



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности
предприятий природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
(квалификация – бакалавр)

На тему «Анализ системы очистки сточных вод предприятий
нефтеперерабатывающей промышленности»

Исполнитель Андреев Артем Владимирович

Руководитель к.с.х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

Сца

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 23 » 01 2020 г.

Туапсе

2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Типовые системы и методы очистки сточных вод предприятий нефтегазового комплекса.....	5
1.1 Характеристика типовых систем очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода.....	5
1.2 Методы очистки промышленных сточных вод от нефтепродуктов.....	14
2 Анализ хозяйственной деятельности предприятия и состояния системы очистки промышленных сточных вод	23
2.1 Основные виды продукции и технологии производственного процесса ООО «РН - Туапсинский НПЗ»	23
2.2 Анализ системы очистки сточных вод на предприятии и их влияние на состояние водного бассейна в районе порта Туапсе	27
3 Эффективность мероприятий по реконструкции системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ».....	39
Заключение	46
Список использованной литературы.....	49

Введение

Примерно 80 % воды, используемое для водоснабжения городов и промышленных предприятий забирается из поверхностных водоемов, состояние большинства которых не в состоянии обеспечить требуемое качество воды. Неудовлетворительное состояние водоисточников связано со сбросом в них недостаточно или совершенно неочищенных городских и промышленных сточных вод и поверхностного стока с площади водосбора. В настоящее время около 30% всего объема сточных вод не подвергается очистке перед сбросом в водоем.

В этой связи технологии водоподготовки и очистки сточных вод имеют особое значение, поскольку вода является одним из важнейших компонентов системы жизнеобеспечения.

В нефтеперерабатывающей промышленности воду используют как сырье и источник энергии, как хладагент, растворитель, экстрагент, для транспортировки сырья и материалов. В результате образуются производственные сточные воды, с веществами органического и неорганического происхождения, а самыми главными являются нефть и нефтепродукты, которые относятся к числу наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Попадая в водоемы, они ухудшают их органолептические и токсикологические характеристики, наносят огромный вред всему народному хозяйству.

Актуальность исследований заключается в том, что проблема улучшения очистки производственных сточных вод, имеет особое значение в связи с увеличением объемов производства и соответственно повышением уровня загрязнения сбросов в водную среду.

Объект исследования – ООО «РН-Туапсинский НПЗ».

Предмет исследования – система очистки сточных вод и ее влияние на состояние водного бассейна в районе порта Туапсе.

Цель – провести анализ системы очистки сточных вод на предприятии,

определить экологический эффект мероприятий по улучшению системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ».

На основании предусмотренных целей поставлены следующие задачи:

- рассмотреть типовые системы очистки сточных вод на предприятиях нефтегазового комплекса;
- изучить методы очистки промышленных сточных вод от нефтепродуктов;
- дать характеристику объектам - источникам сточных вод на предприятии;
- исследовать существующие системы очистки сточных вод ООО «РН-Туапсинский НПЗ» и их влияние на состояние водного бассейна в районе порта Туапсе
- определить экономический и экологический эффект мероприятий по улучшению и системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ».

1 Типовые системы и методы очистки сточных вод предприятий нефтегазового комплекса

1.1 Характеристика типовых систем очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода

На предприятиях нефтеперерабатывающего завода предусмотрены следующие комплексы очистных сооружений:

1. Система оборудования полной механической, биохимической очистки и доочистки стоков первой системы канализации, которые после доочистки в полном объеме возвращаются на завод для использования в системе производственного водоснабжения.

2. Система оборудования полной механической, биохимической очистки и доочистки смеси стоков второй системы канализации, которые после доочистки в полном объеме сбрасываются в водоем.

Сооружения локальной очистки:

- стоков ЭЛОУ (электрообессоливающих установок);
- сернисто-щелочных стоков, если в составе завода не предусмотрена утилизация сернистых щелоков;
- стоков от промывки нефтепродуктов после защелачивания, если сброс этих стоков в первую систему канализации может привести к эмульсации стоков первой системы;
- ливневых стоков, которые в аварийных ситуациях на заводе могут быть загрязнены нефтепродуктами [2, с.134].

3. Особое место на заводе занимают сооружения локальной очистки, куда для доочистки отправляются стоки содержащие тетраэтилсвинец, окисленные вещества, состоящие из неорганических и жирных кислот, имеющие в своем составе специфические загрязняющие вещества, не подлежащие очистке в общей очистительной системе.

4. Система оборудования, предусматривающая очистку хозяйственно-бытовых стоков НПЗ, которые в аварийных ситуациях на заводе могут иметь

загрязнение нефтепродуктами выше нормально допустимых пределов.

5. Система оборудования полной механической и биохимической очистки хозяйственно-фекальных стоков жилого района (поселка, города) и других, связанных с НПЗ, объектов (ТЭЦ, стройбаза и т. д.).

6. Система оборудования по обезвреживанию уловленных нефтепродуктов.

7. Система оборудования по обезвреживанию и уничтожению нефтешламов, осадков от механической очистки хозяйственно-фекальных стоков, избыточных активных илов от биохимической очистки всех видов стоков.

Необходимость локальной очистки на заводе стоков ЭЛОУ и сернисто-щелочных стоков определяется в каждом отдельном случае в зависимости от мощности и загрязненности водоема, в который предусматривается сброс очищенных стоков завода, общего расхода предполагаемого к сбросу в водоем очищенного стока и остаточного его загрязнения.

Механически очищенные хозяйственно-фекальные стоки нефтеперерабатывающего завода направляются на биохимическую очистку со стоками второй системы.

Загрязнённые сточные воды собирают в системах водоотведения (канализации) и, в зависимости от степени и природы загрязнённости, очищают в различных сооружениях. Существует три основных типа очистных сооружений – локальные, общие/заводские, районные/городские.

На локальных установках осуществляют очистку от конкретных примесей определённых производств, что экономичнее и эффективнее, чем удаление их из смесей в случае объединения стоков из различных производств. Здесь проще осуществить регенерацию индивидуальных веществ и возврат их в процесс, а также очистить от веществ, из-за токсичности которых стоки не могут быть направлены на общие или районные очистные сооружения или в системы повторного и оборотного водоснабжения предприятия.

Такие современные предприятия как нефте и газо-перерабатывающие и нефтехимические заводы у себя, имеют систему очистных сооружений ,

укомплектованные достаточным оборудованием для очистки не только своих сточных образований, но и зачастую стоки городских или других территориальных сточных вод.

Районные или городские очистные сооружения предназначены для очистки бытовых и производственных вод района [26, с. 20].

Нефтесодержащие сточные воды, полученные при бурении или извлеченные из водонефтяных эмульсий, образующиеся на нефтебазах и насосных станциях и трубопроводах, применяют очистные сооружения общего типа.

Нефтебазы, насосные станции и трубопроводы применяющие очистные сооружения общего типа образуют нефтесодержащие сточные воды полученные в результате бурения или извлеченные из водонефтяных эмульсий. Различные взвешенные вещества, при механической очистке удаляются через отстойники и ловушки.

Типы и конструкции отстойников. Всё многообразие отстойников условно можно разделить на три группы: вертикальные, горизонтальные и радиальные. Вертикальные отстойники применяют при расходах сточных вод до 10 000 м³/сут.

Горизонтальные или радиальные отстойники применяют при больших расходах со следующими размерами (в м): длина 24-36, ширина 6-9, глубина 3-4, диаметр радиальных отстойников 18-54. Горизонтальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 15 000 м³/сут. Они оборудованы скребковыми механизмами, сдвигающими выпавший осадок в приямок, объём которого равен двухсуточному количеству выпавшего осадка.

Радиальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 20 000 м³/сут. По сравнению с горизонтальными они имеют значительные преимущества, такие как простоту и надёжность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности. Недостаток – наличие подвижной фермы со скребками [20, с.122].

Отстаивание осуществляют для осаждения из сточных вод

грубодисперсных примесей под действием силы тяжести и для разделения несмешивающихся жидкостей с разной плотностью в песколовках, нефтеловушках, отстойниках различных конструкций.

Изготавливаются такие песколовки по типовым проектам. Производительность их колеблется от 1400 до 64000 м³/сутки.

Нефтеловушки предназначены для удаления основной части нефтепродуктов и мелких минеральных частиц. Время отстоя – 2 ч. Применяются типовые железобетонные двух-, трех- и четырех секционные нефтеловушки производительностью, соответственно, 110; 165 и 220 л/с. Остаточное содержание нефтепродуктов в стоках после нефтеловушек ~100 мг/л.

Нефтеловушки оборудованы поворотными трубами для сбора нефтепродуктов и скребковыми транспортерами для сгребания осадка и сгона плавающей нефти к трубам. Удаление осадка осуществляется через донные клапаны самотеком или гидроэлеваторами под напором.

В зарубежной практике (США, Япония) широко используются пластинчатые нефтеловушки (рисунок 1.1). При значительно меньших размерах и капитальных затратах на строительство эти ловушки обеспечивают такой же эффект очистки, что и существующие нефтеловушки.

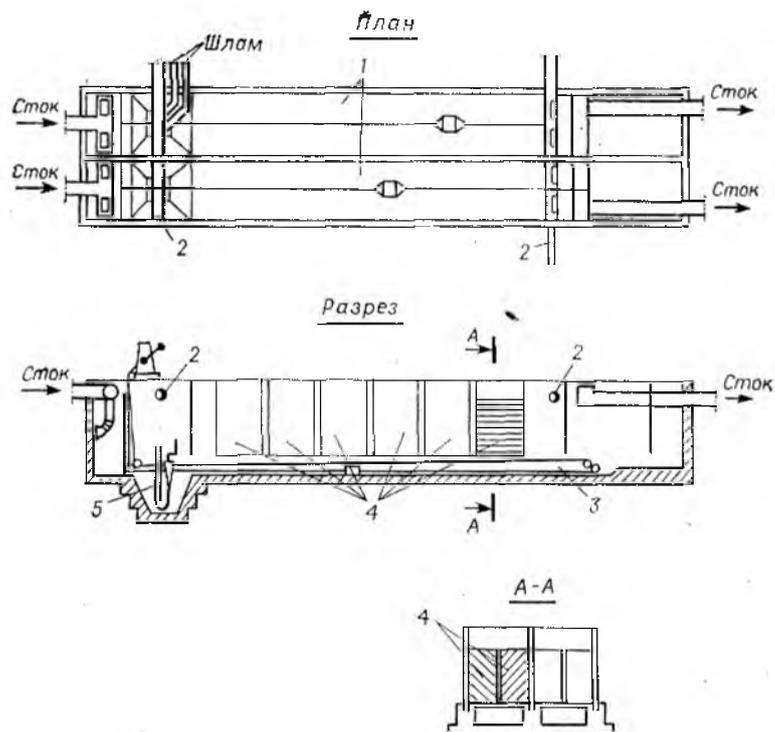
Грубые минеральные примеси размером свыше 0,2 мм и 90-95% плавающих нефтепродуктов задерживают в песколовках. Песок и другие тяжёлые частицы оседают при снижении скорости потока воды.

Песколовки представляют собой горизонтальные (прямоугольные или круглые в плане) резервуары, выполненные из сборного или монолитного железобетона.

В дне песколовки предусмотрен приямок, в который собирается выпавший осадок, удаляемый из приямка гидравлическим или гидромеханическим способом в песковые бункеры либо на песковые площадки.

Обезвоженный песок при надёжном обеззараживании может быть использован в производстве дорожных работ и изготовлении строительных

материалов [12, с.203].



1 – секции нефтеловушки; 2 – поворотные трубы для сбора нефтепродукта; 3 – скребящее устройство; 4 – пластинчатые блоки; 5 – гидроэлеватор; 6 – лебедка.

Рисунок 1.1 – Пластинчатая нефтеловушка [25, с. 120]

Для очистки сточных вод, содержащих неэмульгированные углеводороды (нефть, нефтепродукты) при концентрациях более 100 мг/л, а также мелкие минеральные примеси, применяют нефтеловушки.

Очистка от всплывающих примесей такого рода аналогична осаждению твёрдых веществ, различие в том, что плотность всплывающих примесей ниже плотности воды.

Для улавливания частичек нефти используют нефтеловушки, в которых скорость движения воды изменяется в пределах 0,005-0,01 м/с, а скорость всплывания частичек нефти диаметром 80-100 мкм составляет 1-4 мм/с. При этом всплывает 96-98% нефти.

Простейшие нефтеловушки представляют собой прямоугольные резервуары, в которых происходит разделение нефти и воды за счёт разности их плотностей

Интенсифицировать процесс отстаивания в нефтеловушках обычных

конструкций сложно. С увеличением размеров отстойников гидродинамические характеристики отстаивания ухудшаются: чем больше высота отстойника, тем больше необходимо времени для всплытия частиц на поверхность воды. Понимание того, что процесс всплытия (оседания) происходит быстрее при прочих равных условиях в тонком слое жидкости привело к созданию тонкослойных отстойников (трубчатых и пластинчатых).

Песколовки служат для задержания крупных минеральных примесей и нефтепродуктов. Расчетное время прибывания стоков – 30 с. Как правило, применяются железобетонные песколовки горизонтального типа с круговым движением воды (из условия более удобного сбора нефтепродукта).

Отстойники дополнительного отстоя служат для более полного удаления всплывающих нефтепродуктов и осаждающихся взвесей, а также усреднения состава сточных вод.

Отстойники принимаются типовые, приспособленные из первичных отстойников, железобетонные, оборудованные устройствами для сгребания осадка и сгона нефтепродукта, во взрывобезопасном исполнении. Диаметр отстойника 30 и 40 м, производительность, соответственно, 360 и 760 м³/ч.

Время отстаивания стоков в отстойниках дополнительного отстоя – 6 ч, расчетный эффект очистки – до 70 мг/л.

На существующих заводах для тех же целей часто используются пруды дополнительного отстоя, состоящие из двух последовательных секций, объем которых обеспечивает прибывание стоков в течение 12-18 ч (первая секция – $\frac{2}{3}$ объема, вторая – $\frac{1}{3}$ объема).

Пруды оборудованы приспособлениями для равномерного распределения расхода стока по сечению пруда и устройствами для удаления всплывающей нефти. Глубина прудов – 2-3 м. Эффект очистки в прудах несколько ниже, чем в отстойниках. Отрицательным в работе прудов является то, что сбор нефти в них осуществляется периодически, а удаление осадка – только при опорожнении пруда. Пруды занимают значительно большую, чем отстойники, площадь.

Стандартные трубчатые блоки изготавливают из полихлорвинилового

или полистирольного пластика. Обычно применяют блоки длиной около 3, шириной 0,75 и высотой 0,5 м, с размером трубчатого элемента в поперечном сечении 5x5 см.

Для осветления сточных вод с небольшим количеством механических примесей применяют отстойники с малым наклоном трубы (10°). В отстойниках с крутонаклонным расположением трубок (60°) происходит сползание осадка вниз по трубкам, поэтому необходимость промывки последних отпадает.

Пластинчатые отстойники состоят из ряда параллельно установленных пластин, между которыми движется жидкость. Пластины имеют различную конфигурацию, в том числе могут быть гофрированными. Их располагают под углом 45° относительно направления потока сточной воды. Глубина воды на пластинчатых отстойниках 40-140 мм, а на обычных нефтеловушках – до 2 м. При прохождении сточных вод между пластинами капли нефти всплывают к верхней пластине, где коалесцируют в более крупные капли, которые перемещаются вверх и сливаются, образуя слой, непрерывно снимаемый с поверхности жидкости нефтеотводящей трубой. Такие нефтеловушки перекрывают, чтобы исключить загрязнение воздуха и потери за счёт испарения нефти [12, с.204].

Трубчатые и пластинчатые тонкослойные отстойники имеют в четыре-пять раз меньшие строительные объёмы, но позволяют снизить остаточное содержание нефтепродуктов до 50–120 мг/л.

Для очистки сточных вод, загрязнённых жирами, маслами, смолами, применяют жироловки, масло- и смолоотстойники. Для уменьшения вязкости смолы загрязнённую воду перед откачкой подогревают паром до 60°C .

Дополнительная гравитационная очистка стоков и усреднение их состава проводится в прудах-усреднителях (в плане – железобетонные прямоугольные резервуары) или радиальных отстойниках, которые оборудуют устройствами для сбора нефтепродуктов и сгребания осадка.

Эффект очистки в прудах дополнительного отстоя составляет 30–50%,

остаточное содержание нефтепродуктов 70–100 мг/л.

В прошлом этот способ находил самое широкое применение для очистки промышленных стоков. Сущность химического метода заключается в том, что на очистных станциях в стоки вносят реагенты.

Они вступают в реакцию с растворенными и нерастворенными загрязняющими веществами и способствуют их выпадению в отстойниках, откуда их удаляют механическим путем. Но этот способ непригоден для очистки стоков, содержащих большое количество разнородных загрязнителей.

Для очистки промышленных стоков сложного состава применяют электролитический (физический) метод. При этом способе электрический ток пропускают через промышленные стоки, что приводит к выпадению большинства загрязняющих веществ в осадок.

Электролитический способ очень эффективен и требует относительно небольших затрат на сооружение очистных станций.

Для улучшения свойств активного ила применяют его регенерацию (аэрацию воздухом), что позволяет повысить окислительную мощность очистных сооружений на 10-15% (рисунок 1.2).

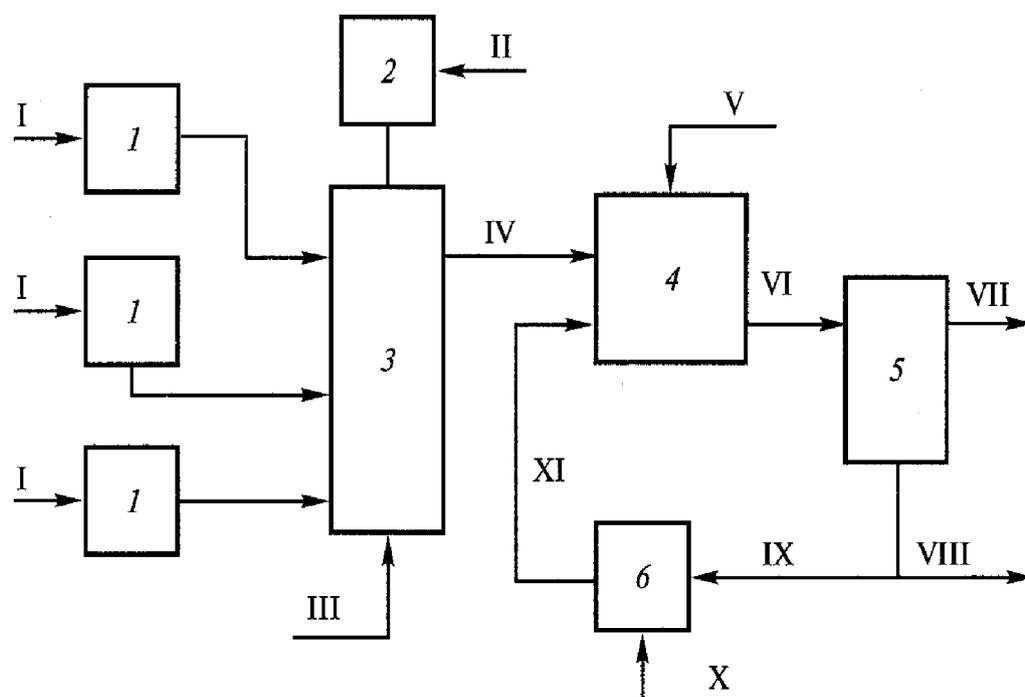


Рисунок 1.2 – Схема биохимической очистки сточных вод с регенерацией активного ила [24]

На рисунке 1.2 цифрами обозначено: 1 – усреднительные емкости, 2 – накопитель хозяйственно-бытовых сточных вод, 3 – смесительная камера, 4 – аэротенк, 5 – вторичный отстойник, 6 – регенератор активного ила. I – промышленные сточные воды, II – хозяйственные сточные воды, III – условно чистая вода, IV – смешанный сток, V – воздух, VI – иловая смесь, VII – очищенная жидкость, VIII – избыточный активный ил, IX – возвратный ил перед регенератором, X – воздух в регенераторе активного ила, XI – возвратный активный ил после регенератора

При более высоких требованиях очистки включают сооружения глубокой доочистки, физико-химические и биологические или биохимические, источником которых является активный ил [13, с.26].

Сооружения биологической очистки химических предприятий могут иметь различные технологические схемы, которые выбирают в зависимости от характеристик поступающих промышленных сточных вод и цели технологического процесса очистки.

Очищенные сточные воды направляют в оборотные системы водообеспечения или сбрасывают в водоём (рисунок 1.3).

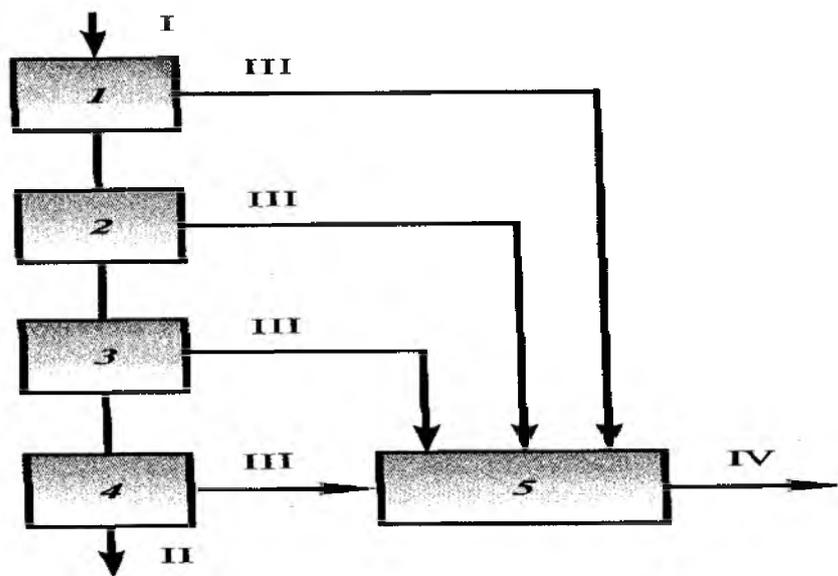


Рисунок 1.3 – Общая схема очистки сточных вод [24]

На рисунке 1.3 цифрами обозначено: 1 – установка механической очистки, 2 – установка биохимической или физико-химической очистки, 3 –

установка доочистки, 4 – установка по обеззараживанию сточных вод, 5 – сооружения по обработке осадка. I – неочищенные сточные воды, II – очищенные сточные воды, III – осадок или избыточная биомасса, IV – обработанный осадок.

Обработанный осадок утилизируют или очищают.

1.2 Методы очистки промышленных сточных вод от нефтепродуктов

Методы для очистки сточных вод, обеспеченные соответствующими сооружениями и технологиями, можно разделить на три группы: механические, физико-химические, биологические.

Механические методы, применяют для выделения нерастворённых минеральных и органических грубодисперсных примесей процеживанием, отстаиванием и фильтрованием, используя гравитационные и центробежные силы. Это первая ступень очистки сточных вод, и она может быть единственной, если очищенная (осветлённая) вода отвечает нормативам для использования в технологических процессах производства или для сброса в водоёмы [15, с.16].

На первом этапе очистных сооружений, сточные воды процеживают через решётки и сита для задержания крупных примесей. Решётки представляют собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд параллельных стержней. Расстояние между стержнями 8-16 мм.

Очистку решёток от задержанных отбросов производят с помощью приспособленных для этого механизмов. Их далее по транспортёру отправляют в дробилку и в измельчённом виде подают на переработку совместно с осадками очистной станции.

В последние годы разработаны новые конструкции решёток, в частности, струнные, дуговые, ступенчатые. Так, шведская компания «Hydrogress» разработала ступенчатую решётку «Step Screen», которая состоит из пластин, установленных ступенчато и подвижно.

Благодаря круговым движениям пластин, загрязнения, которые задерживаются на решётке, поднимаются вверх и на верхней ступени поступают на последующую транспортировку, а затем и в сборник [12, с.202].

Фильтрация и некоторые виды фильтров. Для удаления некоторых суспензий и эмульсий нефтепродуктов после биологической очистки или после отстаивания сточных вод в отстойниках, используется фильтрация нефтесодержащих сточных вод [17, с.123].

При очистке нефтесодержащих сточных вод процессы фильтрации подразделяют на следующие группы:

- фильтрация через пористые зернистые материалы, обладающие адгезионными свойствами (кварцевый песок, керамзит, антрацит, котельные и металлические шлаки и др.);
- фильтрация через волокнистые и эластичные материалы, обладающие сорбционными свойствами и высокой нефтеемкостью (нетканые синтетические материалы, пенополиуретан и др.);
- фильтрация через пористые зернистые и волокнистые материалы для укрупнения эмульгированных частиц нефтепродуктов (коалесцирующие фильтры).

Первая и вторая одинаковые, по сути, и предусматривают выделение нефтепродуктов из воды. Как и любые другие фильтры, они съёмные и с определённой периодичностью после остановки очищаются

В отличие от двух первых, третий слой предназначается, как уже рассматривалось в первом разделе, для увеличения капель нефтепродуктов.

Очистка сточных вод методом флотации заключается в извлечении нерастворённых примесей с помощью тонко диспергированного в сточной воде воздуха.

Сочетание напорной флотации с реагентной обработкой коагулянтами и флокулянтами позволяет рассчитывать на повышение очистки стоков (в %) от нефтепродуктов до 90–95 и от механических взвесей до 85–95.

Адсорбционная очистка. Относительно успешно обеспечивает глубокую

очистку вод замкнутого водопотребления и доочистку сточных вод от органических веществ.

Этот метод уменьшает потери полезных компонентов, предпочтителен при очистке от специфических органических загрязнений и отдельной переработке нефтесодержащих стоков [21, с.128].

Метод окисления загрязнителей применяют в тех случаях, когда их нельзя извлечь, либо разрушить другими методами. Для окисления ядовитых цианидов, сероводорода, гидросульфида, метилмеркаптана, используют соединения хлора (гипохлорит кальция или натрия, хлорную известь). При обработке сточных вод, содержащих фенолы, циклопентан, тетраэтилсвинец, цианиды, крезолы, поверхностно-активные вещества, нефть и др., эффективно применение озона [24].

Мембранные методы, перспективны для тонкой очистки воды, водных растворов, и концентрации растворов высокомолекулярных веществ.

Существуют следующие мембранные методы:

- микрофильтрация – процесс разделения коллоидных растворов и взвесей под действием давления;
- ультрафильтрация – разделение жидких смесей под действием давления;
- обратный осмос – разделение жидких растворов путём проникновения через полупроницаемую мембрану растворителя под действием приложенного к раствору давления, превышающего его осмотическое давление;
- диализ – разделение за счёт различия скоростей диффузии веществ через мембрану, проходящее при наличии градиента концентрации;
- электродиализ – процесс прохождения ионов растворенного вещества через мембрану под действием электрического поля [28, с.76].

Процессы мембранного разделения зависят от свойств мембран, потоков в них и движущих сил.

Биохимическая очистка удаляет, самые разные органические соединения, с применением обычного оборудования с минимальными затратами.

Биологическая очистка основывается на распаде органики с применением микроорганизмов в присутствии кислорода (аэробный процесс), или же без него (анаэробный процесс).

В этой связи успешно используется сложный комплекс микроорганизмов различных классов, простейших микроскопических червей, водорослей. Недостаток этого метода, относительно высокочатратная технология [29].

Бактерии обладают абсолютно высокой способностью адаптироваться к условиям внешней среды, соответственно способны вырабатывать ферменты, на присутствие новых веществ в природной среде. Такая способность, получила успешное применение в практике биологической очистки производственных сточных вод.

Технология очистки сточных вод активным илом. Активный ил богат микроэлементами, азотом, фосфором, (медь, молибден, цинк), которые после предварительной, термической обработки используется как удобрение.

Хотя нельзя исключать возможные отрицательные последствия, связанные с наличием ядохимикатов, солей тяжелых металлов и т.п. [11, с.256].

Одним из направлений повышения эффективности функционирования биохимических очистных сооружений является создание многоступенчатых технологических схем, которые целесообразно применять при поступлении в сооружения трудноокисляемых загрязняющих веществ.

Например, для обработки смеси заводских сточных вод и стоков только второй системы канализации на большинстве нефтеперерабатывающих заводов используется двухступенчатая очистка, эффект которой на 10–15% выше, чем одноступенчатой, удаление нефтепродуктов 71–91%, фенолов 99-100%.

В промышленности для биохимической очистки сточных вод применяют системы с ростом во взвешях (оросительные фильтры, вращающиеся диски).

Биохимическое окисление проводят как в естественных условиях на полях фильтрации, орошения и в биологических прудах, так и в искусственно созданных условиях в аэротенках и на биофильтрах.

Аэрофобная биологическая очистка больших количеств сточных вод обычно осуществляется в аэротенках – емкостных приточных сооружениях со свободно плавающим в объеме обрабатываемой воды активным илом. Непременным условием эффективности биологических процессов метаболизма в аэротенке является обеспечение их растворённым в воде кислородом, что достигается аэрацией и перемешиванием смеси воды и активного ила пневматическими, механическими или смешанного типа устройствами.

Секционированные аэротенки – железобетонные резервуары, прямоугольные в плане, разделённые перегородками на 4–10 секций-коридоров.

Сточная вода после сооружений механической очистки смешивается с циркулирующим активным илом (биоценозом) и последовательно перетекает через отверстия в перегородках между секциями. Воздух подается по стоякам в фильтрующие каналы, закрытые пористыми пластинами, обеспечивающими мелкопузырчатую (размер пузырьков 1–4 мм) аэрацию смеси в аэротенке [7, с.232].

Время нахождения в аэротенке 6-12 ч. Из аэротенков смесь обработанной сточной воды и активного ила поступает во вторичный отстойник, где активный ил оседает на дне отстойника, затем с помощью специальных устройств (илососов) отводится в резервуар.

Поскольку в процессе биологического окисления происходит прирост биомассы активного ила, то избыток выводится из системы и направляется на иловые площадки и сооружения по обработке осадка.

Концентрация иловой массы в аэротенке 2–5 г/л, расход воздуха 5–15 м³/м³ сточной воды; нагрузка по органическим загрязнениям 400–800 мг БПК на 1 г беззольного активного ила в сутки. При этих условиях обеспечивается полная биологическая очистка.

При расчете объема аэротенка учитывается окислительная мощность – величина, зависящая от природы биоразлагаемых органических веществ. При очистке, например, от спиртов, органических кислот, бензола, анилина,

формальдегида, фенола опытные значения окислительной мощности соответственно составляют 720–1200, 400–1400, 600–700, 2000 г O₂/(м³-сут) при дозе активного ила 3 кг/м³.

Для увеличения окислительной мощности аэротенка можно использовать вместо воздуха кислород. Часть установки, в том числе окситенки, герметизируется, отделение очищенной воды от активного ила производится в открытом резервуаре.

Окислительная мощность окситенков в 5–6 раз выше, чем у аэротенков, а капитальные затраты в 1,5–2 раза ниже. Но их целесообразно применять на предприятиях, имеющих кислородную станцию, когда кислород используется не только для очистки сточных вод, но и для других нужд.

При проведении процесса биохимической очистки в секционированном контакторе колонного типа, в котором устраняется продольное перемешивание очищаемых вод и иловой смеси, период аэрации в контакторе составляет 1 ч, длительность отстаивания 1,5–3 ч, окислительная мощность по БПК₅ 6 кг/(м³*сут).

За рубежом находят применение шахтные аэротенки, которые позволяют в несколько раз сократить производственные площади и существенно снизить энергозатраты на аэрацию.

Вторую группу сооружений искусственной биологической очистки сточных вод представляют биофильтры, в которых основная биомасса закрепляется на неподвижном материале, а сточная вода обтекает его тонким пленочным слоем.

Они обеспечивают достаточно эффективный процесс глубокой биоочистки для промышленных стоков с высоким содержанием биоразлагаемой органики. Биофильтры находят широкое применение при суточных расходах бытовых и производственных сточных вод до 20–30 тыс. м³/сут.

По типу загрузочного материала, на поверхности которого проходит биохимическое окисление загрязнений, различают биофильтры с объемной и

плоскостной загрузкой.

Обезвреживание солесодержащих стоков. Наибольшие технические и экономические трудности вызывает обезвреживание солесодержащих стоков, количество которых на заводах нефтепереработки и нефтехимии составляет 5–10%.

Промышленное применение в мировой практике и у нас в стране таких методов, как электродиализ, обратный осмос, ионный обмен пока ограничено извлечением отдельных видов специфических загрязнений и глубокой доочисткой сточных вод с умеренным солесодержанием.

Метод выпаривания под вакуумом имеет предпочтение для опреснения морской воды. При обессоливании стоков оборудование работает в более тяжелых условиях, чем при опреснении морской воды, так как упарку воды надо проводить на 90–95% по сравнению с 40–50% при опреснении морской воды [4, с. 20].

Обезвреживание стоков производится в два этапа:

- упаривание под вакуумом до концентрации солей – 30 г/л (кратность упаривания – 12);
- упаривание рассола с помощью аппаратов погружного горения до концентрации 250 г/л.

После этого рассол обезвоживается в аппаратах кипящего слоя до остаточной влажности 2%. Водные конденсаты используются для подпитки котлов ТЭЦ, соли подвергаются захоронению. Проблемой термического опреснения стоков является коррозия оборудования. При температуре выше 100 °С хлориды магния и кальция гидролизуются с выделением соляной кислоты, которая повышает растворимость карбонатов, бикарбонатов и гидроокисей, но оказывает коррозионное воздействие на аппаратуру.

При упаривании под вакуумом конструкционные материалы работают в менее жестких условиях, но металлоемкость и энергозатраты оказываются более высокими. Обезвреживание солесодержащих стоков позволяет реализовать водоснабжение заводов без сброса сточных вод. На предприятиях,

где отсутствует упаривание стоков, их отводят на поля испарения или закачивают в подземные горизонты.

Сгущение и обезвоживание осадков сточных вод. Одной из проблем защиты окружающей среды, тесно связанной с очисткой сточных вод, является ликвидация осадков – шламов механической и физико-химической очистки, а также избыточного активного ила.

Что касается последнего, то он в значительной степени выводится на иловые площадки, где гниет, загрязняя окружающую среду. Утилизация активного ила требует предварительного обезвоживания. Этот процесс имеет следующие стадии: предварительное уплотнение, обезвоживание, термическую сушку (сжигание).

Предварительное уплотнение ила осуществляется отстаиванием и флотацией. Высокоэффективным методом сгущения осадков сточных вод и избыточного активного ила является центрифугирование, недостаток которого – большой унос твердой фазы с осветленной жидкостью – требует дополнительной очистки фугата, например, сепарированием. Для повышения эффективности центрифугирования применяют различные химические реагенты, в частности, синтетические флокулянты; задержание сухого вещества при этом составляет 95-98%.

Высокая степень сгущения твёрдой фазы может быть достигнута на тарельчатых сепараторах и в результате предварительной терморреагентной обработки суспензии активного ила.

Суспензию избыточного активного ила с концентрацией 0,8-1,2% (абсолютно сухого вещества) подают на термообработку при 85 °С, затем добавляют серную кислоту для изменения рН до 3,5-4,0 и флокулянт. Суспензию активного ила с осажденной флокулянтом дисперсной фазой подают в отстойник для предварительного сгущения до 2,5–4% масс, а затем на сепарирование и сушку.

После однократного сепарирования с предварительной терморреагентной обработкой степень сгущения составляет 6-10%, а потери с фугатом – до 0,2-

0,4% сухого вещества [26, с. 21].

Для сушки активного ила и осадков сточных вод рекомендуют распылительные сушилки. Перед сушкой вязкую иловую суспензию целесообразно подогреть. Если же биомасса будет использоваться в качестве кормовой добавки, то необходима тепловая обработка при 130–150 °С.

2 Анализ хозяйственной деятельности предприятия и состояния системы очистки промышленных сточных вод

2.1 Основные виды продукции и технологии производственного процесса ООО «РН - Туапсинский НПЗ»

ООО «РН - Туапсинский НПЗ» является дочерним предприятием «ОАО «Роснефть», а в Краснодарском крае является частью вертикально интегрированной структуры НК «Роснефть» с момента ее основания. Это наиболее выгодно расположенный завод Компании и единственный российский НПЗ на побережье Черного моря. Это также и наиболее старый НПЗ «Роснефти»: он был введен в эксплуатацию в 1929 г.

Завод перерабатывает западносибирскую нефть, которая поставляется по системе трубопроводов АК «Транснефть», а также нефть, добываемую Компанией на юге России и поставляемую на НПЗ по трубопроводам АК «Транснефть» и железнодорожным транспортом. Завод специализируется на выпуске моторного топлива [22, с.12].

Туапсинский НПЗ находится в непосредственной близости от принадлежащего Компании Туапсинского нефтеналивного терминала. Это позволяет поставлять на экспорт около 90% продукции завода. Оставшаяся часть нефтепродуктов реализуется на внутреннем рынке сбытовыми предприятиями Компании, в том числе через собственные АЗС.

ООО «РН - Туапсинский НПЗ» в своем составе имеет:

- три установки первичной переработки нефти АТ-1,2,3;
- реагентное хозяйство, состоящее из четырех резервуаров общей вместимостью 185 м³;
- установку каталитического риформинга Л-35-11/300;
- газо-факельный участок, объединяющий парк сжиженного газа, факельную систему и систему топливного газа;
- товарно-сырьевой цех в составе 3-х насосных и резервуарных парков, состоящих из 48 резервуаров общей вместимостью 166,0 тыс. м³;

- ТЭЦ в составе: химводоподготовки, 3-х котлов ГМ-50-1 с производительностью каждого котла по 50 тонн пара в час, 3-х турбогенераторов по 6 тыс.кВт.час, блока обратного водоснабжения с 2-мя вентиляторными градирнями;
- общезаводское хозяйство, состоящее из водозаборных сооружений, блока обратного водоснабжения, воздушной компрессорной, центральной заводской лаборатории, цеха КИПиА, электроцеха, ремонтно-механического цеха, участка связи и транспортного цеха, ремонтно-строительного участка, очистных сооружений [22, с.15].

Продукцией ООО «РН–Туапсинский НПЗ» являются:

- бензин прямогонный;
- бензин автомобильный марки АИ-92;
- керосин осветительный марки КО-20 (выпускается по требованию);
- топливо дизельное;
- мазут топочный 100 II, III вида;
- газы углеводородные сжиженные топливные марки ПБТ, БТ;

Туапсинский НПЗ сегодня:

- объем переработки – 8-10 млн.т. в год;
- глубина переработки – 95%.

Поскольку на заводе отсутствуют процессы глубокой переработки нефти, объем выпуска мазута составляет 43% от всей выпускаемой продукции, более половины от всех выпускаемых бензинов составляет экспортная прямогонная нефтя (БЭТ), в то время как высокооктановые бензины АИ-92 и АИ-95 производятся в небольших объемах (8% и 6% соответственно) от общего объема бензинов.

Кроме нефтепродуктов продукцией завода являются: тепловая и электрическая энергия, грунтовая вода, сжатый воздух. Тепловой и электрической энергией, вырабатываемой ТЭЦ, обеспечиваются объекты завода, а часть теплоэнергии реализуется 14 абонентам в виде пара. Завод оказывает услуги по передаче электрической энергии и мощности 12

сторонним потребителям.

Имеющийся подземный водозабор обеспечивает грунтовой водой нужды завода и организации города, в т.ч. объекты ЖКХ города. Компрессорная станция, предназначенная для получения сжатого воздуха и воздуха КИПиА, обеспечивает нужды завода, часть сжатого воздуха реализуется сторонним организациям города.

Основные направления технологического процесса предприятия:

- отсутствие железнодорожных транспортных перевозок нефти и нефтепродуктов, в результате чего цикл производства нефтепродуктов от момента поступления нефти до реализации нефтепродуктов, составляет не более 5 суток;
- наличие собственных источников энергоснабжения (ТЭЦ, водозабор, воздушная компрессорная), обеспечивающих на 100% потребности собственного производства и реализацией избытка энергоресурсов сторонним организациям;
- увеличение объема перерабатываемой нефти и выпуска товарной продукции с тонны перерабатываемой нефти за счет высокой глубины переработки нефти на новом НПЗ (не менее 95%);
- квалифицированное использование сырьевого потенциала нефти;
- увеличение выработки светлых нефтепродуктов, отвечающих современным экологическим требованиям, предъявляемым к качеству моторных топлив;
- обеспечение Краснодарского края высококачественными экологическими видами нефтепродуктов.
- снабжение южных регионов России (Краснодарский край, Ставропольский край) и Северного Кавказа высококачественными, экологически чистыми, отвечающими последним европейским стандартам, моторными топливами.

При этом перечень объектов общезаводского назначения включает как объекты технологического назначения, так и объекты природоохранного

назначения и обеспечения пожарной безопасности эксплуатируемых технологических объектов и установок.

Проектная мощность современного завода на территории ООО «РН – Туапсинский НПЗ» составляет 12 млн. тонн нефти в год.

Предусмотренный реконструкцией, технологический процесс нового завода позволяет достичь глубины переработки нефти не менее 95%. Схема переработки нефти соориентирована на получение светлых нефтепродуктов с выработкой максимального количества дизельного топлива и исключением производства котельного топлива:

- строительство комбинированных установок по первичной переработке нефти и глубокой переработке тяжелых остатков и объектов ОЗХ, необходимых для безаварийной эксплуатации данных установок;
- строительство комбинированной установки по переработке бензиновой фракции и объектов ОЗХ, необходимых для безаварийной эксплуатации данной установки [22, с. 16].

Основные виды деятельности:

- прием нефти трубопроводным транспортом;
- переработка нефти и производство нефтепродуктов;
- хранение и отгрузка нефтепродуктов автомобильным, железнодорожным и морским транспортом.

Выпускаемая продукция:

- сжиженные углеводородные газы;
- автомобильные бензины марки Евро-3, Евро-4 и Евро-5;
- бензин экспортный технологический;
- дизельное топливо марки Евро-5;
- реактивное топливо марки РТ и Jet-1A;
- гранулированная сера;
- сжиженный аммиак;
- кокс [19, с.32].

Основные показатели работы Туапсинского НПЗ за период 2015 - 2017 гг. представлены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Основные показатели работы Туапсинского НПЗ за период 2015-2017 гг. [10]

Показатели	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Мощность завода			
млн. барр.	48,2	46,6	43,0
млн. т.	8,2	8,0	8,5
Объем переработки			
млн. барр.	48,2	48,1	43,0
млн. т.	8,23	8,21	8,51
Глубина переработки	86,1%	85,3%	92,9%
Выпуск нефтепродуктов млн. т.	8,11	8,09	8,42
В том числе:			
Бензин (в том числе прямогонный)	2,02	2,06	2,87
Дизельное топливо	2,77	2,71	2,4
Мазут	2,26	2,27	2,07
Прочая продукция	1,06	1,06	1,05

Объем переработки нефти на НПЗ составил 8,42 млн. т (47,0 млн.барр.), что на 1,5% больше объема переработки за 2015 г.

Производственные мощности предприятия были полностью загружены, а выпуск нефтепродуктов составил 8,42 млн. т. Глубина переработки нефти в 2017 г. составила 92,9%.

2.2 Анализ системы очистки сточных вод на предприятии и их влияние на состояние водного бассейна в районе порта Туапсе

На заводе предусмотрена очистка производственно-дождевых стоков. Очистные сооружения введены в действие в 1959 году. В 1983 году были установлены биореакторы [10].

Состав очистных сооружений:

- пятисекционная нефтеловушка;
- пруды дополнительного отстоя; общей площадью 5600 м²;
- насосная подачи стоков на флотацию;
- флотаторы – 2 шт. общей производительностью 900 м³/час;

- биореакторы - 2 шт., общей производительностью 200 м³/час;
- напорные баки при флотаторах;
- насосная;
- резервуары ловушечной нефти;
- резервуар-отстойник нефтесодержащих стоков - 1 шт., площадью 2040 м²;
- резервуар чистой воды.

Производственно-дождевые стоки по самотечному коллектору поступают в нефтеловушку. Четыре секции нефтеловушки используются для удаления из стоков нефтепродуктов и нефтешлама. Одна секция нефтеловушки используется для сбора уловленных нефтепродуктов. После нефтеловушки стоки поступают в пруды.

Дополнительный отстой стоков осуществляется последовательно в трех прудах. В настоящее время пруд №2 выведен на очистку. Из пруда №3 стоки насосами, установленными в круглой насосной, подаются на флотаторы. Производительность флотаторов 900 м³/час.

Часть стоков на флотаторы поступает через напорные баки, где осуществляется насыщение воздухом. Воздух подается от общезаводской системы. После флотаторов стоки поступают в биореакторы. Производительность биореакторов 200 м³/час. При количестве поступающих стоков до 200 м³/час все стоки проходят биологическую очистку.

При количестве стоков более 200 м³/час, часть стоков после флотаторов поступает непосредственно в резервуар чистой воды. Из резервуара чистой воды насосами очищенные стоки подаются в городской коллектор для сброса через глубоководный выпуск в море. Уловленные нефтепродукты направляются в разделочные резервуары (резервуары ловушечной нефти) для дальнейшей обработки.

Отделение воды от нефтепродуктов осуществляется в трех резервуарах последовательно. Уловленные нефтепродукты направляются в товарно-сырьевой цех. Отстоянная вода возвращается в голову очистных сооружений.

Флотошлам из флотаторов направляется в начало очистных сооружений.

Нефтешлам, уловленный в нефтеловушке, направляется в резервуар-отстойник нефтесодержащих стоков. Отстоянная вода из резервуара-отстойника нефтесодержащих стоков возвращается в начало очистных сооружений. Нефтешлам накапливается. Утилизации нефтешлама в настоящее время нет [10].

Для исключения попадания нефтепродуктов в реку Туапсе с грунтовыми водами вдоль всей территории предприятия по берегу реки проложен дренажный коллектор для сбора дренажных вод.

Дренажные воды (стоки дрены) собираются в приемный резервуар насосной станции и далее поступают на очистные сооружения предприятия для совместной очистки с производственно-дождевыми стоками.

Биошлам из биореакторов направляется в начало очистных сооружений и совместно с нефтешламом направляется в резервуар-отстойник нефтесодержащих стоков.

Сбор уловленных нефтепродуктов в нефтеловушке и прудах выполняется с помощью поворотных труб. Откачка уловленных нефтепродуктов и нефтешлама выполняется с помощью паровых насосов.

Показатели очистки стоков существующих очистных сооружений ООО «РН- Туапсинский НПЗ» представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Физико-химические показатели очищенных стоков из очистных сооружений ООО «РН - Туапсинский НПЗ» до улучшения (в мг/л) [10]

	Первая система	Вторая система
ХПК	170-400	400-600
БПК _{полн}	100-250	200-300
Аммонийный азот	25-30	20-30
СПАВ	70-80	80-100
Общее солесодержание (прокаленный остаток)	700-1500	9000-10000
Фенолы	5-8	2-3
Взвешенные вещества	30-40	40-60
Нефтепродукты, экстрагируемые четыреххлористым углеводородом	25-40	25-40

Как видно из таблицы 2.2 сточные воды загрязнены нефтепродуктами,

солями, взвешенными веществами и сернистыми соединениями. По некоторым веществам подвергающимся очистке наблюдается превышение ПДК: БПК_{полн} на 100-250 мг/л, нефтепродукты –25–40 мг/л, СПАВ – 0,1 мг/л, аммонийный азот – 25-30 мг/л, фенолы 5–8 мг/л.

Учитывая, что крупный нефтеперерабатывающий завод, размещается в центральной части курортной зоны, он находится под строгим контролем надзорных органов.

Кроме того сбрасываемый в реку Туапсе, устье которой упирается в пляжную зону, сброс сточных вод производится строго при условии соблюдения нормативов качества воды в контрольных створах.

Нормирование сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду по ООО «РН-Туапсинский НПЗ» представлены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Нормирование сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду до улучшения системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Наименование загрязняющего вещества	Установленные ПДС (тонн)	Фактический сброс загрязняющего вещества в водные объекты (тонн)	
		Всего	в т.ч. сверхлимитный сброс
БПК полн.	10,524	15,786	5,262
Взвешенные вещества	35,080	23,083	0,000
Нефтепродукты	0,175	5,402	5,227
Азот аммонийный	1,403	0,631	0,000
Нитраты	31,923	1,544	0,000
Нитриты	0,070	0,231	0,161
Фосфаты	0,702	0,281	0,000
Фенолы	0,004	0,035	0,031
Итого	79,881	46,993	10,681

Из таблицы 2.3 видно, что на исследуемом объекте фактический сброс загрязняющих веществ в водные объекты превышает установленные предельно-допустимые сбросы так по БПК_{полн} на 5,262 тонн, на нефтепродукты на - 5,227 тонн, нитриты - 0,161и фенолы - 0,031.

Следовательно анализ данных указывает на тот факт, что очистные сооружения на предприятии физически и морально устарели, и требуется их

замена. Сверхлимитные сбросы имеют частный характер, и ограничение по времени - до запуска современного комплекса очистных сооружений, который сведет до минимума сброс загрязняющих веществ в окружающую природную среду. Учитывая эти факторы на заводе в результате реконструкции в последние годы провели совершенствование существующих и ввели дополнительно ряд оборудования по очистке, который включает в себя следующий набор очистных сооружений:

- нефтеловушку пятисекционную для отделения от воды основных количеств нефтепродуктов и взвешенных механических примесей;
- пруды дополнительного отстоя ПДО-1÷3;
- сооружение напорной флотации, включающее два флотатора Ф-1 и Ф-2;
- сооружение биологической очистки (один биореактор, включающий в себя два параллельно работающих коридора), предназначенное для удаления растворенных и тонко-эмульгированных нефтепродуктов, других органических веществ, включая сернистые и азотистые соединения;
- систему «дрены», включающую насосы ЦН-1^Д, ЦН-2^Д;
- систему шламонакопления, включающую резервуар для разделки нефтешлама объемом 5000 м³, шламонакопители ШН-3 и ШН-4 – утилизированы, на их месте ведется строительство новых объектов завода;
- резервуарный парк (резервуары 7/1, 7/2, Р-62, Р-94);
- насосное хозяйство, включающее «круглую» насосную (насосные агрегаты ЦН-1÷3 производительностью до 500 м³/час) и заглубленную насосную (насосы ЦН-4÷6, ЦН-7-1/2 производительностью до 900 м³/час), паровые поршневые насосы для перекачки уловленных нефтепродуктов, гидроэлеватор для откачки донных отложений и нефтешлама из нефтеловушки и сборников нефтепродуктов.

Сточные воды от технологических установок (АТУ-1, АТУ-2, АТУ-3, Л-35-11/300, ТСЦ и системы «дрена») с содержанием нефтепродуктов до 5000

мг/л и взвешенных частиц до 250 мг/л и в количестве до 792 м³/час поступают по промышленным канализационным системам в коллектор предварительной очистки. Из коллектора воды поступают параллельными потоками в секции пяти – секционной нефтеловушки.

Равномерное распределение поступающих сточных вод по секциям достигается путем регулирования расходов потоков с помощью шиберов на входе в каждую секцию. Основное назначение нефтеловушки – очистка сточных вод от основной массы нефтепродуктов и взвешенных частиц.

Очистка основана на использовании физического процесса разделения за счет разницы в удельных весах нефтепродуктов, воды и взвешенных частиц. Эффективность нефтеловушки определяется свойствами нефтепродуктов, частиц, временем пребывания сточных вод в нефтеловушке, её геометрическими характеристиками. Каждая секция нефтеловушки оборудована скребковым транспортером обеспечивающим перемещение осадка в грязеприемник (приямок) и верхнего слоя нефтепродуктов в направлении горизонтальных шарнирных труб.

Уловленные нефтепродукты через щелевые отверстия шарнирных труб поступают в первую секцию нефтеловушки, где производится их дополнительный отстой и удаление воды. Оттуда насосами ПН-8, 8А уловленный нефтепродукт перекачивается в продуктовые резервуары для повторного возврата в производство.

Удаление осадка из грязеприемника нефтеловушки производится через донные кладези и илоотводящий трубопровод, по которому осадок транспортируется в шламонакопитель.

Для эффективной и безопасной работы нефтеловушки контролируются расход (приход) и температура (прибор ТТ-1) сточных вод на входе, содержание нефтепродуктов на входе и выходе.

Не менее чем на один час в смену необходимо включение скребкового транспортера для удаления нефтепродукта и нефтешлама и не реже одно раза в смену проводится удаление осадка в шламонакопитель. Кроме того, два раза в

год (после окончания зимнего и летнего периодов) требуется очистка всех секций нефтеловушки.

Водный слой после нефтеловушки с содержанием нефтепродуктов не более 100 мг/л попадает в общий водослив, откуда самотеком направляется на дополнительную очистку в последовательно соединенные пруды дополнительного отстоя ПДО-1÷3.

Процесс отстоя основан на принципе отделения нефтепродуктов от воды вследствие разницы в удельных весах. Эффективность отстоя определяется временем пребывания сточных вод и размерами поверхности прудов. Время нахождения в прудах поддерживается в пределах 6-10 час. При этом нефтепродукты накапливаются на поверхности воды в южной части прудов при северном ветре и в северной части – при южном ветре.

Сбор нефтепродуктов с поверхности прудов отстоя осуществляется ежедневно в дневную вахту путем включения в работу насоса ПН-8, 8А и ПН-9. Собранные нефтепродукты направляются в канализационный коллектор, откуда поступают на вход или в первую секцию нефтеловушки.

Сточные воды с содержанием нефтепродуктов не выше 60 мг/л из ПДО-3 собираются насосами ЦН-1÷3 «круглой» насосной и направляются в камеру смешения и распределения и далее на сооружение напорной флотации. Насосы обеспечиваются дистанционными выключателями и системой контроля за режимом работы.

Производственные сточные воды от технологических установок, резервуарных парков, ТЭЦ, других объектов завода, а также дождевые воды поступают на очистные сооружения, в пятисекционную нефтеловушку через распределительную камеру. Он основан на расслоении нефтепродуктов из воды из-за разницы их удельных весов в результате отстоя и последующего сбора нефтепродуктов, скопившихся на поверхности. Отстоявшиеся в нефтеловушке от механических примесей и нефтепродуктов сточные воды через общий водослив подаются на дополнительную очистку и отстой в пруды дополнительного отстоя – три секции ПДО-1,2,3 подключенные

последовательно.

Уловленные в нефтеловушках и прудах нефтепродукты откачиваются в резервуары № 93 и № 100 для переработки, ил и нефтешлам подаются в шлаконакопители № 3,4.

Сточная вода из пруда дополнительного отстоя ПДО-3 забирается насосами ЦН-1,2,3 круглой насосной и подаются на физико-химическую очистку на флотаторы.

Метод флотационной очистки сточных вод основан на прилипании частиц нефти и нефтепродуктов к пузырькам воздуха которыми насыщается сточная вода.

Прилепившиеся к пузырькам воздуха частицы всплывают на поверхность, образуя пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной жидкости. Кроме того, в пенном продукте попутно наблюдается и повышение концентрации некоторых растворенных химических веществ, что также способствует улучшению качества стоков.

Флотационные процессы определяются как процессы молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности двух фаз воздух-вода, обусловленные избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а так же особыми поверхностными явлениями смачивания, которые возникают в местах соприкосновения трех фаз жидкость - воздух - твердое тело.

Прилипание частиц, находящейся в жидкости, к поверхности воздушного пузырька возможно только тогда, когда имеет место не смачивание или плохое смачивание частицы данной жидкостью.

Смачивающая способность жидкости зависит от ее полярности. С возрастанием полярности способность смачивать твердое тело уменьшается. Вода смачивает все тела, кроме некоторых жирных органических соединений нефтяных продуктов аполярных по своей структуре.

Процесс напорной флотации растворенным воздухом состоит из следующих стадий: сточная вода под давлением 3-4 кгс/см² создаваемым

перекачивающим насосом подается в напорный бак, где насыщается воздухом.

При последующем резком снижении давления до атмосферного во флотаторе создается перенасыщенный раствор воздуха в воде, который выделяется в виде мельчайших пузырьков. Вместе с пузырьками всплывают взвешенные и эмульгированные частицы примесей, содержащих в очищаемых водах.

Поток сточных вод подается через камеру смешения и распределения непосредственно во флотаторы Ф-1 и Ф-2. Очищенная вода из резервуара «чистой» воды поступает в прием насоса ЦН-7 или ЦН-7А (давление на выкиде измеряется манометром РЈ-2), находящегося в «заглубленной» насосной и далее, после смешения со сжатым воздухом, в напорные баки.

Воздух подается в нагнетательный трубопровод насоса ЦН-7 (или ЦН-7А) из заводского коллектора сжатого технического воздуха через регулирующий клапан расхода и обратный клапан в количестве 20-40 м³/час.

В напорных баках под давлением 0,25-0,33 МПа (измеряется манометром РЈ-5) осуществляется насыщение воды воздухом при продолжительности пребывания воды в баках 2-4 мин.

Из напорных баков насыщенные воздухом сточные воды поступают в камеру смешения и распределения, откуда объединенным потоком направляются во флотаторы Ф-1 и Ф-2.

Во флотаторах при общей нагрузке по воде (на 1м³ флотатора) не более 5 м³/час происходит отделение от воды нефтепродуктов, которые концентрируются в верхнем слое.

Последний периодически через первый поступает во второй (внешний) коллектор, откуда самотеком направляется через шламный колодец в распределительную камеру на входе в нефтеловушку. Очищенная вода из флотаторов Ф – 1 и Ф – 2 с содержанием нефтепродуктов не более 15 мг/л поступает в кольцевой (внутренний) коллектор, откуда направляется на биологическую очистку. Оседающий надне осадок не реже одного раза в неделю удаляется в шламовый колодец. Предусматривается возможность

сброса части очищенных сточных вод после флотации в резервуар «чистая» вода Р-7, открытием запорной арматуры к биореактору.

Сточные воды НПЗ, прошедшие механическую и физико-химическую очистку, подвергаются биологической очистке. Биохимическое разрушение нефти, нефтепродуктов в очистных сооружениях происходит под воздействием комплекса бактерий активного ила. Помимо органического, для синтеза живого вещества (бактерий) необходимы так же биогенные элементы (азот, фосфор, калий и др.).

В качестве биогенных элементов добавляют фосфор главным образом в виде суперфосфата или триполифосфата. Аммонийные соли обычно присутствуют в сточных водах НПЗ, поэтому их в качестве биогенной подпитки не добавляют.

Под биореакторы переоборудованы каркасно-засыпные песчаные фильтры, состоящие из 12 секций.

При биохимической очистке до 90 % нефтепродуктов окисляется до безвредных кислородосодержащих соединений (органических кислот, спиртов и др.).

Важным условием, обеспечивающем достаточно высокий эффект биохимической очистки сточных вод НПЗ, является степень их предварительной подготовки на сооружениях механической и физико-химической очистки.

Пропускная способность биореактора по сырью – 200 м³/час. Расход сточных вод измеряется прибором FQJ-6. Технологической схемой предусматривается сброс очищенных сточных вод после флотации (в случае, если их расход превышает пропускную способность биореактора) непосредственно в резервуары «чистой» воды Р-7 открытием задвижки возле переходной лестницы при подъеме к биореактору.

Основой процесса биологической очистки является уничтожение нефтепродуктов находящимися в активном иле микроорганизмами.

Процесс интенсифицируется функцией аэрации вод путем

принудительной подачи и равномерного распределения по нему воздуха, а также периодической (не реже одного раза в сутки) подачей в биореактор биогенных добавок, содержащих азот и фосфор.

В настоящее время известны различные адсорбенты, первыми из которых были порошкообразные и гранулированные угли (БАУ, ДАК, ОУ, КАД-иодный, АГ-3 и др.) с размерами гранул 1–6 мм, насыпной плотностью 350–600 кг/м³, предельным адсорбционным объёмом микропор 0,26–0,59 см³/г.

Для адсорбционной очистки сточных вод при использовании песчаного фильтра и активированного угля по некоторым показателям заметны ощутимые результаты (таблица 2.4)

Таблица 2.4 – Показатели качества сточных вод после очистки

	Концентрация на выходе, мг/л		
	из нефтеловушки	из песчаного фильтра	из угольного фильтра
ХПК	150-300	150- 250	200-250
БПКпол	80-200	-	180 -200
Аммонийный азот	15- 20	20-25	10-20
СПАВ	50-60	40-60	30–50
Общее солесодержание (прокаленный остаток)	500-1200	400-900	300-500
Фенолы	2-3	3 - 4	1-2
Взвешенные вещества	10-20	3-20	1-15
Нефтепродукты, экстрагируемые четыреххлористым углеводородом	35-178	7-17	0,8-2,5

Достаточно значительные показатели после очистки установлены по взвешенным веществам: с 10-20 мг/л до 1-15мг/л; нефтепродуктам с 35-178 мг/л до 1-15 мг/л; по общему солесодержанию от 500-1200 мг/л до 300-500 мг/л.

Регенерацию его осуществляют промывкой растворителями (ацетон, метанол, углеводороды). В практике очистки сточных вод используют адсорберы с неподвижным и плотно движущимся слоем поглотителя, аппараты с псевдооживленным слоем адсорбента, а также аппараты, в которых обеспечивается интенсивное перемешивание обрабатываемой воды с зерненным или пылевидным сорбентом. Чаще применяют напорные фильтры с

плотным слоем гранулированных активных углей.

По технико-экономическим показателям адсорбционная очистка с применением активированных углей не уступает биологической и биохимической очистке сточных вод.

3 Эффективность мероприятий по реконструкции системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Загрязнение вод нефтью происходит в результате ее естественных выходов в районах залегания, при нефтедобыче, транспортировке, переработке и использовании в качестве топлива и промышленного сырья.

Антропогенное загрязнение Черного моря в районе порта Туапсе устойчиво сформировано восьмидесятилетней деятельностью в водоохранной зоне реки Туапсе нефтяного комплекса г. Туапсе: ООО «РН-Туапсинский нефтеперерабатывающий завод», ООО «РН-Туапсенефтепродукт», нефтебаза «Заречье», Туапсинский морской торговый порт, свалки бытовых и промышленных отходов (у скалы Киселева), сбросом неочищенных сточных вод с территории города в Черное море, как по сети ливневой канализации, так и неорганизованно.

Долгие годы в воде реки Туапсе сохраняется тенденция стабилизации уровня загрязненности вод, причем отмечается высокая степень однородности распределения как концентраций загрязняющих веществ, так и гидрохимических показателей среды.

Все средние и максимальные концентрации СПАВ в прибрежной зоне от Анапы до Сочи за последние пять лет не превышали нижнего предела -30 мкг/л.

Сезонная изменчивость содержания загрязняющих веществ практически не прослеживается. Хотя, как правило, зимой во всех районах отмечается полное отсутствие СПАВ, а немного повышенные концентрации углеводородов в отдельные годы отмечаются в летне-осенний период, примерно на 0,01-0,03 мг/л [3, с.70].

В период 2010-2014 г.г. загрязнение акватории порта Туапсе и реки Туапсе заметно увеличилось, причинами которого являются проведение строительно-монтажных работ на территории ООО «РН-Туапсинский НПЗ», ООО «РН-Туапсенефтепродукт», нарушение работы очистных сооружений,

технологии водопонижения дренажных систем.

На основании приведенных данных видно, что нарушения работы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ» носят системный характер и вызваны, прежде всего, организационно - технологическими недостатками в работе очистных сооружений.

Основные причины необходимости улучшения очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ»:

- увеличение производственной мощности завода неизбежно вызовет увеличение сбросов загрязняющих веществ в акваторию порта Туапсе, что приведет к увеличению сверхлимитных сбросов.
- снижения ущерба окружающей природной среде
- минимизация расходов исследуемого объекта за сверхлимитные сбросы.

При реконструкции завода, были предусмотрены три основных направления технологии очистки сточных вод, такие как:

1. Разработка новых технологий, характеризующихся сокращением потребляемой воды и загрязненных стоков, либо полным исключением воды из технологических операций;
2. Создание локальных систем обезвреживания стоков отдельных производств, включающих извлечение из них и утилизацию ценных компонентов, подготовку очищенной воды к повторному использованию;
3. Организация замкнутых водооборотных систем, включая сбор и использование очищенных стоков, паводковых вод и атмосферных осадков с территории предприятия.

Основу замкнутых систем водного хозяйства составляют локальные системы оборотного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод. В этом случае снижаются затраты на биоочистку сточных вод, улучшается контроль за их качеством, сокращаются потери продуктов, уменьшается загрязненность окружающей среды.

В замкнутых водооборотных системах вода различается по качеству, так как в большинстве технологических процессов нет необходимости в

использовании питьевой воды.

Вода из водных источников должна употребляться только для подпитки замкнутых систем, для питьевых и хозяйственно-бытовых целей, а также для технологических операций, в которых очищенные сточные воды не могут быть использованы в соответствии с условиями гигиены и специальными требованиями технологии производства.

Для ООО «РН-Туапсинский НПЗ» наиболее эффективной является замкнутая водооборотная система, где наиболее рационально рассмотреть возможность покрытия потерь воды биохимически очищенными хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Для очистки образующихся на заводе сточных вод запроектированы следующие системы канализации:

К3 – производственно-дождевая канализация, так называемые промстоки 1 системы;

К13 – канализация производственных солесодержащих стоков, так называемые промстоки 2 системы;

К1 – хозяйственная канализация.

Разделение на 2 системы канализации производственных стоков обусловлено различной глубиной очистки стоков:

- промстоки 1 системы, основными загрязнителями которых являются нефтепродукты и взвешенные вещества, подвергаются механической очистке, с углублением очистки по нефтепродуктам (реагентная флотация) до показателей, позволяющих их использование в системе водоснабжения завода: для подпитки узлов оборотного водоснабжения, для смыва проливов продукта, мытья а/дорог;
- промстоки 2 системы, основными загрязнителями которых наряду с нефтепродуктами являются сульфиды, азот аммонийный, соли, БПКп, ХПК, метанол подвергаются механической очистке, реагентной флотации, углубленной биологической очистке и доочистке до показателей, позволяющих сброс очищенных стоков в

рыбохозяйственный водоем – Черное море;

- хозяйственные стоки подвергаются совместной биологической очистке с промстоками 2 системы и используются в качестве необходимых для процесса биологической очистки биогенных добавок.

Под термином сброс понимается, например, поступление в водные объекты со сточными водами загрязняющих веществ, которые ухудшают качество воды, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов [9, с. 144].

Нормативы платы за сброс в поверхностные и подземные водные объекты по каждому загрязняющему веществу определены дифференцировано в пределах установленных допустимых нормативов сбросов (в пределах ПДС) и в пределах установленных лимитов сбросов (в пределах ВСС).

Согласно СанПиН 2.1.5.980-00 предельно допустимый сброс в водный объект (ПДС) - масса веществ или микроорганизмов в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе. В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 344 от 12.06.2003 г.

Расчет платы за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты производится по следующей формуле:

$$P_i = C_i * M_i * K_{э.з.} * K_{инд.} * K_{к.з.} \quad (3.1)$$

где, P_i – плата за сброс i -го загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно-допустимые нормативы сбросов (руб.);

C_i – ставка платы за сброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов сбросов (руб.);

M_i – фактический сброс i -го загрязняющего вещества (т);

$K_{э.з.}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости поверхностного водного объекта (для Черного моря установлен размер 1);

$K_{инд.}$ – коэффициент индексации. $K_{инд.}$ – нормативы платы за негативное воздействие на окружающую среду, установленные Правительством Российской Федерации в 2003 году и в 2005 году, применяются в 2012 году с коэффициентом соответственно 2,05 и 1,67 (ст. 3, Федеральный закон от 30.11.2017 № 371-ФЗ «О федеральном бюджете на 2012 год и на плановый период 2013 и 2014 годов»);

$K_{к.з.}$ – коэффициент курортной зоны. $K_{к.з.} = 2$.

Внесение платы за негативное воздействие на окружающую среду не освобождает субъектов хозяйственной и иной деятельности от выполнения мероприятий по охране окружающей среды и возмещения вреда окружающей среде (ст. 16 Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 21.11.2017, с изм. от 07.12.2017) «Об охране окружающей среды»)

Чтобы рассчитать эффективность улучшения очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ», необходимо определить плату за сбросы, которые осуществлялись при функционировании старых очистных сооружений и сравнить ее проектом новых очистных сооружений.

Расчет суммы платы по объекту негативного воздействия на окружающую среду до улучшения системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ» приведен в приложении 3 и дает представление о размере ущерба, нанесенного окружающей среде (ОС), а также о размерах суммы платы за сверхлимитные сбросы загрязняющих веществ в водные объекты.

Как видно сумма платы за сброс загрязняющих веществ составляет 3973426,33 рублей, в т.ч. в пределах допустимых нормативов сбросов 50625,80 рублей, за сверхлимитные сбросы 3922800,53 рублей.

С вводом новых очистных сооружений с замкнутой водооборотной системой и возможностью покрытия потерь воды биохимически очищенными хозяйственно-бытовыми сточными водами, плата за сброс загрязняющих вещества в водные объекты составит 51035,15 рублей, в т.ч. в пределах допустимых нормативов сбросов 51035,15 рублей.

Годовой экономический эффект составит 3922391,18 рублей, что

приведет к снижению себестоимости оказываемых работ и увеличению прибыли предприятия, но самым положительным фактором с введением новых очистных сооружений сохранение окружающей среды, водных ресурсов и всего окружающего растительного и животного мира.

В таблице 3.1 представлены основные показатели сбросов в Черное море очищенных стоков после улучшения очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Таблица 3.1 – Показатели очистки стоков очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ» после реконструкции [16, с. 25]

Вещества, подвергающиеся очистке	Показатели
БПК _{полн}	3 (3,0)* мг/л
Взвешенные вещества	7 (10) мг/л
Нефтепродукты	0,05 (0,05) мг/л
Азот аммонийный	0,4 (0,4) мг/л
СПАВ	0,1 (0,1) мг/л
Нитриты	0,02 (0,02) мг/л
Нитраты	9,1 (9,1) мг/л
Фосфаты	0,2 (0,2) мг/л
Фенолы	0,001 (0,001) мг/л

*В скобках указаны показатели ПДК

Показатели качества сточных вод, после прохождения очистки указывают на содержание остаточных количеств: нефтепродуктов, солей, например азота аммонийного, фосфатов, нитратов, нитритов, взвешенных веществ и в пределах допустимых концентраций сернистых соединений.

Окончательное введение оборотной системы, значительно уменьшающий образование и расход сточных вод и разделение стоков по системам, на наш взгляд, приведет к полной очистке всех сточных вод перед сбросом их в Черное море.

Улучшение качественных показателей очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоем-приемник; уменьшению объема сброса очищенных стоков в водоем-приемник на 40%; полной переработке отходов очистных сооружений.

Представленные расчёты показывают, что улучшение технологии

очистки сточных вод на усовершенствованных очистных сооружениях значительно снизило плату за загрязняющие вещества в сточных водах и привело к снижению себестоимости оказываемых работ и соответственно увеличению прибыли, а также значительно снизит ущерб окружающей среде.

Заключение

ООО «РН - Туапсинский НПЗ» является дочерним предприятием «ОАО «Роснефть», а в Краснодарском крае является частью вертикально интегрированной структуры НК «Роснефть» с момента ее основания. Это наиболее выгодно расположенный завод Компании и единственный российский НПЗ на побережье Черного моря. Это также и наиболее старый НПЗ «Роснефти»: он был введен в эксплуатацию в 1929 г.

Завод перерабатывает западносибирскую нефть, которая поставляется по системе трубопроводов АК «Транснефть», а также нефть, добываемую Компанией на юге России и поставляемую на НПЗ по трубопроводам АК «Транснефть» и железнодорожным транспортом. Завод специализируется на выпуске моторного топлива.

В представленной работе проведены исследования процесса снижения ущерба окружающей среде после реконструкции производственных процессов и очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ».

На основании проведенного анализа следуют выводы:

1. Необходимость увеличения объемов переработки нефти ООО «РН-Туапсинский НПЗ» с одновременным повышением сточных вод и водопотребления свежей воды при реконструкции:

- предприятие внедрило новые технологии, направленные на сокращение потребляемой воды и загрязненных стоков;
- предусмотрело создание локальных систем обезвреживания стоков отдельных производств, включающих извлечение из них и утилизацию ценных компонентов, подготовку очищенной воды к повторному использованию;
- технологическим достижением предприятия является организация замкнутых водооборотных систем, включая сбор и использование очищенных стоков, паводковых вод и атмосферных осадков с территории предприятия.

2. Увеличение производственной мощности ООО «РН-Туапсинский НПЗ» в 2018 году до 8,42 млн. т и глубиной переработки до 92,9%, неизбежно привело к увеличению сверхлимитных сбросов загрязняющих веществ в акваторию порта Туапсе.

3. Оценка деятельности системы очистных сооружений позволяет констатировать, что несмотря на соблюдение всех видов очистки наблюдалось:

- превышение ПДК: БПК_{полн} на 1,5 мг/л, нефтепродукты – 1,49 мг/л, СПАВ – 0,1 мг/л, нитриты – 0,046 мг/л, фенолы 0,009 мг/л.
- фактический сброс загрязняющих веществ в водные объекты превышает установленные предельно-допустимые сбросы на 10,681 т по таким веществам как БПКп на 5,262 тонн, нефтепродукты – 5,227 тонн, нитриты – 0,161и фенолы – 0,031.

4. Для ООО «РН-Туапсинский НПЗ» наиболее эффективной является замкнутая водооборотная система, где необходимо предусмотреть замещение потерь воды биохимически очищенными хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Результаты реконструкции системы очистных сооружений ООО «РН – Туапсинский НПЗ»:

1. Расчет суммы платы по объекту негативного воздействия на окружающую среду до улучшения системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ» показал, что сумма платы за сброс загрязняющих веществ составляла 3973,4 тыс. рублей, в т.ч. в пределах допустимых нормативов сбросов 50,625тыс. рублей, за сверхлимитные сбросы 3922,8 тыс. рублей.

2. Расчет суммы платы по объекту негативного воздействия на окружающую среду после улучшения системы очистных сооружений ООО «РН-Туапсинский НПЗ» показал, что плата за сброс загрязняющих вещества в водные объекты составила 51,035 тыс. рублей, в т.ч. в пределах допустимых нормативов сбросов 51035,15 рублей.

Ввод пускового комплекса в связи с изменением расходов сточных вод и разделением стоков по системам приведет к полной очистке всех сточных вод

перед сбросом их в Черное море; улучшению качественных показателей очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоем-приемник; уменьшению объема сброса очищенных стоков в водоем-приемник на 40%; полной переработке отходов очистных сооружений.

Список использованной литературы

1. Абросимов, А.А. Социально-экологические проблемы нефтепереработки // Экология и промышленность России. – 2010. – №11. – С. 32-38.
2. Абросимов, А.А. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. – М.: Барс, 2009. – 732 с.
3. Абросимов, А.А. Экология переработки углеводородных систем: учеб. / под ред. д-ра хим. наук, проф. М.Ю. Долматова, д-ра техн. наук, проф. Э.Г. Теляшева. – М.: Химия, 2012. – 608 с.
4. Барко, В.И., Казачкова, Е.В., Куценко, О.В. Управление процессом очистки нефтесодержащих стоков // Экология и промышленность России. – 2004. – № 4. – С. 19-21.
5. Батурик, Ю.М. Геолого-экономическая структура нефтедобывающих регионов России // Геология нефти и газа. – 2002. – № 10. – С. 75-79.
6. Белонин, М.Д., Прищепа, О.М. О стратегии воспроизводства запасов нефти и газа // Минеральные ресурсы России. – 2005. – № 1. – С. 69-70.
7. Гуреев, А.А. Экологические аспекты применения нефтепродуктов. – М.: Лагос, 2004. – 320 с.
8. Дедиков, Е.В. Картографическое обеспечение проектных материалов объектов нефтяной промышленности // Газовая промышленность. – 2003. – № 4. – С.80-84.
9. Еремин, В.Г. Экологические основы природопользования: учеб. пособие / В.Г. Еремин, В.В. Сафронов, А.Г. Схиртладзе, Г.А. Харламов; под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высш. шк., 2012. – 253 с.
10. Информационно-справочные материалы по ОАО «РН – Роснефть» и ООО «РН-ТНПЗ» [Электронный ресурс]. URL: http://www.Rosneft.ru/Downstream/Refining/Refineries/Tuapse_Refineri/ (дата обращения: 05.12.2019)
11. Исидоров, В.А. Экономическая химия: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Химиздат, 2011. – 304 с.

12. Комарова, Л.Ф., Кормина, Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: учеб. пособие. – Барнаул, 2000. – 391 с.
13. Лозановская, И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М.: Высш.школа, 2009. – 85 с.
14. Монтаж очистных сооружений для ливневой канализации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.promstok.ru> (дата обращения: 26.11.2019)
15. Надейн, А.Ф. Очистка воды и почвы от нефтезагрязнений // ЭКиП: Экология и промышленность России. – 2011. – № 11. – С. 15-18.
16. ООО «РН – Туапсенефтепродукт». Курсом стабилизации и роста. – Краснодар: Кубань пресс – ТАСС, 2015. – 35 с.
17. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. Шк., 2012. – 334 с.
18. Переработка и утилизация нефтешламов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecoindustry.ru> (дата обращения: 13.12.2019).
19. Программа перспективной реконструкции и перевооружения ООО «РН – Туапсинский НПЗ» до 2017 года. – Туапсе, 2015. – 52 с.
20. Роев, Г.А., Юфин, В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. – М.: Недра, 1987. – 224 с.
21. Смидович, Е.В. Технология переработки нефти и газа. – М.: Химия, 2002. – 320 с.
22. Сопрунова, О.Б. Экспериментальное изучение биологической очистки нефтезагрязненных почв накопительной микробной культурой / О.Б. Сопрунова, О.С. Сангоджиева, М.А. Ключанова // Экологические системы и приборы. – 2012. – № 11. – С.12-17.
23. Сухонослова, А.Н. Очистка почв от нефтяного загрязнения и оценка ее эффективности // Экология и промышленность России. – 2015. – № 10. – С.60-64.

- 24.Схемы отведения и очистки поверхностного стока с промышленных площадок [Электронный ресурс]. URL: [http://www.uk - ka.ru](http://www.uk-ka.ru) (дата обращения: 29.11.2019)
- 25.Хван, Т.А. Промышленная экология: учеб. пособие / Т.А. Хван. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 320 с.
- 26.Хлытчиев, А.И., Барко, В.И., Казачкова, Е.В., Колесников, В.П. Модернизация комплекса по очистке сточных вод // Экология и промышленность России. – 2004. – № 1. – С. 18-21.
- 27.Экологическое право России. Курс лекций: учеб. пособие / под ред. А.П. Анисимова. – М.: Приориздат, 2013. – 272 с.
- 28.Экология нефтегазового комплекса: учеб. пособие. В 2 т. / под общ. ред. А.И. Владимирова и В.В. Ремизова. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – Т. 1. – 416 с.
- 29.Эколого-геохимические аспекты трансформации органического вещества нефтезагрязненных геоситом [Электронный ресурс]. URL: <http://escoil.far.ru> (дата обращения: 05.12.2019).