

**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ
ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВОД
ПОЛЯКОВ А.А. CORVUS Company SIA,
ПОЛЯКОВА Э.А. Рижский Технический Университет**

Очистные сооружения Рижского порта

В настоящее время для очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, используются следующие методы: отстаивание, физико-химические (коагуляция и флокуляция, флотация, обратный осмос и ультрафильтрация и др.), химические, биохимические, термические.

В мировой практике (по данным французской фирмы «Дегремон»[1], устанавливающей очистные сооружения на всех континентах) предпочтение при очистке сточных вод от нефтепродуктов отдается традиционным методам очистки (одному из них или нескольким сочетаниям): отстаивание, физико-химические методы (коагуляция, флокуляция, флотация), а также фильтрация.

В 1984 году на нефтебазе Северо-Западной группы войск в Риге были введены в действие очистные сооружения для очистки от нефтепродуктов судовых балластных и льяльных вод.

В 1992 году Советские войска были выведены из Латвии, а очистные сооружения были приобретены фирмой “Lat-West-East”. Их консервация произведена не была. Никакой технической документации по монтажу и технической эксплуатации не осталось. Поэтому пришлось не только обследовать техническое состояние очистных сооружений и устранять неполадки, но и подбирать химические реагенты и фильтрующую загрузку.

Очистные сооружения включают (см. Принципиальную схему Рис. 1): 1. Буферные (приемные) резервуары 2 шт., объемом по 1000 м³ каждый; 2. Промежуточный резервуар объемом 90 м³; 3. Насос производительностью Q = 60 м³/ч; 4. Эжектор ЭВ 50-7 производительностью Q = 12-20 м³/ч; 5. Напорный бак V = 3,2 м³; 6. Флотатор производительностью 100 м³/ч; 7. Вторичный отстойник, общий объем отстойника – 194 м³; 8. Промежуточный резервуар V = 90 м³; 9. Насос подачи воды на фильтры Q = 108 м³/ч; 10. Фильтры 6 шт.; 11. Бак для приготовления коагулянта V = 14 м³ – 2 шт.; 12. Насос подачи коагулянта Q = 8 м³/ч; 13. Расходный бак коагулянта V = 2,25 м³ – 2 шт.; 14. Насос-дозатор коагулянта Q = 630 л/ч; 15. Бак для приготовления флокулянта V = 2 м³; 16. Насос подачи флокулянта в расходные баки Q = 6 м³/ч; 17. Расходный бак флокулянта V = 2 м³; 18. Насос-дозатор флокулянта Q = 160 л/ч; 19. Шламонакопитель V = 298 м³; 20. Насос подачи нефтеотходов Q = 30 м³/ч; 21. Разделочные резервуары V = 70 м³ 3 шт.; 22. Смеситель-диспергатор Q = 10 м³/ч; 23. Насос выдачи утилизируемых нефтепродуктов Q = 30 м³/ч;

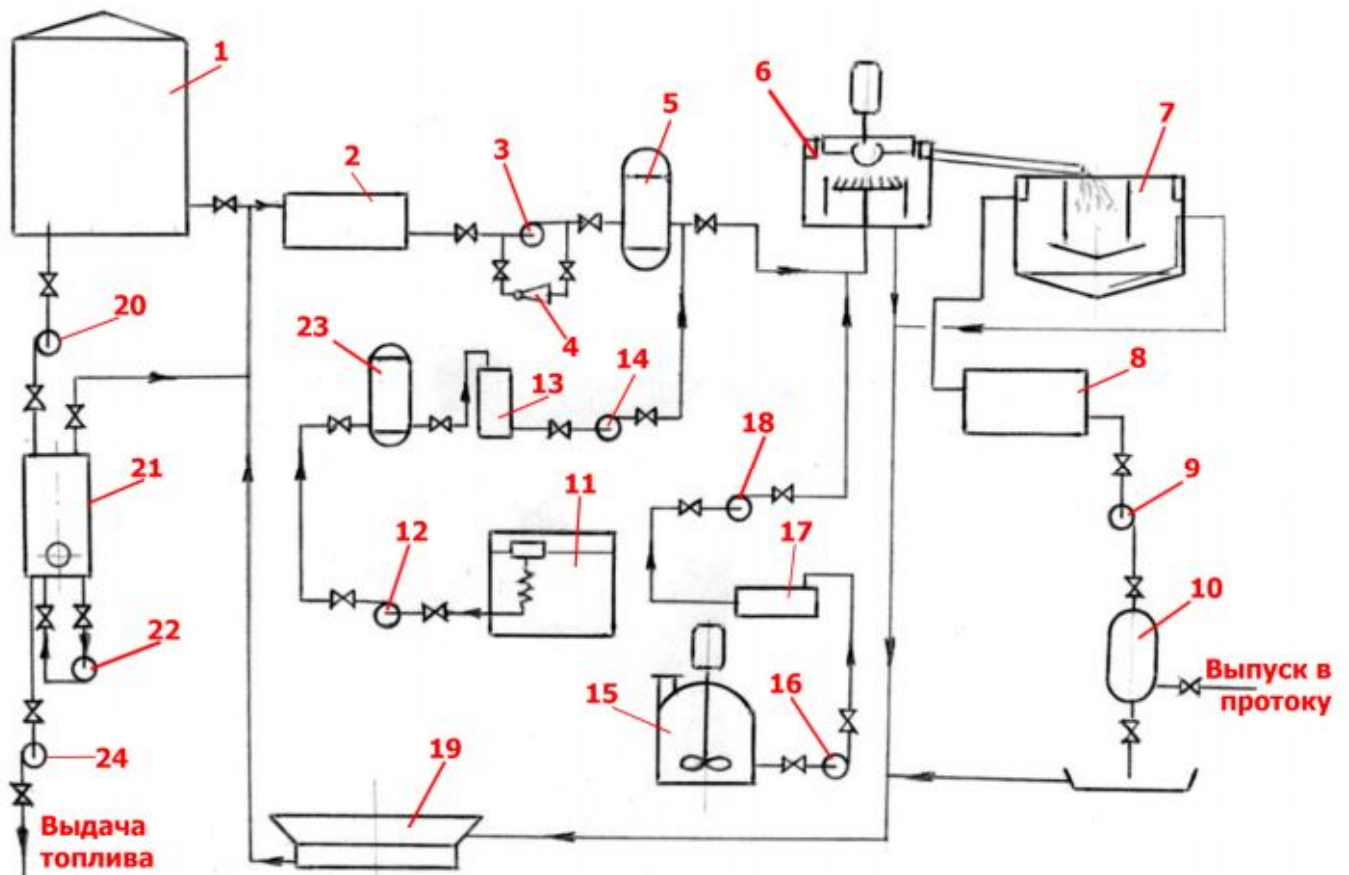


Рис. 1. Принципиальная схема очистных сооружений Рижского порта

1. Буферный резервуар. 2. Промежуточный резервуар. 3. Насос. 4. Эжектор. 5. Напорный бак. 6. Флотатор. 7. Вторичный отстойник. 8. Промежуточный резервуар. 9. Насос. 10. Фильтры. 11. Бак для приготовления коагулянта. 12. Насос подачи коагулянта. 13. Расходный бак коагулянта. 14. Насос-дозатор коагулянта. 15. Бак для приготовления флокулянта. 16. Насос подачи флокулянта. 17. Расходной бак флокулянта. 18. Насос-дозатор флокулянта. 19. Шламонакопитель. 20. Насос подачи нефтеотходов. 21. Разделочные резервуары. 22. Смеситель-диспергатор DRS10. 23. Фильтр коагулянта. 24. Насос топливный.

Как видно из описания оборудования и принципиальной схемы, на очистных сооружениях используются все традиционные методы.

Учитывая особенности содержания загрязненных нефтепродуктами вод на судах (длительные переходы, изменения органолептических свойств), особое внимание было уделено подбору коагулянта и флокулянта.

Загрязненные нефтепродуктами судовые воды представляют собой коллоидную систему. Естественная скорость осаждения коллоидных частиц очень мала (0,0001 – 2 года, 0,00001 – 20 лет), но именно эта взвесь составляет большую часть примесей и обуславливает мутность воды. При любом виде обработки требуется изменить условия таким образом, чтобы частицы могли коалесцировать между собой с образованием больших агломератов, которые легко удалить. Коалесценция не проходит самостоятельно, так как коллоидные соединения характеризуются наличием сил, поддерживающих взвесь в диспергированном состоянии с необычайно высокой степенью стабильности в течение длительного времени. Такая стабильность объясняется

сольватацией или защитным действием определенных адсорбированных веществ, а также действием электростатических сил, которые отталкивают частицы друг от друга. В природных водах коллоиды всегда имеют отрицательный заряд. В сточных водах – это наиболее распространенный случай.

Таким образом, малый размер коллоидных частиц загрязнений, присутствующих в воде и отрицательный заряд, распределенный на поверхности этих частиц, обуславливают высокую стабильность коллоидных систем.

В технологии очистки воды коагуляцией принято называть процесс, с помощью которого осуществляется дестабилизация коллоидных частиц вследствие нейтрализации их электрического заряда. Вещество, используемое для нейтрализации называют коагулянтом.

В качестве коагулянта обычно используют соли алюминия, железа или их смеси. Выбор коагулянта зависит от его состава, физико-химических свойств и стоимости, концентрации примесей в воде, от pH и солевого состава воды.

Из солей алюминия в качестве коагулянтов наиболее распространен сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, который эффективен в интервале значений $pH = 5 - 7,5$. Он хорошо растворим в воде и имеет относительно низкую стоимость.

Из солей железа в качестве коагулянтов используют сульфат железа $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$, $Fe(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$, а также хлорное железо $FeCl_3$. Наибольшее осветление происходит при использовании солей трехвалентного железа (систематическое использование поливалентных катионов неорганических солей в качестве коагулянтов началось, когда были установлены законы, управляющие их действием, и когда было показано, что эффект коагуляции зависит от валентности иона, несущего заряд, противоположный знаку заряда частицы. Чем выше валентность, тем более эффективно коагулирующее действие – правило Шульца-Гарди [1]).

При выборе коагулянта остановились на использовании солей железа, поскольку они как коагулянты имеют ряд преимуществ перед солями алюминия: лучшее действие при низких температурах воды; более широкая область оптимальных значений pH среды; большая прочность и гидравлическая крупность хлопьев; возможность использовать для вод с более широким диапазоном солевого состава; способность устранять вредные запахи и привкусы, обусловленные присутствием сероводорода.

Однако пришлось столкнуться и с недостатками: сильные кислотные свойства, усиливающие коррозию трубопроводов и оборудования.

Коагулянт готовился следующим образом. В бак 11 для мокрого хранения коагулянта $V = 14 \text{ м}^3$ наливалась вода и загружалось сернокислородное железо $Fe_2(SO_4)_3$. затем сжатым воздухом происходило перемешивание раствора в течение двух часов. Насосом 12 коагулянт подавался в расходные баки 13. В процессе обработки воды из расходного бака коагулянт насосом-дозатором 14 подавался в систему после напорного бака 5.

Как отмечалось ранее, коагуляция – это процесс, с помощью которого осуществляется дестабилизация коллоидных частиц вследствие нейтрализации их электрического заряда.

Флокуляция – это слияние дестабилизированных частиц при их контакте друг с другом в процессе перемешивания.

В качестве флокулянтов используют высокомолекулярные вещества, хорошо растворимые в воде. По современным представлениям, водные растворы высокомолекулярных веществ являются истинными растворами, т.е. гомогенными однофазными термодинамически устойчивыми системами.

Из высокомолекулярных веществ немаловажную роль играет применение высокомолекулярных (обычно содержащих в молекуле винильную группу и получаемых синтетическим путем) синтетических флокулянтов, среди которых особое место занимает полиакриламид. Он хорошо сочетается с минеральными коагулянтами.

Полиакриламид – ППА с формой элементарного звена $\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$ представляет собой белое аморфное вещество, устойчивое при нагревании до 120-130 °С. При более высоких температурах начинаются деструкции полимера, выделение аммиака, образование имидных групп [2].

Сополимеры акриламида и акрилатов аммония, натрия и кальция являются наиболее распространенными флокулянтами. Различаются две группы этих сополимеров. К первой группе относятся сополимеры с содержанием акрилатов не менее 10%. Эти сополимеры получили название технического полиакриламида (во многих книгах и статьях технический полиакриламид именуется просто полиакриламидом – ППА). Ко второй группе относятся сополимеры с содержанием акрилатов более 20%, называемых гидролизированным полиакриламидом – ГПАА.

Технический полиакриламид (ППА) производят в виде геля известкового или аммиачного и сухого продукта.

ПАА–сухой получают путем добавления к аммиачному ППА сульфата аммония, отделения твердой фазы, сушки и дробления.

Технический полиакриламид – малотоксичное вещество.

Карбоксильные группы придают молекуле ППА свойства анионного полиэлектролита. В водных растворах ППА диссоциирует с образованием полимерного аниона и простых катионов.

Следует сказать, что многие синтетические органические флокулянты поступают в продажу под условным фирменным названием и их точный химический состав остается неизвестным или известным только ориентировочно. Например, используемые в Европе водные растворы полиакриламида называют – полиэлектролит.

Учитывая вышесказанное, нами был выбран «Полиакриламид гранулированный сульфатный (флокулянт ПАА-ГС), изготавливаемый по ОСТ 95.284-82 и удобный для хранения и использования. Он представляет собой сухой гранулированный полиакриламид, имеющий гранулы с неоднородной крупностью и содержит 50-60% основного вещества (ПАА), 20-30% сульфата аммония, остальную часть составляет вода.

Растворение высокомолекулярных веществ в воде протекает медленно. Вначале происходит набухание полимера, а затем образование однородного раствора в результате взаимной диффузии молекул воды и макромолекул полимера. Во избежание разрушения флокулянта при последующем механическом перемешивании, оно должно быть не интенсивным [2].

Поэтому для приготовления флокулянта использовалась емкость $V = 2 \text{ м}^3$ с низкооборотной безградиентной мешалкой (см.Рис.2). В емкость наливалась вода и добавлялся полиакриламид. После набухания и двухчасового перемешивания флокулянт насосом 16 подавался в расходные баки 17. В процессе обработки воды флокулянт из расходного бака насосом-дозатором 18 подавался в систему перед флотатором.

В процессе отработки технологического режима были установлены расходы химических реагентов: коагулянта – $150 \div 200 \text{ мг/л}$, флокулянта – $2 \div 4 \text{ мг/л}$.

Следует отметить, что определенное значение имеет разрыв во времени между введением коагулянта и флокулянта. В зависимости от состава загрязнений и температуры воды он колеблется от 30 до 270 секунд [3].

Следующим вопросом, который стоял перед запуском очистных сооружений в эксплуатацию, это подбор фильтрующей загрузки.

Технология фильтрования в настоящее время в достаточной мере разработана. Введение фильтров в схему очистки обеспечивает высокую стабильность количественных и качественных показателей обрабатываемой воды. По характеру фильтрующего слоя фильтры разделяются на зернистые, сетчатые, тканевые и намывные.



Рис. 2. Емкость для приготовления флокулянта



Рис. 3. Механические фильтры

На очистных сооружениях фирмы “Lat-West-East” установлены зернистые напорные фильтры, поэтому рассмотрим фильтрующие материалы, используемые в таких фильтрах.

В качестве фильтрующих материалов для зернистых фильтров применяют кварцевый речной или карьерный песок, дробленый кварц, антрацит, мрамор, гранит, доломит, шунгизит, магнетит, керамическую крошку, керамзит, горелые породы. При очистке сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, применяют также специальные ткани, стекловату, древесные стружки, опилки, сено, рисовую шелуху и другие материалы, многие из которых применяются только в отдельных местностях при достаточном их наличии. Применяют также загрузку из синтетических материалов: волокна, гранулированные пластмассы, пенополистерол и др.

При вскрытии фильтров описываемых очистных сооружений, мы обнаружили в них остатки активированного угля. Однако от его использования мы отказались из-за высокой стоимости (почти 70000 долларов США для шести фильтров в 1993 году) и дефицитности. Кроме того, одной из частых причин снижения сорбционной емкости активированных углей при использовании их в схемах водоочистки – заиливание при поступлении на них недостаточно осветленных вод.

С точки зрения минимальных затрат на приобретение фильтрующей загрузки мы остановились на керамзите и опилках.

Межзерновая пористость керамзитовой загрузки в зависимости от марки исходного материала колеблется от 53 до 73%, что в 1,4-1,9 раза выше пористости кварцевого песка. За счет раскрытия внутренних пор при трении, частицы керамзита сохраняют развитую удельную поверхность.

В работе [4] описывая преимущества дробленого керамзита в качестве фильтрующей загрузки отмечали: «большой задерживающей способностью будет обладать та загрузка, у которой больше контактирующая с водой поверхность частиц, действие гидродинамических сил отрыва будет меньше в загрузке, незамкнутая пористость которой больше и, следовательно, меньше реальные скорости фильтрационного потока, т.е. увеличение удельной поверхности загрузки и ее пористости повышает способность загрузки задерживать загрязнения».

Однако таким преимуществом обладают и некоторые другие материалы, в частности, опилки и асбест.

Предпочтение следует отдавать опилкам мелкой фракции, так как они имеют наибольшую удельную площадь поверхности. Кроме того, нежелательно использовать свежие опилки. Крахмал, содержащийся в древесине превращается в сахара и масла (смесь жиров пальметина и стеарина). Масла образуют на поверхности древесных частиц тонкие пленки [5].

Из физических способов обработки древесных частиц наиболее простой – окисление их в естественных условиях. При выдерживании древесины на воздухе дубильные вещества окисляются, впитываясь в стенки клеток древесины. Водорастворимые сахара в процессе брожения также частично окисляются и кристаллизуются, переходя в нерастворимые соединения. Часть легкогидрализуемых веществ, находящихся в гемицеллюлозах, переходит в легнину. Недостаток этого способа – длительность процесса и большие площади для их хранения.

Для более быстрой обработки древесных опилок их перемешивают с раствором щелочи в течение 15-20 мин. При этом смолистые вещества в опилках разрушаются, а эфирные масла улетучиваются после высушивания опилок [6]. Пористость опилок с наиболее часто используемым гранулометрическим составом: фракция 5-2,5 мм – 50%, фракция 10-5 мм – 25%, фракция 20-10 мм – 25% – составляет 71,9%.

В работе [7] исследовались зернистые загрузки фильтров для глубокой очистки сточных вод, содержащих до 50 мг/л масел. Была изучена эффективность осветления маслосодержащих сточных вод с применением глауконита, доломита и керамзита с

добавлением асбеста и отходов асбестоцементной промышленности (асбестита и асбоцементной стружки). Опыты проводились при фильтровании воды сверху вниз со скоростью 5-10 м/ч. Диаметр частиц загрузки составил 1-2 мм. Лучшие результаты получены для фильтрующих смесей, содержащих в качестве добавки асбест. При добавлении 10-20% (по массе) асбеста к различным наполнителям эффект очистки примерно одинаков в изученных пределах скоростей. Количество масел в очищаемой воде составляло 0,1-0,15 мг/л.

Столь сильное влияние именно асбеста на качество очистки загрязненных маслами вод определяется его природой. В работе [8] показано, что под электронным микроскопом виден трубчатый характер первичных частиц асбеста. Внутренний радиус первичных волокон асбеста чаще всего составляет 5,5 нм, внешний – 13 нм. Первичные частицы асбеста агрегированы в более толстые волокна; их длина обычно равна 1,2-1,3 см. Внешняя поверхность асбеста в зависимости от дисперсности колеблется от 4 до 60 м²/г.

Интересно отметить, что асбест и древесная мука из известных фильтрующих материалов наиболее сжимаемы; так при повышении давления от 0,01 до 2,5 МПа проницаемость их уменьшается в 3,5-4,75 раза [9]. Именно это, а также высокая адгезия механических примесей обуславливают высокую эффективность очистки и низкую скорость фильтрования. К примеру, перлиты (ФП-1 и ФП-2), позволяющие вести фильтрование со значительной скоростью, имеют невысокую степень очистки.

На очистных сооружениях в качестве фильтрующей загрузки использовались мелкие опилки, которые обрабатывались предварительно по вышеописанной технологии (щелочью). В качестве подслоя в опилки добавлялся асбест в количестве 10-20% по массе. Такая фильтрующая загрузка заполняла скоростные напорные фильтры на высоту 1,0 м и укладывалась на основание из гранитной крошки (~200 мм) и керамзита (~200 мм). В качестве механических фильтров на очистных сооружениях установлены стандартные фильтры ФОВ-2,0 (диаметр фильтра 2м), используемые обычно на ТЭС и АЭС в качестве однопоточных напорных осветлительных фильтров (см. Рис. 3).

Превышение по ПДК (предельно допустимых концентраций – 0,5 мг/л) нефтепродуктов наступало после очистки ~10000 м³ загрязненных нефтепродуктами вод. Скорость фильтрации - 7÷10 м/ч. Количество нефтепродуктов в водах при входе на фильтры составляло 8-20 мг/л.

После вступления Латвии в ЕС, использование асбеста было запрещено и в качестве подслоя в фильтрующей загрузке использовался торф и зола от котельных, работающих на твердом топливе.

Очистка сточных вод на очистных сооружениях осуществляется следующим образом.

Загрязненные нефтепродуктами (отмечено максимальное количество нефтепродуктов 70000 мг/л) воды поступают в буферные резервуары 1, где они отстаиваются. При длительном отстаивании сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, происходит частичное их деэмульгирование, в результате которого часть нефтепродуктов всплывает на поверхность жидкости. Если расслоение жидкостей при обычной температуре (20 °С) происходит в течение 2-3 суток, то при подогреве – значительно сокращается. Этот срок может быть еще больше сокращен, если в сточные воды добавляют деэмульгатор. Так например, при очистке воды от нефтепродуктов в советское время на судах морского флота производили отстой при температуре 50-60°С в течение 5-7 часов, добавляли деэмульгатор (например проксанол - 168) из расчета 50-100 г на 1 т очищаемой воды, затем отстаивали еще в течение 5-7 часов и сливали за борт, так как содержание нефтепродуктов в воде не превышает норму (разработка ЦНИИМФ).

Мы отстаивали 2-3 дня (при подогреве паром 1 сутки). После этого сточные воды поступают самотеком в промежуточные емкости 2, из которых они насосами подаются в

напорный бак 5. Для насыщения сточных вод воздухом между насосом 3 и напорным баком 5 установлен эжектор 4. Из напорного бака насыщенные воздухом сточные воды подаются на флотатор 6, куда поступают также коагулянт (сернокислое железо) и флокулянт (ПАА – полиакриламид). Флотатор представляет собой цилиндрическое бетонное сооружение \varnothing 5 м (отстойная часть), и высотой – 1,5 м; общий объем флотатора – 59 м^3 . Внутри флотатора концентрично установлена цилиндрическая флотационная камера из бетона объемом $7,4 \text{ м}^3$ и диаметром 2,5 м в центре которой подходит труба, по которой подается водовоздушная смесь. На трубу сверху одевается устройство типа Сегнера колеса на спицах которого приварены сопла. Когда водовоздушная смесь выходит через сопла, колесо вращается и воздух равномерно распределяется по всему объему. Продолжительность пребывания в зоне флотации – 5-10 мин. Образующаяся в верхней части пена снимается вращающимися лопастями от электропривода с редукторами (см. Рис.4). Пена лопастями сбрасывается в металлическую трубу с прорезью в верхней части и поступает в шламонакопитель. Просочившаяся через шламонакопитель вода через систему трубопроводов самотеком поступает в голову очистных сооружений. Из флотатора очищенные воды самотеком поступают во вторичный отстойник 7, а затем, в емкость 8 для последующей доочистки в напорных фильтрах. Из этой емкости сточные воды подаются насосом 9 на напорные фильтры (всего 6 шт.) и после доочистки сбрасываются в протоку Саркандаугава. Очищенные воды содержат менее $0,5 \text{ мг/л}$ нефтепродуктов.

При нормальной работе очистных сооружений фильтрация ведется пятью фильтрами, при аварийном режиме – тремя. Скорость фильтрации максимальная – $5,5\text{-}10 \text{ м/ч}$, минимальная – $4,5\text{-}5,5 \text{ м/ч}$.



Рис. 4. Флотатор и вторичный отстойник

Производительность очистных сооружений – 60-90 м³/ч.

Опыт эксплуатации очистных сооружений выявил ряд моментов, на которые необходимо обратить внимание для стабильной и надежной их эксплуатации.

Одним из наиболее существенных является использование синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), применяемых при мойке танков. Известно, что синтетические ПАВ, являются жесткими ПАВ, не разлагающимися естественным способом и требующими специальных методов обработки. Так как СПАВ являются, как правило, патентованными средствами, то формула их неизвестна и, таким образом, трудно подобрать методы их нейтрализации. Считаем, что в Европе должен быть принят закон: фирма, производящая СПАВ, должна представить и методы их нейтрализации (или производить вещества, обеспечивающие это).

Разумеется, такие воды поступают не регулярно, но очистные сооружения не могут очистить загрязненные нефтепродуктами воды от СПАВ до разрешимых норм (предельно допустимых концентраций – ПДК), поэтому иногда очищенные от нефтепродуктов воды содержат значительно превышающее предельно допустимую концентрацию количество СПАВ (в 4-5 раз).

Одновременно следует отметить, что часть СПАВ переходит в процессе отстоя в буферных резервуарах в топливную часть, а топливо, приготовленное из такого компонента плохо горит.

Вторым существенным моментом является следующее. При накоплении загрязненных нефтепродуктами вод на судах, затем бункеровщиках и, наконец, на очистных сооружениях ухудшаются их органолептические свойства (запахи и привкусы). По правилам MARPOL очищенная вода не должна приобретать запахов интенсивностью больше 3-х баллов. Очистка воды от запаха не является самоцелью очистных сооружений, однако наличие резко гниющего запаха (что периодически наблюдается в сданных водах) – признак гниения в воде органики (возможно в результате слива в загрязненные нефтепродуктами воды сточных вод, содержащих фекалии и хозяйственно-бытовые воды, что никак не контролируется). В результате иногда мы имеем превышение предельно допустимых концентраций по биологической и химической потребности в кислороде (БПК и ХПК), а это требует специальных методов обработки воды, что на этих очистных сооружениях не предусмотрено (например, продувка кислородом или озоном).

После спуска из буферных резервуаров отстоявшейся воды, топливным насосом 20 отстоявшиеся в буферных резервуарах нефтепродукты подаются в разделочные резервуары 21, где происходит разделение нефтепродуктов и воды и осуществляется обработка нефтепродуктов (отстой, слив отстоявшейся воды, очистка в фильтрах). Время разделки обводненного нефтепродукта 3-5 суток при температуре 35-60 ° С. Затем, с использованием специального устройства – смесителя-диспергатора 22, приготавливается необходимой кондиции топливо. В основном это топливо используется в котельной очистных сооружений.

В настоящее время владельцем очистных сооружений является Рижский свободный порт, который проводит реконструкцию с целью замены устаревшего оборудования на европейское.

Со вступлением Латвии в Евросоюз нормы предельно допустимых концентраций стали мягче – очистным сооружениям Рижского свободного порта разрешено сбрасывать в протоку очищенную воду с содержанием нефтепродуктов до 1 мг/л (европейские нормы – 15 мг/л).

Западные нормы значительно менее жесткие, чем были установлены в Советском Союзе. Так предельная концентрация нефти в сбрасываемых в море после очистки водах колеблется от 30 мг/л в Австралии до 48 мг/л в США. В Северном море принята предельная концентрация в 40 мг/л, в Канаде также предполагается принять это значение [10].

Очистные сооружения Лиепайского порта

Учитывая опыт эксплуатации очистных сооружений фирмы Lat-West-East, авторы настоящей статьи разработали технологическую схему очистных сооружений, предназначенных для Лиепайского порта. Лиепайскому порту потребовались очистные сооружения для очистки загрязненных нефтепродуктами вод производительностью 10 м³/ч.

Такая сравнительно небольшая производительность очистных сооружений позволила при проектировании их использовать некоторое стандартное оборудование. Строительство очистных сооружений было завершено в 2002 году. Принципиальная схема очистных сооружений представлена на рис.5.

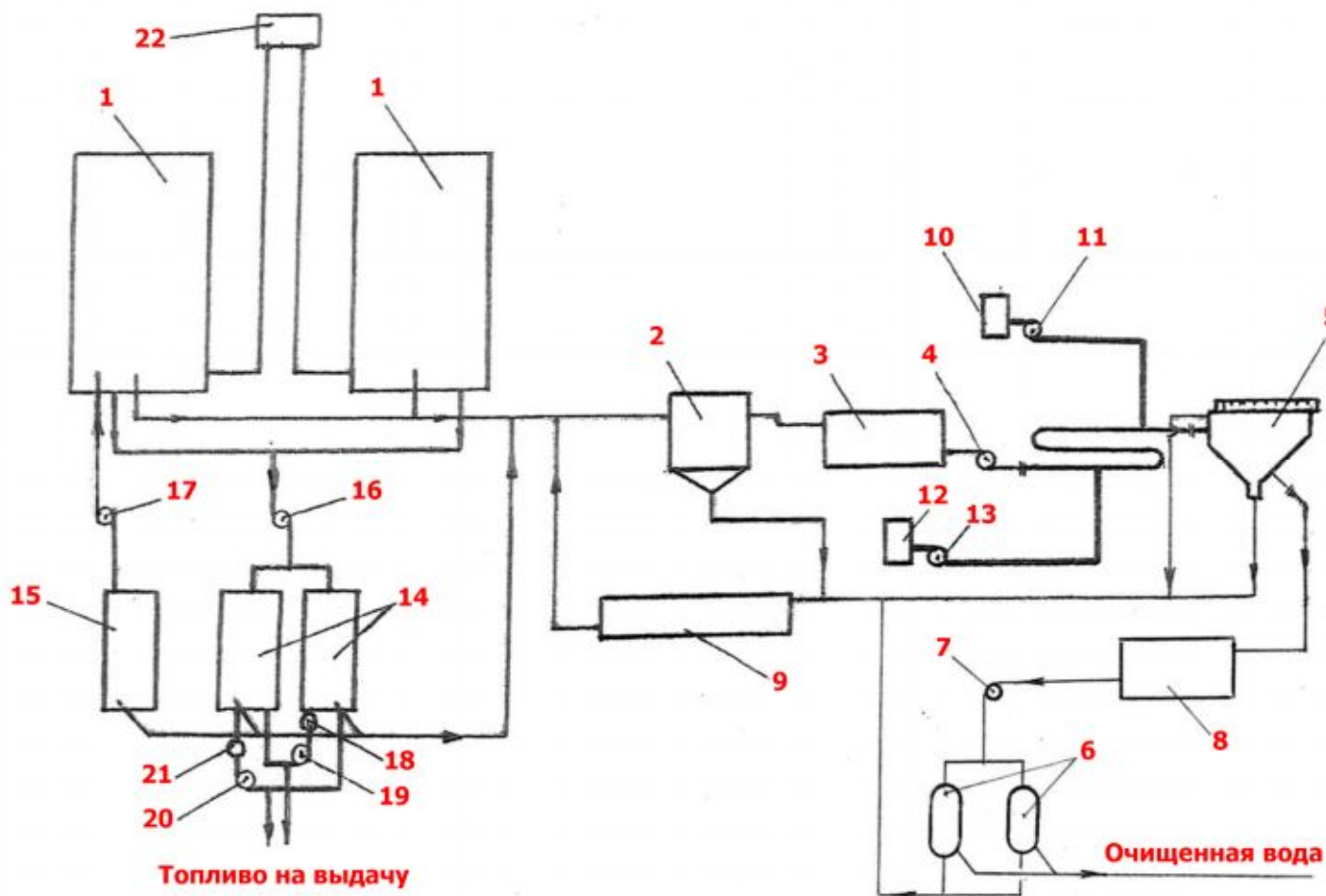


Рис. 5. Принципиальная схема очистных сооружений г. Лиепая

1. Буферные (приемные) резервуары.
2. Промежуточный резервуар (отстойник).
3. Промежуточный резервуар.
4. Насос подачи воды на флотатор.
5. Флотатор.
6. Фильтры.
7. Насос подачи воды на фильтры.
8. Емкость для воды.
9. Шламонакопитель.
10. Емкость для флокулянта.
11. Насос флокулянта.
12. Емкость для коагулянта.
13. Насос коагулянта.
14. Разделочные резервуары.
15. Емкость для сточных вод.
16. Насос обводненной нефти.
17. Насос.
18. Фильтр.
19. Диспергатор.
20. Фильтр.
21. Фильтр.
22. Приемный колодец.

Для приема загрязненных нефтепродуктами вод с судов, промышленных предприятий и ливневых вод на очистных сооружениях установлены два буферных (приемных) резервуара 1 объемом по 750 м³ каждый. Подача загрязненных вод с судов производится через приемный колодец на причале посредством гибких шлангов. С судов в буферные резервуары вода подается судовыми насосами по напорным трубопроводам.

Сточные воды от предприятий сливаются в 60-и кубовую емкость 15, соединенную посредством насоса NM 65/16DE Q=84 м³/ч Н = 22 м.в.ст N=7,5 kW и трубопровода с буферным резервуаром, куда эти воды подаются для последующей обработки.

Буферные резервуары предназначены для отстаивания нефтесодержащих сточных вод. После отстаивания в течение 1-3 суток (при нагреве паром 7-8 часов) воды из буферных резервуаров самотеком поступают в первый промежуточный резервуар (отстойник) открытого типа 2 (см. Рис.6), что позволяет визуально контролировать степень очистки воды после отстоя и избежать попадания большого количества нефтепродукта из переходного слоя (в месте раздела фаз вода-нефтепродукты). Промежуточный резервуар отстойник выполнен в соответствии с типовым проектом 902-2-357 ЦИТП. Диаметр отстойника 4,5 м. Он выполнен вертикальным подземным из монолитного железобетона марки 200 и открытой поверхностью с подающего лотка, емкость - 60 м³. Его конструкция обеспечивает частичное отделение нефтепродуктов из воды и их эвакуацию.

После частичного отделения нефтепродукта в первом промежуточном резервуаре-отстойнике вода самотеком поступает во второй промежуточный резервуар 3(выполнен металлическим и располагается под землей).

Из второго промежуточного резервуара вода центробежным насосом 4 марки SARLIN SVX 024B-P1 Q=10 м³/ч Н = 30 м.в.ст. N = 3,0 kW подается на флотационную установку фирмы Redox (Голландия) 5. Флотатор фирмы Redox (см. рис. 7) установлен в фильтровальном зале. Поверхность флотатора F = 7 м², габариты: длина – 2151 мм, ширина – 1160 мм, высота – 2050 мм.

Флокулятор флотатора фирмы Redox, в отличие от известных флокуляторов резервуарного типа, выполнен трубчатой формы, что обеспечивает хорошее перемешивание обрабатываемой воды с коагулянт и флокулянт по всему объему за счет более равномерной турбулентности. Первоначально вода попадает во флокулятор, куда одновременно поступают коагулянт, флокулянт и воздух от компрессора. Насыщенная воздухом вода поступает в нижнюю часть флотатора, где с понижением давления до атмосферного из воды выделяются тонкодисперсные пузырьки воздуха и происходит непосредственный процесс флотации. Выделившиеся из воды мельчайшие пузырьки воздуха увлекают на поверхность водной среды взвешенные частицы эмульгированных нефтепродуктов и образуют легко удаляемый пенообразный слой, который удаляется скребковым механизмом в шламонакопитель. Осажденные вещества (например, песок) собираются в специальное отделение с затвором и оттуда самотеком поступают к месту выпуска. Место выпуска полностью автоматизировано и включает в себя регулируемый пневматический дроссельный клапан с контролем времени. Для повышения эффекта очистки загрязненных нефтепродуктами вод предусматривается применение химических реагентов - коагулянта и флокулянта.

Реагентное хозяйство располагается в фильтровальном зале рядом с флотатором. Оно рассчитано на хранение и дозирование в сточную воду коагулянта 250 мг/л – Al₂(SO₄)₃. Хранение коагулянта - мокрое. Емкость для коагулянта 12 составляет 1 м³. Коагулянт подается на флотатор насосом-дозатором 13 марки ALLTEC производительностью Q = 0-14 л/ч, мощность электродвигателя 0,09 kW.



Рис. 6. Резервуар-отстойник

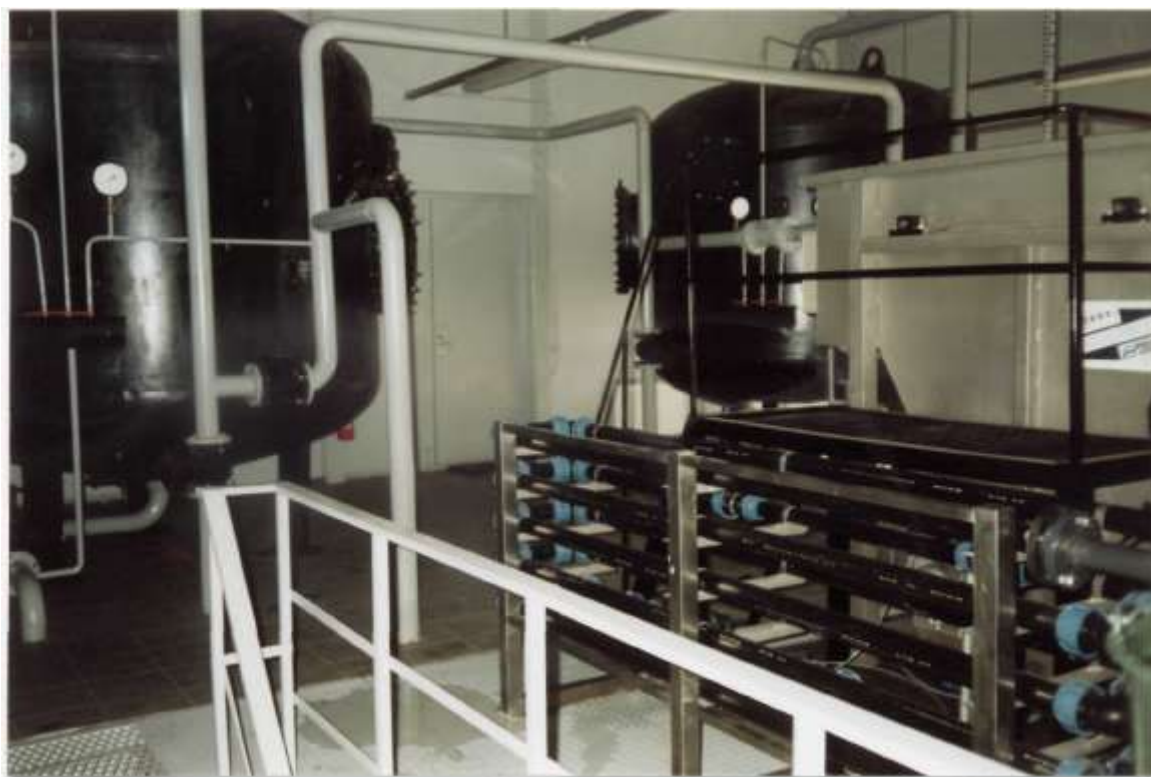


Рис. 7. Флотатор фирмы «REDOX»

В целях более глубокой очистки используется флокулянт - полиэлектролит. Хранение флокулянта мокрое. Емкость для флокулянта 10 составляет 2 м³. Расход флокулянта 2 мг/л. Флокулянт подается на флотатор насосом дозатором 11 марки Nova Rotors, мощность электродвигателя N = 0,37 kW.

Дозирование коагулянта и флокулянта производится автоматически пропорционально расходу обрабатываемой воды. Очищенная во флотаторе вода поступает в промежуточную емкость 8 для воды, откуда насосом 7 (основным или резервным) подается на механические фильтры 6 (рис.7). В фильтрах происходит снижение концентрации загрязнений нефтепродукта до величины, не превышающей ПДК.

Всплывшая пена из флотатора, осажденные вещества из флотатора и промежуточного резервуара-отстойника, первый фильтрат и переливы на фильтрах самотеком поступают в шламонакопитель 9 объемом V = 32 м³. В шламонакопителе вода проходит через слой песка и дренажную систему и попадает в колодец шламонакопителя, откуда вода погружным насосом подается в промежуточный резервуар-отстойник, т.е. в голову очистных сооружений.

Отстоявшиеся в буферном резервуаре нефтепродукты насосом 16 марки IPN 100/160-7.5/2 Q = 90 м³/ч H = 20 м.в.ст. N = 7,5 kW подаются в разделочные резервуары 14, 15, где происходит окончательное разделение нефтепродуктов и воды. Разделочные резервуары 2 шт. объемом 60 м³ каждый предназначены для обезвоживания нефтепродуктов путем их отстаивания и обогрева, а также для приготовления стабильных топливных смесей.

По эксплуатационным данным обводненные нефтепродукты после буферного резервуара содержат до 60% воды.

Разделение обводненных нефтепродуктов производится путем подогрева паром, пропускаемым через змеевики, установленные в разделочных резервуарах. Время разделки 3-5 суток при температуре 70 °С. В случае присутствия в сдаваемых с судов загрязненных нефтепродуктами водах керосина, температура подогрева обводненных нефтепродуктов в разделочных резервуарах должна составлять 35°С. Во время разделки по мере отстаивания при подогреве производится постоянный спуск воды из разделочных резервуаров. Отстоявшаяся, так называемая, подтоварная вода направляется самотеком в голову очистных сооружений – в промежуточный резервуар-отстойник.

Для создания гомогенной топливной смеси в насосной разделочных резервуаров установлены смесители-диспергаторы DRS-10 (производство “CORVUS Company”, Латвия). Смесители-диспергаторы (см. Рис.8) предназначены для приготовления стабильных топливных эмульсий по кольцевой схеме.

В процессе обработки топлива в диспергаторе оно проходит через два фильтра 18 или 21. Выдача подготовленного топлива (утилизируемых отходов нефтепродуктов) осуществляется через диспергатор, нагнетательный трубопровод который имеет отвод. К нему прикреплен гибкий шланг, который подают в вакуумную машину или бензовоз. Топливо используется в котельной очистных сооружений.



Рис. 8. Смесители-диспергаторы DRS-10

Очистные сооружения в Resnica (Словения)

Очистные сооружения предназначены для нейтрализации кислых вод, загрязненных нефтепродуктами, и очистке этих вод от нефтепродуктов.

Эта вода образовалась на поверхности сернокислого гудронового озера в результате осадков (сернокислые гудроновые озера образовались в результате накопления в отведенных для этого местах отходов – сернокислых гудронов, образующихся при производстве масел для промышленности и транспорта). Показатель pH воды составлял 1,5.

Очистные сооружения включают (см. Принципиальную схему рис.9) приемный резервуар 1 с насосами 2 и расходомером 3; пластинчатый сепаратор 4 с насосом 5 для откачки осадка и скиммером 6; емкости 7 для нейтрализации воды с мешалками 8; емкости для приготовления коагулянта 9 с пропеллерными мешалками 10 и мембранным насосом-дозатором 11; емкости для приготовления флокулянта 12 с турбомешалками 13 и мембранным насосом-дозатором 14; бункер для извести 15; емкости для приготовления известкового молока 16 с мешалками 17 и насосами 18 и насосом-дозатором 19, для подачи известкового молока в емкости 7 для нейтрализации воды; отстойник (шламоосадитель) 20 с мешалкой 21, скребком 22 и насосом 23; промежуточную емкость 24 с насосами 25; песочные фильтры 26 и фильтры с активированным углем 27; накопитель очищенной воды 28 с прибором 29 для определения содержания нефтепродуктов в воде при спуске после очистки; компрессор 30; шламоборник 31 с насосом 32; фильтр-пресс 33 с контейнером 34.

Очистные сооружения работают следующим образом.

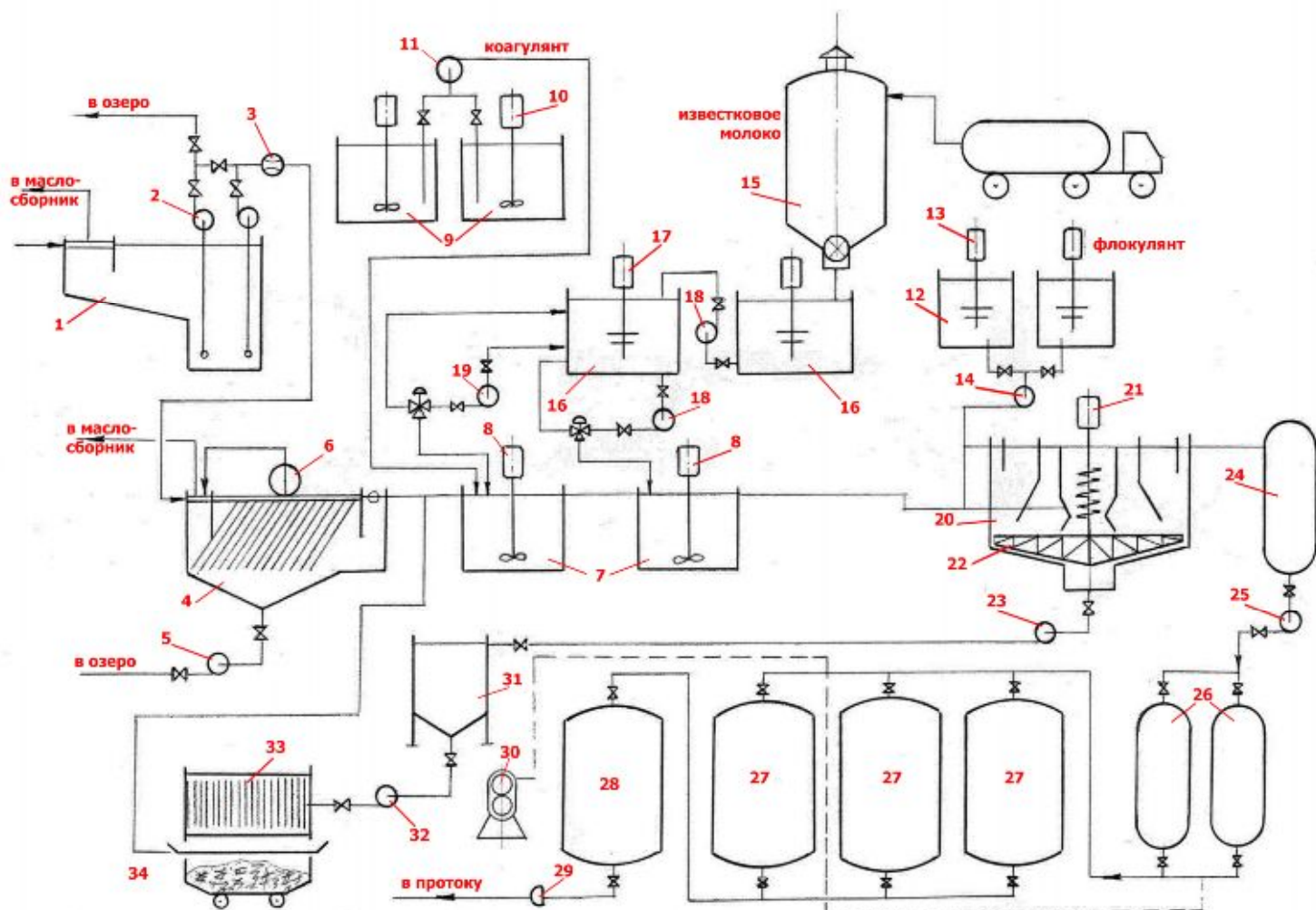


Рис. 9. Принципиальная схема очистных сооружений в Pesnica

1. Приемная емкость. 2. Насос вертикальный. 3. Расходомер. 4. Пластинчатый сепаратор. 5. Насос горизонтальный. 6. Скиммер. 7. Емкости для нейтрализации воды. 8. Мешалка пропеллерная. 9. Емкости для коагулянта. 10. Мешалка пропеллерная. 11. Насос-дозатор мембранный. 12. Емкости для флокулянта. 13. Турбомешалка. 14. Насос-дозатор мембранный. 15. Бункер для извести. 16. Емкость для известкового молока. 17. Мешалка. 18. Насос. 19. Насос-дозатор известкового молока. 20. Отстойник (шламоосадитель). 21. Мешалка. 22. Скребок. 23. Насос. 24. Промежуточная емкость. 25. Насос центробежный. 26. Песочные фильтры. 27. Фильтры с активированным углем. 28. Накопитель очищенной воды. 29. Прибор определения нефтепродуктов. 30. Компрессор. 31. Шламосборник. 32. Насос. 33. Фильтр-пресс. 34. Контейнер.

Вода из озера поступает в приемную емкость 1. Емкость изготовлена так, что образующаяся на поверхности пленка нефтепродуктов переливается в сборник, а из нижней части емкости насосом 2 вода через расходомер 3 направляется в пластинчатый сепаратор, где происходит отделение нефтепродуктов от воды; нефтепродукт собирается скиммером 6 и направляется в маслосборник, а вода перетекает в емкости для нейтрализации воды 7.

Перед началом очистки готовится известковое молоко, коагулянт и флокулянт.

Известь из бункера 15 поступает в первую емкость 16 для приготовления известкового молока при помощи мешалки. Затем насосом 18 известковое молоко поступает во вторую емкость 16 где оно перемешивается мешалкой; кроме того, предусмотрено, что для более качественного приготовления известкового молока оно может, при помощи второго насоса 18, циркулировать по замкнутому контуру. На

нейтрализацию 1 м³ сернокислой воды расходуется 1,2 кг извести. Насосом-дозатором 19 известковое молоко подается в емкость для нейтрализации воды.

Коагулянт - сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ – приготавливается в емкости 9 при помощи мешалки. Приготавливается 10% раствор $Al_2(SO_4)_3$. Необходимое количество определяется JAR – тестом. Коагулянт насосом-дозатором 11 подается в емкость для нейтрализации воды 7.

Флокулянт – анионный полиэлектролит – приготавливается в емкости 12 при помощи мешалок 13 и насосом-дозатором 14 подается в емкость для нейтрализации воды. Используется 0,02% раствор полиэлектролита.

В емкость нейтрализации воды 7 поступает расчетное количество известкового молока, коагулянта и флокулянта, причем поступление известкового молока и коагулянта регулируется автоматически по показателю pH.

В результате химической реакции между известью и сернокислым алюминием образуется твердый осадок, в котором капсулируются нефтепродукты.

Вода, после нейтрализации, поступает в отстойник (шламоосадитель). Шлам оседает в нижней части отстойника, откуда насосом 23 подается в шламосборник 31. После шламосборника шлам насосом 32 подается в фильтр-пресс 33, где шлам отжимается; вода после отжима подается в емкости для нейтрализации воды, а твердый осадок помещается в контейнер 34 и используется в дальнейшем для отверждения сернокислого гудрона.

Очищенная в отстойнике вода поступает в промежуточную емкость, откуда насосом 25 подается вначале в песочные фильтры 26, а затем в фильтры с активированным углем 27. После очистки вода поступает в накопитель очищенной воды 28, а из нее самотеком, через прибор, определяющий содержание нефтепродуктов в воде, вытекает в протоку «Гачник».

Транспортировка извести, а также взрыхление фильтров перед их промывкой осуществляется сжатым воздухом от компрессора 30.

Очистные сооружения обеспечивали очистку воды до предельно допустимых концентраций, принятых в Словении. Из неприятных явлений следует отметить то, что насос, перекачивающий сернокислую воду из гудронового озера, выходил из строя (разрушался) в течение месяца.

Список использованных источников

1. Технические записки по проблемам воды: Пер. с англ. т.1/ К. Барак, Ж. Бебен, Ж. Бериар и др. Под. ред. Т.А. Карюхчной, И.Н. Чурбановой. – М.: Стройиздат, 1983 - 607 с.
2. Вейцер Ю.И., Минц Д.М. \ Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. – М., Стройиздат, 1984 - 200 с.
3. Пушкарев В.В., Южанинов А.Г., Мэн СК. Очистка маслосодержащих сточных вод. М., Металлургия, 1980 - 200 с.
4. Аюкаев Р.И., Мельнер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. Л.: Стройиздат, 1985 - 120 с.
5. Каратаев Э.И., Клименко М.И. Использование древесных опилок. «Лесная промышленность». М., 1974 -145 с.
6. Томчук Р. Углеводистые корма из древесины. – «Лесная промышленность» 1971, № 6, с. 23-24.
7. Горбунова О. Г., Киселева Л.З., Лисицкая В.Д. – «Водоснабжение и санитарная техника», 1977, № 8, с. 12.
8. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев, «Наукова думка», 1981 – 208 с.

9. Руденко Л.И., Скляр В.Т. Свойства вспомогательных фильтрующих материалов. ХТТМ, 1981, № 10, с. 12-15.
10. Alternative processes for the removal of oil from oilfield brines / Simms K., Kok S., Zaidi A. // Proc. 1st. Int. Symp. Oil and Gas Explor. and Prod. Waste Manag. Pract., New Orleans, La Sept. 10-13. 1990. – Silver Spring (Md), 1990.
11. Wasserkläranlage Pesnica. Technologie – und Maschinenbauprojekt.