выход нефти в среднем 400 мг/л.

Я. Драгорад (J. Dragorad, 1956) описывал методы обезфеноливания фенольных сточных вод коксохимических заводов. Автор сравнивал два способа очистки фенольных вод: отгонку с водяным паром и экстракцию бензолом. Кроме этих методов, автор описывал еще метод очистки сточных вод фильтрованием через слой кокса или угля. Полноте удаления фенолов способ-

ствовала, по данным автора, предварительная флотация сточных вод. Р. Баррит и соавторы (R. J. Barrett, 1955) описывали метод очистки фенольных вод методом флотации. По данным авторов, концентрация фенола падала от 1000 мг/л до 150 мг/л, а после доочистки составляла 10 мг/л.

Р. Кубичка (R. Kubička, 1956), как и Драгорад, сравнивая два метода очистки — отгонку с водяным паром и экстракцию с бензолом, считал второй способ лучше, как дающий больший эффект. По данным этого автора, этим методом можно удалить фенол на 95—99%, если к бензолу добавить 1—2% пиридиновых или хинолиновых оснований.

К. Лоренц (K. Lorenz, 1954) описывал процесс доочистки фенольных сточных вод после вапорации или экстракции фено-сольваном, с помощью золы и пыли генераторов Винклера.

Э. Бейер (E. Beier, 1957) в обзоре методов обесфеноливания сточных вод уделяет основное внимание двум методам: методу вапорации и методу экстракции как наилучшим.

Очистку фенольных сточных вод озоном описывали В. Ханн и С. Ниговский (V. A. Hann and S. J. Niegowski, 1955). По данным этих авторов, содержание фенолов в сточных водах падало с 100 мг/л до 1 мг/л при добавлении 500 мг/л озона.

Г. Гутцейт и соавтор (G. Gutzeit and G. Enyart, 1955) проводили очистку фенольных сточных вод путем абсорбции фенолов углем. Уголь удалялся путем флотации. Сточная вода после смешивания с бытовыми стоками направлялась на доочистку. Драбек Борживой (1957) проводил опыты очистки фенольных сточных вод на шлаке. При правильной эксплуатации, по данным автора, можно подавать на золоотвал до 300—700 г фенола на 1 т шлака в сутки. Эффект обесфеноливания достигал 95—98% в продолжение более 3 лет.

Методы биологической очистки сточных вод в литературе неоднократно описывались Н. А. Базякиной (1948), Н. А. Базякиной и Л. И. Столяровой (1956), А. И. Изъюровой (1958), Н. Т. Путилиной (1952) и многими другими авторами.

Н. А. Базякина (1948) изучала в лабораторных условиях работу биологических фильтров. А. И. Изъюрова (1958) проводила исследования возможности использования биологического метода для удаления эмульгированной нефти из сточных вод, после механической очистки их.

Исходя из приведенных опытов, автор пришел к заключению, что среди методов доочистки сточных вод нефтяной промышленности может иметь перспективу использование биологического метода: аэрация воды в присутствии специально культивированных микробов или активного ила, полученного из нефтепродуктов. Е. Ф. Кононова и соавторы (1955) изучали эффект очистки фенольных сточных вод в аэротенках города Ангарска, Н. А. Гончарова (1957) — на газовом заводе в Щекино.

В гл. III, п. 7 настоящей работы «Доочистка производственных сточных вод совместно с бытовыми на биологической очистной станции» приводятся данные этих авторов о работе аэротенков с целью сравнения их с работой биофильтров комбината им. В. И. Ленина в городе Кохтла-Ярве.

Подробная схема очистки фенольных сточных вод дана во «Временных указаниях по санитарной охране водоемов от загрязнения фенолами» (1958).

При биологической очистке сточных вод очень важна начальная концентрация фенолов в воде. Многими авторами даны указания на предельно возможные концентрации фенолов, выше которых уже биологические методы не могут быть использованы. А. И. Жуков и И. Л. Монгайт (1948) указывали, что содержание фенолов в сточной воде для биологической очистки искусственными окислителями не должно быть выше 150—160 мг/л, а для полей орошения и полей фильтрации не выше 125—500 мг/л фенола. Если концентрация фенола в сточных водах превышает допустимые пределы, эти воды необходимо разбавлять путем прибавления хозяйственно-бытовых вод.

Из приведенных данных видно, что вопросам очистки фенольных сточных вод уделено большое внимание. Все авторы указывали на то, что ни один из существующих методов, примененный изолированно, не дает достаточного эффекта очистки. Поэтому рекомендуется применять комбинированные — вначале химические, а затем биологические методы.

Вопросы очистки фенольных сточных вод затронуты автором настоящей работы еще раз в главах о методах очистки сточных вод на сланцеперерабатывающем комбинате им. В. И. Ленина в гор. Кохтла-Ярве (гл. III, п. 5, 7), где приведены сравнительные данные об эффекте очистки на различных предприятиях коксохимической промышленности и газогенераторных станций.

В вышеприведенном обзоре литературы вкратце приведены данные, касающиеся фенольных сточных вод, их состава и влияния на водоем, а также методов очистки их, так как изучаемые нами сточные воды сланцевой промышленности также относятся к этой группе сточных вод, и литература по сланцевым сточным водам до сегодняшнего дня очень невелика.

II. СТОЧНЫЕ ВОДЫ СЛАНЦЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Вопросы состава, свойств и методов очистки сланцевых сточных вод, как уже указывалось, до настоящего времени недостаточно широко освещены в литературе.

Химический состав сланцевых сточных вод изучался Б. И. Ивановым и Н. Ф. Шароновой (1954). Б. И. Ивановым и соавторами (1959) освещены вопросы использования фенолов, извлеченных из сланцевой подсмольной воды.

Г. Ф. Амирханова (1957), изучая санитарные условия спуска в водоем сточных вод газсланцевого завода города Сланцы, определила токсические свойства некоторых стоков этого производства на подопытные организмы.

Методами очистки сточных вод при переработке сланцев занимались А. Н. Анисимов (1954), Б. И. Иванов и Ю. А. Козак (1954), Б. И. Иванов, Н. Ф. Шаронова и Ю. А. Козак (1959), Б. И. Иванов, Ю. А. Козак и Н. Ф. Шаронова (1959). А. Н. Анисимов описывал опыт использования фенольных сточных вод на чашах газогенераторов.

Работы Б. И. Иванова с соавторами посвящены обезвреживанию сланцевых сточных вод. Две работы [Б. И. Иванов, Ю. А. Козак и Н. Ф. Шаронова (1954) и Б. И. Иванов, Н. Ф. Шаронова, Ю. А. Козак, Г. А. Исаков и Е. Г. Грелик (1959)] описывали экстрагирования фенолов бутилацетатом. Работа Б. И. Иванова, Ю. А. Козака и Н. Ф. Шароновой (1959) посвящена вопросу изыскания новых растворителей для экстрагирования фенолов.

Работа Б. И. Иванова и Ю. А. Козака (1954) описывает производственный опыт обесфеноливания сточных вод от переработки сланцев на отвалах золы и кокса. Авторы указывали на недостаточную сорбционную способность исследованных отвалов, снижающих концентрацию фенолов только до 100 мг/л. Недостатком этого метода, по данным авторов, являлось загрязнение сточных вод сернистыми соединениями, извлекаемыми из кокса.

Э. К. Сийрде и Э. Т. Лухакоодер (1955) описывали метод обесфеноливания подсмольной воды при использовании раство-

рителем высококипящую (150°) фракцию кетонов (бутон). Авторы приводят данные, что при объеме растворителя, равном 20% от объема сточных вод, процент извлечения фенолов составлял 80—90 и карбоновых кислот — от 20 до 30%.

Данными этих авторов и ограничивается литература, относящаяся к вопросам изучения состава, свойств, условиям спуска и методам очистки сланцевых сточных вод.

Недостаточная изученность проблемы обезвреживания сточных вод сланцеперерабатывающих производств и использования выделяемых из сточных вод ценных веществ, а также почти полное отсутствие сведений о вредном действии этих вод на водоемы вызвало необходимость опубликования данной работы.

Б. Исследования сточных вод сланцевой промышленности Эстонской ССР

Усиление борьбы с загрязнением открытых водоемов промышленными сточными водами, возрастающая изо дня в день мощность сланцевой промышленности и недостаточная изученность сточных вод этой отрасли промышленности — все это вызвало необходимость начать более глубокие исследования в этой области.

С целью дать санитарную характеристику сточных вод сланцевой промышленности автором в 1951 г. были начаты исследования на сланцехимическом комбинате «Кивиыли».

Так как строительство очистных сооружений на изученном нами объекте—комбинате «Кивиыли» шло очень медленно и только в 1959 г. был пущен в эксплуатацию цех дефеоляции сточных подсмольных вод, автором были начаты также исследования эффекта очистки сточных вод на сланцеперерабатывающем комбинате им. В. И. Ленина в гор. Кохтла-Ярве. На этом комбинате химическая очистка сточных вод происходила путем экстрагирования фенолов, механического отстаивания от смол и доочистки воды биологическим путем.

Во втором разделе настоящей работы дается оценка всем имеющимся на комбинате им. В. И. Ленина очистным сооружениям и сравнивается эффект их работы с эффектом аналогичных установок (по данным литературы).

Работа проводилась экспедиционным методом. На комбинатах отбирались повторные среднесменные пробы сточных вод из разных точек. В некоторых случаях отбирались параллельно и разовые пробы. В пробах сточной воды по общепринятой методике (Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова, 1958) определялись все санитарные показатели, а кроме того, были определены специфические показатели, как смолы, кетоны и фенолы [(Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова, 1958), «Временные указания по санитарной охране водоемов от загрязнения фенолами» (1958)].

Влияние сточных вод на водные организмы изучалось в эксперименте на водяных растениях, дафниях и рыбах. Были поставлены специальные эксперименты для выяснения влияния сточных вод на биохимические окислительные процессы и на органолептические свойства воды. Анализ воды из водоемов и грунтовых колодцев проводился по общепринятым методам [Г. К. Чистяков (1953), С. М. Драчев и соавторы (1953)].

В работе использованы также данные цеховых и центральной лабораторий комбината им. В. И. Ленина.

I. СТОЧНЫЕ ВОДЫ СЛАНЦЕХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА «КИВИЫЛИ»

1. Основные цехи, технология производства и места образования сточных вод

Источником технического водоснабжения комбината «Кивиыли» являются шахтные воды, поступающие из южного рудника, расположенного на расстоянии 1,5 км к югу от комбината.

Технологический процесс переработки сланца состоит из ряда механических, термических и химических операций.

Первой операцией является подготовка сланца для перегонки в туннельных печах*.

ЦЕХ ТУННЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Сланец подвергается термической переработке в туннельных печах (рис. 1). В них имеется перегонный канал, разделенный на шлюзы и камеры: сушильную, перегонную, тушильную и перегреватель. Сланец в печь подается в вагонетках.

Попадая в камеру сушки, сланец подвергается нагреву до 220°. При этом из него удаляется большая часть влаги. Получающийся в процессе сушки водяной пар удаляется в атмосферу как избыточный.

Высушенный сланец поступает в камеру швелевания (перегонную камеру) с температурой 430—450°. Нужная температура создается швельгазами, циркулирующими при помощи вентиляторов. Швельгазы нагреваются в перегревателе, расположенном в дымовых топках.

При температуре швелевания 430—450° сланец разлагается с образованием газо- и парообразных соединений, которые удаляются из швелькамеры через специальный газоотвод и посту-

* В период исследования на комбинате «Кивиыли» переработка сланца проводилась в цехе туннельных печей. Генераторный цех сдан в эксплуатацию в 1955 году.

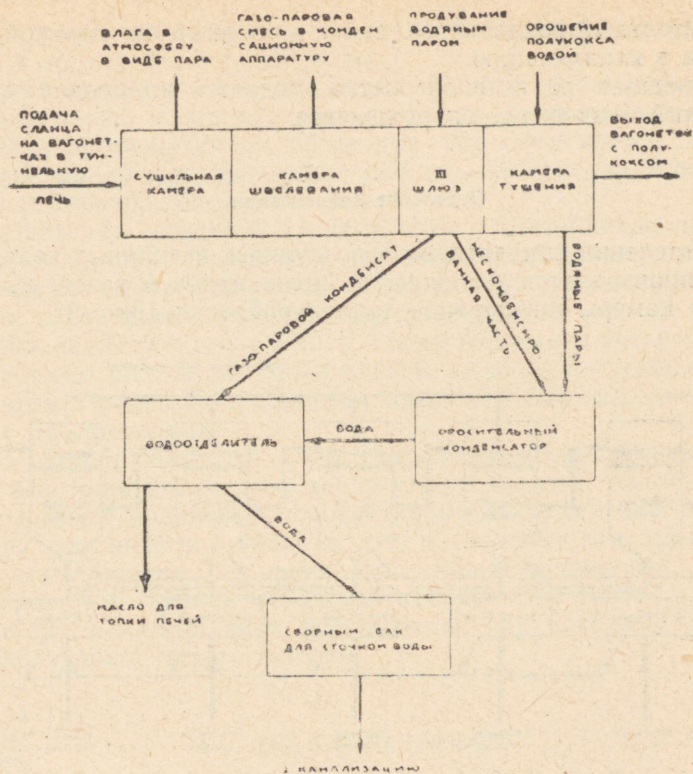


Рис. 1. Цех туннельных печей.

пают в конденсационную аппаратуру. В швелькамере сланец разлагается не полностью, остается полукок. До поступления в камеру тушения (в III шлюзе) он продувается водяными парами ($t^\circ = 480^\circ$) для выделения частиц масла.

Паровой конденсат и частично неконденсированные масловодяные пары поступают в коробку III шлюза, откуда неконденсированные пары поднимаются в оросительный конденсатор. Сконденсированная масловодяная смесь отводится из коробки в водоотделитель. Сконденсированные в оросительном конденсаторе масла и вода также поступают в водоотделитель.

Водяной слой из водоотделителя подается в сборный бак сточной воды и затем в канализацию, а масло употребляется для отопления туннельной печи.

В тушильной камере печного туннеля вагонетка с полукоксом орошается водой. Образующиеся при этом пары направляются

в оросительный конденсатор, далее в сборный бак сточной воды и затем в канализацию.

Вышедшая из печи вагонетка подается по цепной дороге в зольный бункер, где опорожняется.

Отделение конденсации

В отделении конденсации в воздушных и водяных холодильниках производится охлаждение смеси паров и газов, выводимых из камеры швелевания туннельной печи (рис. 2).

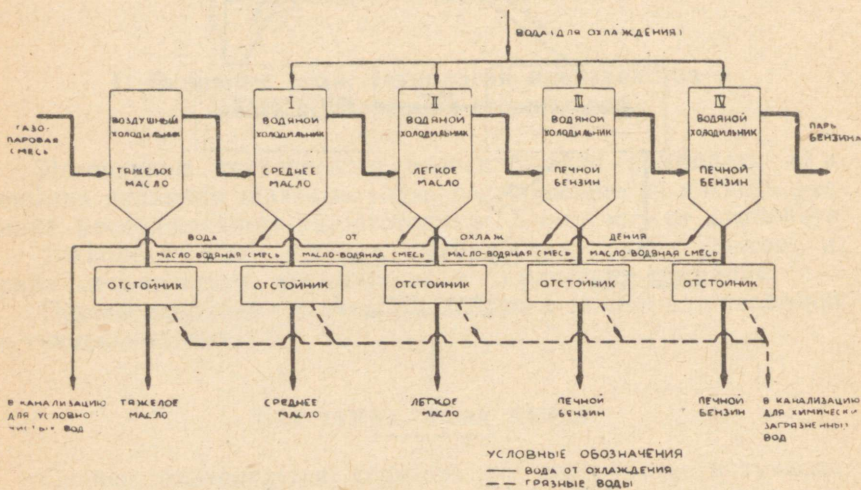


Рис. 2. Отделение конденсации.

Холодильники представляют собой систему труб, по которым проходит охлаждаемая смесь паров и газов, отдавая тепло окружающей смеси паров и газов воздуху или воде.

В холодильниках конденсируется тяжелое, среднее и легкое масло и печной бензин (в воздушном холодильнике — тяжелое масло; в I водяном — среднее, во II водяном — легкое масло, в III и IV водяных холодильниках — печной бензин). В водяных холодильниках употребляется шахтная вода, которая после холодильника считается условно чистой и сбрасывается в специальный канал.

Легкие масляные погоны, не конденсующиеся в холодильниках, перекачиваются эксгаустерами (отсасывающими вентиляторами) в газ-бензиновый цех для улавливания.

В результате охлаждения происходит конденсация паров масла и воды. Последние собираются в отстойниках и, после

разделения слоев воды и масла, масло спускают в маслоприемники, а воду в бак сточной воды.

В холодильнике тяжелых масел имеется сравнительно мало водяных паров, и поэтому тяжелое масло перекачивается сразу на склад промежуточных продуктов. Это объясняется тем, что тяжелое масло конденсируется уже при 400° , когда вода находится в парообразном состоянии.

Разделение среднего масла и воды в отстойниках происходит не полностью. Вследствие незначительной разницы в удельных весах эмульгированную в масле воду удается отделить только в результате специальных операций.

Разделение легкого масла, а также бензина и воды производится легко благодаря значительной разнице в удельном весе. При этом и образуется основная масса сточных вод, анализ которых мы проводили.

Из отстойников слой воды спускается в канализацию, при этом некоторое количество масла уходит вместе с водой. В этой воде имеются различные водорастворимые соединения: фенолы, кетоны, органические кислоты и т. д., поэтому эти воды могут быть использованы для производства ацетона и других кетонов.

Тяжелое и среднее масла употребляют как топлива. Легкое масло после дистилляции используется как исходный продукт для получения чистого бензина.

ЦЕХ ГАЗ-БЕНЗИНА

Газ-бензином называются те легкие части масла, которые не конденсируются в водяных холодильниках и поступают в газ-бензиновый цех комбината (рис. 3).

Для удаления из газовой смеси паров бензина в промышленности применяется абсорбция жидкими поглотителями. Поглощение бензина производится всем объемом жидкого поглотителя.

Газ в цехе газ-бензина проходит через ряд колонн. В первых двух оросительных колоннах газ охлаждается при температуре $15 - 20^{\circ}$ раствором хлористого кальция, частично конденсируется и сливается в емкость. Несконденсированная часть газа поступает в следующие, абсорбционные колонны, где орошается и поглощается абсорбентом (тяжелым бензином — II фракцией дистиллята, поступающей из отделений дистилляции), также при температуре $15 - 20^{\circ}$.

Процесс абсорбции и десорбции производится следующим образом. Газ проходит снизу вверх через скрубберы в противотоке к стекающему сверху поглотительному маслу. В скруббере происходит процесс абсорбции.

Смесь бензина и абсорбента поступает в выпаривательный

аппарат, где перегретым глухим паром отгоняют содержащийся в смеси бензин.

Абсорбент возвращается обратно в абсорбционную колонну, а пары бензина идут в водяной холодильник, где конденси-

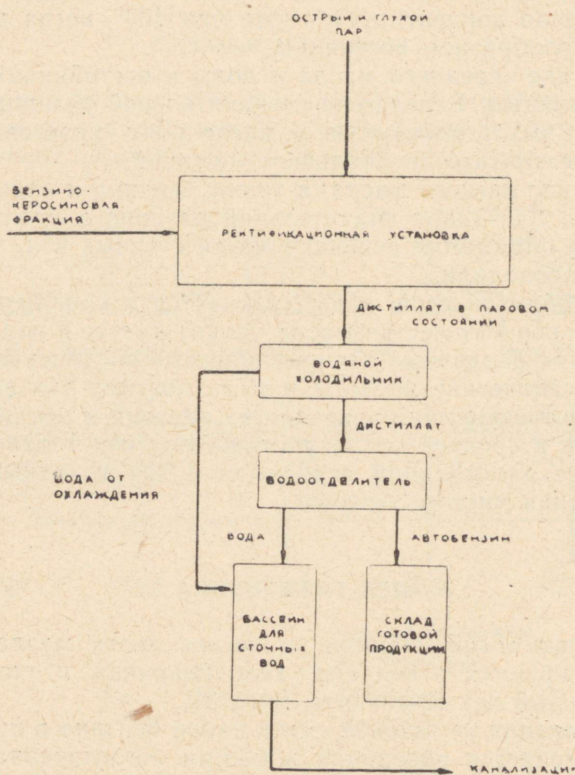


Рис. 3. Цех газ-бензина.

руются в так называемый газ-бензин, который перекачивается на склад промежуточных продуктов.

Раствор хлористого кальция в процессе работы истощается, поэтому его периодически упаривают. Образующиеся при этом водяные пары конденсируются и направляются в сборный бак для сточной воды.

ЦЕХ МАСЛОПЕРЕРАБОТКИ

Отделение дистилляции

В отделение дистилляции (рис. 4) поступает легкое масло из конденсационного отделения печного цеха. В дистилляционную установку подается острый пар для отделения от легкого масла содержащихся в нём бензиновых фракций.

После отгонки получается I фракция дистиллята, которую направляют в водоотделитель. Вода из водоотделителя спускается в канализацию, I фракция дистиллята накачивается в емкость на склад промежуточных продуктов. В процессе дистилляции получается II фракция дистиллята, которую после предварительного прохождения через хлористо-натриевые фильтры (для отделения остатков воды) перекачивают в газ-бензиновый цех — на абсорбционную колонну.

Остатки дистилляции употребляют как топочное масло. Вода из водяных холодильников спускается в канализацию.

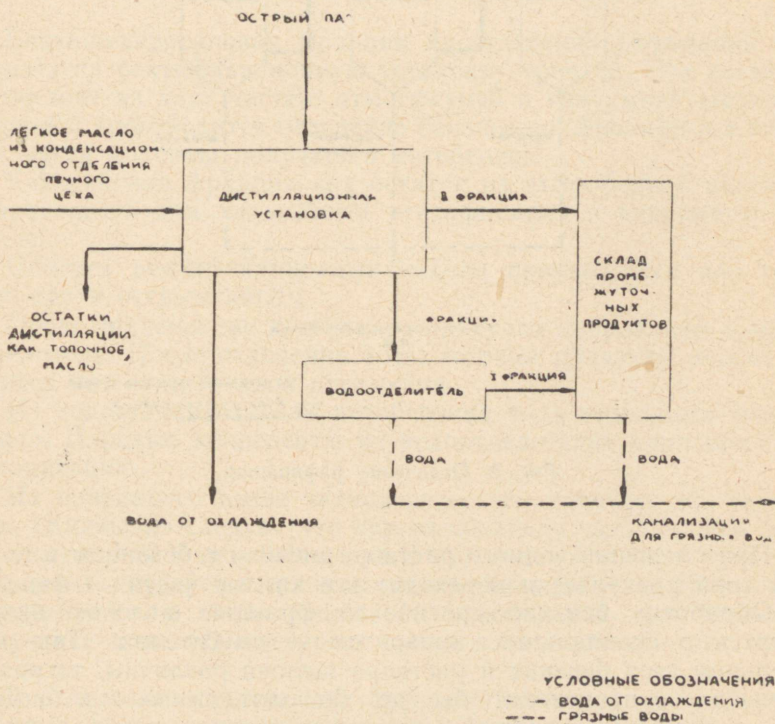


Рис. 4. Отделение дистилляции.

Отделение рафинации

В этом отделении производится рафинация бензино-керосиновой фракции (рис. 5). Рафинация этих фракций производится 20%-ным водным раствором натриевой щелочи при обычной температуре. При обработке щелочью фенолы растворяются в ней, образуя феноляты. Органические кислоты дают соответствующие соли. Феноляты и соли щелочных металлов, не растворяясь в углеводородах, хорошо растворяются в воде.

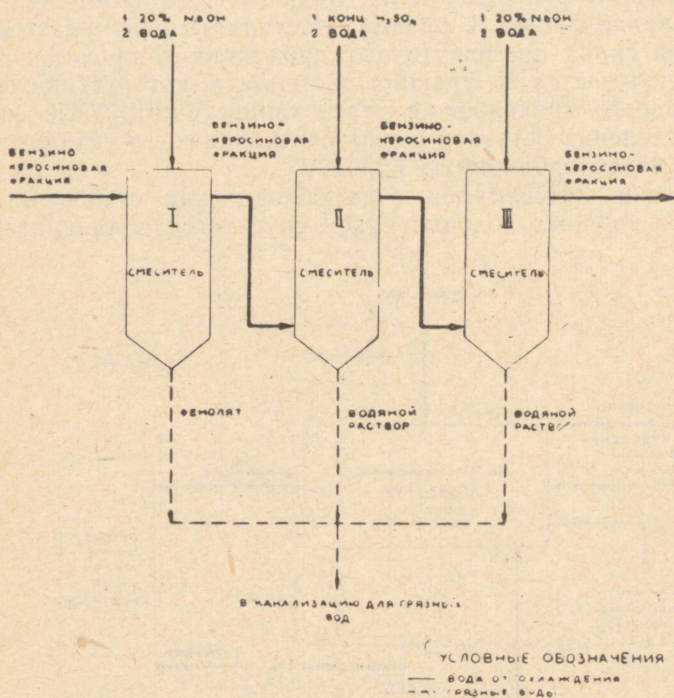


Рис. 5. Отделение рафинации.

При смешении водного раствора щелочи с бензином в водяной слой практически переходят все кислые части — фенолы.

Обработка бензино-керосиновой фракции щелочью производится в специальных аппаратах — смесителях. Так как удельные веса бензина и раствора щелочи различны, то разделение слоев происходит быстро. Фенолят сливают в бассейн для сточных вод, который расположен рядом с цехом.

Бензино-керосиновую фракцию промывают водой для удаления остатков щелочи и подают на сернокислотную очистку.

Последняя производится во втором смесителе концентрированной серной кислотой.

Кислота реагирует с ди-олефиновыми углеводородами и некоторыми сернистыми соединениями, вызывая полимеризацию ди-олефинов и разрушая или осмоляя меркаптаны и алифатические сернистые соединения. Кроме того, серная кислота частично связывает и полимеризует нейтральные кислородные соединения (альдегиды, кетоны).

Бензино-керосиновая фракция после сернокислотной очистки промывается водой и в смесителе № 3 снова щелочью, таким образом удаляются остатки кислоты, сульфата натрия и пр. Все сбросы направляют из нижней части смесителя в бассейн для сточных вод.

После рафинации бензино-керосиновая фракция подвергается окончательной ректификации для отделения чистого автобензина.

Отделение ректификации

Бензино-керосиновая фракция из отделения рафинации поступает на ректификационную установку (рис. 6). Эта установка состоит из двух частей: атмосферной и вакуумной колонны. В первой производится отделение бензиновой фракции и в верхней части колонны получается автобензин.

Керосиновая фракция как остаток из атмосферной колонны направляется для дальнейшей ректификации в вакуумную колонну.

Обогрев ректификационных колонн производится как глухим, так и острым паром.

После конденсации дистиллята продукты направляют в водоотделитель. После отделения воды готовые продукты перекачиваются на склад готовой продукции.

Из водоотделителя для автобензина вода отделяется непрерывно. Паровые конденсаты из водоотделителей направляют в канализацию.

Из описанного выше технологического процесса на комбинате «Кивийэли» следует, что при охлаждении газо-паровой смеси, полученной в результате сухой перегонки сланца в туннельных печах, образуется грязная сточная вода [(1) рис. 7], которая направляется в канализацию. Исползованная для тушения полукокса вода (1) поступает также в канализацию для грязных вод.

В отделении конденсации при охлаждении в воздушных и водяных холодильниках основной части газо-паровой смеси, которая не сконденсировалась в цехе туннельных печей, образуются так называемые под- и надсмольные сточные воды (2).

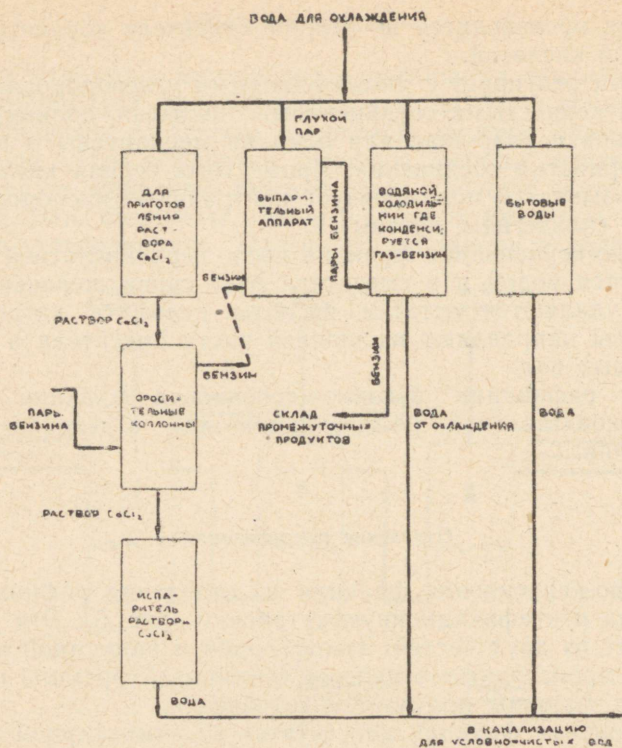


Рис. 6. Отделение ректификации.

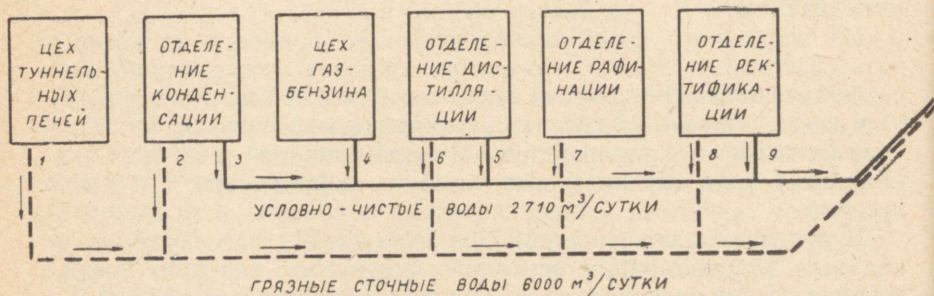


Рис. 7. Схема образования сточных вод на комбинате «Кивнылы».

Эти воды относятся к сильно загрязненным и поступают в канализацию для грязных вод.

В водяных холодильниках для охлаждения газо-паровой смеси циркулирует шахтная вода (3), которая после холодильника является условно чистой и сбрасывается в специальную канализацию (для условно чистых вод).

В цехе газ-бензина при улавливании легких фракций газопаровой смеси с помощью раствора хлористого кальция образуются только условно чистые воды (4): вода из холодильника и вода из испарителя, где происходит упаривание раствора хлористого кальция с целью его обогащения и повторного использования.

В отделении дистилляции при перегонке легкого масла образуются условно чистые воды из водяных холодильников (5) и грязные воды при разделении воды от масляной фракции (6).

В отделении рафинации при очистке бензино-керосиновой фракции водной 20%-ной натриевой щелочью и серной кислотой образуются грязные сточные воды (7), содержащие разные химические вещества, в том числе фенолят натрия, серную кислоту и т. д. Эти воды направляют в канализацию для грязных сточных вод.

В отделении ректификации образуются также грязные воды (8) при разделении воды и масляной фракции из конденсата дистиллята и условно чистые воды (9) из водяного холодильника.

Грязные и условно чистые воды сливаются в общий коллектор и направляются в водоем.

2. Количество и состав сточных вод

а) КОЛИЧЕСТВО СТОЧНЫХ ВОД

Количество образующихся сточных вод на комбинате «Кивийли» изучалось сотрудниками Проектного и научно-исследовательского института Министерства местной и сланцехимической промышленности ЭССР*.

В табл. 1 приводим эти данные.

Как видно из табл. 1, в процессе переработки сланца в туннельных печах образуются 20,2 м³/т сланца грязных сточных вод, при этом наибольшее количество сточных вод (около 74%) получается в цехах туннельных печей. Холодильные воды образуются во всех цехах комбината в количестве 9,1 м³/т сланца.

* Проектный и научно-исследовательский институт Министерства местной и сланцехимической промышленности ЭССР — Отчет по теме № 3 (Изучение состава сточных вод комбината «Кивийли»), Таллин, 1950, рукопись.

Таблица 1

Количество сточных вод комбината «Кивийли»

Название сточных вод	Количество воды в м ³ /сутки
Грязные воды от туннельных печей	5260
Грязные воды от отделения рафинации, ректификации и дистилляции	740
Итого	6000
Условно чистые воды из холодильников и из цеха газ-бензина	2710
Общее количество	8710

В общем заводском стоке в среднем грязные сточные воды составляют 69%, а условно чистые 31%.

б) ХАРАКТЕРИСТИКА СТОЧНЫХ ВОД ПО САНИТАРНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Представление о санитарных показателях сточных вод по отдельным цехам дает табл. 2.

Из табл. 2 видно, что все пробы воды были окрашены в желтовато-серый, коричневый, желтоватый или зеленый цвет и имели запах сланцевого бензина или сероводорода. Только некоторые пробы из цеха газ-бензина были без особого запаха.

Вода всех отобранных проб была мутная, при этом взвешенные вещества сточных вод не оседали в течение суток. В пробах, отобранных в цехе маслопереработки, и в пробах подсмольной воды из цеха туннельных печей на поверхности воды в сосуде плавало сланцевое масло, которое мешало определению прозрачности этих проб. Поэтому перед определением прозрачности масло удалялось.

Важно отметить, что в период исследования на комбинате не было смолотовушек или маслоуловителей и, таким образом, все масла и смола поступали вместе со сточной водой в коллектор и дальше в водоемы, загрязняя последние.

Результаты изучения интенсивности окраски и запаха представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что разведения сточных вод, при которых исчезали окраска и запах, колебались в значительных пределах.

Характеристика сточных вод комбината «Кивийли» по санитарным показателям

Место образования сточных вод	Показатели анализа						
	Температура		Окраска	Запах	Мутность	Прозрачность, см	
	пределы колебания	средняя				пределы колебания	средняя
Цех туннельных печей	9—64	28,9	желтовато-серая	бензина и сероводорода	мутная	0—8	3,4
Отделение рафинации и ректификации	14—43	31,8	желтовато-серая и коричневая	сероводорода	мутная	0—6	2,2
Цех газ-бензина	10—28	19,3	желтоватая, сероватая	без запаха или запах бензина, сероводорода	мутная	1—11	4,9
Цех маслопереработки	20—27	22,0	желтовато-серая, коричневая или зеленая	сероводорода, бензина	мутная	0—3	1,1
Общий сток грязных вод	21—23	21,7	желтовато-серая, зеленовато-серая	сероводорода, бензина	мутная	0,3-2,8	1,0

По данным табл. 3 видно, что запах сланцевых продуктов гораздо интенсивнее, чем окраска, так как средние разведения, при которых исчезал запах для разных цеховых стоков, колебались от 229 до 347, а для окраски (при высоте водяного столба 5 см) от 2,6 до 62,3 и (при высоте водяного столба 20 см) от 5,6 до 282,

Характеристика интенсивности окраски и запаха сточных вод комбината «Кивийли»

Место образования сточных вод	Разведение сточных вод, при котором окраска исчезает в столбике воды				Разведение сточных вод, при котором запах исчезает	
	высотой 20 см		высотой 5 см		пределы колебания	среднее
	пределы колебания	среднее	пределы колебания	среднее		
Цех туннельных печей	2—9	6	2—4	2,7	3—500	229
Отделение рафинации и ректификации	11—250	87,5	4—77	25,2	100—500	297
Цех газ-бензина	2—13	5,6	2—5	2,6	2—500	233
Цех маслопереработки	11—500	137	5—333	60	100—500	347
Общий сток грязных вод	200—500	282	11—143	62,3	143—500	322

в) ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД

При характеристике химического состава сточных вод комбината «Кивийли» нами были изучены: содержание фенолов, кетонов, аммиака, сухого остатка и взвешенных веществ.

Кроме этого, определялись санитарные показатели: окисляемость, биохимическая потребность кислорода, реакция и др.

Результаты наших исследований даны в табл. 4. В таблице представлены пределы колебания и средние показатели отдельных ингредиентов по разным точкам отбора проб.

Как видно из табл. 4, самыми загрязненными по своему химическому составу оказались подсмольные воды. Содержание летучих, нелетучих фенолов и кетонов в них было велико, также достигала высоких значений окисляемость этих вод.

Грязные сточные воды цеха туннельных печей имели щелочность в пределах 4—16 мл/л нормальной кислоты. Содержание хлоридов составляло в среднем 43 мг/л, а содержание взвешенных веществ в разных пробах этого цеха колебалось в пределах от 0,23 до 2,51 г/л. Аналогичным было содержание сухого остатка — 0,72—4,65 г/л, который главным образом состоял из сульфата натрия. Окисляемость колебалась от 0,81 до 28 г/л. Содержание аммиака в пробах подсмольной воды разных холодильников было также значительное — в среднем около 0,9 г/л. Содержание летучих и нелетучих фенолов было высокое. Фенолы выделяются в камере перегонки при процессе швелования сланца

Характеристика химического состава сточных вод комбината «Кивийли»

Название цеха	Щелочность в мл/л н. НСl	Кислотность в мл/л н. NaOH	Взвешенные вещества, г/л		Сухой остаток, г/л		Окисляемость, г/л (O ₂)		Аммиак (N), г/л		Хлориды (Cl), мг/л		Летучие фенолы, г/л		Нелетучие фенолы, г/л		Кетоны, г/л		Сероводород, мг/л		
			пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	
Цех туннельных печей	Подсмольная вода средних масел	4,0	—	0,23—2,16	1,46	1,24—2,34	1,92	0,81—2,29	1,3	0,85—0,98	0,92	10—60	40	0,06—0,2	0,13	0,26—1,89	0,86	—	—	0,5—1,0	0,8
	Подсмольная вода бензина	4,0	—	1,85—2,43	2,14	2,56—4,65	3,44	4,93—18,97	12,83	0,85—0,95	0,92	10—120	50	1,28—1,41	1,35	1,98—4,50	3,10	3,33—9,74	6,97	0,5—0,75	0,6
	Подсмольная вода легких масел	16,0	—	1,82—2,51	2,15	1,45—2,6	2,1	23,04—28,16	24,78			60—80	70	1,31—1,34	1,32	2,87—4,99	4,18	0,45—1,45	0,86	0,5—0,8	0,7
	Тушильная вода	6,0	—	0,27—1,68	1,05	1,35—2,1	1,63	0,58—2,04	1,26			10—60	40	0,04—0,48	0,20	0,11—0,30	0,19	0—0,5	0,13	—	—
Отделение рафи- нации и ректифи- кации	20,0	7,0	0,83—2,25	1,86	1,95—2,53	2,32	1,83—7,28	3,25	0,75—0,99	0,87	40—180	120	0,5—1,82	1,23	0,43—2,99	1,84	0,49—0,54	0,52	следы-0,5	—	
Цех маслоперера- ботки	5,0	35,0	2,59—5,85	3,71	2,57—5,14	3,57	2,35—5,85	3,51	1,20—3,0	1,77	40—280	130	0,88—1,38	1,14	1,28—8,46	4,2	0,17—0,31	0,27	следы	—	
Цех газ-бензина	5,0	—	0,73—1,85	1,63	0,73—1,82	1,25	0,36—12,67	2,47	1,25—2,3	1,42	20—110	60	0,03—0,29	0,18	0,03—1,16	0,68	0,05—5,1	1,93	—	—	
Общий сток гряз- ных вод	6,0	10,0	2,16—3,97	3,11	1,49—5,89	3,12	2,35—4,1	3,27	0,57—2,75	1,32	30—126	60	0,78—1,35	1,12	1,28—8,46	3,95	0,3—0,48	0,34	следы-0,5	—	
Общий сток ус- ловно чистых вод	4,5	—	—	—	0,8—1,2	1,03	0,18—0,28	0,23	следы	—	15—22	18	0,018—0,023	0,02	0,046—0,058	0,06	—	—	—	—	

и входят в состав парогазовой смеси, которая поступает на конденсацию. В процессе обработки сконденсированных масел щелочью в отделении рафинации образуются растворимые в воде феноляты, которые являются отходами производства и направляются в канализацию. Сернистые соединения, главным образом сероводород, были обнаружены во многих пробах. Сланец содержит серу, которая выделяется в процессе перегонки сланца. При этом образуются разные органические (меркаптаны, тиофены) и неорганические (сероводород, сернистый ангидрид) соединения серы. Эти соединения частично растворяются в водяном паре и при конденсации последнего поступают вместе с водой в канализацию.

При оценке сточных вод цеха туннельных печей необходимо отметить высокую степень загрязнения подсмольных и небольшую загрязненность тушильных вод.

Воды отделения рафинации и ректификации содержали в среднем 0,87 г/л аммиака, от 0,04 до 0,18 г/л (в среднем 0,12 г/л) хлоридов и 0,52 г/л кетонов в пересчете на ацетон.

Окисляемость проб воды, как видно из табл. 4, составляла в среднем 3,25 г/л. Воды цеха маслопереработки по своему химическому составу были близки к водам отделения рафинации и ректификации.

Воды цеха газ-бензина оказались в меньшей степени загрязненными фенолами, в них содержалось и меньшее количество взвешенных веществ.

Анализами установлено, что в воде цеха газ-бензина имелись большие количества кетонов. Содержание кетонов достигало 5,10 г/л, составляя в среднем 1,93 г/л.

В пробах воды из общего стока грязных вод обнаружено большое количество аммиака, хлоридов. Эти пробы содержали много летучих и нелетучих фенолов, в них были обнаружены и кетоны. Содержание взвешенных веществ и сухого остатка в пробах было значительное. Сероводород обнаружен от следов до 0,5 мг/л.

На основании проведенной нами работы выяснилось, что сточные воды комбината «Кивиыли» загрязнены как по общесанитарным, так и по химическим показателям.

Высокая степень загрязнения фенольных сточных вод специфическими веществами (фенолы, кетоны и др.) дала основание предполагать, что при спуске этих вод в водоемы будут резко ухудшаться качества речной воды.

Характеристика химического состава условно чистых вод приведена в табл. 5.

Холодильные воды, как уже сказано в начале этой работы, являются шахтными водами. Так как эти воды циркулируют в системе холодильников, то при исправности системы они не должны загрязняться вообще продуктами перегонки сланца и

Воды	Щелочность, мл/л н. НСl		Взвешенные вещества, мг/л		Сухой остаток, мг/л		Окисляемость (O ₂), мг/л	
	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее
Воды из холо- дильни- ков	6,0	—	450—1200	910	720—950	830	180—650	420
Вода из шахты «Киви- ыли»	4,8—6,0	5,23	—	—	—	—	165,5— —141,6	230,9

считаются условно чистыми. Однако из сравнения данных анализа шахтных и условно чистых вод видно, что условно чистые воды загрязняются отходами производства. Это можно объяснить тем, что из-за неисправности аппаратуры или от неправильного режима выпуска сточных вод в них могут попадать продукты перегонки.

В сточной воде определялось количество сапрофитных бактерий и титр кишечной палочки. Анализ проводился в бактериологической лаборатории Республиканской санитарно-эпидемиологической станции.

Титр кишечной палочки во всех пробах оказался выше 333. Исследование на сапрофитную микрофлору показало отсутствие роста на питательных средах.

Аналогичные результаты дали также пробы сточных вод, проделанные в лаборатории микробиологии Института экспериментальной и клинической медицины.

На основании результатов бактериологического и химического анализа воды мы пришли к выводу, что содержание в сточной воде большого количества летучих фенолов действует бактерицидно; этим и объясняется чистота в бактериальном смысле изучаемых нами загрязненных сточных вод.

Для сравнения химического состава сточных вод сланцевой промышленности можно привести данные о составе сточных вод родственных промышленных предприятий, например, газогенераторных станций, предприятий коксохимической и нефтяной про-

условно чистых вод комбината «Кивиыли»

Аммиак (N), мг/л	Хлориды (Cl), мг/л		Летучие фе- нолы, мг/л		Нелетучие фенолы, мг/л		Кетоны, мг/л	
	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее	пределы колеба- ния	сред- нее
—	10,0	10,0	0—50	15	—	—	—	—
0—следы	10—12	10,4	—	—	—	—	—	—

мышленности. В литературе имеется много данных об их составе.

В табл. 6 приведены эти данные.

Из данных таблицы видно, что газогенераторные станции (ГГС), работающие на торфе, дают наиболее загрязненные воды по всем показателям анализа, а сточные воды, работающие на коксе и на буром угле, являются близкими к сточным водам комбината «Кивиыли».

В табл. 7 приведены данные о составе сточных вод крекинг- и нефтеперерабатывающих заводов. Сточные воды завода «Нефтегаз», по данным Н. М. Поповой и Е. Ф. Кононовой (1950), содержат большие количества карбонатных солей и сернистых соединений — сульфидов, гипосульфитов и других минеральных веществ.

Как видно из таблицы, колебания в составе сточных вод имели место не только на разных заводах одного типа, но и в пределах одного завода. В этом отношении сточные воды нефтяной промышленности напоминают сточные воды сланцевой промышленности.

Данные анализа сточных вод комбината «Кивиыли» указывают на высокую степень их загрязнения разными химическими веществами. При спуске этих сточных вод в открытые водоемы — малые реки — без предварительной очистки они могут оказывать вредное влияние на водоемы, нарушая в них нормальное развитие флоры и фауны.

Данные о составе сточных вод различных

Ингредиенты анализа	Газогенераторные станции (А. Ф. Шабалин, 1953)				
	исходное				
	антрацит	бурый уголь	торф	древе- сина	кокс
Взвешенные вещества, г/л	1,2	0,4—1,5	0,1—1,5	0,1—1,5	до 0,1
Сухой остаток при 105° С, г/л	5—10	1,5—11	10—40	1—20	5—10
Окисляемость (O ₂), г/л	5—35	1,2—23	10—36	1,4—15	0,3—10
БПК ₅ (O ₂), г/л	—	—	—	—	—
Фенолы (общее количе- ство), г/л	0,25—1,8	0,5—6	4—6	0,5—1,5	до 0,1
Аммиак (N), г/л	—	0,7—10	—	0,05—1,5	0,1—1
Сера (общая), г/л	до 0,2	0,2—1,5	мало	0	до 0,2
Смола, г/л	следы	много	20—30	15—20	не обна- ружено

* с оборотом воды

3. Влияние сточных вод на органолептические свойства воды

Для установления порогов запаха в воде водоема проводился ряд опытов с различными разведениями сточных вод в речной воде. На основании последних выяснилось, что порог запаха колебался в пределах разведения 200—500. Эти пробы были проведены со сточной водой из цеха туннельных гечей и из цеха маслопереработки, как с более загрязненной. Условно чистые воды дали порог запаха при разведении от 10 до 100 раз.

Проведенные опыты со сточными водами из общезаводского стока дали порог запаха при разведении от 40 до 75 раз.

Порог окраски получался при разведении от 2 до 10 раз при высоте водяного столба 5 см, а при высоте водяного столба 20 см порог окраски получался при разведении сточных вод общезаводского стока от 5 до 500 раз.

На основании проведенных опытов по определению порогов запаха и окраски мы пришли к выводу, что для того чтобы

газогенераторных станций и коксохимических заводов

Газогенераторные станции (А. И. Жуков и М. Л. Монгайт, 1948)					Коксохимические заводы		
сырье							
кокс *	антрацит и камен- ный уголь	бурый уголь	торф	древесина	По А. В. Ша- балину (1953)	По А. И. Жу- кову (1957)	По Л. Ф. Ка- баковой (1937)
0—1	—	—	0,1—1,5	0,1—1,5	0,01—4,5	0,4—0,6	0,064— —8,61
5—10	5—10	3,5	10—40	1,0—20,0	2,5—18,0	2,5—4,0	2,9—9,96
0,3—10	5—10	8,5	10—36	1,4—15,0	0,15—5,3	1,0—3,0*	1,04—5,09
—	—	6,0	10—20	2,5—12	1,4—9,0	3,0—5,0	9,3—9,99
до 0,1	0,25—1,8	2,5	1,2—1,7	0,5—1,5	0,0—1,6	0,5—1,5	0,24—1,53
0,1—1	0,05—1,0	2,5	1,0—10,0	0,05—1,5	0,35—1,25	0,8—1,0	0,18—2,32
—	—	—	—	—	0,15—0,25	—	—
не обна- ружено	—	—	20—30	15—20	—	—	—

спускаемые в водоемы сточные воды не ухудшали санитарных показателей речной воды, необходимо разведение их перед спуском в 200—500 раз.

4. Влияние сточных вод на биохимические окислительные процессы

Данные химического анализа сточных вод (табл. 4) указывали на высокую степень загрязнения их органическими веществами. Окисляемость воды из общего стока колебалась в пределах 2,35—4,1 г/л. Для суждения о величине биохимически окисляющихся веществ и скорости их распада проводился ряд опытов со сточными водами цеха туннельных печей, отделений рафинации и ректификации, цеха маслопереработки, а также общего стока грязных вод.

Состав сточных вод крекинг- и нефтеперерабатывающих заводов

Ингредиенты анализа	Крекинг-завод		Нефтеперерабатывающие заводы	
	Из общего коллектора Саратовского крекинг-завода	Общий сток Черниговского крекинг-завода	Завод «Крекинг»	Завод «Нефтегаз»
Взвешенные вещества, г/л	0,028—0,056	—	—	—
Сухой остаток при 105° С, г/л	0,459—0,572	1,344—2,432	9,9—13,2	162,8—248,0
Окисляемость (O ₂), г/л	0,056—0,166	0,173—0,200	1,91—2,64	17,6—43,9
БПК ₅ (O ₂), г/л	—	—	2,9—5,9	25,0—47,7
Фенолы, г/л (общее количество)	0,00013—0,0006	следы — 0,0026	—	0—38
Аммиак (N), г/л	— 0,00046	—	—	—

БИОХИМИЧЕСКОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА (БПК) СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Изучение БПК₅ в сточной воде проводилось со следующими разведениями: 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 100. Результаты опытов представлены в табл. 8.

Таблица 8

Величина БПК₅ в сточных водах отдельных цехов комбината «Кивиыли»

Место отбора	Разведение сточных вод		
	1 : 1000	1 : 500	1 : 100
Цех туннельных печей	6900	—	—
	6110	—	—
	6800	—	—
	6680	—	—
	7270	—	—
	6900	—	—
Цех маслопереработки	1140	1255	—
	1300	1305	—
	1240	1270	—
	950	1215	—
Отделение рафинации и ректификации	—	—	—
	—	—	310
	—	—	311
	—	—	321
	—	—	315
Общий сток грязных вод	3100	3325	—
	3160	3400	—
	3260	3400	—

Из приведенных в табл. 8 данных видно, что величины БПК₅ в сточной воде цеха туннельных печей являлись самыми высокими по сравнению с другими пробами и колебались в пределах от 6110 до 7270 мг/л.

Полученные показатели БПК₅ проб воды из цеха маслопереработки и особенно из отделений рафинации и ректификации были низкие, по-видимому, за счет тормозящего действия содержащихся в них больших количеств смол. В литературе имеются данные о том, что смолистые вещества оказывают тормозящее действие на биохимические окислительные процессы.

Для характеристики содержания органических веществ в сточных водах отдельных стоков комбината «Кивиыли» в табл. 9 приведены данные по окисляемости и по БПК₂₀.

БПК₂₀ и окисляемость в сточных водах комбината «Кивийли»

Сточные воды	БПК ₂₀ (O ₂)	Окисляе- мость (O ₂)	Окисляе- мость в про- центах БПК ₂₀
Цеха туннельных печей	7320	8118	111
Цеха маслопереработки	1307	3510	269
Отделений рафинации и ректификации	341	3250	953
Общего стока грязных вод	3647	3270	89,7

По данным Е. С. Поповой (1934), отношение окисляемости и БПК для городских сточных вод составляет в среднем 30%. Для сточных вод комбината «Кивийли» это соотношение составляло 100 и более процентов. Это показывает, что значительная часть органических соединений в искусственных условиях проведения БПК не поддается биологическому окислению (за короткий срок инкубации, по-видимому, не развивается такая «специфическая» для фенольных сточных вод микрофлора).

Ход окисления сточных вод общего стока показан на рис. 8. На этом рисунке сплошной линией отмечен ход окисления проб сточных вод и пунктиром — воды, применяемой для разведения сточных вод (контроль).

Данные рис. 8 показывают, что процесс окисления в изучаемых нами сточных водах идет так же, как в бытовых сточных водах: с убывающими скоростями по ходу окисления.

Полученные нами данные по определению биохимического потребления кислорода за разные сроки инкубации (1, 2, 3, 4 и 5 суток) дали нам возможность подсчитать константу скорости окисления (K), которая колебалась от 0,16—0,24.

По литературным данным (М. А. Руффель, 1951), константа скорости потребления кислорода для городских сточных вод колеблется от 0,08 до 0,12, а для сточных вод некоторых предприятий дает отступление от этих цифр.

По данным Н. А. Базякиной (1933), величина константы скорости окисления сточной жидкости московской канализации колеблется примерно в таких же пределах, как в сточной воде комбината «Кивийли», а именно от 0,15 до 0,25.

Нами установлено, что высокие концентрации сточных вод не тормозили процесс биохимического окисления в пробах на БПК, при разведении до 1:10 растворенный кислород полностью поглощался в течение первых двух-трех дней инкубации.

Проведенные нами опыты для суждения о величине биохимически окисляющихся веществ и скорости их распада в сточной воде комбината «Кивийэли» показали, что эти воды могут биохимически окисляться при спуске их в водоем и процесс окисления не тормозится при высоких концентрациях их.

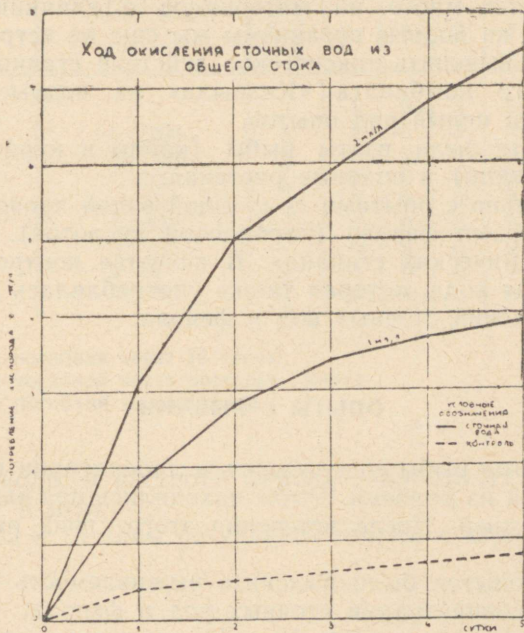


Рис. 8. Ход окисления сточных вод из общего стока.

Эти данные важны для расчетов по самоочищению водоемов и по очистке сточных вод.

Высокие показатели биохимической потребности кислорода и окисляемости в сточных водах комбината «Кивийэли» указывают на содержание в них органических загрязнителей, которые при спуске этих вод в водоем могут ухудшить качество речной воды и нарушить кислородный режим водоема.

5. Влияние сточных вод на водные организмы

В результате проведенных нами санитарно-химических анализов сточных вод комбината «Кивийэли» выяснилось, что эти воды загрязнены и содержат различные химические вещества (фенолы, кетоны, смолы, сланцевые масла и т. д.).

При спуске без предварительной очистки загрязненных сточных вод в открытые водоемы последние могут загрязняться вышеназванными химическими веществами, в том числе и фенолами.

Данных о действии фенолов на водные организмы в литературе имеется много, но материалов о влиянии сланцевых сточных вод на водные организмы мы еще не встречали.

С целью выяснить токсическое действие сточных вод сланце-химического комбината «Кивиыли» на водные организмы был проведен целый ряд опытов.

Для опыта были взяты рыбы (карпы и караси), дафнии (*Daphnia magna*) и водяные растения.

Параллельно с опытами со сточной водой проводились опыты с растворами фенола (карболовой кислотой). Опыты ставились в химических стаканах. В качестве контроля служила чистая речная вода, которая также употреблялась для изготовления разведений сточных вод и фенола.

ОПЫТЫ С РЫБАМИ

Подопытные рыбы содержались в лаборатории в аквариуме, в воде, взятой из водоема. Рыбы находились под наблюдением в течение 3-х дней. После истечения этого срока рыб брали в опыт.

Задачей опытов было выяснить выживаемость рыб в зависимости от концентрации сточных вод и фенола.

Из приведенных в табл. 10 и 11 данных видно, что предел выживаемости для карпов в сточных водах лежит между 0,75-

Таблица 10

Влияние фенола (карболовая кислота) на выживаемость карпов

Концентрация фенола, мг/л	Количество живых рыб							
	Начало опыта	Время наблюдения в сутках						
		1	2	3	4	5	6	7
К	5	5	5	5	5	5	5	5
1	5	5	5	5	5	5	5	5
2,5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	0	0	0	0
7,5	5	5	5	0	0	0	0	0
10*	5	0	0	0	0	0	0	0

* Карпы погибли через несколько минут.

Влияние сточных вод на выживаемость карпов

Концентрация фенола, мг/л	Разведение сточных вод	Количество живых рыб							
		Начало опыта	Время наблюдения в сутках						
			1	2	3	4	5	6	7
К		5	5	5	5	5	5	5	5
0,75	1:2000	5	5	5	5	5	5	5	5
1,5	1:1000	5	5	0	0	0	0	0	0
3,0*	1:500	5	0	0	0	0	0	0	0
5,0**	1:333	5	0	0	0	0	0	0	0
7,5***	1:200	5	0	0	0	0	0	0	0
15,0***	1:100	5	0	0	0	0	0	0	0
30,0***	1:50	5	0	0	0	0	0	0	0
50,0***	1:30	5	0	0	0	0	0	0	0

* Карпы погибли через 14 часов.

** Карпы погибли через несколько минут.

*** Карпы погибли моментально.

и 3 мг/л фенола; в растворе фенола (карболовая кислота) — между 2,5 и 5 мг/л.

В табл. 12 и 13 даны результаты опытов с карасями.

Таблица 12

Влияние фенола (карболовая кислота) на выживаемость карасей

Концентрация фенола, мг/л	Начало опыта	Количество живых рыб				
		Время наблюдения в сутках				
		1	2	3	4	5
К	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5
15	5	5	5	5	0	0
20	5	5	0	0	0	0
25*	5	0	0	0	0	0
30*	5	0	0	0	0	0
35**	5	0	0	0	0	0
40**	5	0	0	0	0	0
45**	5	0	0	0	0	0
50**	5	0	0	0	0	0

* Караси погибли через несколько минут.

** Караси погибли моментально.

Влияние сточных вод на выживаемость карасей

Концентрация фенола, мг/л	Разведение сточных вод	Количество живых рыб								
		Начало опыта	Время наблюдения в сутках							
			1	2	3	4	5	6	7	
К		5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	1:500	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	1:333	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7,5	1:200	5	5	0	0	0	0	0	0	0
15*	1:100	5	0	0	0	0	0	0	0	0
20**	1:77	5	0	0	0	0	0	0	0	0
30**	1:50	5	0	0	0	0	0	0	0	0
55**	1:30	5	0	0	0	0	0	0	0	0

* Караси погибали через 15 часов.

** Караси погибали моментально.

Из приведенных опытов с карасями видно, что предел их выживаемости в растворе фенола лежит между 10 и 15 мг/л фенола, а в растворе сточных вод — между 5 и 7,5 мг/л фенола.

ОПЫТЫ С ДАФНИЯМИ

Дафнии для опыта были получены из разных рек и из аквариума. В табл. 14 представлены данные опытов с дафниями (*Daphnia magna*).

Таблица 14

Влияние сточных вод на выживаемость дафний (*Daphnia magna*)

Концентрация фенола, мг/л	Разведение сточных вод	Количество живых дафний						
		Начало опыта	Время наблюдения в сутках					
			1	2	3	4	5	6
К		10	10	10	10	10	10	10
5	1:333	10	10	10	10	10	10	10
7,5	1:200	10	10	10	10	10	10	10
15	1:100	10	10	10	0	0	0	0
20	1:77	10	10	0	0	0	0	0
25*	1:63	10	0	0	0	0	0	0
30**	1:50	10	0	0	0	0	0	0
50**	1:30	10	0	0	0	0	0	0

* Дафнии погибали через 10—12 часов.

** Дафнии погибали в течение первых 5 мин.

Из табл. 14 видно, что предел выживаемости для дафнии (*Daphnia magna*) лежит в растворах сточных вод между 7,5 и 15 мг/л. Опыты, поставленные с растворами фенола, показали, что предел выживаемости дафнии лежит между 15 и 20 мг/л фенола.

ОПЫТЫ С ВОДЯНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Водяные растения — ряска маленькая — *Lemna minor* L. — помещались в химических стаканах объемом 100—200 мл с дехлорированной водопроводной водой, в которую добавляли от 1 до 10 мл сточной воды с содержанием фенола 1150 мг/л.

Один стакан с чистой водопроводной водой оставляли для контроля.

Во всех стаканах было одинаковое количество водяных растений (около 50 пластинок). В результате опытов было отмечено, что сточные воды в разведении 8:100 не оказывали никакого заметного действия на данный вид водяных растений даже в течение 7 дней. Пластинки ряски были зеленые и свежие, как в начале опыта.

При разведении, начиная с 10:100, уже на второй день «листки» водяных растений начали желтеть и отпадать, причем пожелтение и отпадание ускорялось с увеличением концентрации сточных вод. Проведены были две серии опытов, показавшие аналогичные результаты.

На основании поставленных опытов можно сделать вывод, что сточные воды с содержанием фенола 115 мг/л действуют токсично на ряску маленькую. Предел выживаемости этого растения лежит между 92 и 115 мг/л фенола.

Из проведенных опытов следует, что рыбы и дафнии гораздо чувствительнее к действию разведенных сточных вод, чем к действию растворов фенола, при одинаковых условиях опыта. Это, по-видимому, можно объяснить содержанием в сточной воде других, более токсичных веществ: сланцевых масел, кетон, нелетучих фенолов и др.

6. Проблема очистки сточных вод на комбинате «Кивиыли»

Из вышеприведенных данных (гл. II, п. 2) видно, что основными загрязнителями сточных вод из продуктов термической переработки сланцев являются сланцевые фенолы и смолы. Поэтому и основные методы очистки этих вод направлены для освобождения их от фенолов и смол.

Экспериментальными работами, проведенными в течение

ряда лет сотрудниками Института экспериментальной и клинической медицины АН ЭССР, доказано вредное и токсическое влияние сланцевых фенолов и смол на организмы животных [И. И. Аккерберг и И. А. Юргенсон, 1960; П. А. Боговский, 1958; Х. Янес (H. Jänes, 1960) и Х. К. Туру, 1958].

Так как сланцевые фенолы по своему химическому составу отличаются от каменноугольных фенолов и фенолов, получаемых от переработки других видов твердого топлива (Х. Т. Раудсепп, 1956), отмечается и различие их в действии на организм подопытных животных.

Проведенные И. И. Аккерберг и И. А. Юргенсон (1960) работы по изучению токсического действия сланцевых фенолов показывают, что сланцевые фенолы гораздо токсичнее фенолов, полученных при переработке других видов твердого топлива. По данным тех же авторов, сланцевые фенолы легко всасываются через кожу, вызывая у животных появление одышки и судорог.

Результаты анализа сточных вод комбината «Кивиыли» показали степень их загрязнения разными химическими веществами. Эти воды спускались в открытые водоемы без всякой очистки, загрязняя таким образом последние до высокой степени.

При решении проблемы очистки сточных вод комбината «Кивиыли» мы обратили внимание на значительное количество так называемых условно чистых вод (от холодильных установок различных цехов и отделений) на этом комбинате. На основании проведенных нами исследований мы считали, что воды эти не требуют специальной очистки, поэтому нам показалось целесообразным спускать эти воды по специальному коллектору в открытые водоемы без предварительной очистки или использовать их в обороте.

С другой стороны, существуют некоторые методы очистки, которые требуют более разведенных сточных вод для получения максимального эффекта очистки.

Вопрос разделения химически загрязненных и условно чистых вод затронут и в литературе. А. И. Жуков и И. Л. Монгайт (1948) указали на то, что при биологической очистке химически загрязненных вод без разбавления их условно чистыми могут быть такие высокие концентрации сточных вод, что протекание в них биологических процессов окажется невозможным. Как пример сильно загрязненных сточных вод, требующих предварительного разведения, авторы наряду с водами многих производств приводили и сточные воды газогенераторных станций, перерабатывающих твердое топливо.

После ознакомления с существующими методами очистки фенольных сточных вод мы полагали, что самым целесообразным способом в нашем случае является метод комбинирован-

ной обработки, предусматривающий извлечение из сточных вод основной массы ценных веществ и биологическое разрушение остаточных загрязнений.

Многие авторы [Ц. И. Роговская (1948), Б. З. Ициксон (1950), С. А. Хаскин (1950) и др.] считали, что все используемые в настоящее время методы очистки сточных вод от газификации твердого топлива требуют предварительного освобождения фенольных вод от взвешенных веществ и смол.

Для обессмоливания сточных вод комбината «Кивиыли», по нашим соображениям, самым целесообразным способом является спуск сточных вод через отстойники — маслоуловители, где тяжелое масло осаждается на дне, а на поверхности воды улавливается легкое масло. После этого мы рекомендуем пропускать воду через торфяные фильтры для окончательного освобождения от всех смол.

Предварительно обессмоленную и освобожденную от масел сточную воду комбината «Кивиыли» необходимо подвергнуть химической очистке для выделения из нее ценных веществ. Для выделения из этой сточной воды фенолов мы предлагали экстракционный способ очистки. Метод основан на том, что при перемешивании двух взаимно-нерастворимых жидкостей (вода и бензол, вода и бутилацетат и др.) вещества, находящиеся в растворе, распределяются между жидкостями в соответствии со своей растворимостью в этих жидкостях.

В качестве экстрагента С. А. Хаскин (1950) рекомендовал трикрезилфосфат, С. А. Несмеянов (1947) — фенольван. На сланцеперерабатывающем комбинате им. В. И. Ленина в 1953 году пущен цех дегенерации, где фенолы извлекают из сточных вод экстрагированием бутилацетатом. Последний метод, в смысле получения фенолов, дает хорошие результаты и широко применен в практике очистки сточных вод коксохимических заводов, поэтому мы и рекомендовали его для очистки стоков комбината «Кивиыли».

Так как сточные воды комбината «Кивиыли» содержат в значительном количестве кетоны (в отдельных цеховых стоках до 9 г/л), нами рекомендовалось извлечение кетонов из воды и использование их в народном хозяйстве.

Все химические методы очистки сточных вод требуют еще биологической доочистки.

В литературе описано много методов биохимического окисления сточных вод на искусственных или естественных окислителях (биофильтрах, аэротенках, полях орошения и полях фильтрации).

Методы очистки сточных вод на полях орошения и полях фильтрации в нашем случае не могут быть применены, так как поблизости от комбината «Кивиыли» не имеется свободных

площадей, которые могут быть использованы для этой цели, а строительство трубопроводов большой протяженности для сброса сточных вод на отдаленные участки не является рентабельным с экономической точки зрения.

В целях создания нужных для аэрации условий очистки некоторые авторы (Н. М. Попова и Е. Ф. Кононова, 1950) предлагали производить очистку промышленных сточных вод совместно с фекально-хозяйственными водами.

Самыми подходящими методами для доочистки сточных вод сланцехимического комбината «Кивиыли» являются биологические фильтры или аэротенки, так как опыт очистки сточных вод на биофильтрах и аэротенках имеется уже на многих предприятиях коксохимической промышленности.

Из вышеизложенного видно, что самыми целесообразными, по нашим соображениям, методами очистки сточных вод комбината «Кивиыли» являлись: обессмоливание этих вод, освобождение их от масел, дефеноляция обессмоленных вод путем экстрагирования бутилацетатом и биологическая доочистка на биофильтрах или аэротенках.

После очистки сточные воды комбината «Кивиыли» могут быть спущены в открытые водоемы без вреда для последних.

В 1959 году на комбинате был пущен цех для очистки сточных вод от фенолов, что значительно улучшило санитарное состояние изучаемых рек.

Для освобождения сточных вод от смол и масел имеются на комбинате пруды для отстаивания.

Чтобы дать оценку полному комплексу очистных сооружений для очистки сточных вод сланцеперерабатывающего предприятия, нами проводились соответствующие работы на сланцеперерабатывающем комбинате им. В. И. Ленина в городе Кохтла-Ярве. Результатам этих исследований посвящена следующая глава настоящей работы.

II. СТОЧНЫЕ ВОДЫ СЛАНЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМБИНАТА ИМ. В. И. ЛЕНИНА В ГОРОДЕ КОХТЛА-ЯРВЕ

1. Основные цехи, технология производства и места образования сточных вод

Сланцеперерабатывающий комбинат им. В. И. Ленина состоит из следующих цехов: газогенераторные станции № 1—5, цех туннельных печей, опытно-промышленные цехи, цех камерных печей и комплекс цехов по очистке камерного газа, цех дефеноляции.

Газогенераторные станции предназначены для получения различных сортов генераторных смол (масел). При переработке сланцев на смолы образуются сточные воды. Ниже дается краткое описание технологического процесса в газогенераторах.

Сланец через загрузочную камеру загружается в швельшахту газогенератора. В швельшахте имеется три температурные зоны. В верхней части при температуре 200° идет подсушка сланца, из которого удаляется влага. В средней зоне при температуре 375° выделяются легкие фракции (газ-бензин, легкие углеводороды). В нижней зоне при температуре $450-500^{\circ}$ сланец разлагается с бурным выделением паров смолы. Все образовавшиеся в швельшахте газы отсасываются эксгаустером через газослив в барильет, где газ орошается охлажденной сланцевой смолой по принципу противотока. При этом уже в барильете происходит частичная конденсация газа. Затем, проходя ряд воздушных и водяных холодильников, газ конденсируется в тяжелые, средние и легкие фракции сланцевой смолы.

Вместе с газом идет водяной пар, который конденсируется в холодильниках, и образуется так называемая подсмольная и надсмольная сточная вода, содержащая большие количества смол, фенолов и других загрязнителей.

Цех камерных печей предназначен для получения бытового газа из горючих сланцев.

Основным оборудованием цеха является камерная вертикальная, непрерывно действующая печь с регенеративным обогреванием.

Каждая камерная печь состоит из технологической камеры с двумя обогревательными простенками. Над печью расположено загрузочное устройство, через которое камера печи заполняется сланцем. Под камерой помещается экстрактор — устройство для непрерывного удаления сланцевого кокса из камеры.

Вследствие работы экстрактора сланец в камере печи непрерывно движется по направлению сверху вниз, уровень сланца в загрузочной коробке понижается, и последняя периодически заполняется сланцем из загрузочного вагона.

По характеру протекающих процессов камера по вертикали делится на зоны: подсушки с температурой 100—150°, полукоксования — до 500°, коксования — 600°, крекинга и пиролиза — 700—800° и охлаждения — от 800 до 100°. Температура в обогревательных простенках равняется 1150° и 1230—1240°.

В зоне коксования происходит термическое разложение сланца с выделением летучих продуктов. В зону крекинга и пиролиза поступает сланцевый кокс с температурой 700° и газообразные продукты — пары смолы и газ, содержащие водяные пары. Тяжелые углеводороды — продукты термического разложения сланца, просачиваясь в зоне крекинга через куски раскаленного кокса, в свою очередь подвергаются крекингу и пиролизу, благодаря чему получается дополнительное количество газа. Для отвода парогазовых продуктов, получающихся в камере, имеются газоотводы, отдельные для каждой печи. Из газоотводов парогазовая смесь поступает в общий газосборный канал — барильет, откуда парогазовая смесь поступает в холодильники. Из холодильников сильно загрязненная конденсационная вода поступает в канализацию, а газ по газопроводу направляется через отделение эксгаустеров на очистку.

В цехе туннельных печей сланец подвергается термической переработке. В печи имеется перегонный канал, разделенный на шлюзы и камеры: сушильную, перегонную, тушильную и перегреватель. Сланец в печь подается в вагонетках.

Попадая в камеру сушки, сланец подвергается нагреву до 220°. При этом из него удаляется большая часть влаги, которая поступает в атмосферу в виде пара.

Высушенный сланец поступает в швелькамеру (перегонная камера) с температурой 450°, где сланец разлагается с образованием газо- и парообразных соединений, которые удаляются из швелькамеры через специальный газоотвод и поступают в конденсационную аппаратуру.

В швелькамере сланец разлагается не полностью, остается полукокс. До поступления в камеру тушения он продувается при

температуре 480° водяными парами для выделения масляных частиц.

Паровой конденсат через оросительный конденсатор поступает в водоотделитель. Вода из водоотделителя направляется в канализацию; туда поступает также вода от тушения полукокса и из холодильников, где происходит охлаждение смеси паров и газов.

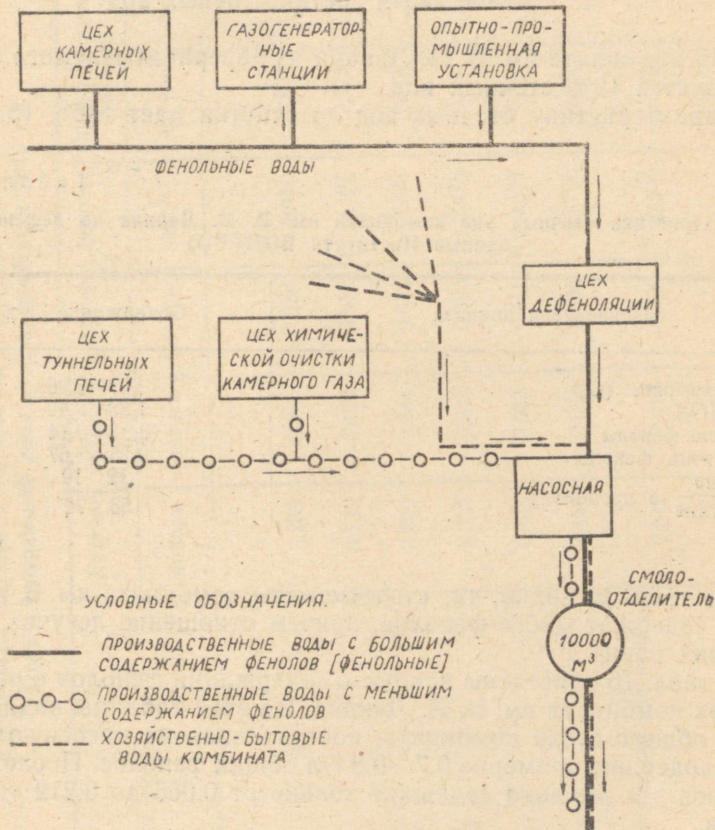


Рис. 9. Схема образования сточных вод на комбинате им. В. И. Ленина в Кохтла-Ярве.

На предыдущих страницах описана технология производства основных цехов комбината им. В. И. Ленина и приведены данные о местах образования сточных вод (рис. 9).

Из описанного выше следует, что при переработке смол на газогенераторных станциях образуются так называемые под- и

надсмольные воды, которые относятся к производственным сточным водам с большим содержанием фенолов.

В цехе камерных печей в результате разделения в холодильниках воды и газа образуются также воды, богатые фенолами.

В цехе туннельных печей образуются производственные воды с малым содержанием фенола.

2. Количество и состав сточных вод

На комбинате им. В. И. Ленина из перерабатываемого сырья образуется 12% сточных вод.

Характеристику сточных вод до очистки дает табл. 15.

Таблица 15

Характеристика сточных вод комбината им. В. И. Ленина до дефеноляции (данные Института ВОДГЕО)

Показатели анализа	Содержание, г/л
Окисляемость (O ₂)	3,07—3,96
БПК ₅ (O ₂)	1,32—2,49
Летучие фенолы	0,31—0,44
Нелетучие фенолы	2,25—3,67
Летучие	$\frac{12}{88}$ $\frac{10}{90}$
нелетучие в процентах	

Из табл. 15 видно, что сточные воды комбината им. В. И. Ленина содержат много фенолов, причем отношение летучих и нелетучих равно 1:9.

В табл. 16 приведены данные о содержании фенолов в разных стоках комбината им. В. И. Ленина. Из этой таблицы видно, что вода общего стока комбината, поступающая на насосную станцию, содержит примерно 0,7—0,8 г/л общих фенолов. После золотвалов эта же вода содержит только от 0,065 до 0,212 г/л фенолов.

Ниже приводятся сравнительные данные по составу сточных вод комбинатов им. В. И. Ленина и «Кивиыли» (табл. 17).

Из табл. 17 видно, что общие стоки комбинатов им. В. И. Ленина и «Кивиыли» сходны по количественному содержанию летучих и нелетучих фенолов, а также по показателям окисляемости и БПК₅. Сточные воды от переработки горючих сланцев способны хорошо окисляться биохимическим путем.

Из табл. 18 видно, что пробы из общего стока грязных вод комбината «Кивиыли» содержат больше фенолов, чем пробы во-

Содержание фенолов в сточной воде комбината (им. В. И. Ленина
(данные центральной лаборатории комбината 1953 г.)

Наименование проб	Летучие фенолы, г/л		Нелетучие фенолы, г/л		Общее количество фенолов, г/л		Летучие (нелету- чие), %
	январь	август	январь	август	январь	август	
Перекачка воды	0,283	0,365	0,526	0,410	0,809	0,775	36/64
Из насосной станции	0,130	1,185	0,583	0,597	0,713	0,782	19/81
У подножия отвала № 1	0,079	0,236	0,650	0,373	0,629	0,609	13/87
" " " № 2	0,066	0,062	0,265	0,278	0,331	0,340	22/78
" " " № 3	0,033	0,033	0,111	0,119	0,144	0,152	22/78
После отвала 5-й ГГС	0,123	0,081	0,095	0,725	0,228	0,806	10/90
Общий сток комбината после золоотва- лов	0,041	0,019	0,024	0,193	0,065	0,212	9/91

Сравнительная характеристика сточных вод комбинатов им. В. И. Ленина и «Кивийли»

Показатели анализа	Комбината им. В. И. Ленина	Комбината «Кивийли»
Окисляемость (O ₂), г/л	3,07—3,96	2,35—4,10
БПК ₅ (O ₂), г/л	1,32—2,49	3,10—3,20
Фенолы летучие, г/л	0,31—0,44	0,78—1,35
Фенолы нелетучие, г/л	2,25—3,67	1,28—8,46
Летучие	$\frac{12}{88}$	$\frac{35}{63}$
нелетучие проц.	$\frac{10}{90}$	$\frac{13}{87}$

ды газогенераторных станций комбината им. В. И. Ленина, и меньше, чем сточные воды цеха камерных печей комбината им. В. И. Ленина. Это можно объяснить разным технологическим режимом переработки сланца на газогенераторных станциях, в туннельных печах и в камерных печах.

Таблица 18

Содержание фенолов в сточной воде комбинатов им. В. И. Ленина и «Кивийли»

Показатели анализа	Место отбора проб			
	Комбинат им. В. И. Ленина		Комбинат «Кивийли»	
	Газогенера- торные станции	Цех камер- ных печей	Из общего стока гряз- ных вод	Из общего заводского стока
Летучие фенолы, г/л	0,68	1,09	1,12	0,76
Нелетучие фенолы, г/л	3,49	8,47	3,95	1,21
Общее количество фено- лов	4,17	9,56	5,07	1,97
Летучие	$\frac{17}{83}$	$\frac{12}{88}$	$\frac{24}{76}$	$\frac{40}{60}$
нелетучие проц.				

3. Система водоснабжения и канализации на комбинате им. В. И. Ленина

Водоснабжение комбината им. В. И. Ленина в гор. Кохтла-Ярве устроено следующим образом: 1) воду для питьевых и бытовых нужд (душевые) получают из артезианских скважин;

2) техническую воду комбинат получает из озера Консо (около Куремязэ). Эта вода поступает на комбинат путем двойной перекачки: первая насосная станция на берегу озера Консо и вторая в Ахтме. Последняя насосная станция является мало-мощной, поэтому комбинат страдает от недостатка воды.

Канализационная система комбината очень сложная, и ввиду неплотности отдельных канализационных труб имеет место проникновение одних сточных вод в другую канализацию, вследствие чего были обнаружены фенолы и смолы в канале для фекально-хозяйственных вод.

Система канализации комбината в общих чертах выглядит так (рис. 10):

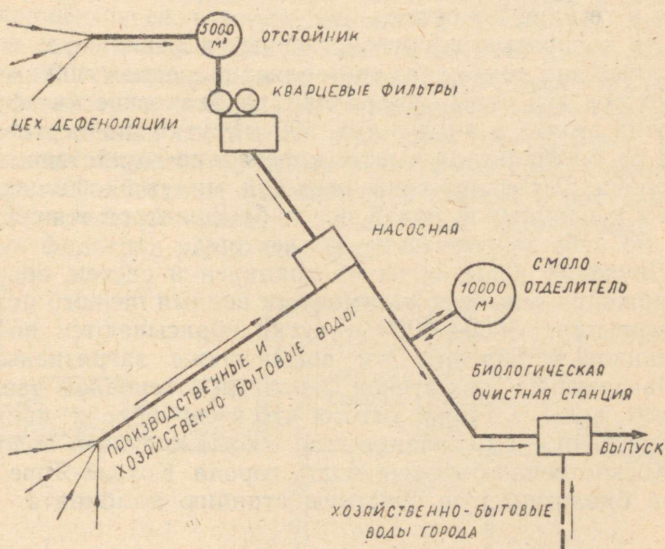


Рис. 10. Схема канализации комбината в Кохтла-Ярве.

а) Фенольные сточные воды (цех камерных печей, газогенераторные станции, опытно-промышленная установка и т. д.) поступают в отстойник объемом 5000 м³ для отстаивания смол и идут дальше на обесфеноливание.

После цеха дефеноляции эти воды со средним содержанием фенола 450 мг/л поступают на насосную станцию и потом совместно с производственными и хозяйственно-бытовыми водами комбината, проходя смолоотделитель, идут на биологические фильтры.

С целью увеличить количество технической воды и умень-

шить количество выбрасываемых в водоем сточных вод предусматривается в ближайшее время использование этих вод в обороте. По проекту они будут направлены в трубопровод тепловой воды и вместе с теплыми водами на градирни для охлаждения.

б) Производственные сточные воды (из цеха химической очистки газа, сероочистки, туннельных печей и т. д.) совместно с фекально-хозяйственными сточными водами комбината поступают на станцию перекачки. Часть этих вод перекачивают на зольные горы, и основная масса идет в отстойник-смолоотделитель, где она отстаивается от смолы.

Под смолоотделитель был переоборудован бывший газгольдер объемом 10 000 м³. Отстой в смолоотделителе происходит в среднем в течение 2-х суток.

Общее количество производственных и фекально-хозяйственных сточных вод комбината составляет в среднем 4000 м³/сутки. После отстоя эти воды направляют на биологические фильтры. Часть этих стоков в количестве 500 м³/сутки подвергается доочистке на биофильтрах вместе с фекально-хозяйственными водами города. Остальная часть этих вод, минуя биофильтры, смешивается с очищенной водой после биофильтров и поступает в водоем по асбестоцементному коллектору.

в) Ливневые воды, воды из градирен и систем оборотного водоснабжения вместе со шламовыми водами печного цеха в общем количестве 5000—6000 м³/сутки сбрасываются по открытому каналу в водоем. Эти воды также загрязнены фенолами. Загрязнение этих стоков фенолами в основном зависит от шламовой воды, а также оттого, что в скрубберах происходит непосредственное смешивание газа с охлаждающей водой.

г) Хозяйственно-бытовые воды города Кохтла-Ярве поступают на биологическую очистную станцию комбината.

4. Сооружения для очистки производственных сточных вод

Очистка сточных вод комбината им. В. И. Ленина осуществлена следующим образом. Фенольные сточные воды (общее количество которых составляет в среднем 1000 м³ в сутки), проходя отстойник объемом 5000 м³ и кварцевые фильтры, поступают в цех дефеноляции для извлечения фенолов бутилацетатом. Производственные и хозяйственно-бытовые сточные воды комбината поступают на насосную станцию, где смешиваются с обезфеноленными в цехе дефеноляции сточными водами. Из насосной станции одну часть сточных вод (в среднем 2500 м³/сутки) направляют на зольные горы с целью размыва последних. Основная часть стоков проходит отстаивание от смол в смолоотделителе и поступает на биологическую очистную станцию (в коли-

честве 4000 м³/сутки). На биофильтры поступает только в среднем 500 м³/сутки из общего количества производственных сточных вод. Система очистки сточных вод комбината при помощи смолоотделителя, цеха дефеноляции и биологических фильтров описывается далее более подробно.

5. Очистка производственных сточных вод в цехе дефеноляции

а) ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ

Сточные воды, содержащие большие количества фенолов из цеха камерных печей, газогенераторных станций, опытной установки и т. д., направляются в отстойник для смол объемом 5000 м³, находящийся рядом со зданием цеха дефеноляции, где отстаиваются смолы (рис. 11). Содержание смолы в сточной воде после отстойника составляет в среднем 0,1—0,15 г/л. Из отстойника вода подается насосами в напорные кварцевые фильтры, где освобождается от механических взвесей и поступает затем в уравнивательные емкости. Содержание смол в воде после кварцевых фильтров равно 0,01 г/л.

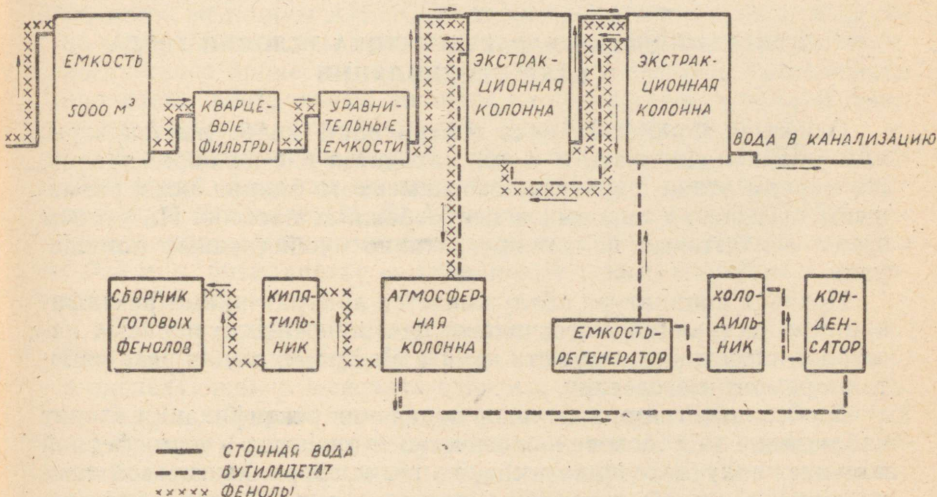


Рис. 11. Схема технологического процесса в цехе дефеноляции.

Основное назначение уравнивательных емкостей — регулировать равномерное поступление фенольной воды в цехе дефеноляции. Из уравнивательных емкостей фенольная вода центробеж-

ным насосом подается через холодильник, где ее температура снижается до 30°, в верхние части экстракционных колонн. В нижнюю часть колонн противотоком поступает растворитель — бутилацетат. Бутилацетат извлекает фенолы из воды, и смесь бутилацетата и фенола поднимается вверх. В нижней части колонны остается обесфеноленная вода, которая направляется в канализацию. Но так как в этой воде содержится небольшое количество бутилацетата, то перед спуском в канализацию обесфеноленной воды ее продувают острым паром в специальной колонне для удаления остатков бутилацетата, направляемых в конденсатор. Смесь бутилацетата с фенолом, так называемый экстракт, через емкость и водоотделитель поступает в атмосферную колонну, в которой разделяется экстрагент от фенолов.

Бутилацетат, пройдя конденсатор и холодильник, поступает в емкость, откуда снова подается в цикл.

Фенолы из атмосферной колонны через кипятильник, в котором они сгущаются, собираются в сборник готовых фенолов. Как видно из изложенного выше технологического процесса, получение фенолов идет по замкнутому циклу с механической перекачкой продуктов из агрегата в агрегат.

Технологический процесс получения фенолов схематически изображен на рис. 11.

6) ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ТРУДА В ЦЕХЕ ДЕФЕНОЛЯЦИИ

Основная аппаратура цеха дефеноляции (кварцевые фильтры, колонны, холодильники и т. д.) находится вне цехового здания. На первом этаже двухэтажного каменного здания цеха размещены помещения паровых и центробежных насосов. На втором этаже — бытовые и административно-хозяйственные помещения.

Цеховая аппаратура обслуживается аппаратчиками ректификации и экстракции, насосчиками центробежных и паровых насосов и насосчиками емкости в 5000 м³. Кроме того, в цехе работают ремонтные слесари.

В обязанности аппаратчиков отделения ректификации входит наблюдение за ходом технологического процесса в атмосферной колонне, вакуум-колонне, сепараторе, в сборнике готовой продукции и в других коммуникациях отделения. Аппаратчик следит за работой аппаратуры по контрольно-измерительным приборам (КИП) и записывает ежечасно их показания в сменный журнал; два раза в смену отбирает пробы из атмосферной колонны на содержание в ней бутилацетата и фенолов и из сборника готовых фенолов.

Аппаратчики отделения экстракции следят за технологиче-

ским режимом и нормальной работой экстракционных колонн, уравнильных емкостей, кварцевых фильтров, холодильников, конденсаторов и промежуточных емкостей. Каждый час аппаратчики записывают показания КИП в журнал, два раза в смену отбирают пробы из верхней части экстракционной колонны и каждый час замеряют уровень воды в уравнильных емкостях.

Один раз в 6—8 месяцев аппаратчики производят чистку и заполнение кварцевых фильтров. Операция эта трудоемкая, так как выполняется вручную. Аппаратчики влезают внутрь фильтра и ведрами выбирают из него песок. Таким же образом фильтры и наполняются. Прежде чем открывать кварцевые фильтры, их промывают чистой водой, затем проветривают через люки и только после всего этого в фильтр влезает аппаратчик.

Раз в 4—5 месяцев аппаратчики чистят уравнильные емкости, для чего их освобождают от фенольной воды, проветривают через люк и затем, влезая в емкость, ее чистят от смол вручную.

Насосчица емкости в 5000 м³ следит за уровнем воды и смолы в емкости и своевременно включает насос для откачки смолы в ГГС-3 и воды в цех.

Ремонтные слесари производят весь текущий ремонт оборудования, причем насосы ремонтируются примерно раз в неделю.

Для характеристики воздушной среды цеха дефеноляции лабораторией профгигиены Института экспериментальной и клинической медицины АН ЭССР были проведены анализы воздуха на содержание в нем основных загрязнителей (исходя из технологического процесса) — бутилацетата и фенолов. Были также проведены контрольные анализы на содержание в воздухе цеха окиси углерода, углеводов, сероводорода и пыли.

Исследование воздушной среды проводилось в 1953, 1955 и 1956 годах. Анализы на вредные газы производились по общепринятой методике (М. В. Алексеева и соавторы, 1954). Фенолы определялись колориметрическим способом (точность метода 0,005 мг), бутилацетат — титрометрическим способом с точностью 0,23 мг.

Эти повторные анализы дали нам возможность сравнить состояние воздушной среды в цехе в начальный период работы и в последующем и выяснить сдвиги в санитарном состоянии его.

В табл. 19 приведены результаты исследований, проведенных в 1953 году (сразу после пускового периода). Как видно из таблицы, содержание вредных газов (паров фенола и бутилацетата) в помещении паровых насосов в 1953 году без вентиляции превышает предельно допустимые санитарные нормы (бутилацетат — 0,2 мг/л, фенолы — 0,005 мг/л). При работе механической вентиляции содержание бутилацетата не превышает нормы. Содержание этих же газов в помещении центробежных насосов также не превышает предельно допустимых санитарных норм по Н 101-54.

Содержание бутилацетата и фенолов в воздухе цеха дефеноляции
комбината им. В. И. Ленина

Место отбора проб	Количество анализов	Концентрация бутилацетата, мг/л			Количество анализов	Концентрация фенолов, мг/л			Примечание
		минимальная	максимальная	средняя		минимальная	максимальная	средняя	
Помещение паровых насосов	7	0,068	0,341	0,153	—	—	—	—	При работе вентиляции
	7	0,375	0,720	0,568	7	0,002	0,008	0,0055	Без вентиляции
Помещение центробежных насосов	7	0,082	0,163	0,130	7	следы	0,001	0,0009	Механической вентиляции в этом помещении нет

Результаты контрольных анализов на содержание в воздухе цеха окиси углерода, углеводородов и сероводорода приведены в табл. 20.

Таблица 20

Содержание газов в воздухе помещения паровых насосов цеха дефеноляции комбината им. В. И. Ленина (ноябрь 1953 г.)

Газ	Количество анализов	Средние концентрации, мг/л	
		без вентиляции	при работе вентиляции
CO	10	0,016	0,008
C _n H _m	10	0,010	0,005
H ₂ S	10	следы	нет

Из табл. 20 видно, что даже без механической вентиляции содержание окиси углерода, углеводородов и сероводорода ниже санитарных норм (CO — 0,03 мг/л; C_nH_m — 0,3 мг/л; H₂S — 0,01 мг/л). При работающей вентиляции были обнаружены ничтожные количества окиси углерода и углеводородов, а сероводорода совсем не было.

Повторное обследование этого цеха проводилось в 1955 году в летнее и осеннее время (июль и сентябрь). Результаты этой работы приведены в табл. 21.

Как видно из таблицы, содержание бутилацетата и фенолов в помещении паровых насосов ниже предельно допустимых норм даже при работе только вытяжной вентиляции. При работе приточно-вытяжной вентиляции были получены еще более низкие концентрации этих газов.

Из этой же таблицы видно, что содержание бутилацетата и фенолов в помещении центробежных насосов не выходит за пределы допустимых санитарных норм. Следует отметить, что вентиляционных установок в период исследований, проведенных в 1955 году, в этом помещении не было, но работа производилась при открытых окнах.

Как уже упоминалось выше, основная технологическая аппаратура цеха находится вне цехового здания. Для обслуживания этой аппаратуры имеются рабочие площадки, на которых также были взяты анализы воздуха (результаты их представлены в табл. 21).

Установленные в этих пробах количества бутилацетата и фенолов несколько ниже предельно допустимых норм, однако при наружном расположении достаточно герметичной аппаратуры не должно быть и следов вредных газов. Следовательно, аппаратура цеха недостаточно герметична.

Мы уже указывали, что в помещении паровых насосов име-

Содержание вредных газов в воздухе цеха дефоляции

Места отбора проб	Количество анализов	Концентрация бутилацетата, мг/л			Количество анализов	Концентрация фенолов, мг/л			Примечание
		минимальная	максимальная	средняя		минимальная	максимальная	средняя	
Помещение паровых насосов	4	0,09	0,11	0,098	6	0,002	0,002	0,002	Работает вытяжка Приток и вытяжка
	5	0,06	0,11	0,085	9	следы	0,002	0,001	
Помещение центробежных насосов	4	0,09	0,16	0,122	5	следы	0,001	0,0004	Вентиляции нет
Будка между уравнительными емкостями	3	0,06	0,08	0,069	4	следы	0,001	0,0009	
Склад промежуточных продуктов	3	0,06	0,06	0,060	3	0,001	0,001	0,001	
Верхняя площадка экстракционных колонн	2	0,06	0,08	0,071	4	следы	следы	следы	
Внизу между колоннами	6	0,03	0,102	0,057	9	нет	0,004	0,0007	

ется приточно-вытяжная вентиляция, при правильной работе которой содержание упомянутых выше газов не превышало предельно допустимых концентраций, как это видно из табл. 21.

В результате проверки, проведенной А. Н. Видоменко, выяснилось, что работа этой вентиляции соответствует проектным данным.

Результаты исследования эффективности приточно-вытяжной вентиляции приведены на рис. 12. При бездействии венти-

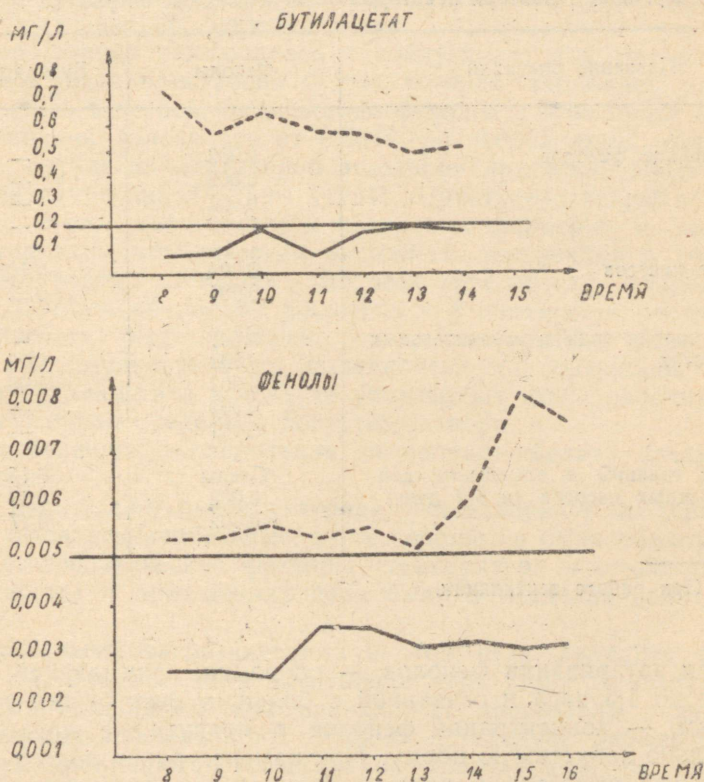


Рис. 12. Эффективность вентиляции в цехе дефеноляции.
Условные обозначения: --- без вентиляции, — при вентиляции.

ляции концентрации бутилацетата в помещении паровых насосов превышали предельно допустимую норму по Н 101-54 (0,2 мг/л) в 2—3 раза, а концентрации фенола — в среднем около 1,2 раза.

Анализы воздуха, взятые при работе вентиляции, показали, что содержание этих веществ находится ниже предельно допу-

стимых норм, следовательно, существующая вентиляция достаточно эффективна и обеспечивает нормальные санитарные условия труда в помещении.

Для характеристики воздушной среды при некоторых технологических операциях были взяты анализы воздуха, результаты которых приведены в табл. 22.

Таблица 22

Содержание газов при некоторых технологических операциях, мг/л

Название операции	Фенолы	Бутилацетат
Затаривание фенолов	0,002	—
	0,002	—
	0,001	—
	0,002	—
Ремонт насосов	0,004	0,10*
	0,004	0,22
Замер уровня воды в уравнильных емкостях	0,001	—
	0,002	0,05
	0,002	0,06
	0,002	—
	0,001	—
Чистка траншей в помещении центробежных насосов (в 3-й день)	Следы	0,15
	0,002	0,32
	0,002	0,17

* При работе вентиляции.

При затаривании фенолов — операции, занимающей от 45 минут до 1,5 часа и связанной с большим физическим напряжением, — концентрации фенолов в воздухе не превышают предельно допустимую норму. При замере уровня воды в уравнильных емкостях фенолы и бутилацетат были определены в концентрациях, также не превышающих предельно допустимую норму. В помещении центробежных насосов на третий день чистки траншей только один раз обнаружена концентрация бутилацетата, превышающая предельно допустимую норму по Н 101-54.

Проведенные в цехе дефеноляции контрольные анализы указывают на отсутствие сланцевой и зольной пыли.

Исследование метеорологических факторов в этом цехе показало, что температура в помещении паровых насосов колебалась от 12 до 15° в холодное время года (при наружной

температуре от 4 до 8°) и от 28 до 30° в теплое время года. В помещении центробежных насосов в холодное время года температура достигала 18—22° и в теплое время года 29—33° (без вентиляции) при наружной 17—26°.

Относительная влажность в помещении паровых насосов колеблется в пределах 40—57% и в помещении центробежных насосов 42—60%.

В марте 1956 года, после незначительной перестройки, в основном не изменившей санитарных условий труда, проводилось повторное обследование цеха.

Перестройка заключалась в следующем: для затаривания фенолов была пристроена будка, которая защищает рабочих от осадков и ветров. Содержание фенолов в этой будке при их затаривании колебалось от 0,0044 до 0,0055 мг/л, только в одном случае из шести проб превышая предельно допустимую концентрацию по Н 101-54 (1954). Пристроено закрытое помещение вокруг нижней части кварцевых фильтров и, наконец, смонтирована механическая вытяжная вентиляция в помещении центробежных насосов. Во всех этих местах пристроек (в нижней части кварцевых фильтров и в помещении центробежных насосов) было проверено содержание вредных газов в воздухе. В результате этого выяснилось, что содержание фенолов и бутилацетата в воздухе упомянутых выше рабочих мест не превышало предельно допустимых норм.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Концентрации окиси углерода, углеводородов и сероводорода были незначительные; пыль вообще не была обнаружена.

Метеорологические факторы (температура и относительная влажность) в помещениях цеха были в пределах санитарных норм.

Основными загрязнителями в этом цехе являлись бутилацетат и фенолы, но концентрации этих газов в воздухе на рабочих площадках, как правило, не превышали предельно допустимых концентраций. Однако не следует забывать, что фенолы проникают в организм не только через дыхательные пути, а обладают и резко выраженным местным действием, вызывая ожог и некроз кожи.

Разными авторами довольно подробно описано токсическое действие фенола при попадании в организм подопытных животных как через дыхательные пути, так и через кожу. Ниже приводим данные некоторых авторов.

С. Эванс, Б. Дейхман и др. [S. J. Ewans (1952); B. Deichman (1950)] описывают случаи острого отравления фенолом. У человека при соприкосновении с растворами фенола наблюдались сердечная слабость, коллапс и потеря сознания.

Б. Дейхман (1950) получил при нанесении на кожу кроли-

ков 10%-ного раствора фенола при длительной экспозиции смертельные исходы. Более слабые растворы вызывали местное раздражение и гиперемиию кожи.

М. Фриман и соавторы (M. V. Freeman, 1951) изучали абсорбцию фенола через поврежденную и неповрежденную кожу кроликов. При этом авторы отметили увеличение количества фенолов в моче подопытных животных в зависимости от концентрации фенолов, нанесенных на кожу.

М. Денкс (M. Dencks, 1955) вызывала растворами фенола ожоги слизистой глаз кроликов и выработала методы их лечения.

Из приведенных выше данных видно, что растворы фенола, кроме местного действия, оказывают еще общетоксическое действие при нанесении на кожу.

З. Э. Григорьев (1953), изучая токсичность фенолов смолы полукоксования торфа в острых и хронических опытах, установил, что отравление животных фенолами в концентрациях 0,005—2,9 мг/л в течение 21 дня (по 2 часа в день) вызывало потерю в весе у кроликов на 3% и у мышей на 9%.

В острых опытах автор создавал концентрации фенола от 0,36 до 35,0 мг/л. Исследования показали, что концентрация фенола 3,5 мг/л являлась токсической, вызывающей у животных (белых мышей) тяжелые отравления с появлением судорог. Концентрация 5,6 мг/л вызывала тяжелые отравления со смертельным исходом.

Все приведенные опыты указывают на токсическое действие фенолов. Из работ, проведенных в этом направлении, видно, что местное действие фенола является весьма опасным и эффект этого действия в каждом отдельном случае, в зависимости от ряда причин (концентрация раствора, длительность экспозиции и т. д.), может быть различным.

Следует указать, что местное действие фенола зависит не столько от концентрации раствора, сколько от длительности воздействия и площади соприкосновения. Раздражение и даже омертвление кожи может наступить от 2—3%-ных растворов фенола.

В цехе дефеноляции рабочие соприкасаются с экстрактом, состоящим из различных фенолов. Контакт рабочих этого цеха с бутилацетатом и фенолом очень большой — то и другое вещество попадает на руки рабочих при отборах проб из колонн экстракции и регенерации, сборника фенола и насосов, при затаривании фенолов, при обслуживании насосов.

Такой контакт может привести к кожным заболеваниям, как это уже имело место в цехе в пусковой период. Таким образом, основной профессиональной вредностью в цехе дефеноляции следует считать местное раздражающее действие фенолов, и поэтому основные профилактические мероприятия долж-

ны быть направлены на максимальное уменьшение контакта рабочих с фенолом.

На основании проведенных нами гигиенических исследований мы предлагали провести для улучшения условий труда в цехе дефеноляции следующие оздоровительные мероприятия:

1. Автоматизировать процесс разлива и затаривания фенолов.

2. До автоматизации затаривание фенолов производить в рукавицах, защитных очках, переднике и нарукавниках.

3. Оборудовать уравнильные емкости поплавками, чтобы избежать замера уровня фенольной воды вручную.

4. Предварительно продувать уравнильные емкости перед очисткой.

5. Все работы по очистке емкости и замене кварцевых фильтров производить в спецодежде, защищающей кожные покровы от действия фенола.

6. Отбор проб экстракта производить в кожаных рукавицах. Для улучшения санитарных условий труда в цехе дефеноляции комбината им. В. И. Ленина необходим строжайший контроль за герметичностью аппаратуры, своевременное проведение планово-предупредительного ремонта оборудования, контроль за бесперебойной работой вентиляции и точное соблюдение правил техники безопасности.

в) ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ЦЕХЕ ДЕФЕНОЛЯЦИИ

В цехе дефеноляции очищается ежемесячно около 32 000—33 000 м³ воды со средним содержанием фенолов 7—8 г/л. В среднем за год очищено 400 000 м³ воды. Фенолы используются как дубители на кожевенных заводах.

Таблица 23

Эффект очистки сточных вод от смол в кварцевых фильтрах (данные цеховой лаборатории)

Года	Содержание смол, г/л					
	до кварцевых фильтров			после кварцевых фильтров		
	мини- мальное	макси- мальное	среднее	мини- мальное	макси- мальное	среднее
1958	—	—	0,15	—	—	0,02
1959	0,115	0,19	0,13	0,028	0,074	0,041

В табл. 23 приведены результаты очистки сточных вод от смол в кварцевых фильтрах. Из этой таблицы видно, что после кварцевых фильтров содержание смол снижается от 2 до 7 раз.

В табл. 24 приведены данные об эффекте очистки сточных вод от фенолов в 1958 и 1959 гг.

Таблица 24

Эффект очистки фенольных сточных вод в цехе дефеноляции
(данные цеховой лаборатории)

Года	Содержание фенолов, г/л					
	до дефеноляции			после дефеноляции		
	мини- мальное	макси- мальное	среднее	мини- мальное	макси- мальное	среднее
1958	6,89	8,66	7,89	0,34	0,56	0,45
1959	6,90	8,95	8,03	0,32	0,58	0,45

Из табл. 24 видно, что, по среднемесячным данным, эффект очистки отвечает проектным требованиям. На основании этого можно сделать вывод, что метод очистки фенольных вод путем экстрагирования бутилацетатом является хорошим.

Хорошую оценку этому методу дали также Б. И. Иванов, Н. Ф. Шаронова, Ю. А. Козак, Т. А. Исаков и Е. Г. Грелик (1959), которые изучали работу этого цеха в 1955 и 1957 годах. Данные этих авторов приведены в табл. 25.

Таблица 25

Результаты дефеноляции подсмольной воды за 1957 г.

Концент- рация фено- лов, г/л	Месяца									
	I	II	III	IV	VII	VIII	IX	X	XI	XII
В исходной воде	7,23	7,24	7,15	6,40	7,34	7,73	8,22	7,90	8,33	8,00
В воде после цеха де- феноляции	0,45	0,49	0,45	0,45	0,69	0,52	0,66	0,48	0,40	0,45
Процент из- влечения фенолов	94	93	94	93	91	93	92	94	95	94

Авторы считают, что такое снижение концентрации фенолов в подсмольной воде позволяет, после разбавления их хозяйственно-бытовыми водами, вести доочистку этой воды на биологических фильтрах.

Хороший эффект очистки сточных вод от фенолов можно, по-видимому, объяснить составом фенолов (летучих 0,8 г/л, нелетучих 7,36 г/л). Б. И. Иванов, Н. Ф. Шаронова и Ю. А. Козак (1959) выяснили, что фенолы, извлеченные из сточных вод в цехе дефеноляции, состоят главным образом из диметилрезорцинов и небольшого количества одноатомных фенолов. По данным этих авторов, выход одноатомных фенолов при извлечении бутилацетатом составляет около 8%. Эти одноатомные фенолы в основном состоят из крезолов и ксиленолов.

Бутилацетат является сравнительно дорогим экстрагентом, поэтому возникла необходимость заменить его более дешевым веществом. Таким веществом оказались высшие сланцевые спирты, получаемые на самом комбинате. В настоящее время проводятся опыты по извлечению фенолов из сточных вод высшими спиртами. По предварительным данным, новый растворитель дает хороший эффект извлечения фенолов, но регенерация бутилацетата происходит лучше, чем регенерация высших спиртов.

Б. И. Иванов и соавторы (1959) проводили работы по изысканию новых растворителей, которые могли бы полностью или частично заменить бутилацетат, так как с вводом новых цехов по очистке фенольных вод потребность в бутилацетате настолько возросла, что производимое количество бутилацетата может не обеспечить существующую потребность.

По данным этих авторов установлено, что наилучшими растворителями для экстракции фенолов из подсмольной воды являются кислородсодержащие растворители, имеющие дипольный момент, близкий к фенолам как гексильный и гептиловый спирты, синтетические спирты дистиллятов сланцевой смолы и др.

В литературе имеются указания о том, что метод дефеноляции бутилацетатом не эффективен.

Так, например, на Щекинском газовом заводе сточные воды после цеха дефеноляции содержат 600 мг/л летучих и 1400 мг/л нелетучих фенолов (Временные указания по санитарной охране водоемов от загрязнения фенолами, 1958). На комбинате им. В. И. Ленина в гор. Кохтла-Ярве содержание фенолов в сточной воде после экстракции составляет в среднем 0,45 г/л (0,066 г/л летучих и 0,38 г/л нелетучих). По мнению автора, недостаточная эффективность очистки на Щекинском заводе объясняется избыточным количеством смол и масел в воде, поступающей на экстракцию.

Ю. И. Турский (1957) также указал на недостаточную сте-

пень очистки сточных вод от фенолов, особенно от нелетучих. По его данным, остаточное содержание фенолов в воде после экстракции бутилацетатом составляет 3,3—4,5 г/л, в том числе летучих фенолов 0,3—1,5 г/л и нелетучих 2,3—3,1 г/л. Автор объясняет недостаточную эффективность очистки, с одной стороны, составом фенолов и, с другой стороны, неудовлетворительной работой системы для регенерации растворителя (в частности, атмосферной колонны для отгонки бутилацетата).

На основании проведенных исследований в цехе дефеноляции и сравнивая эти данные с литературными, можно сделать вывод, что применяемый на комбинате им. В. И. Ленина метод дефеноляции является хорошим и дающим необходимый эффект. Поэтому можно рекомендовать его в условиях сланце-перерабатывающих предприятий.

Г. М. Горталум и П. П. Дикун (1958), определяя содержание 3,4-бензпирена в сточных водах комбината им. В. И. Ленина, установили, что в сточной воде до дефеноляции содержание 3,4-бензпирена составляло 0,2 мг/л и после дефеноляции 0,005 мг/л. Исходя из этих данных, авторы пришли к выводу, что процесс обесфеноливания уменьшает содержание 3,4-бензпирена в сточной воде приблизительно в 40 раз, по-видимому, за счет экстрагирования 3,4-бензпирена бутилацетатом.

Эти данные еще раз подтверждают целесообразность очистки сточных вод путем экстрагирования бутилацетатом.

6. Очистка производственных сточных вод в смолоотделителе

На данном комбинате сточные воды после дефеноляции смешиваются с производственными водами, не подвергающимися дефеноляции ввиду малого содержания фенолов в воде (от 300 до 1750 мг/л), и поступают в смолоотделитель емкостью 10 000 м³.

В конце 1956 г. бездействующий газгольдер генераторного газа был приспособлен под смолоотделитель сточных вод и подключен к коллекторам производственной воды, идущим на биологическую очистную станцию. Высота смолоотделителя 13 м, т. е. на 4,5 м выше приемных камер на биологической очистной станции.

Характеристика работы смолоотделителя за 1958 г. дана в табл. 26, а за 1959 г. в табл. 27.

Как видно из таблиц, смолоотделитель работает удовлетворительно и основную задачу — очищать сточные воды комбината от смолы — выполняет.

В среднем по месяцам содержание смолы не превышало допустимого максимума, но отдельные проскоки смолы, особенно в летние месяцы, были.

Эффект очистки сточных вод в смолоотделителе за 1958 г.
(данные комбината им. В. И. Ленина)

Показатели анализа	Содержание, мг/л					
	до смолоотделителя			после смолоотделителя		
	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее
Смола	845	1760	1202,5	следы	49	14
Летучие фенолы	99	204	131	—	—	—
Нелетучие фенолы	132	765	318	—	—	—
Общие фенолы	321	584	419,8	312	843	489,5
Механические примеси	202	367	265	90	170	120,5

Количество проб, превышающих норму, с января по июнь достигало только 3,2% из всех, с июля по октябрь — 21% и в ноябре—декабре — 6,5%.

Исходя из этого, следует сделать вывод, что в летнее время отстой воды от смолы происходит хуже. Недостаточный эффект очистки сточных вод от смол в отдельные дни объясняется, по-видимому, увеличением количества сточных вод за счет атмосферных осадков. В связи с этим сокращается время пребывания воды в отстойнике. Из табл. 26 видно, что кон-

Таблица 27

Эффект очистки сточных вод в смолоотделителе за 1959 г.
(данные комбината им. В. И. Ленина)

Показатели анализа	Содержание, мг/л					
	до смолоотделителя			после смолоотделителя		
	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее
Окисляемость	916,0	2073,0	1304,5	670	1589,5	1101,4
БПК ₅	595,9	1460,0	978,95	602,5	1500,0	843,8
Летучие фенолы	85,5	218,7	157,7	103,0	235,0	144,3
Нелетучие фенолы	275,6	762,2	450,9	253,2	862,0	429,6
Азот аммонийный	—	—	—	92,6	243,0	125,6
Хлориды	—	—	1569,0	243	3700,0	875,9
Сухой остаток	1421,0	2478,0	1933,0	—	—	—
Взвешенные вещества	393,4	3262	1582	—	86,4	37,28
Смолы	723,0	17183,0	3733,7	4,72	66,7	33,68

Анализ воды из смолоотделителя за 1958 г. (10 000 м³ отстойник)

Дата анализа	Из рубашки отстойника на высоте от дна, м													
	1,5		3,0		4,5		6		7,5		9,0		10,5	
	Смола, мг/л	Фенол, мг/л	Смола, мг/л	Фенол, мг/л	Смола, мг/л	Фенол, мг/л	Смола, мг/л	Фенол, мг/л	Смола, мг/л	Фенол, мг/л	Смола, мг/л	Фенол, мг/л	Смола, мг/л	Фенол, мг/л
I	55	550	65	570	76	550	106	530	164	540	125	570	180	470
II	42	520	47	460	70	410	53	420	80	420	92	410	80	410
III	34	490	75	470	70	450	72	470	54	460	65	470	88	440
14. VII	100	588	125	546	100	491	179	501	112	622	140	502	70	497
15/16. IX	34	653	68	667	45	616	60	558	75	609	74	612	72	674
29/30. XII	150	896	50	1010	70	1130	100	1020	110	1040	65	1030	200	1020
Среднее за год	69	616	71,6	620,5	71,8	607,8	95	586	97,5	615	93,5	599,5	115	585
	Из-под колокола на той же высоте от дна													
I	55	570	84	550	81	520	140	580	120	520	170	520	170	480
II	30	580	30	560	33	430	60	420	60	320	100	400	120	380
III	20	475	49	550	58	410	67	456	94	450	116	450	187	480
14. VII	66	556	100	621	136	479	200	469	296	488	200	496	257	466
15/16. IX	36	660	37,5	687	34,5	644	70	633	70	682	68	650	100	658
29/30. XII	60	660	50	820	90	950	110	990	95	950	170	1020	190	800
Среднее за год	44,5	583,5	58,4	628	76	572	107,8	583	122,5	565	136,5	589	170,8	544

центрация смолы до и после отстойника в среднем за 1958 год составляла 1202 мг/л и 14 м/л, т. е. в отстойнике оставалось 1188 мг/л смолы.

В отстойнике происходит отстаивание воды от механических примесей, в результате чего концентрация их уменьшается с 265 мг/л до 120 мг/л, т. е. более чем в 2 раза.

Содержание фенолов до отстойника составляло 420 мг/л (общие фенолы) и после отстойника 490 мг/л.

Возрастание концентрации фенолов в воде после отстойника следует объяснить вымыванием их из смолы.

В течение 1958 г. водоцех комбината с целью изучения распределения смолы по высоте отстойника проводил периодические анализы воды из рубашки и под колоколом отстойника с разных точек по высоте. Как видно из табл. 28, наименьшее содержание смолы в воде находится на высоте 1,5 м от дна отстойника и чем ближе к поверхности, тем выше концентрация смолы. Это объясняется тем, что смола немного легче воды и ее удельный вес близок к удельному весу воды (удельный вес смолы колебался в пределах 0,950—0,985 и в среднем был равен 0,967). Поэтому отстой такой смолы затруднителен и по всей высоте слоя воды имеется незначительное содержание смолы.

Приспособление газгольдера под смолоотделитель дало возможность очистить промышленные сточные воды комбината, сбрасываемые в водоем, от смолы, часть производственной воды очищать на биофильтрах, уловить из сточных вод и сдать на маслосклад 1847 т товарной смолы, что дало экономический эффект в 920 тысяч рублей (в старом масштабе цен).

Несмотря на удовлетворительную работу смолоотделителя в части очистки промышленных сточных вод от смолы и улавливания смолы, имелись отдельные проскоки смолы, как уже говорилось, особенно в летнее время, следовательно, наличие одного смолоотделителя не дает полной гарантии безусловной и полной очистки промышленных стоков от смолы. Поэтому для полной очистки производственных сточных вод комбината от смолы требуется еще один смолоотделитель, который можно было бы подключать к существующему.

7. Доочистка производственных сточных вод совместно с бытовыми на биологической очистной станции

а) ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ (рис. 13)

Биологическая очистная станция (I очередь — 4 биофильтра) была пущена в 1954 году.

Биологическая очистная станция комбината им. В. И. Лени-

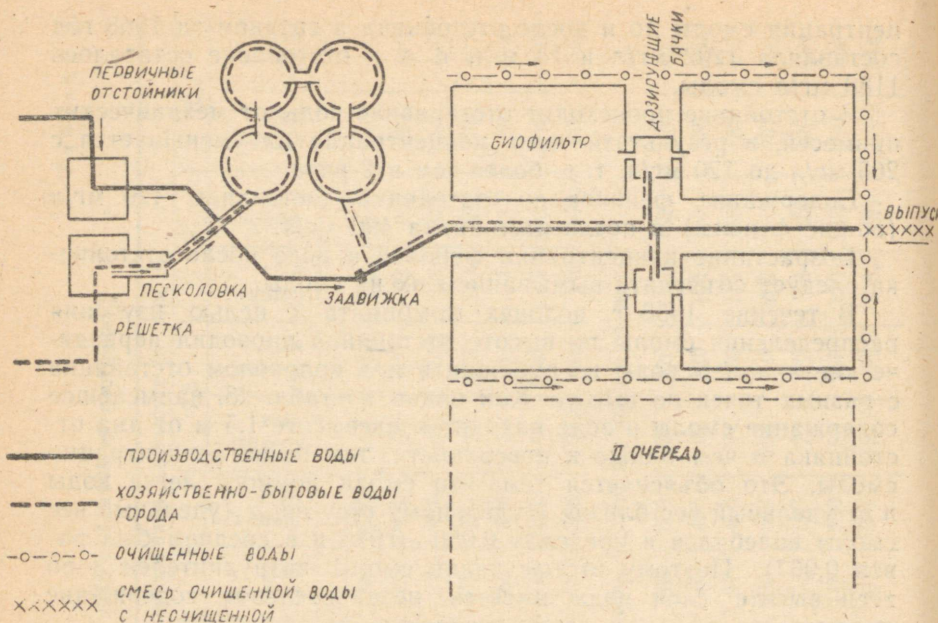


Рис. 13. Схема биологической очистной станции.

на предназначена для доочистки производственных сточных вод совместно с хозяйственно-бытовыми водами города.

Очистная станция находится на расстоянии 1,5—2 км от основных цехов сланцеперерабатывающего комбината им. В. И. Ленина. На территории очистной станции находятся: 1) закрытое помещение приемной камеры сточных вод и песколовки; 2) помещения для дозирующих бачков (2 помещения, в каждом по 2 бачка); 3) помещения для хлораторной установки. В этом же здании находится отопляемое помещение для рабочих, бытовые помещения; 4) помещение для лаборатории.

Биологическая очистная станция имеет следующие сооружения: 1) две приемные камеры; 2) песколовку из двух отделений с решетками на выходе для хозяйственно-бытовых вод города; 3) четыре двухъярусных эмшерских отстойника; 4) четыре секции биологических фильтров; 5) четыре автоматически дозирующих бачка; 6) иловые площадки; 7) хлораторную установку (не действующую в настоящее время); 8) иловую насосную; 9) выпуск в водоем в виде закрытого коллектора длиной 4,8 км из асбестоцементных труб диаметром 600 мм.

Хозяйственно-бытовые воды города поступают на биологическую очистную станцию в соответствующую приемную камеру в количестве 2000 м³/сутки. Поступление этих вод в течение

дня не равномерное, особенно маленькие количества поступают в ночное время. Это обстоятельство в некоторой степени затрудняет работу биологической очистной станции, так как при малом количестве хозяйственно-бытовых вод степень разбавления фекальных вод недостаточна.

Перед смешиванием с производственными водами комбина-та хозяйственно-бытовые воды подвергаются механической очистке в песколовке и в эмшерских отстойниках. Песколовка состоит из двух отделений с решетками на выходе, имеет длину 9 м и объем 25 м³. Время пребывания жидкости в песколовке равняется 7 минутам. Емкость каждого эмшерского отстойника 370 м³, объем гнилостной камеры 38 м³. Время отстоя жидкости в отстойнике 1 час. В этом отстойнике поднимаются наверх легкие части в виде пены. Из эмшерского отстойника рабочие ведрами удаляют ил с поверхности воды и наливают в гнилостную камеру. Ил оттуда поступает на иловые площади.

Производственные и хозяйственно-бытовые воды смешиваются в трубопроводе, при этом подача производственных сточных вод регулируется задвижкой. Предусмотрена также возможность подачи на биофильтры только хозяйственно-бытовых вод города. Скорость притока производственной воды перед поступлением в дозирующие бачки регулируется в зависимости от содержания смолы в этой воде. При содержании смол в воде больше 60 мг/л ее вообще не пускают на биофильтры. При содержании смол около 60 мг/л пускают со скоростью 5 л/сек. При нормальных условиях поступает на биофильтры в среднем 600 м³/сутки (≈ 10 л/сек) производственной воды.

В период исследования в работе было 4 биофильтра общей площадью 2280 м² и объемом загрузочного материала 4560 м³. Загрузочным материалом является гранитный щебень, высота слоя загрузки 2 м. Размеры частиц щебня следующие:

верхний слой	20 см	50—70 мм
средний слой	160 см	30—50 мм
нижний слой	20 см	10—30 мм

На биофильтры сточные воды поступают из автоматически действующих дозирующих бачков, объемом 7 м³ каждый. Время наполнения бачка 8—10 минут. В бачке установлен автомат системы Мюллера для опорожнения бачка. Распределение сточных вод на поверхности биофильтра производится спринклерами. Работа спринклера длится в среднем 60 сек., перерыв в работе 8—10 минут.

Нагрузка на биофильтры 0,5—0,75 м³ воды на 1 м³ загрузочного материала в сутки.

Выходящая с биофильтров вода поступает в лотки, находящиеся по бокам, и дальше в водоем.

Выпуск сточных вод в водоем осуществлен в виде закрытого коллектора длиной 4,8 км из асбестоцементных труб диаметром 600 мм.

Для проверки качества воды, поступающей на биофильтр и выходящей оттуда, отбирают каждый час пробы воды для проведения среднесменных анализов из следующих точек: из приемной камеры производственных вод, из дозирующего бака (до биофильтров), после биофильтров и из лотка после смешения неочищенной воды с очищенной. В среднесменных пробах лабораторией биологической очистной станции проводятся следующие анализы: содержание смол, бромлирующиеся вещества, окисляемость воды и механические примеси.

Кроме того, этой же лабораторией проводится полный анализ воды 3 раза в месяц из 7 точек. При полном анализе отмечают температуру, цвет, запах, определяют рН, осадок, прозрачность до и после отстоя, окисляемость (перманганатная), летучие и нелетучие фенолы, аммиак, нитриты, нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды и БПК₅ и БПК₂₀.

б) ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ТРУДА НА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

Биологическую очистную станцию обслуживает штат из 15 человек, в том числе начальник лаборатории. Кроме того, имеется 3 лаборанта. Все рабочие, за исключением одного, женщины. В смене работает 2—3 человека. Рабочие с декабря 1957 года переведены на 7-часовой рабочий день, т. е. через каждые 4 дня имеют выходной день.

В обязанности рабочих входит:

1. Следить за нормальной работой очистных сооружений.
2. Регулировать скорость поступления производственных вод на биологические фильтры.

3. Чистить песколовку 2 раза в неделю. Чистка производится вручную и является трудоемкой работой. При одной чистке в среднем вынимают 200 ведер мусора. Эта операция занимает около 3—4 часов.

Необходимо подчеркнуть, что рабочие, стоя в песколовке, поднимают ведра с мусором на себя и таким образом имеется опасность загрязнения и заражения рабочих микробами и нечистотами, находящимися в хозяйственных водах города. Такой контакт может привести к распространению инфекционных заболеваний.

Мусор ведрами сносят в деревянный лоток, откуда вывозят машинами на огороды, где используют как удобрение. Зачастую вывоз мусора проводится только через несколько дней,

что с санитарной точки зрения совершенно недопустимо, так как вследствие этого распространяется неприятный запах и размножаются мухи — особенно в летнее время.

4. Чистить двухъярусные отстойники в конце каждой смены. Работа эта проводится также вручную и требует около 2-х часов.

5. Чистить биофильтры; метлой выскребают через смотровые люки песок в лотки и вынимают из лотка. Каждая смена чистит свой биофильтр ежедневно. Чистка биофильтра требует примерно одного часа.

6. Чистить дозирующие бачки через день — каждая смена чистит свой бачок. Работа занимает в среднем 30 мин.

7. Пускать ил на иловые площадки один раз в месяц и чистить иловые площадки раз за 2 недели. Каждая смена имеет свой участок иловой площадки, который пропалывается от сорной травы.

Ил с площадки вывозят вагонетками вручную и дальше машинами на огороды в целях удобрения.

8. Чистить дороги и следить за чистотой на всей территории очистных сооружений.

Работа по обслуживанию биофильтров в основном происходит либо на открытом воздухе (чистка биофильтров, иловых площадок, двухъярусных отстойников и уборка территории), либо в неотапливаемых помещениях, которые защищают лишь от ветров и атмосферных осадков (чистка бачков, чистка песколовки).

В климатических условиях Прибалтики в холодное и переходное время года рабочие находятся в весьма неблагоприятных условиях, так как работать приходится при низких температурах, сильных ветрах и атмосферных осадках.

Так, например, в зимнее время часто имели место следующие метеорологические условия: температура -26°C , относительная влажность 68% и средняя скорость движения воздуха 2,71 м/сек (11. II 1958) или температура -18°C , относительная влажность 84%, средняя скорость движения воздуха 3,2 м/сек и при значительном снегопаде (25. II 1958).

В переходное время года, в апреле, температура воздуха составляла в среднем 0° , относительная влажность около 100%, средняя скорость ветров 2,69 м/сек. Этот период характеризуется частыми осадками.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что работа на биологической очистной станции проводится в неблагоприятных метеорологических условиях. В здании хлораторной установки имеется отапливаемое помещение для рабочих, где в промежутках между проведениями отдельных операций рабочие могут погреться. Свободного от операций времени у рабочих в течение смены имеется в среднем от 120 до 200 минут. В дни, когда

чистят песколовку (2 раза в неделю), свободного от операций времени почти не бывает.

Проведенные нами анализы воздуха на рабочих местах показывали, что, несмотря на содержание в производственных стоках большого количества фенолов, аммиака и других химических веществ, загрязнение воздуха вредными газами незначительное. В результате анализов выяснилось, что содержание фенолов в воздухе у приемной камеры для производственных сточных вод оказалось ниже предельно допустимой нормы — были обнаружены только следы фенола, содержание аммиака в воздухе на рабочих местах представлено в табл. 29.

Из таблицы видно, что на большинстве рабочих площадок аммиак не был обнаружен. У приемной камеры производственных сточных вод средние концентрации аммиака составляли

Таблица 29

Содержание аммиака, мг/л, в воздухе на биологической очистной станции

Место отбора проб	Количество анализов	Содержание аммиака		
		минимальное	максимальное	среднее
У приемной камеры хозяйственно-бытовых вод	14	нет	нет	нет
У приемной камеры производственных сточных вод	14	0,001	0,003	0,002
У двухъярусных отстойников	15	нет	нет	нет
У дозирующих бачков.	15	нет	нет	нет

Предельно допустимая концентрация 0,02 мг/л.

0,002 мг/л, что является в 10 раз ниже предельно допустимой нормы по Н-101-54 для рабочих помещений.

Рабочим на биологической очистной станции выдают следующие предметы спецодежды: рукавицы на 2 месяца, комбинезоны и ботинки сроком на год и ватный костюм на 2 года. Выдаваемая спецодежда выдерживает сроки носки, за исключением рукавиц.

Имея в виду работу на наружном воздухе, рабочим необходимо выдавать валенки.

Необходимо отметить отсутствие хороших душевых в этом цехе. Имеющуюся душевую вынуждены обслуживать сами рабочие за счет своего рабочего времени, так как специального персонала для этого не имеется и, как правило, рабочие душевой не пользуются.

В зимнее время осложняет работу обледенение лестниц, пе-

рил и тропинок. Скользкие лестницы могут привести к несчастным случаям. Перила на двухъярусных отстойниках являются нестойкими, что также создает опасность для рабочих.

Проведенные нами исследования условий труда на биологической очистной станции позволяют нам сделать следующие выводы:

1. Работа на биологической очистной станции характеризуется отдельными трудоемкими операциями.

2. Содержание вредных газов (фенолов, аммиака) в воздухе на рабочих площадках незначительное.

3. Основным неблагоприятным фактором являются метеорологические условия (низкая температура, высокая относительная влажность, сильные ветры и т. д.) при выполнении работ на вольном воздухе и в неотапливаемых помещениях.

4. По ходу работы рабочие соприкасаются с фекальной водой, мусором и т. д., что может вызвать возникновение различных инфекционных заболеваний.

5. Недостаточная безопасность рабочих лестниц, перил и т. д. не гарантирует от возможных несчастных случаев.

Исходя из вышеизложенного, для улучшения санитарных условий труда на биологической очистной станции необходимо провести следующие мероприятия:

1) заменить ручную чистку песколовки полумеханической или механической;

2) лестницы и рабочие места закрыть крышей и сделать безопасными;

3) дополнить спецодежду рабочих валенками;

4) перестроить душевые цеха, переведя их на центральное отопление;

5) обеспечить рабочих дезинфицирующими средствами для регулярного мытья рук после проведения рабочих операций, особенно после чистки песколовки.

На основании вышеуказанных предложений в цехе в настоящее время идет перестройка. Ручная чистка песколовки уже заменена полумеханической.

в) ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА БИОЛОГИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

Нами проводилась работа по исследованию количества и химического состава сточных вод, поступающих на биологическую очистную станцию, и эффекта очистки воды на биофильтрах.

В табл. 30 представлены данные о количестве сточных вод, очищенных на биологических фильтрах.

Из таблицы видно, что в 1958 году количество производст-

венных вод, очищенных на фильтрах, колебалось от 432 до 818, составляя в среднем 635 м³/сутки, хозяйственно-бытовых вод от 1673 до 2363,4 — в среднем 2009,8 м³/сутки.

Таблица 30

Количество сточных вод, очищенных на биологических фильтрах, м³/сутки

Сточные воды	Количество, м ³ /сутки		
	минимальное	максимальное	среднее
За 1958 год			
Производственные	432	818	635
Хозяйственно-бытовые	1673	2363,4	2009,8
Всего			2644,8
За 1959 год			
Производственные	155	591	403,9
Хозяйственно-бытовые	2236	3304	2850,3
Всего			3254,2

В 1959 году количество хозяйственно-бытовых вод возросло, а вместе с тем и общее количество очищенных на биофильтрах вод.

Проектная мощность биологической очистной станции 7210 м³ сточных вод в сутки, из которых производственных — 1556 м³/сутки.

Как уже указывалось, в настоящее время работает только первая очередь биологических фильтров, мощность которых составляет (как видно из табл. 30) 2644 м³/сутки, из них 635 м³/сутки производственных вод.

В 1958 году приступили к строительству II очереди биофильтров. Срок окончания строительства — 1962 год.

Ввиду недостаточной пропускной способности биологических фильтров был предусмотрен выпуск неочищенных биологическим путем сточных вод (рис. 13) в водоем.

В табл. 31 представлены данные химического анализа производственных сточных вод, поступающих на биологическую очистную станцию.

Из табл. 31 видно, что производственные сточные воды, поступающие на биологическую очистную станцию, содержат в среднем 121 мг/л летучих и 444 мг/л нелетучих фенолов, 93 мг/л азота аммонийного (в 1958 г.) и 144,3 мг/л летучих, 439 мг/л нелетучих фенолов, 125,6 мг/л азота аммонийного (в 1959 г.).

Характеристика производственных вод, поступающих на биологическую очистную станцию (данные за 1958—1959 гг.)

Показатели	Концентрация					
	минимальная		максимальная		средняя	
	1958	1959	1958	1959	1958	1959
pH	6,7	6,8	7,9	7,8	7,5	7,4
Фенолы летучие, мг/л	94	103,0	145	235,0	121	144,3
Фенолы нелетучие	205	253,2	930	862,0	444	429,6
Окисляемость	792	670	1472	1589,5	1000	1101,4
БПК ₅ (O ₂)	548	602,5	734	1500	648	843,8
Аммиак (NH ₄)	68	92,6	121	243	93	125,6

Производственные сточные воды в трубопроводе перед поступлением в дозирующие бачки смешиваются с хозяйственно-бытовыми водами города следующего состава (табл. 32).

Данные анализа таблицы показывают, что городская сточная вода является типичной хозяйственно-бытовой водой.

Для характеристики работы биологических фильтров был проведен анализ воды до и после очистки (табл. 33).

Приведенные в табл. 33 данные показали, что сточные воды могут очищаться с высоким эффектом удаления из воды летучих и нелетучих фенолов при концентрации их в начальной смеси в среднем около 140 мг/л (в 1958 г.) и 87,6 мг/л (в 1959 г.) по общим фенолам. В результате очистки на биологических фильтрах в очищенной воде остается в среднем 3,1 мг/л (в 1958 г.) и 1,95 мг/л (в 1959 г.) летучих и 13,6 мг/л (в 1958 г.) и 8,05 мг/л (в 1959 г.) нелетучих фенолов.

Характеристика температуры сточной воды на биологической очистной станции представлена в табл. 34.

Проведенные исследования показали, что в зимних условиях работы при температуре поступающей жидкости 13—14° и выходящей 8—9° процесс очистки происходит путем нитрификации. В очищенной воде было от 1,6 до 8,4 мг/л азота нитратного и от 0,3 до 22,6 азота нитритного.

Эффект очистки производственных сточных вод на биологических фильтрах ясно виден на рис. 14, 15, 16 и 17, где приведены среднемесячные данные за 1958 и 1959 год по летучим и нелетучим фенолам, окисляемости и БПК₅.

Из приведенных выше данных следует, что при нормальных условиях работы биологические фильтры дают хороший эффект очистки. Окислительная мощность биофильтров колеблется от 200 (зимой) до 400 г O₂ (летом) на 1 м³ нагрузки в сутки.

Характеристика хозяйственно-бытовых вод города Кохтла-Ярве
(данные лаборатории биологической очистной станции за 1958—1959 гг.)

Показатели анализа	Концентрации, мг/л, до эмшерского отстойника						Концентрации, мг/л, после эмшерского отстойника					
	минималь- ные		максималь- ные		средние		минималь- ные		максималь- ные		средние	
	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959
Осадок	0,8	следы	5,8	8	2,7	3,1	0,8	сл.	2,0	3,7	1,3	1,7
Прозрачность, см	2,3	1,5	3,1	5,2	2,8	2,9	2,9	2,6	4,0	4,2	3,3	3,3
Окисляемость, O ₂	30	31,0	51	56,0	38,9	44,1	30,4	19,6	45	46,2	35,9	35,1
Азот (аммонийный)	—	—	—	—	—	—	17,2	20,6	30	63,7	23,3	32,6
Хлориды	—	—	—	—	—	—	210	280,5	230	424	219	322,7
БПК ₅	63	—	93	—	75,2	—	52	32,0	89	69,2	62,1	54,1
Взвешенные вещества	94	98	232	210	173	161,5	83	73,0	211	188	153	123,4
pH	—	—	—	—	—	—	—	6,9	—	8,01	—	7,43
Сухой остаток	—	—	—	—	—	—	—	807	—	1041	—	951,96

Результаты очистки сточных вод при помощи биологических фильтров

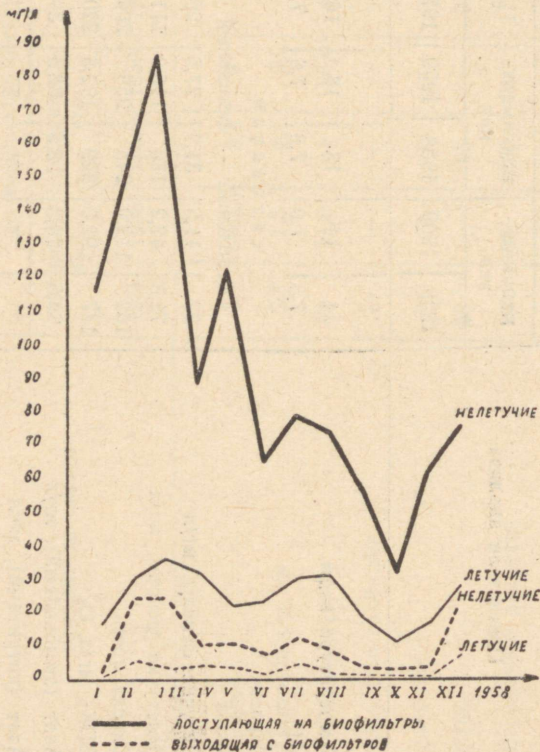
Показатели анализа	Сточная жидкость											
	поступающая на биофильтры						выходящая из биофильтров					
	минимальная		максимальная		средняя		минимальная		максимальная		средняя	
	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959
Температура воды	14	14	18	18	16	15	9	9	17	15	13,4	12
pH	7,3	7,0	7,8	7,6	7,5	7,3	7,2	7,0	7,8	7,9	7,6	7,5
Окраска	сероватая						желтовато-серая					
Запах	фенольный — фекальный						затхлый					
Летучие фенолы, мг/л	22	11,5	31,7	27,5	29,3	17,9	0,5	0,4	5,8	3,7	3,1	1,95
Нелетучие фенолы, мг/л	72,8	43,2	186	113,9	111,5	69,7	2,6	3,8	24,6	15,5	13,6	8,05
Окисляемость	162	112,0	245	259	204,4	165,5	47	30	99,6	77,0	79,7	47,6
БПК ₅ , мг/л, O ₂	147	92,0	329	192,8	220,4	139,4	23	21,3	72	50,0	34,5	34,1
Азот (аммонийный), мг/л	29,5	28,3	58,5	66,5	39,5	43,84	18,5	20,0	49	40,5	28	27,97
Азот (нитритный), мг/л	—	—	—	—	—	—	0,3	0,7	1,3	22,6	0,74	6,2
Азот (нитратный), мг/л	—	—	—	—	—	—	1,6	1,75	6,3	8,4	4,6	5,8
Взвешенные вещества	100	85,6	246	120,3	171	104,3	126	75,0	218	135,0	151,5	102,96
Хлориды	—	307,8	—	568,0	—	362,98	—	303,8	—	490	—	351,7
Фосфаты	—	1,8	—	5,0	—	2,76	—	2,0	—	3,5	—	2,7

Температура сточной воды на биологической очистной станции
(данные цеховой лаборатории)

Место отбора проб	1958			1959		
	Мини-мальная	Макси-мальная	Средняя	Мини-мальная	Макси-мальная	Средняя
Приемная камера	28	40	33,4	27	50	36,3
Бачок	14	19	16,4	13	19	16,2
После биофильтра	9	17	13,1	8	18	13,5
Лоток	20	32,5	25,5	19	36	26,9

При нагрузке сточных вод 0,75 объема на 1 м³ биофильтры работали в части пропуска жидкости вполне нормально, застоя воды на поверхности загрузочного материала не было.

Рис. 14. Содержание фенолов в неочищенной и очищенной сточной воде в 1958 г.



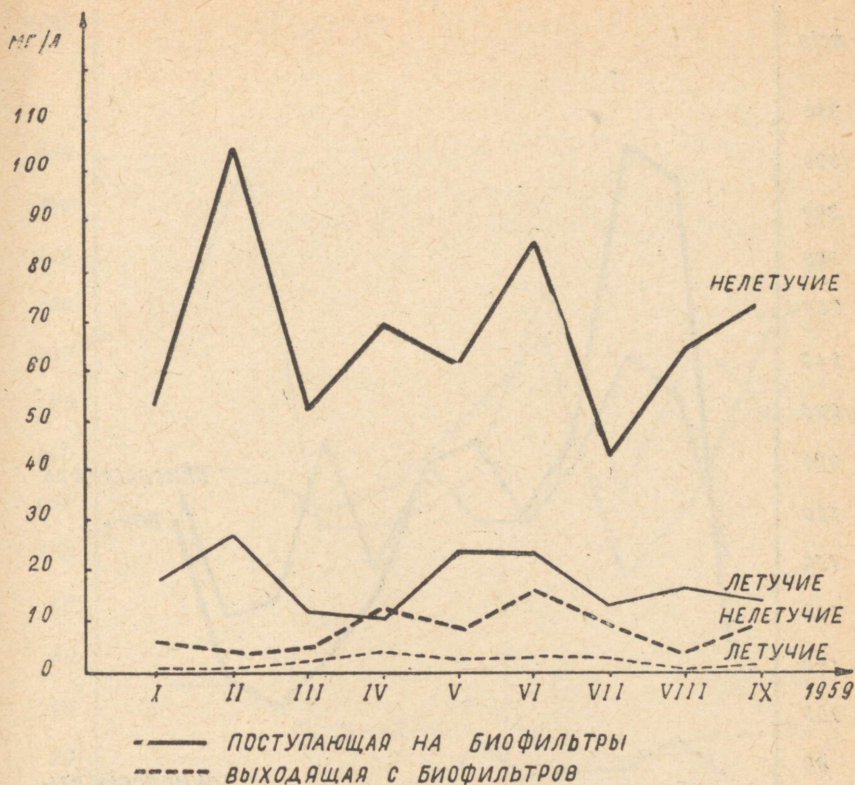


Рис. 15. То же в 1959 г.

Из вышеприведенного видно, что имеющиеся на комбинате им. В. И. Ленина биологические фильтры вполне оправдывают себя. Недостатком является неполная предварительная очистка сточных вод от смол, время от времени имеющая место, что нарушает работу биофильтров.

Осложняющим моментом в работе биофильтров является то, что спуск дренажем воды из песколовки нарушается ввиду того, что выход дренажа засоряется.

В песколовке происходит осаждение органической массы ввиду малых скоростей потока воды. Отстой в течение часа в двухъярусных отстойниках недостаточен. В зимнее время замерзали распылители биофильтров в связи с перерывами в подаче воды, особенно хозяйственно-бытовой воды города в ночное время.

Как уже видно из обзора литературы, данные, освещающие вопросы очистки хозяйственно-бытовых вод на различных типах

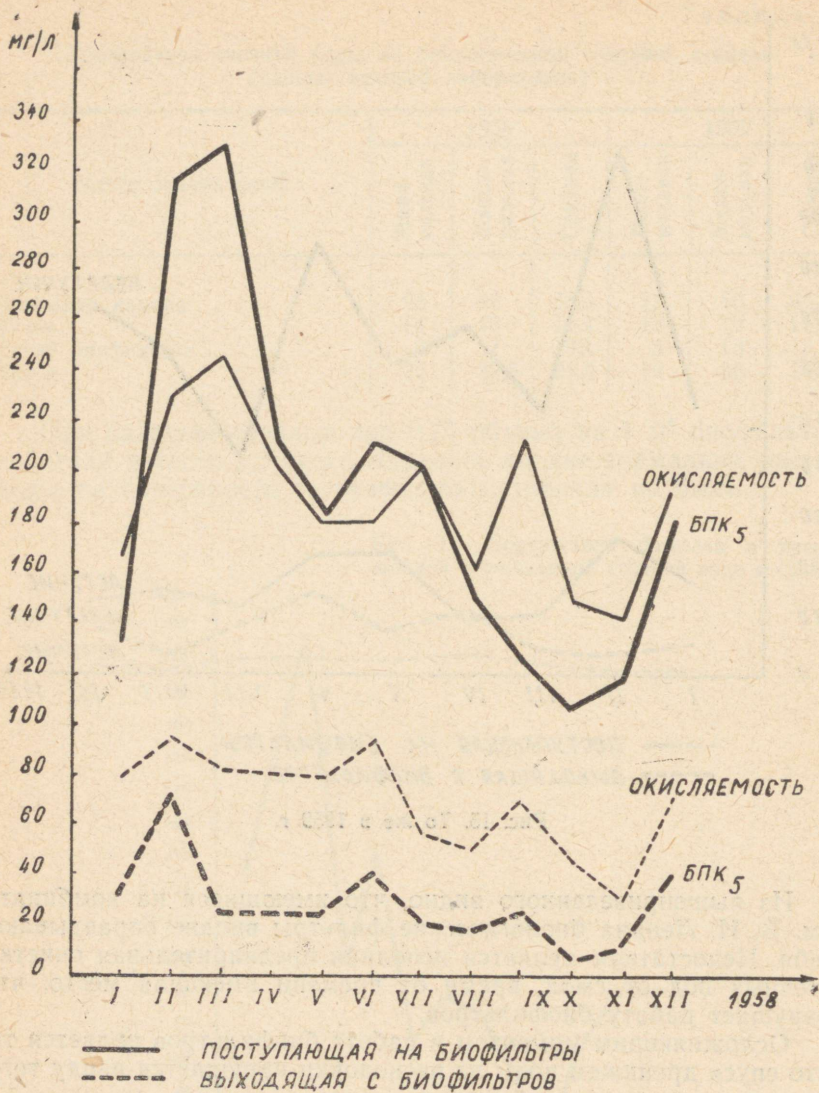


Рис. 16. Окисляемость и БПК₅ в неочищенной и очищенной сточной воде в 1958 г.

биологических фильтров, чрезвычайно богаты. Также имеется много данных об очистке фенольных сточных вод на аэротенках. А биологические фильтры для доочистки фенольных сточных вод впервые пущены в эксплуатацию на комбинате им. В. И. Ленина. Таким образом, можно сравнить эффект их ра-

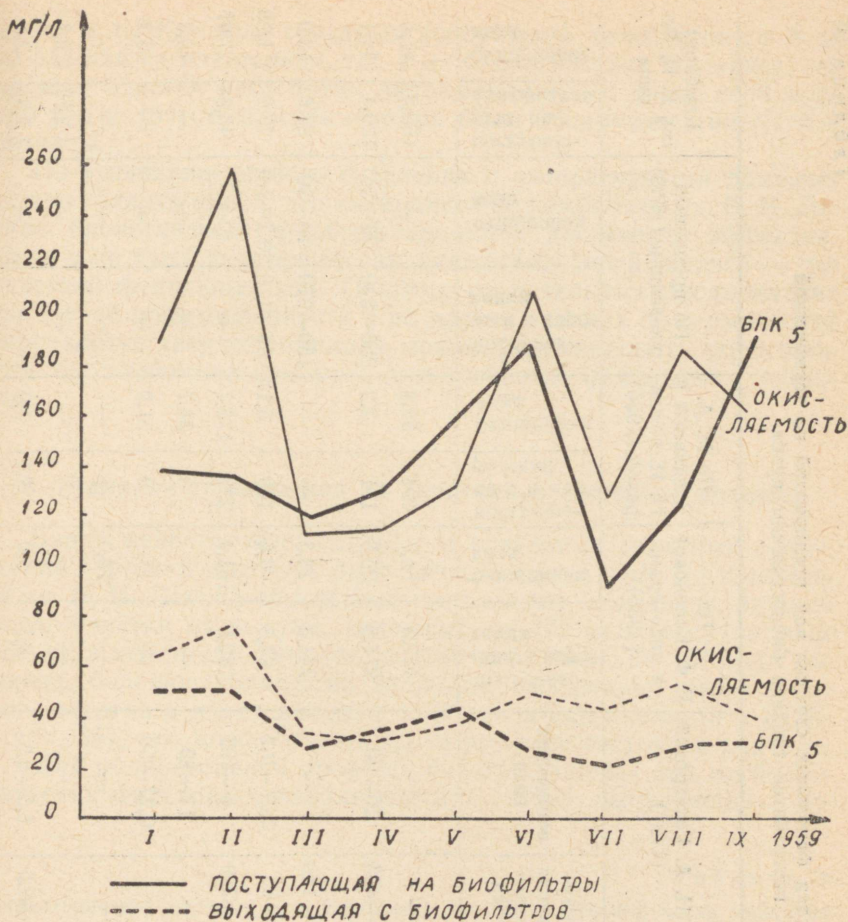


Рис. 17. То же в 1959 г.

боты только с эффектом очистки на различных аэротенках. Эти данные приведены в табл. 35.

Из этой таблицы видно, что эффект очистки фенольных сточных вод в аэротенках, по данным разных авторов и на различных производствах, является почти одинаковым. Показатели содержания нелетучих фенолов и бромлирующих веществ в сточной воде до и после аэротенка приблизительно сходятся. Эффект очистки сточных вод от бромлирующих веществ при помощи биологического фильтра является таким же, как в аэротенках, — содержание бромлирующих веществ в результате очистки снижается в среднем в 9—10 раз. Снижение показателей окисляе-

Эффект очистки фенольных сточных вод предприятий по термической переработке топлива биологическим путем

Показатели, мг/л	По Е. В. Воробьеву (1957)		По Н. А. Гончаровой (1957)		По Е. Ф. Кононовой и соавторам, (1955)		По Н. А. Базякиной и Н. И. Столяровой, (1956)		По временным указаниям (1958)		Комбинат им. В. И. Ленина	
	поступ. ю- щая в аэро- ретенки	очищенная вода	поступающая в аэро- ретенки	очищенная вода	поступающая в аэро- ретенки	очищенная вода	поступающая в аэро- ретенки	очищенная вода	поступающая в аэро- ретенки	очищенная вода	поступающая на биофильтры	очищенная вода
Окисляемость	570	109	—	—	427,5	74,7	404	58,8	—	—	165,5	47,6
БПК	520	96	150—400	10—30	274,8	25,0	171	2,2	250—520	20—35	139,4	34,1
Бромирующиеся (C ₆ H ₅ OH)	272	29,1	70—140	—	241,3	28,8	—	—	150—210	10—30	87,6	10,0
Летучие фенолы	110	0,71	40—60	0,07—0,2	93,5	0,64	148	0,17	63—110	0,2—1,0	17,9	1,95
N (аммонийный)	230	219	50—200	6—160	180,5	161,4	227	175,7	—	—	43,84	27,97
N (нитратный)	—	2,2	—	13—80	—	—	0	34,7	—	—	—	5,8
N (нитритный)	—	—	—	0,27—50	—	—	0	21,0	—	—	—	6,2
Сульфаты	—	177	—	—	—	75,0	—	—	—	—	—	—
Фосфаты	—	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	2,76	2,7
pH	—	—	8—9,5	8,5—5,5	8,7	8,0	8,1	7,0	—	—	7,3	7,5

мости и БПК₅ после очистных сооружений колеблется от 3 до 10 раз как на аэротенках, так и на биологических фильтрах, где процесс очистки идет путем нитрификации. В очищенной воде при том и другом способе очистки были обнаружены нитриты и нитраты.

Из вышеприведенного сравнения с литературными данными можно сделать вывод, что имеющиеся на комбинате им. В. И. Ленина биологические фильтры являются достаточно эффективными и не хуже аэротенков справляются со своей задачей — доочисткой фенольных вод. Поэтому на остальных предприятиях сланцевой промышленности и на других заводах по термической переработке твердого топлива можно рекомендовать строительство биологических фильтров для доочистки фенольных сточных вод.

8. Влияние сточных вод на санитарное состояние водоема

Ввиду недостаточной мощности отдельных очистных сооружений (смолоотделителя, биологических фильтров) на комбинате им. В. И. Ленина общий сток сточных вод комбината, идущий после очистки на выпуск, содержит до 172 мг/л летучих и до 469 мг/л нелетучих фенолов, до 240 мг/л смол, до 151 мг/л аммиака, большое количество хлоридов, взвешенных веществ сухого остатка и имеет высокий показатель окисляемости и БПК₅ (табл. 36), что может влиять на санитарное состояние водоема.

Для полной оценки процесса очистки сточных вод на биологических фильтрах и характеристики стоков, выпущенных в во-

Таблица 36

Характеристика сточных вод комбината им. В. И. Ленина после смешения очищенных вод с неочищенными (данные 1958—1959 гг.)

Показатели анализа	Содержание ингредиентов, мг/л					
	минимальное		максимальное		среднее	
	1958	1959	1958	1959	1958	1959
Летучие фенолы	60	57,5	146	172,0	102	89,9
Нелетучие фенолы	151	155,5	416	468,8	279	286,7
Окисляемость	536	449,5	808	999,5	682	669,0
БПК ₅	344	334,0	736	867,5	506	530,6
Хлориды	140	194,0	494	1850,0	296	540,3
Взвешенные вещества	61	72,0	234	160,6	141	108,9
Сухой остаток	1440	1279,0	1667	1906,0	1521	1507,0
Азот аммонийный	59	58,0	94	151,0	68	82,9
Смола	15	3,5	240	53,3	65	22,8

Порог запаха сточных вод

Место отбора проб	1958			1959		
	Мини-мальный	Макси-мальный	Средний	Мини-мальный	Макси-мальный	Средний
Приемная камера производственных вод	1400	2000	1744	1600	2000	1850
Бачок	160	200	195,5	200	250	212
После биологических фильтров	260	340	303	200	300	250
Лоток, идущий на выпуск	1000	1800	1511,0	1400	1600	1500

доем, нами проведено определение порогов запаха и окраски сточных вод. Эти показатели определялись для производственной сточной воды (из приемной камеры) до смешения с хозяйственно-бытовыми водами, после смешения с хозяйственно-бытовыми водами (из бачка); для очищенной воды (после биофилтра) и для смеси очищенной и неочищенной воды в выпускном коллекторе (лоток). Результаты определения порогов запаха приведены в табл. 37 и порогов окраски в табл. 38.

Из табл. 37 видно, что производственные сточные воды дают порог запаха в среднем при 1744—1850-кратном разбавлении. После смешения их с хозяйственно-бытовыми водами порог запаха составляет в среднем 200 и после очистки на биологических фильтрах повышается до 250—303. В пробах воды из выпускного коллектора порог запаха достигает в среднем 1500.

Как видно из табл. 38, пороги окраски оказались значительно ниже, чем пороги запаха, и составляли для приемной камеры

Таблица 38

Порог окраски сточных вод

Место отбора проб	1958 г.			1959 г.		
	Мини-мальный	Макси-мальный	Средний	Мини-мальный	Макси-мальный	Средний
Приемная камера	160	250	221	200	300	250
Бачок	20	25	22,5	20	25	21,2
После биологических фильтров	20	30	27,8	25	30	27,5
Идущий на выпуск (лоток)	200	400	333,3	200	280	245,0

220—250, для бачка 21,2—22,5, после биофильтра 27,5—27,8 и для выпускного коллектора 245—333,3.

Проведенные работы по определению порога запаха и окраски показали, что запах сланцевых продуктов является довольно устойчивым, так как исчезает только после почти 2000-разовом разведении. Окраска сланцепродуктов в сточной воде является менее устойчивой и при разбавлении, но, несмотря на это, воды при спуске в водоем могут придать воде водоема окраску при 250-разовом разведении.

Вода в отводящем коллекторе требует 1500-разового разбавления (по запаху).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

На сланцеперерабатывающих предприятиях образуются большие количества сточных вод.

Производственные сточные воды, образующиеся при переработке сланцев, содержат вредные в санитарном отношении примеси: фенолы, сланцевые смолы, аммиак, 3,4-бензпирен и др.

Сточные воды сланцехимического комбината «Кивийли» как по отдельным цехам, так и в общем стоке оказались сильно загрязненными по санитарно-химическим показателям.

В результате работы установлено, что особенностью сточных вод от переработки сланца является большое содержание в них нелетучих фенолов: 70—80% общего количества фенолов, вместо 40—50% в сточных водах коксохимии.

Опытами по определению порогов запаха и окраски сточных вод комбината «Кивийли» при разведении их установлено, что порог запаха находится в пределах разведения от 200 до 500 раз (в среднем 322) и порог окраски в среднем — 280 раз.

Данные анализов сточных вод комбината «Кивийли» указывали на высокую степень загрязнения их органическими веществами; окисляемость воды из общего стока колебалась в пределах 2,3—4,1 г/л.

Исследование биохимического потребления кислорода изучаемыми нами сточными водами показало, что эти воды могут биохимически окисляться и процесс окисления не тормозится при высоких концентрациях этих вод.

Полученные нами данные по потреблению кислорода за разные сроки инкубации (1, 2, 3, 4 и 5 дней) дали нам возможность установить константу скорости потребления кислорода (K). По нашим расчетам, величина K колебалась от 0,16 до 0,24. Эти цифры показывали, что окисление идет со скоростью, близкой к скорости окисления бытовых сточных вод.

Проверкой токсического действия сточных вод комбината «Кивийли» на водные организмы установлено, что сточные воды

этого комбината на водные организмы действуют гораздо токсичнее, чем растворы фенола (карболовой кислоты).

По нашим данным, в растворах фенола дафнии выживали при концентрации 15—20 мг/л фенола, караси — при 10—15 мг/л и карпы — при 2,5—5 мг/л; в сточных водах дафнии выживали при концентрации 7,5—15 мг/л, а караси — при 5—7,5 мг/л и карпы — при 0,75—3 мг/л фенола. Это мы объясняем содержанием в сточной воде других, более токсичных веществ: сланцевых масел, кетонов, нелетучих фенолов и др.

Сточные воды комбината «Кивиыли» направляли по бетонному коллектору, который переходил в открытый канал в водоемы. Анализами установлено, что эти водоемы были загрязнены различными продуктами переработки сланцев.

Сточные воды комбината «Кивиыли» загрязняли воду в грунтовых колодцах города Кивиыли и в районе водоемов, вследствие чего вода в колодцах оказалась непригодной для использования в хозяйственно-бытовых или питьевых целях.

Вышеуказанное подтвердило необходимость очистки промышленных сточных вод комбината «Кивиыли» перед спуском их в открытые водоемы.

Химический состав сточных вод сланцехимического комбината «Кивиыли» (близкий к составу сточных вод коксохимической промышленности и газогенераторных станций) дал нам возможность рекомендовать для очистки сточных вод комбината «Кивиыли» методы очистки, применяемые на этих аналогичных предприятиях по переработке твердого топлива.

Предложенная нами схема очистки сточных вод комбината «Кивиыли» заключалась в следующем: механическое отстаивание от смол, извлечение фенолов методом экстрагирования, использование кетонов и доочистка биологическим путем.

На сланцеперерабатывающем комбинате им. В. И. Ленина в гор. Кохтла-Ярве в результате технологического процесса образуются сточные воды, по своему химическому составу аналогичные сточным водам сланцехимического комбината «Кивиыли».

На сланцеперерабатывающем комбинате им. В. И. Ленина имеется комплекс сооружений для очистки производственных стоков, состоящий из цеха дефеноляции, смолоотделителя и биологических фильтров.

Фенольные сточные воды подвергаются дефеноляции. В процессе дефеноляции содержание смол снижается до 0,01 г/л и концентрация фенолов падает с 7—8 г/л до 0,45 г/л.

Эффект выделения фенолов из сточных вод в цехе дефеноляции можно считать удовлетворительным.

При механической очистке производственных сточных вод в смолоотделителе производится отстаивание смолы. Эффект

очистки составляет 99%. В выходящей воде содержится в среднем 14 мг/л смолы.

В процессе очистки сточных вод биологическим путем происходит разрушение фенолов. После очистки на биологических фильтрах в очищенной воде остается от 1,95 до 3,1 мг/л летучих и от 8,05 до 13,6 мг/л нелетучих фенолов.

Содержание азота нитритного в очищенной воде колеблется от 0,3 до 22,6 мг/л.

На данной очистной станции из-за отсутствия вторичного отстойника после биофильтров в стоке биофильтров содержится большое количество взвешенных веществ. Концентрации этих веществ колебались от 75,0 до 135 мг/л.

Ввиду недостаточной пропускной способности биологических фильтров основная масса производственных сточных вод идет мимо биофильтров и смешивается с очищенными водами в выпускном коллекторе, что уничтожает эффект очистки части фенольных вод на биологических фильтрах.

Со сточными водами комбината им. В. И. Ленина в водоем поступают смолы, фенолы, взвешенные вещества. Содержание в выпуске большого количества взвешенных веществ может привести к засорению отводящего коллектора.

Непосредственный выпуск грязных сточных вод из коллектора создает обширную зону загрязнения.

Большое количество фенолов и сланцевых смол, попадающих в водоем, ухудшило санитарное состояние последнего в районе выпуска.

Предложения

Для полной очистки производственных сточных вод на сланцеперерабатывающих комбинатах требуется следующая очистная система:

1. Химическая очистка сточных вод от фенолов с последующим использованием их в народном хозяйстве.
2. Отстаивание сточных вод от масел и смол.
3. Выделение из сточных вод кетонов.
4. Доочистка производственных сточных вод совместно с хозяйственно-бытовыми водами города на биологических фильтрах.

После прохождения такого комплекса очистных сооружений сточные воды сланцевой промышленности могут быть спущены в водоемы.

Конкретно на комбинате «Кивиыли» для обезвреживания производственных стоков необходимо:

1. Усовершенствовать смолоотстаивание на этом комбинате.
2. Выделять из сточных вод и использовать в народном хозяйстве кетоны.

3. Соорудить биологические фильтры для доочистки сточных вод комбината.

С целью доочистки всей массы производственных сточных вод комбината им. В. И. Ленина и для улучшения санитарного состояния водоема в месте выпуска сточных вод необходимо:

1. Соорудить дополнительный смолоотделитель.

2. Ускорить строительство II очереди биофильтров, могущих очистить все количество сточных вод комбината им. В. И. Ленина.

3. Устройство дополнительного отстойника на биологической очистной станции для улавливания взвешенных веществ из производственных сточных вод.

4. Оборудовать усреднитель на биологической очистной станции для смешивания и пополнения запасов производственных и хозяйственно-бытовых вод.

5. Строительство бетонированного вертикального отстойника после биологических фильтров для избежания засорения отводящего коллектора.

6. Провести очистку отводящего коллектора.

ЛИТЕРАТУРА

- Аглицкий С. С., Хайт К. Б. 1952. К вопросу о влиянии сточных вод на загрязнение моря и условия его самоочищения. Гигиена и санитария, 2, стр. 11—14.
- Аккерберг И. И., Юргенсон И. А. 1960. Материалы к токсикологии сланцевых фенолов. В кн.: Вопросы гигиены труда в сланцевой промышленности ЭССР. Сб. IV, стр. 242—248.
- Алексеева М. В., Андронов Б. Е., Гурвиц С. С., Житкова А. С. 1954. Определение вредных веществ в воздухе производственных помещений. Госхимиздат, М.
- Алфимов Н. Н. 1957. Сравнительная оценка некоторых показателей загрязнения морских вод. Гигиена и санитария, 1, стр. 25—29.
- Амирханова Г. Ф. 1957. К вопросу о санитарных условиях спуска сточных вод газсланцевого производства в водоемы. Гигиена и санитария, 5, стр. 23—27.
- Анисимов А. Н. 1954. Опыт использования фенольных вод сланцевой промышленности в чашах газогенераторов. В кн.: Производственные сточные воды. Вып. IV, М., Медгиз, стр. 5—10.
- Базякина Н. А. 1933. Значение константы скорости потребления кислорода при определении биохимической потребности в кислороде сточной жидкости. Санитарная техника, 2, стр. 31—40.
- Базякина Н. А. 1948. Технология биологических фильтров. В кн.: Санитарная техника, М.—Л., стр. 67—114.
- Базякина Н. А., Столярова Л. И. 1956. Полная очистка в аэротенках концентрированных фенольных вод от пиролиза каменного угля. Информационные материалы, № 9, М. ВНИИВОДГЕО.
- Баранов И. В. 1958. Влияние стоков Сегежского комбината на гидрхимический режим северной части Выгозера. Рыбное хозяйство Карелии. Вып. 7, Петрозаводск, стр. 160—163.
- Боговский П. А. 1958. К вопросу о blastomogenном действии генераторной смолы из горючих сланцев. В кн.: Вопросы гигиены труда в сланцевой промышленности Эстонской ССР, сб. III, Таллин, стр. 172—185.
- Васильев А. П. 1954. Ликвидация сброса сточных вод газогенераторных станций путем обессмоливания воды газоохладительного цикла. В кн.: Производственные сточные воды. Вып. IV, Медгиз, стр. 11—16.
- Веселов Е. А. 1953. Опыт классификации промышленных сточных вод по их действию на ихтиофауну в связи с основными задачами рыбохозяйственной токсикологии. Ученые записки Карельского университета, № 3, стр. 130—170.
- Воробьев Е. В. 1957. Результаты работы сооружений по биологической очистке фенольных сточных вод. В кн.: Очистка промышленных сточных вод (материалы совещания по вопросам очистки промышленных и сточных вод). М., стр. 24—31.

- Временные указания по санитарной охране водоемов от загрязнения фенолами. 1958. М.
- Гончарова Н. А. 1957. О работе биостанции Щекинского газового завода. В кн.: Очистка промышленных сточных вод. М., стр. 32—34.
- Горталум Г. М., Дикун П. П. 1958. Определение содержания 3,4-бензпирена в некоторых сланцепродуктах и сточных водах сланце-химического производства. Гигиена и санитария, 8, стр. 24—27.
- Григорьев З. Э. 1953. Токсичность летучих веществ смолы полукоксования торфа. Гигиена и санитария, 11, стр. 26—30.
- Гусев А. Г. и Мосевич Н. А. 1952. Современное состояние вопроса о нормировании сброса сточных вод в рыбохозяйственные водоемы. В кн.: Известия Всесоюзного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. Том XXXI, под ред. проф. Н. А. Мосевича; Пищепромиздат, стр. 13—41.
- Данилов Ф. А. 1927. Загрязнение открытых водоемов сточными водами, полученными при утилизации отходов коксования. Санитарная техника, № 2.
- Драбек Борживой. 1957. Очистка фенольных вод на шлаке. Гигиена и санитария, 12, стр. 54—56.
- Драчев С. М., Разумов А. С., Бруевич С. В., Скопинцев Б. А., Голубева М. Г. 1953. Методы химического и бактериологического анализа воды, Медгиз.
- Задубин М. Н. 1958. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения промышленными сточными водами и другими сбросами. Пищепромиздат.
- Жуков А. И. 1957. К вопросу защиты водоемов от загрязнения. Гигиена и санитария, 6, стр. 66—69.
- Жуков А. И., Калабина М. М., Роговская Ц. И. 1957. К вопросу об очистке фенольных сточных вод. Гигиена и санитария, 5, стр. 69—72.
- Жуков А. И., Монгайт И. Л. 1948. Предприятия термической переработки твердого топлива (фенольные сточные воды). В кн.: Производственные сточные воды. Вып. 1, Медгиз, стр. 71—86.
- Иванов Б. И., Козак Ю. А. 1954. Обезвреживание подсмольных вод прибалтийских сланцев золой и коксом. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института по переработке сланцев. Вып. 2, стр. 200—206.
- Иванов Б. И., Козак Ю. А. и Шаронова Н. Ф. 1954. Дефеноляция подсмольной воды прибалтийских сланцев бутилацетатом. Труды Института по переработке сланцев (ВНИИПС), вып. II.
- Иванов Б. И., Шаронова Н. Ф. 1954. Химический состав подсмольной воды сланцев прибалтийского месторождения. Труды Института по переработке сланцев (ВНИИПС). Вып. II, стр. 164—188.
- Иванов Б. И., Шаронова Н. Ф., Козак Ю. А. 1959. Фенолы сланцевой подсмольной воды и перспективы их использования. В кн.: Химия и технология горючих сланцев и продуктов их переработки. Вып. 7, Гос-топтехиздат, стр. 232—236.
- Иванов Б. И., Шаронова Н. Ф., Козак Ю. А., Исаков Г. А., Грелик Е. Г. 1959. Промышленный опыт работы цеха дефеноляции подсмольных вод сланцеперерабатывающего комбината в г. Кохтла-Ярве. Там же, стр. 247—260.
- Иванов Б. И., Козак Ю. А., Шаронова Н. Ф. 1959. Новые растворители для дефеноляции сточных вод. Там же, стр. 261—268.
- Изъюрова А. И. 1958. К вопросу о возможности использования биологических методов для доочистки сточных вод, содержащих нефтепродукты. Гигиена и санитария, 2, стр. 72—74.
- Ицксон Б. З. 1950. Очистка газогенераторных сточных вод методом извествования. В кн.: Производственные сточные воды. Вып. II, стр. 59—62.
- Кабакова Л. Ф. 1937. Биологическая очистка фенольных сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника, № 3, стр. 44—46.

- Казачков Л. И. 1937. О токсичности отбросов коксохимического производства для водных организмов. Гигиена и санитария, № 9—10.
- Калабина М. М. 1954. Предельно допустимые концентрации фенола в водоемах. В кн.: Санитарная охрана водоемов от загрязнения промышленными сточными водами. Вып. 2, Медгиз, стр. 127—130.
- Каныгина А. В., Родзиллер И. Д. 1957. Влияние производственных сточных вод предприятий химической промышленности на водоем. Водоснабжение и санитарная техника, № 4, стр. 25—28.
- Каныгина А. В., Лебедева М. П. 1957. Влияние на водоем отходов производства, содержащих хлорид натрия. Водоснабжение и санитарная техника, № 1, стр. 15—18.
- Кац К. Ф. 1959. Удаление фенольных сточных вод на металлургических и коксохимических заводах. Водоснабжение и санитарная техника, № 1, стр. 17—19.
- Кононова Е. Ф., Кабанов Н. М., Лысогорова И. К. 1955. Санитарная эффективность работы сооружения биологической очистки фенольных сточных вод. Рукопись, М.
- Ланина Т. И. 1950. Очистка сточных вод коксохимических заводов от смол. В кн.: Производственные сточные воды. Вып. 2, Медгиз, стр. 66—70.
- Лапшин М. И. 1952. Разработка способов очистки сточных вод, М.
- Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. 1958. Химический анализ производственных сточных вод. М.
- Лысогорова И. К. 1959. Об очистке сточных вод нефтяной промышленности, загрязняющих Бакинскую бухту. Гигиена и санитария, 3, стр. 78—79.
- Мосевич Н. А. 1951. Влияние на водоемы загрязнений, содержащих нефть и нефтепродукты. Труды АМН СССР. Санитарная характеристика водоемов. М., стр. 191—195.
- Мосевич Н. А., Гусев А. Г., Драгулин М. Г., Кушнарёва В. С., Мосевич М. В., Никифоров Н. Д. 1952. Фенольные сточные воды, их влияние на рыб и водоемы и нормирование их сброса. Известия Всесоюзного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, том XXXI, под ред. проф. Н. А. Мосевича, Пищепромиздат, стр. 13—41.
- Несмеянов С. А. 1947. Феносольвановый метод извлечения фенола из сточных вод. Гигиена и санитария, 7, стр. 8—11.
- Несмеянов С. А. 1951. О месте выпуска сточных вод в реке. Гигиена и санитария, 11, стр. 15—18.
- Несмеянов С. А. и Фихман А. Н. 1952. Электростанции и теплоэлектроцентрали. В кн.: Производственные сточные воды, III, стр. 214—223.
- Несмеянова М. С. 1953. О предельно допустимых концентрациях фенола в водоемах. Гигиена и санитария, 7, стр. 11—13.
- Окунь З. С. 1959. Использование золоотвалов для очистки (доочистки) некоторых промышленных сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника, № 10, стр. 13—16.
- Попова Е. С. 1934. Определение органического вещества в сточных и очищенных водах. В сб.: «Очистка сточных вод». Академия Коммунального Хозяйства при СНК РСФСР — ОНТИ, стр. 112—125.
- Попова Н. М., Кононова Е. Ф. 1950. Опыты биологической очистки сернистощелочных вод совместно с фекально-хозяйственными водами. В кн.: Производственные сточные воды, Вып. II, Медгиз, стр. 122—129.
- Путилина Н. Т. 1952. Обесфеноливание сточных вод коксохимических заводов путем применения чистых культур фенолразрушающих микробов. Гигиена и санитария, 12, стр. 8—11.
- Раудсепп Х. Т. 1956. О фенолах сланцевой смолы. В кн.: Горючие сланцы. Химия и технология. Вып. II, Таллин, стр. 107—118.

- Роговская Ц. И. 1948. Методы обработки сточных вод. Промышленные сточные воды и их обработка, ред. А. И. Жуков, М., стр. 35—77.
- Родзиллер И. Д. 1959. Определение кратности разбавления сточных вод речными. Гигиена и санитария, 11, стр. 17—26.
- Руффель М. А. 1951. Расчеты кислородного режима загрязненных водоемов. Санитарная характеристика водоемов. Труды Акад. мед. наук СССР, М., стр. 44—72.
- Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий Н 101-54. Москва, 1954.
- Светлакова М. Н. 1955. Влияние различных фенолов на органолептические свойства воды при обеззараживании ее хлором. Гигиена и санитария, 2, стр. 11—16.
- Сибиряков М. А. 1951. К изучению кислородного режима водоема. Труды АМН СССР. Санитарная характеристика водоемов, М., стр. 14—42.
- Сийрде Э. К., Лухакоодер Э. Т. 1955. Обесфеноливание подсмольной воды горячего сланца с помощью высококипящей фракции кетонов, выделенных из сланцевой подсмольной воды. Труды Таллинского политехнического института, А., № 63, стр. 169—179.
- Строганов Н. С., Пажитков А. Т. 1941. Действие сточных промышленных вод на водные организмы. Ученые записки МГУ, 60, 4.
- Телегин И. М., Волгин В. В. 1954. Использование сточных вод газогенераторных станций, работающих на торфе и буром угле. В кн.: Производственные сточные воды. Вып. IV, Медгиз, стр. 17—24.
- Турский Ю. И. 1957. Очистка сточных вод, получающихся при процессах термической переработки твердого топлива. В кн.: Очистка промышленных сточных вод. М., стр. 176—187.
- Туру Х. К. 1958. О ранних изменениях эпидермиса белых мышей, вызванных сланцевыми фенолами в камерной смоле. В кн.: Вопросы гигиены труда в сланцевой промышленности Эстонской ССР, сб. III, Таллин, стр. 165—171.
- Фридлянд С. А., Рублева М. Н. 1958. К вопросу гигиенического нормирования при одновременном загрязнении водоемов несколькими вредными веществами. Гигиена и санитария, 11, стр. 12—16.
- Хаскин С. А. 1950. Очистка фенольных сточных вод по методу экстракции фенолов трикрезилфосфатом с регенерацией экстракта щелочью. В кн.: Производственные сточные воды. Вып. II, стр. 62—66.
- Хачидзе Ш. Г. 1956. Случай замора рыб в Куре. Гигиена и санитария, 11, стр. 69—70.
- Черкинский С. Н. 1950. Экспериментальные исследования методов очистки сточных вод сероуглеродного производства. В кн.: Производственные сточные воды. Вып. II, Медгиз, стр. 101—108.
- Черкинский С. Н. 1951. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР. М.
- Черкинский С. Н. 1957. Теоретические основы гигиенического нормирования при одновременном загрязнении водоемов несколькими вредными веществами. Гигиена и санитария, 8, стр. 3—9.
- Черкинский С. Н., Голубева М. Т. 1954. Предельно допустимые концентрации нефти и нефтепродуктов в водоемах. В кн.: Санитарная охрана водоемов от загрязнения промышленными сточными водами. Вып. 2, М., Медгиз, стр. 196—205.
- Черкинский С. Н., Дикун П. П., Яковлева Г. П. 1959. Опыт изучения канцерогенных веществ в сточных водах некоторых производств. Гигиена и санитария, 9, стр. 11—14.
- Чистяков Г. К. 1941. Фенол. В кн.: Допустимые концентрации ядовитых веществ в водоемах, под ред. А. Н. Сысина, М.—Л., стр. 47—55.
- Чистяков Г. К. 1953. Основы санитарного физико-химического анализа и методики хлорирования воды. Медгиз.

- Шабалин А. Ф. 1953. Очистка сточных вод предприятий черной металлургии. М.
- Шарков В. А. 1953. Советская Эстония. М.
- Шенгелия И. И. 1956. Влияние промышленных сточных вод на органолептические свойства воды водоемов и способы их определения. Тбилиси.
- Шигорин Г. Г., Демидов Л. Г. 1951. Канализация. Часть. I. Очистка сточных вод. Под ред. А. А. Карпинского, М.
- Яншина М. С. 1951. Запахи воды, связанные со спуском промышленных сточных вод. Труды АМН СССР. Санитарная характеристика водоемов, М., стр. 72—88.
- Almestrand, A. G. 1959. Weijman-Hane-Lagans Wattenwardsförening Undersökning av Lagans förening samt rekommendationer till algarder. Bandt, H. J. 1955. Fischereischäden durch Phenolabwasser Wasserwirtschaft, Techn. 9, 2.
- Barrett, R. J., Cunningworth, D. E., Fortin, E. F. 1955. A Process for the Treatment on Effluents from Carbonisation Plants. Gas World (Coking Section) 141, 3672,6 пропеф. J. Fr. Sierp, Gas und Wasserfach 1957, 98, H. 14, S. 333—340.
- Beier, E. — 1957. Ein kolorimetrisches Verfahren zur Überwachung von Entphenolungsanlagen. — Gas und Wasserfach, H. 11, S. 262—265.
- Blaser, E. 1959. Landschaft und Abwässer (Charakter und Problem der Abwasserfrage im Hinblick auf die Landschaftspflege) — Natur und Landschaft, 9, S. 137—138.
- Borneff, J., Knorr, R. 1959. Cancerogene Substanzen in Wasser und Boden I Theoretische Grundlagen, Eigenschaften und Nachweis. — Archiv für Hygiene und Bakteriologie, 143,5, S. 390—404.
- Bringman, G. 1955. Biologische Reinigung phenolhaltiger Abwässer durch Strahlpilze. — Gesundheitsingenieur, 76, N. 7/8, S. 106—109.
- Davison, R. C., Breese, W. P., Warren, C. E., Dowdoroff, P. 1959. Experiments on the dissolved oxygen requirements of cold-water fishes—Sewage a industr. wastes, 31,8 p. 950—966.
- Deichmann, B., Miller, T. and Roberts, J. B. 1950. Local and Systemic Effect Following Application of Dilute Solutions of Phenole in Water and in Campherliquid Petrolatum on the Skin of Animals. Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine. Vol. 2, N 4, p. 454—461.
- De Laporte, A. V. 1954. An analysis of various methods for treatment of deoxygenating wastes — Municip. Utilities Mag., 92, N 6, 25, 42, 44. — Пропеф. РЖ Химия 1957, № 3, № 1815.
- Dencks, M. 1955. Versuche zur Behandlung der Phenolverätzung. Das Deutsche Gesundheitswesen. Zeitschrift für Medizin, X Jahrgang, 26. H. 21, S. 738—740.
- Dierichs, A. 1955. Heutiger Stand und Ausblick in der Phenolwasserreinigung — Wasserwirtschaft Wassertechnik, 5, N 2, S. 52—57.
- Dražorad, J. 1956. Vysledky vyzkunu odfenolovani koksarenskych fenolovych vod. Voda. 35, N 10, 295—299.
- Ewans, S. J. 1952. Acute Phenol Poisoning. — British Journal of Industrial Medicine, July, 3, p. 227—230.
- Freeman, M. V., Draize J. H. and Elsie Alwarezr. 1951. Cutaneous Absorption of Phenol. — The Journal of Laboratory and Clinical Medicine. Vol. 38, N 2, p. 262—267.
- Gutzeit, G. and Envert, G. A. 1955. Phenol Wastes Treated by Coal Adsorption and Oxidation Wastes Eng. 26, 9. 443. Пропеф. Fr. Sierp, Gas und Wasserfach, 1957, 98, H. 10, S. 241—242.
- Hann, V. A. and Niegowski, S. J. 1955. Treatment for Phenolic Wastes with Ozone, Chemic. Abstr., 7228 пропеф. J. Fr. Sierp, Gas und Wasserfach 1957, 98, H. 14, S. 333—340.
- Jänes, H. 1960. Mitmesuguste utmisviisidega saadud põlevkiviõlilide toksikoloogiline iseloomustus — ENSV TA Toimetised, N I, lk. 17—26.

- Klut, Hartwig. 1938. Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle — Berlin, Verlag von Julius Springer.
- Kubička, R. 1956. Odfenolovani koksarenských fenolových vod. Voda, 35, N 10, 302—305, PJK 1958, N 19, стр. 270 (64866).
- Landa, Stanislaw. 1956. Die Gewinnung und Bedeutung der Wertstoffe von Phenolabwässern. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 6, N 3, S. 73—76.
- Lorentz, Karl. 1954. Phenolwassernachreinigungsverfahren mit Winklergasstaub und Winklerasche. Freiburger Forschungsh., N 23, S. 42—68.
- Meissner, Bernhard. 1955. Untersuchungen über die Beseitigung phenolhaltiger Abwässer durch biologische Reinigungsverfahren. — Wasserwirtschaft-Wassertechnik, N 3, S. 82—87.
- Niegowski, S. J. 1956. Ozone Method for Destruction of Phenols in Petroleum Waste Waters. «Sewage and Ind. Wastes», 28, p. 1266. Проф. Ф. Сьєрп GWF 1958, H. 6, S. 130—135.
- Razniewski, Jan. 1960. Zanieczyszczenie wod Zalewu Szczecinskiego fenolami a szkodu w gospodarce rybnej — Gospodarka Rybna, N 1 (118) 1—4
- Stundl, K. 1955. Auswirkungen phenolhaltiger Abwässer auf Vorflut und Grundwasser — Schweiz. Zeitschrift allgemein. Pathol. und Bakteriolog., 18, N 5, S. 1012—1017.
- Tarmisto, V. 1959. Eesti NSV. Andmete kogumik. Tallinn.
- Trama, F. B. 1957. The Acute Toxicity of Phenol to the Common Bluegill (*Lepomis macrochirus Rafinesque*). Проф. Ф. Сьєрп «Amerikanische Rückschau auf die Abwasserliteratur des Jahres 1955 — Gas und Wasserfach, H. 18, S. 443—448.
- Viehl, Karl. 1955. Die Verunreinigung der Flüsse durch Phenolabwässer — Das Gas und Wasserfach, H. 4, S. 97—128, München.

MATERJALE PÕLEVKIVITÖÖSTUSE REOVETE SANITAARSEKS HINNANGUKS

I. VELDRE

Resümee

Looduslike veekogude sanitaarse kaitse küsimused on NSV Liidus teiste hügieeniküsimuste hulgas tähtsai kohal. Eesti NSV-s ei ole aga veel küllaldast tähelepanu pööratud meie lahtiste veekogude sanitaarsele seisundile, kuigi veekogud Eesti NSV-s on suure rahvamajandusliku tähtsusega nii veevarustuse allikaina kui ka kalamajanduse seisukohalt. Mitmesuguste tööstusettevõtete reoveed aga juhitakse veekogudesse kas täiesti puhastamatult või ei puhastata neid küllaldaselt, mistõttu veekogusid reostatakse mitmesuguste tööstuslike jääkproduktidega.

Tähtsamaks tööstusharuks Eesti NSV-s on põlevkivitööstus. Aasta-aastalt laieneb Eesti NSV-s põlevkivi töötlemine, ehitatakse uusi tsehhe, antakse rahvamajandusele uusi tooteid. Seoses põlevkivitööstuse kasvuga suunatakse üha suuremal hulgal mitmesuguseid toksilisi, keemilisi ühendeid sisaldavat reovett looduslikesse veekogudesse. Sellest tulenebki vajadus lähemalt valgustada veekogude sanitaarse kaitse küsimusi põlevkivibasseinis.

Käesolevasse töösse on koondatud aastate vältel kogutud materjalid veekogude hügieenilise seisundi ja nende sanitaarse kaitse kohta põlevkivitööstuse reovetega saastamise vastu. Lühidalt on käsitletud ka töötingimusi reovete puhastamisel.

Kiviõli Põlevkivikeemia Kombinaadis aastail 1951—1954 teostatud uurimiste põhjal antakse ülevaade põlevkivitööstuse reovete keemilisest koostisest, füüsikalistest omadustest, kahjulikust toimest looduslikele veekogudele ja veevarustuse allikatele, samuti reovete toksilisest toimest veorganismidele. Järgnevate aastate uurimistöö alusel antakse mitmesuguste põlevkivitööstuse reovete puhastusmeetodite hinnang.

Kogemusi V. I. Lenini nimelise Kohtla-Järve Põlevkivitöötlemise Kombinaadi reovete puhastusseadmete töötamise kohta saab rakendada teistes põlevkivitööstuse ettevõtetes, samuti ka analoo-

gilistes tööstusharudes. Käesolevas töös esitatud andmeid on võimalik kasutada ka põlevkivitööstuse reovetes leiduvate toksiliste ainete veekogudes lubatud sanitaarsete piirväärtuste väljatöötamisel.

Mõningaid andmeid põlevkivitööstuse reovete koostise, omaduste ja puhastusmeetodite kohta on avaldanud B. Ivanov kaasautoritega, G. Amirhanova, A. Anissimov, E. Siirde ja E. Luhakooder. Sellega põlevkivitööstuse reovete sanitaarset hinnangut andev kirjandus piirdubki. Kirjanduse vähesus nimetatud küsimuse alal rõhutab veel kord reovete probleemi valgustamise vajadust.

Reoveed Kiviõli Põlevkivikeemia Kombinaadis tekivad põlevkivi utmisel, utteproduktide jahutamisel ja edasisel töötlemisel.

Uttevesi pärineb osaliselt põlevkivis olevast niiskusest, osaliselt tekib põlevkivi termilise lagunemise protsessis. Utteprotsessis vesi aurustub ja juhitakse koos teiste lenduvate produktidega kondensatsiooniosakonda, kus ta koos kergemate õlifraktsioonidega kondenseerub, mistõttu uttevees on lahustunud mitmesugused orgaanilised ained, nagu fenoolid, ketoonid, orgaanilised happed jt. Mitmesugustes vesijahutites õli jahutamiseks kasutatud jahutusvesi suunatakse eraldi nn. suhteliselt puhta vee kanalisse.

Keemilise puhastuse eesmärgil töödeldakse õlisid seebikivilahuse ja kontsentreeritud väävelhappega. Selle protsessi juures pestakse veega õlist välja vee osaliselt lahustunud orgaanilised ühendid, eriti fenoolid fenolaatidena, mis samuti juhitakse reovee kanalisse.

Reovete iseloomustamiseks teostati nende sanitaar-keemiline analüüs: määrati temperatuur, lõhn, värvus, sade, läbipaistvus ja reaktsioon; lenduvate ja mittelenduvate fenoolide, ketoonide, ammoniaagi, kloriidide- ja väävelvesinikuisisaldus, hapendumus ja kuivjääk. Analüüsid näitasid, et vete mitmekesine keemiline koostis sõltub tehnoloogilisest protsessist. Reovetes oli lenduvaid fenoolide 0,18—1,32 g/l, mittelenduvaid fenoolide 0,68—4,18 g/l, ketoonide 0,27—6,97 g/l, kloriidide 0,05—0,13 g/l, ammoniaaki 0,87—1,77 g/l. Hapendumus kõikus 1,3 kuni 24,78 g/l ja kuivjääk 1,25—3,57 g/l.

Uuritud reovete saastumise astet iseloomustas ka nende pruunikaskollane värvus, tugev bensiini ja väävelvesiniku lõhn, hägusus, hõljuv sade ja suhteliselt kõrge temperatuur (kuni $+64^{\circ}$). Erineva tekkega reovete analüüside võrdlus näitas, et mitmesuguste jahutite jahutusveed ja gaasbensiini tsehhi veed on suhteliselt puhtad, rafineerimisosakonna veed ja utteveed on aga kõige rohkem reostunud.

Uurimisperioodil juhtiti Kiviõli põlevkivitööstuse reoveed veekogudesse, mille sanitaar-keemiline uurimine näitas, et vesi oli majapidamises kasutamiseks kõlbmatu.

Kiviõli Põlevkivikeemia Kombinaadi reoveed saastasid ka kae-

vusid Kiviõli linnas ja veekogude piirkonnas — kaevuvesi sisaldas fenooli, õlitilku ja oli põlevkiviproduktide lõhnaga.

Uuriti reovete toksilist toimet veorganismidele (veetaimedele, vesikirpudele ja kaladele), kusjuures peale lahjendatud reovete tehti katseid ka fenooli (karbolhappe) lahustega. Katsetest selgus, et Kiviõli kombinaadi reovees leiduvad ained mõjuvad toksiliselt mitmesugustele veorganismidele ja et reovete toime oli tugevam sama fenoolikontsentratsiooniga karbolhappe lahuse toimest.

Töö tulemused näitasid, et veekogude piirkonnas asuvate kaevude sanitaarse seisundi parandamiseks on vaja Kiviõli kombinaadi reoveed enne veekogusse juhtimist puhastada. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituut tegi vastavad ettepanekud. 1959. aastal anti Kiviõli kombinaadis eksploatatsiooni uttevete fenoolidest puhastamise tsehh, mille tulemusena reovete fenoolidesisaldus tunduvalt vähenes.

Kogu puhastusseadmete kompleksi hindamiseks teostati vastavaid uurimusi Kohtla-Järve V. I. Lenini nimelises Põlevkivitöötlemise Kombinaadis, kus puhastusseadmed on suhteliselt täielikumad. Kombinaadis on järgmised põhilised tsehhid: gaasigeneraatorijaamad, kamberahjude tsehh, tunnelahjude tsehh ning mitmesugused katseseadmed. Põlevkivi termilisel töötlemisel tekib neis tsehhides iga tonni töödeldava põlevkivi kohta keskmiselt 0,12 m³ reovett. Reoveed jagunevad fenoolseteks (suure fenoolidesisaldusega) ja tööstuslikeks reoveteks (vähesese fenoolidesisaldusega) ning majapidamisveteks.

Kamberahjude tsehhi, gaasigeneraatoritsehhi jt. tsehhide reoveed, mida ööpäevas koguneb 1000—1500 m³, sisaldavad fenooli 7—8 g/l. Pärast nende reovete juhtimist läbi tõrvaeraldaja ja kvartsiltri defenoleeritakse nad vastavas tsehhis butüülatsetaadiga ekstraheerides.

Defenoleerimistsehh töötab 1953. aastast alates. Selle tsehhi töötingimusi uurisid Instituudi kutsehügieeni laboratooriumi töötajad aastail 1953—1956. Uurimised näitasid, et peamisteks õhu saastajateks nimetatud tsehhides on fenoolide ja butüülatsetaadi aurud. Vähesel hulgal leidis õhus vingugaasi, süsivesinikke ja väävelvesinikku. Tolmusisaldus oli lubatud piirist tunduvalt väiksem, ka tsehhi meteoroloogilised tingimused vastasid sanitaar-hügieenilistele normidele. Fenoolide ja butüülatsetaadi kontsentratsioonid ületasid lubatud sanitaarseid piirväärtusi aurupumbamaja õhus ventilatsiooni mittetöötamise ajal.

Õhuanalüüse tehti ka väljaspool tsehhi hoonet asuvate seadmete ja mitmesuguste tehnoloogiliste operatsioonide läbiviimise juures. Tavaliselt gaasikontsentratsioonid ei ületanud lubatud sanitaarseid piirväärtusi. Õues asuvate absoluutselt hermeetiliste

seadmete juures ei tohiks õhus isegi gaasi jälgi leiduda, järelikult pole aparatuur täiesti hermeetiline.

Et defenoleerimistsehhis peamiste õhusaastajate — fenoolide ja butüülatsetaadi — kontsentratsioonid tavaliselt ei ületa lubatud sanitaarseid piirväärtusi, tuleb peamiseks kutsekahjustuseks tsehhis pidada fenoolide kohalikku toimet tööliste nahasse. Seetõttu peavad põhimised profülaktilised abinõud nimetatud tsehhides olema suunatud tööliste kokkupuute vähendamisele fenoolidega.

Defenolatsioonitsehhi õhu saastamise vältimiseks ja töötingimuste parandamiseks tuleb rangelt kontrollida aparatuuri hermeetilisust, õigeaegselt teostada seadmete profülaktilist remonti, pidevalt kontrollida ventilatsiooni tööd ja täpselt täita ohutustehnika eeskirju.

Kombinaadi defenoleerimistsehhi laboratooriumi andmeil on nende reovete tõrvasisaldus tõrvaeraldajast väljumise järel 0,1—0,15 g/l ja pärast kvartsiltri läbimist ca 0,01 g/l. Fenoolide kontsentratsioon reovees enne defenoleerimist on keskmiselt 7,89—8,03 g/l ja pärast seda 0,45 g/l.

Vähese fenoolisisaldusega reovesi (gaasi keemilise puhastuse, tunnelahjude jt. tsehhidest), milles leidub ammoniaaki, sulfaate, tõrva, õli ja muid keemilisi ühendeid, suunatakse otse, defenoleerimistsehhi läbimata, kanalisatsiooni. Kõik kombinaadi reoveed pumbatakse 10 000 m³ mahuga tõrvaeraldajasse, kuhu nad jäävad kaheks ööpäevaks settima. Seejärel eraldatakse nii kerged kui ka rasked tõrvafraktsioonid, mille järel reoveed lastakse tõrvaeraldajast 5—6 m kõrguselt välja ja juhitakse bioloogilise puhastuse tsehhi.

Normaalse koormatuse puhul kogub tõrvaeraldaja reovetest küllalt suure hulga tõrva, nii et vett võib nüüd juba juhtida bioloogilistesse filtritesse. Rikkalike sademete korral aga suureneb reovee hulk ja sellest tingituna lüheneb tema setteag tõrvaeraldajas, mistõttu tõrv enam küllaldaselt ei eraldu ja teda on vees pärast kogumist veel kuni 200—300 mg/l.

Uurimisperioodil töötas kombinaadis 4 bioloogilist filtrit kogupindalaga 2280 m², millede täitematerjali maht oli 4500 m³. Täitematerjaliks oli 2 m paksune kihiline graniidikillustik. Automaatselt täituvast doseerimispaakidest juhitakse reovesi bioloogilistesse filtritesse, kus neid ühtlaselt jaotavad pihustajad, mis 8—10-minutiliste vaheaegade järel töötavad ühtejärge keskmiselt 60 sekundit.

Ööpäeva jooksul suunatakse Kohtla-Järve kombinaadi bioloogilise puhastuse tsehhi 6000 m³ reovett, vastavate filtrite tegelik läbilaskevõime seal on aga 2500 m³ ööpäevas, mistõttu äravoolukollektoritesse juhitakse ka bioloogiliselt puhastamata reovett. Bioloogiliselt puhastatud ja puhastamata reoveed juhitakse 4,8 km pikkuse, 600 mm läbimõõduga asbesttsementtorudest kollektori kaudu veekogusse.

Töötingimused reovete bioloogilise puhastuse tsehhis välistin-
gimisis või mittekoetavas hoones töötamisel on mitterahuldavad:
madal õhutemperatuur, suur relatiivne niiskus, tugev tuul, sade-
med jne. ning üksikud suurt jõukulu nõudvad tööoperatsioonid.

Töökohtadel teostatud õhuanalüüsid näitasid, et õhu saastu-
misel selles tsehhis ei ole tähtsust, sest et fenoolide- ja ammo-
niaagisisaldus õhus ei ületanud lubatud sanitaarseid piirkontsent-
ratsioone.

Töötingimuste parandamiseks selles tsehhis tehti rida ettepa-
nekuid, mis olid suunatud peamiselt suurt füüsilist jõukulu nõud-
vate tööde mehhaniseerimisele. Enamik neist ettepanekuist on juba
praktikasse juurutatud.

Bioloogiliste filtrite töö efektiivsuse uurimine näitas, et reovee
bioloogilise puhastuse efekt fenoolide osas on väga kõrge sel juhul,
kui puhastamata vee keskmiseks fenoolidesisalduseks on 90—
140 mg/l. Puhastamisel jääb siis vette keskmiselt 1,95—3,1 mg/l
lenduvaid ja 8,05—13,6 mg/l mittelenduvaid fenooli.

Uurimine näitas, et ka talvetingimustes, millal bioloogilistesse
filtritesse juhitava reovee temperatuur on +14°, sealt väljuva vee
oma aga +9°, toimub puhastus nitrifitseerimise teel. Puhastatud
reovees leidus 1,6—8,4 mg/l nitraatset lämmastikku ja 0,3—22,6
mg/l nitriitset lämmastikku. Ühtlasi selgus, et normaalse koorma-
tuse puhul töötavad bioloogilised filtrid rahuldavalt. Koormatusel
0,5—0,75 m³ l m³ täitematerjali kohta ööpäevas kõikus bioloogi-
liste filtrite hapendusvõime 200—367 g hapnikku, ja bioloogi-
lised filtrid töötasid häireteta ega esinenud reovee kogunemist
täitematerjali pinnale.

Kõik need faktid kõnelevad sellest, et V. I. Lenini nimelise
Põlevkivitöötlemise Kombinaadi bioloogilistel filtritel on suur osa-
tähtsus Kohtla-Järve tööstus- ja majapidamisreovee puhastamisel
enne nende suunamist looduslikku veekogusse. Kogu puhastussea-
deldise praeguseks puuduseks on vaid see, et tõrvaeraldaja ei
eralda alati reovetest küllaldaselt tõrva enne nende juhtimist bio-
loogilistesse filtritesse. Bioloogiliste filtrite madala võimsuse tõttu
jääb suur osa reoveest bioloogilise puhastuseta ja seguneb äravoo-
lukollektoris puhastatud veega. See vähendab bioloogiliste filtrite
puhastuse efektiivsust ning veekogusse suunatavad reoveed sisal-
davad fenooli, põlevkivitõrva ja suspendeeritud aineid.

Fenoolide ja põlevkivitõrva suured kontsentratsioonid mõju-
vad kahjulikult veekogu sanitaarsele seisundile reovete sissejuh-
timisrajonis.

Põlevkivitööstuse reovete puhastamine peaks toimuma järg-
mise skeemi kohaselt:

1. Fenoolide eraldamine reoveest keemilisel teel.
2. Tõrvade ja õlide kõrvaldamine reoveest.
3. Ketonide eraldamine reoveest.

4. Tööstus- ja mäjapidamisreovee ühine järelpuhastus bioloogilisel teel.

Pärast sellise puhastussüsteemi läbimist võib reovett pidada küllalt puhtaks veekogusse juhtimiseks.

Kiviõli kombinaadis on reovee kahjutuks tegemiseks vaja:

1. Muuta tõrvaeraldamist efektiivsemaks.
2. Eraldada ketoonid reoveest.
3. Ehitada bioloogilised filtrid kombinaadi tööstusreovee järelpuhastamiseks.

Kohtla-Järve V. I. Lenini nimelise Kombinaadi kogu reovee hulga efektiivseks järelpuhastamiseks ja veekogude sanitaarse seisundi parandamiseks tuleb teha järgmist:

1. Ehitada täiendav tõrvaeraldaja.
2. Kiirendada bioloogiliste filtrite II järgu ehitamist.
3. Ehitada täiendavad settekaevud reovee settimiseks enne bioloogilisse filtrisse juhtimist ja pärast bioloogilise filtri läbimist.
4. Ehitada reovee kogumiseks ja segunemiseks bioloogilise puhastuse tsehhi reservuaar.
5. Puhastada reovee äravoolukollektor.

ZUR HYGIENISCHEN BEWERTUNG DER ABWÄSSER DER BRENNSCHIEFERINDUSTRIE

I. VELDRE

Zusammenfassung

Der sanitäre Schutz der Gewässer nimmt in der UdSSR neben den anderen Problemen der Hygiene einen wichtigen Platz ein.

In der Estnischen Sozialistischen Sowjetrepublik hat diese Frage bisher nur unzulängliche Beachtung gefunden, obwohl die natürlichen Gewässer hier als Wasserversorgungsquellen und Fischereigründe grosse volkswirtschaftliche Bedeutung haben. Einige Gewässer wurden durch Zufuhr ungereinigter oder mangelhaft gereinigter Industrieabwässer verschmutzt.

Die Brennschieferindustrie ist in der Estnischen SSR der wichtigste Industriezweig, der von Jahr zu Jahr wächst: neue Werke werden in Betrieb genommen und immer neue Erzeugnisse werden für die Volkswirtschaft hergestellt.

Mit der Entwicklung der Industrie wächst auch die Menge der Abwässer, die verschiedene schädliche chemische Stoffe enthalten. Die Zufuhr dieser Abfallstoffe aber verunreinigt die Gewässer.

Daraus entsteht die Notwendigkeit einer Untersuchung des Problems des sanitären Schutzes der Gewässer im Brennschiefergebiet.

Die Verfasserin hat die schädlichen Einflüsse der Abwässer auf den sanitären Zustand der natürlichen Gewässer im Brennschiefergebiet eingehend untersucht und die Ergebnisse samt einer kurzen Übersicht der Arbeitsbedingungen bei der Abwässerreinigung vom Standpunkt der Hygiene aus im vorliegenden Buche zusammengefasst.

Auf Grund den im Brennschieferkombinat Kiviõli in den Jahren 1951—1954 durchgeführten Beobachtungen wird eine allseitige Charakteristik der Abwässer, ihrer Wirkung auf die natürlichen Gewässer und Grundwasserbrunnen der Umgebung, sowie ihrer

schädlichen resp. tödlichen Wirkung auf Wasserorganismen gegeben.

Ergebnis der Forschungen nachfolgender Jahre ist die Bewertung verschiedener Reinigungsmethoden der Brennschieferabwässer.

Die Erfahrungen der Abwässerreinigung im W. I. Lenin-Kombinat in Kohtla-Järve können mit gutem Erfolg in anderen Brennschieferwerken oder gleichartigen Betrieben verwertet werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit dienen als Grundlage bei der Ausarbeitung der sanitären Normative für schädliche chemische Stoffe in natürlichen Gewässern.

Einige Angaben über die Zusammensetzung, die Eigenschaften und die Reinigungsmethoden der Brennschieferabwässer haben B. Ivanov mit Mitarbeitern, G. Amirhanova, A. Anisimov, E. Siirde und E. Luhakooder veröffentlicht. Darauf beschränkt sich die Literatur über die Brennschieferabwässer. Eine solche Knappheit der einschlägigen Literatur bestätigt nochmals die Notwendigkeit, dieses Problem eingehender zu behandeln.

Im Brennschieferkombinat Kiviõli entstehen Abwässer bei folgenden Operationen: bei der trockenen Destillation des Brennschiefers, beim Kühlen der Destillationsprodukte und bei ihrer weiteren Bearbeitung.

Das Abwasser der trockenen Brennschieferdestillation entspringt teils aus der eigenen Feuchtigkeit des Brennschiefers, teils infolge der thermischen Zerlegung des Brennschiefers. Beim Destillieren geht das Wasser in Dampf über und wird mit den anderen gasartigen Produkten in die Kondensationsabteilung geleitet, wo es mit leichten Ölfractionen kondensiert wird. In diesem Wasser befinden sich in gelöstem Zustande verschiedene organische Stoffe, wie Phenole, Ketone, organische Säuren usw. Das Wasser aus verschiedenen Kühlanlagen ist verhältnismässig rein; es wird in den Kanal der relativ reinen Wässer geleitet.

Zwecks chemischer Reinigung werden Öle mit Natronaugenlösung und konzentrierter Schwefelsäure behandelt. Dabei werden die wasserlöslichen organischen Stoffe, insbesondere die Phenole als Phenolate, aus dem Öl ausgewaschen und geraten in die Kanalisation.

Zur Charakteristik der Abwässer wurde ihre sanitär-chemische Analyse durchgeführt. Es wurden Temperatur, Geruch, Färbung, Trübung, Durchsichtigkeit, Reaktion geprüft, flüchtige und nichtflüchtige Phenole, Ketone, Ammoniak, Chloride, Schwefelwasserstoff, Kaliumpermanganatverbrauch und Trockenrückstand bestimmt.

Die Untersuchung erwies, dass die Unterschiede im chemischen Bestande der Abwässer vom technologischen Prozesse abhängen. Es wurde festgestellt, dass die Abwässer von 0,18 bis 1,32 g/l flüchtige und 0,68—4,18 g/l nichtflüchtige Phenole, 0,27—6,97 g/l Ketone, 0,05—0,13 g/l Chloride und 0,87—1,77 g/l Ammoniak ent-

hielten. Der Kaliumpermanganatverbrauch schwankte von 1,3 bis 24,78 g/l, der Trockenrückstand von 1,25 bis 3,57 g/l.

Die Verunreinigung der Abwässer ist noch dadurch aufgefallen, dass dieselben bräunlich-gelb gefärbt und merkbar getrübt waren, einen intensiven Benzin- und Schwefelwasserstoffgeruch, einen schwebenden Bodensatz und bisweilen hohe Temperatur (bis + 64°) aufwiesen.

Beim Vergleich der Abwässer verschiedenen Ursprungs stellte sich heraus, dass die Kühlwässer aus Kühlanlagen und aus der Gasbenzinabteilung verhältnismässig rein, während die aus der trockenen Destillations- und der Raffinationsabteilung aufs höchste verunreinigt waren.

Zur Zeit der Untersuchung wurden die Abwässer des Brennschieferkombinats Kiviöli ungereinigt abgeleitet.

Die sanitär-hygienische Untersuchung des Gewässers zeigte, dass sein Wasser für Haushaltszwecke unbrauchbar war.

Die Abwässer des Brennschieferkombinats Kiviöli verunreinigten auch die Trinkwasserbrunnen in der Stadt Kiviöli und im Bereich des Gewässers. Das Brunnenwasser enthielt Phenole und Öltropfen und hatte einen intensiven Geruch von Brennschieferprodukten.

Die Giftigkeit der Abwässer wurde an Wasserorganismen (Wasserpflanzen, Wasserflöhe, Fische) geprüft. Gleichzeitig mit Abwässerlösungen wurden auch Phenollösungen (Karbolsäurelösungen) auf ihre Giftigkeit untersucht.

Aus den Experimenten geht vor, dass die Brennschieferabwässer auf Wasserorganismen giftig wirken, wobei ihre Giftigkeit entschieden grösser ist als die der Karbolsäurelösungen gleicher Phenolkonzentration.

Die Untersuchung zeigte, dass zur Verbesserung des sanitären Zustandes der Gewässer und der Grundwasserbrunnen eine gründliche Reinigung der Brennschieferabwässer erforderlich ist. Entsprechende Reinigungsverfahren wurden vom Institut für experimentelle und klinische Medizin der Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR vorgeschlagen. Im Jahre 1959 wurde im Kombinat Kiviöli eine Abteilung für Abwasserreinigung in Betrieb gesetzt, was die Phenolmengen in den Abwässern wesentlich herabsetzte.

Zur Beurteilung der komplexen Arbeit verschiedener Abwasserreinigungsverfahren wurden Versuche im W. I. Lenin-Kombinat in Kohtla-Järve angestellt, da in diesem Kombinat einigermaßen vollständige Abwasserreinigungsanlagen vorhanden sind.

Die wichtigsten Abteilungen dieses Kombinats sind folgende: die Gasgeneratoren-, die Tunnelöfen- und die Kammeröfenabteilung. Bei der thermischen Verarbeitung 1 Tonne Brennschiefer in den genannten Abteilungen entsteht ungefähr 0,12 m³ Abwasser, das nach seinem Phenolgehalt wie folgt eingeteilt wird: Phenol-

abwasser mit grossem Phenolgehalt; Produktionsabwasser mit geringem Phenolgehalt und Haushaltsabwasser.

Abwasser aus der Kammeröfen-, der Gasgeneratoren- und den anderen Abteilungen, rund 1000—1500 m³ täglich, enthält 7—8 g/l Phenole und wird durch den Teerfänger und Quarzfilter in die Dephenolationsabteilung geleitet, wo es mittels Extrahieren mit Butylazetat von Phenolen befreit wird.

Die Dephenolationsabteilung arbeitet seit 1953.

Die sanitär-hygienischen Arbeitsbedingungen in der Dephenolationsabteilung wurden von Mitarbeitern des Laboratoriums für Berufshygiene im Laufe mehrerer Jahre (1953—1956) untersucht.

Es wurde festgestellt, dass Phenole und Butylazetat in der betreffenden Abteilung die wichtigsten Luftverunreiniger sind. Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe und Schwefelwasserstoff wurden hier in geringen Mengen gefunden. Staubanalyse führte zu negativen Ergebnissen. Die meteorologischen Faktoren waren in den Grenzen der hygienischen Normen.

Der Phenol- und Butylazetatgehalt in der Luft des Dampfpumpengebäudes war bei eingeschalteter Ventilation höher, als es die hygienischen Normen für Arbeitsräume zulassen.

Analysen der Luft wurden auch bei aussenstehender Apparatur und bei verschiedenen Arbeitsoperationen vorgenommen. Der Gasgehalt überschritt im allgemeinen nicht die sanitär-hygienischen Normen. Bei absolut luftdichter Apparatur dürften jedoch nicht die geringsten Gasspuren gefunden werden.

Als Grund für das Vorhandensein der obenerwähnten Gase wurde die ungenügende Luftdichtheit der Apparatur ermittelt.

Als die schädlichste Einwirkung ist in der Dephenolationsabteilung die hauterregende Wirkung der Phenole anzusehen. Daraus geht hervor, dass die wichtigsten Vorbeugungsmassnahmen hier darin bestehen müssen, die Haut der Arbeiter vor dem Kontakte mit den Phenolen zu schützen.

Zur Vorbeugung der Luftverunreinigung in der Dephenolationsabteilung und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen ist Folgendes angezeigt: strengste Kontrolle über die Luftdichtheit der Apparatur, rechtzeitige Durchführung vorbeugender Reparaturen, stete Überwachung und regelmässige Arbeit der Ventilation und strengste Befolgung der Arbeitsschutz- und Gefahrlosigkeitsvorschriften.

Den Angaben des Laboratoriums der Dephenolationsabteilung gemäss enthält das Abwasser nach dem Teerfänger 0,1—0,15 g/l und nach den Quarzfiltern 0,01 g/l Teer. Vor dem Dephenolieren enthält das Abwasser im allgemeinen 7,89—8,03 g/l und danach 0,45 g/l Phenole.

Abwässer mit niedrigem Phenolgehalt (aus der chemischen Gasreinigungsabteilung, der Tunnelöfenabteilung usw.) enthalten Ammoniak, Sulfate, Teer, Öl und andere chemische

Stoffe; diese Abwässer werden direkt in die Kanalisation geleitet (ohne vorher dephenoliert zu werden). Alle Abwässer des Kombinats werden in die Entteerungsvorrichtung gepumpt, wo sie 48 Stunden lang abliegen. Nach 48 Stunden werden leichte und schwere Teerfraktionen entfernt. Danach werden die Abwässer aus der Vorrichtung von ungefähr 5—6 m Höhe abgelassen und in die Abteilung der biologischen Reinigung geleitet.

Bei normaler Belastung sammelt die Entteerungsvorrichtung genügend Teer, so dass man danach das Wasser auf die biologischen Filter leiten kann. Bei reichlichen Niederschlägen wachsen die Abwassermengen und verkürzt sich folglich die Abliegezeit. Infolgedessen wird die Reinigung unvollkommen: das gereinigte Wasser enthält noch 200—300 mg/l Teer.

Zur Zeit der Untersuchung waren im Kombinate 4 biologische Filter im Betrieb (mit einer Oberfläche von 2280 m² und mit einem Gesamtumfang von 4500 m³). Als Füllung diente Grantschotter in einer 2 m hohen Schicht.

Aus automatisch füllenden Dosierbehältern wird das Abwasser auf die biologischen Filter geleitet, wo spezielle Verteiler (Sprinkler) für ihre gleichmässige Verteilung sorgen; die Sprinkler arbeiten ungefähr 60 Sekunden, mit Pausen von 8—10 Minuten.

In die biologische Reinigungsabteilung kommen täglich 6000 m³ Abwasser, die tägliche Leistungsfähigkeit der Filter ist aber eigentlich bloss 2500 m³. Dadurch wird bedingt, dass die biologisch nicht gereinigten Abwässer gleichfalls in den Abführkanal geraten. Die biologisch gereinigten und auch die nicht gereinigten Abwässer werden dann durch eine 4,8 km lange und 600 mm starke Asbestzementröhre in natürliche Gewässer geleitet.

Es wurden auch die hygienischen Arbeitsbedingungen in der biologischen Abwasserreinigungsabteilung untersucht.

Als Ergebnis dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass die Luftverunreinigung in der genannten Abteilung verhältnismässig gering ist, da der Phenol- und Ammoniakgehalt der Luft an den Arbeitsplätzen die Grenzen der hygienischen Normen (N 101-54) nicht übersteigt.

Da die meisten Arbeiten in freier Luft oder in unbeheizten Räumen erfolgen, so sind die ungünstigen meteorologischen Faktoren (niedrige Temperatur, hohe relative Luftfeuchtigkeit, starke Winde, Niederschläge usw.) als hygienisch unbefriedigend zu bezeichnen.

Zudem wurden (zur Zeit der Untersuchung) sämtliche, auch die grossen Kraftaufwand erfordernden Arbeiten ohne jegliche mechanische Hilfe ausgeführt.

Als Ergebnis dieser Untersuchung wurden entsprechende Mass-

nahmen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen in der Abteilung vorgeschlagen. Viele dieser Massnahmen werden in der Abteilung bereits angewandt.

Die Untersuchung des Reinigungseffektes der biologischen Filter zeigte, dass dieser Effekt sehr gross ist im Falle, wenn die ungereinigten Abwässer ungefähr 90—140 mg/l Phenole enthalten. Nach der biologischen Reinigung enthält das Wasser 1,95—3,1 mg/l flüchtige und 8,05—13,6 mg/l nichtflüchtige Phenole.

Die Untersuchung erwies, dass auch im Winter, wenn die Temperatur des auf die biologischen Filter geleiteten Wassers $+14^{\circ}$, nach biologischem Filtrieren aber $+9^{\circ}$ beträgt, die Reinigung mittels Nitrifizieren erfolgt. Das gereinigte Wasser enthält 1,6—8,4 mg/l Stickstoff der Nitrate und 0,3—22,6 mg/l Stickstoff der Nitrite. Es wurde festgestellt, dass die biologischen Filter bei normaler Belastung befriedigend arbeiten. Bei einer Belastung von 0,5—0,75 m³ Abwasser je 1 m³ Filtriermaterial war der Sauerstoffverbrauch von 24 Stunden ungefähr 200—367 g und die biologischen Filter arbeiteten ohne Störung. Auch wurde keine Anstauung des Wassers auf der Oberfläche des filtrierenden Materials beobachtet.

Diese Tatsachen sprechen dafür, dass die biologischen Filter des Lenin-Kombinats in Kohtla-Järve bei der Reinigung der Industrie- und Haushaltsabwässer von grossem Wert sind.

Ein Mangel besteht aber gegenwärtig darin, dass die Entteerungsvorrichtung nicht immer genügend Teer entfernt. Dazu kommt noch der Umstand, dass die biologischen Filter keine genügende Durchlassfähigkeit besitzen, woraus folgt, dass sowohl die biologisch gereinigten als auch die nicht gereinigten Abwässer in natürliche Gewässer gelangen. Der Reinigungseffekt der biologischen Filter ist somit unzureichend und die in natürliche Gewässer geleiteten Abwässer enthalten noch Phenole und Brennschieferteer.

Die beträchtlichen Phenol- und Brennschieferteermengen können auf den sanitären Zustand der natürlichen Gewässer einen schädlichen Einfluss ausüben.

Zur vollständigen Reinigung der Abwässer der Brennschieferindustrie sind folgende Operationen erforderlich:

1. Extrahieren der Phenole aus dem Abwasser.
2. Beseitigung der Teere.
3. Zurückgewinnung der Ketone.
4. Biologische Reinigung der vorher chemisch gereinigten Industrieabwässer zusammen mit den Haushaltsabwässern.

So gereinigte Abwässer können in natürliche Gewässer geleitet werden, ohne diesen zu schaden.

Zur gründlichen Reinigung der Abwässer des Brennschieferkombinats Kiviõli werden folgende Massnahmen vorgeschlagen:

1. Vollkommene Entteerung der Abwässer.
2. Zurückgewinnung der Ketone aus den Abwässern.
3. Biologische Reinigung der vorher chemisch gereinigten Industrieabwässer.

Im W. I. Lenin-Kombinat in Kohtla-Järve ist zur vollständigen Reinigung aller Industrieabwässer und zur Besserung des sanitären Zustandes der Gewässer folgendes erforderlich:

1. Die Entfernung des Teers ist durch eine neue Entteerungsvorrichtung zu vervollständigen.
2. Die Bauarbeiten der II Abteilung der biologischen Filter sind zu beschleunigen.
3. Die biologische Reinigung ist durch zwei Kläranlagen zu ergänzen — eine vor und eine nach den biologischen Filtern.
4. Zum Auffüllen und Mischen der Abwässermengen in der Abteilung der biologischen Abwasserreinigung ist ein Behälter zu errichten.
5. Der Abwasserkanal ist zu reinigen.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
А. Обзор литературы	6
I. Сточные воды промышленных предприятий по переработке различных видов твердого топлива	6
1. Фенольные сточные воды	6
2. Влияние сточных вод на открытые водоемы	7
3. Методы очистки сточных вод	13
II. Сточные воды сланцевой промышленности	16
Б. Исследования сточных вод сланцевой промышленности Эстонской ССР	18
I. Сточные воды сланцехимического комбината «Кивиыли»	20
1. Основные цехи, технология производства и места образования сточных вод	20
Цех туннельных печей	20
Отделение конденсации	22
Цех газ-бензина	23
Цех маслопереработки	25
Отделение дистилляции	25
Отделение рафинации	26
Отделение ректификации	27
2. Количество и состав сточных вод	29
а) количество сточных вод	29
б) характеристика сточных вод по санитарным показателям	30
в) характеристика химического состава сточных вод	32
3. Влияние сточных вод на органолептические свойства воды	37
4. Влияние сточных вод на биохимические окислительные процессы	37
Биохимическое потребление кислорода (БПК) сточными водами	39
5. Влияние сточных вод на водные организмы	41
Опыты с рыбами	42
Опыты с дафниями	44
Опыты с водяными растениями	45
6. Проблема очистки сточных вод на комбинате «Кивиыли»	45

II. Сточные воды сланцевперерабатывающего комбината им. В. И. Ленина в городе Кохтла-Ярве	49
1. Основные цехи, технология производства и места образования сточных вод	49
2. Количество и состав сточных вод	52
3. Система водоснабжения и канализации на комбинате им. В. И. Ленина	54
4. Сооружения для очистки производственных сточных вод	56
5. Очистка производственных сточных вод в цехе дефеноляции	57
а) технологический процесс очистки	57
б) гигиеническая характеристика условий труда в цехе дефеноляции	58
в) эффективность очистки сточных вод в цехе дефеноляции	67
6. Очистка производственных сточных вод в смолоотделителе	70
7. Доочистка производственных сточных вод совместно с бытовыми на биологической очистной станции	73
а) технологический процесс очистки	73
б) гигиеническая характеристика условий труда на биологической очистной станции	76
в) эффективность очистки сточных вод на биологических фильтрах	79
8. Влияние сточных вод на санитарное состояние водоема	89
III. Заключение	92
Выводы	92
Предложения	94
Литература	96
 Materjale põlevkivitööstuse reovete sanitaarseks hinnanguks	
<i>Resümee</i>	102
 Zur hygienischen Bewertung der Abwässer der Brennschieferindustrie	
<i>Zusammenfassung</i>	108

Опечатки

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
15	1 сверху	В гл. III, п. 7	В гл. II, п. 7
15	10 снизу	(гл. III, п. 5, 7)	(гл. II, п. 5, 7)
45	6 снизу	(гл. II, п. 2)	(гл. I, п. 2)
100	11 снизу	Elsie Alvarezr	Elsie Alvarez
111	19 сверху	bei eingeschalteter Ventilation	bei ausgeschalteter Ventilation
116	2 снизу	bygienischen	hygienischen

Tell. nr. 4893.

Цена 52 коп.

