

**ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД И
ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО
ЗАВОДА Г. ТУАПСЕ**

Я.А. ГОРЕВА, Т.Г. КОРОТКОВА

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: yan5301@yandex.ru; korotkova1964@mail.ru*

Рассмотрены источники образования сточных вод и очистные сооружения хозяйственно-бытового, производственно-дождевого и производственных солесодержащих стоков нефтеперерабатывающего завода г. Туапсе. Источниками сточных вод являются: система хозяйственно-бытовой канализации сетей НПЗ; система дождевой канализации сетей НПЗ, смывы проливов нефтепродуктов от товарно-сырьевого парка и железнодорожных эстакад, стоки дрена; электрообессоливающая установка (ЭЛОУ) и периодические сбросы подтоварной воды резервуарных парков, стоки продувки оборотной системы. Очистные сооружения предусматривают механическую очистку, реагентную флотацию, биологическую очистку и доочистку. Контролируемыми показателями качества являются: взвешенные вещества, мг/л; нефтепродукты, мг/л; БПК_{полное}; общее солесодержание, мг/л; хлориды, мг/л; железо общее, мг/л; рН; солесодержание (хлориды), мг/л; азот аммонийный, мг/л; сульфиды, мг/л; фосфаты (по фосфору), мг/л; сульфаты, мг/л.

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, нефтеперерабатывающий завод

Негативное воздействие нефти и нефтепродуктов на окружающую среду приводит к изменению экологической обстановки, загрязняя водные объекты, атмосферный воздух и почву. Проведенный анализ [1] влияния предприятий нефтеперерабатывающих и нефтехимических отраслей промышленности на окружающую среду показал, что они являются крупнейшими источниками загрязнения водных объектов по объемам сбросов сточных вод. При этом степень очистки сточных вод не соответствует установленным нормативным показателям.

Эта проблема присуща многим районам Российской Федерации.

В обзоре [2] проведена оценка влияния нефти на компоненты окружающей среды. Рассмотрена почва и водная среда обитания живых организмов. Отмечено, что под влиянием нефти происходит изменение физических свойств почвы, агрегирование почвенных частиц, нарушение

поступления воды в почву, что является причиной торможения развития растений и приводит к их гибели. Основными источниками загрязнения воды нефтью и нефтепродуктами являются: работы при транспортных перевозках нефти, аварии при транспортировке и добычи нефти, промышленные и бытовые стоки. Описаны процессы деградации экосистем, происходящие в результате добычи, транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов.

В работе [3] представлены результаты исследований биологической очистки сточных вод Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода по технологии нитри-денитрификации. В процессе нитрификации аммонийный азот окисляется при помощи кислорода до состояния нитритов и нитратов. При денитрификации нитриты и нитраты восстанавливаются до состояния свободного азота, выделяемого в атмосферу. Очистка стоков от нитритов устраняет большое количество соединений фосфора и азота из стоков, наличие которых приводит к развитию токсичных микроорганизмов в водоемах. В результате попадания этих соединений в почву или в воду может возникнуть отравление, что приведет к повышению уровня нитратов в плодах растений, которые произрастают на земле. Показана возможность достижения современных требований к качеству очищенной воды по соединениям азота, в том числе при очистке производственного стока без смешения с городскими сточными водами. Получены необходимые зависимости и технологические параметры для выбора режимов опытно-производственной эксплуатации очистных сооружений по одноступенчатой схеме с нитри-денитрификацией. Приведены проектные и фактические показатели состава сточных вод на входе и выходе сооружений биологической очистки сточных вод Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода.

В данной работе рассмотрены источники образования сточных вод и очистные сооружения нефтеперерабатывающего завода г. Туапсе, которое является дочерним обществом ОАО «НК «Роснефть» на Юге России. НПЗ осуществляет переработку и передачу нефтепродуктов заказчику и обеспечивает стабильную работу имеющихся производственных мощностей.

Очистные сооружения НПЗ предназначены для очистки хозяйственно-бытового, производственно-дождевого и производственных солесодержащих стоков нефтеперерабатывающего завода. Источниками сточных вод, поступающих на очистку, являются:

- по хозяйственно-бытовому стоку – система хозяйственно-бытовой канализации сетей НПЗ;
- по производственно-дождевому стоку (промышленные стоки 1 системы канализации) – система дождевой канализации сетей НПЗ, смывы проливов нефтепродуктов от товарно-сырьевого парка и железнодорожных эстакад, стоки дрена;
- по производственному стоку (промышленные стоки 2 системы канализации) – установка ЭЛОУ и периодические сбросы подтоварной воды резервуарных парков, стоки продувки оборотной системы.

Производственно-дождевые стоки (промышленные стоки 1 системы канализации), основными загрязнителями которых являются нефтепродукты и взвешенные вещества, подвергаются механической очистке, физико-химической очистке (напорная флотация), биологической очистке и мембранной доочистке до показателей, позволяющих их использование в системе промышленного водоснабжения завода (подпитка узлов оборотного водоснабжения, смыв проливов нефтепродуктов, помывки автодорог).

Производственные стоки (промышленные стоки 2 системы канализации), основными загрязнителями которых наряду с нефтепродуктами являются сульфиды, азот аммонийный, соли, БПК, ХПК и метанол, подвергаются механической очистке, реагентной напорной флотации, углубленной биологической очистке и мембранной доочистке, очистке на фильтрах адсорберах и установке ультрафиолетового обеззараживания до показателей, позволяющих производить сброс очищенных стоков в рыбохозяйственный водоем – Черное море.

Хозяйственно-бытовые стоки после предварительной механической очистки подвергаются совместной биологической очистке с промышленными стоками 2 системы канализации.

Очистные сооружения представляют собой технологически связанную систему, которая состоит из следующих зданий и сооружений:

1) Очистные сооружения производственно-дождевых сточных вод 1 системы канализации производительностью 450 м³/ч включают заглубленную насосную станцию с ливнесбросом; резервуары-аккумуляторы дождевого стока; узел механической очистки 1 ступени; узел механической очистки 2 ступени; узел напорной реагентной флотации; сооружения биологической очистки стоков 1 системы; насосную станцию системы промводоснабжения; резервуары запаса очищенных стоков; производственное здание №1 (реагентное хозяйство).

2) Очистные сооружения промышленных стоков 2 системы канализации производительностью 450 м³/ч включают распределительную камеру; узел механической очистки 1 ступени; узел механической очистки 2 ступени; узел напорной реагентной флотации; сооружения биологической очистки и доочистки стоков 2 системы; узел обеззараживания стоков 2 системы; насосную станцию сброса очищенных стоков; узел обезвоживания избыточного ила сооружений биологической очистки.

3) Сооружения для сбора и обезвоживания осадков и нефтешламов включают резервуары-отстойники нефтесодержащих стоков; циркуляционную насосную станцию; модульную установку переработки нефтешламов.

4) Сооружения для сбора и обработки уловленных нефтепродуктов (узел разделки уловленных нефтепродуктов) включают насосную станцию подачи уловленных нефтепродуктов в разделочные резервуары; разделочные резервуары; насосную станцию откачки обезвоженного нефтепродукта.

5) Операторная с РТП.

6) Насосная станция КНС № 2 перекачки хозяйственно-бытовых стоков (К1) производительностью 50 м³/ч.

Характеристика исходного сырья приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика исходного сырья

Наименование исходного сырья	Номер государственного или отраслевого стандарта, технических условий, стандарта предприятия	Показатели качества, подлежащие проверке	Норма по нормативному документу
Производственно-дождевой сток 1 системы канализации (исходный сток)	Технические условия по системам водоснабжения и водоотведения на площадке ООО «РН – Туапсинский НПЗ»	Взвешенные вещества, мг/л Нефтепродукты, мг/л БПК _{полное} Общее солесодержание, мг/л Хлориды, мг/л Железо общее, мг/л рН	не более 200 не более 1000 не более 150 не более 600 не более 500 не более 1,5 6,5÷8,5
Производственный солесодержащий сток 2 системы канализации (исходный сток)	Технические условия по системам водоснабжения и водоотведения на площадке ООО «РН – Туапсинский НПЗ»	Взвешенные вещества, мг/л Нефтепродукты, мг/л БПК _{полное} Солесодержание (хлориды), мг/л Железо общее, мг/л Азот аммонийный, мг/л Сульфиды, мг/л	не более 200 не более 500 не более 150 не более 3000 не более 0,14 не более 13,45 не более 18,8
Хозяйственно-бытовой сток 2 системы канализации (исходный сток)	Технические условия по системам водоснабжения и водоотведения на площадке ООО «РН – Туапсинский НПЗ»	Взвешенные вещества, мг/л Нефтепродукты, мг/л БПК _{полное} Азот аммонийный, мг/л Фосфаты (по фосфору), мг/л Хлориды, мг/л Сульфаты, мг/л Сульфаты, мг/л	не более 77 не более 20 не более 35,1 не более 4,9 не более 0,7 не более 46,8 не более 119,9 не более 498

Основными загрязнениями промышленных стоков 1 системы канализации являются нефтепродукты и взвешенные вещества, подвергаются механической очистке, физико-химической очистке (напорная флотация), биологической очистке и мембранной доочистке до показателей, позволяющих их использование в системе промышленного водоснабжения завода для подпитки узлов оборотного водоснабжения, смыва проливов нефтепродуктов, помывки автодорог. Управление технологическим оборудованием очистных

сооружений производственно-дождевых сточных вод 1 системы канализации осуществляется централизованно. Для этого предусмотрена система автоматизированного управления технологическим процессом.

Производственно-дождевые сточные воды 1 системы канализации по самотечному коллектору поступают в разделительную камеру насосной станции, оснащенной ливнесбросом. Погружными насосами подаются на механическую решетку механической очистки первой ступени. Во время дождя приток дождевых стоков превышает мощность очистных сооружений. Избыток стоков через ливнесброс поступает в приемный резервуар заглубленной насосной станции, откуда насосами откачивается в резервуар-аккумулятор дождевых стоков, откуда самотеком отводятся в насосную станцию с ливнесбросом и далее на механическую очистку первой ступени. На последующие стадии очистки сточные воды поступают самотеком. В качестве первой ступени очистки установлены гидравлические механические решетки, сблокированные с песколовками. Крупные загрязнения задерживаются на решетке. Подвижные прутья решетки поднимают кек отходов на следующую ступень, затем переходят обратно на уровень неподвижных прутьев, а кек отходов остается на ступени неподвижных прутьев. Механическая решетка оснащена уровнемером, по сигналу с которого происходит поднятие кека отходов. Крупные фрагменты загрязнений с механических решеток поступают на горизонтальный шнековый транспортер решетки. С помощью наклонного шнекового транспортера загрязнения сбрасываются в бункер отходов для последующей утилизации. Подсушенный осадок удаляется из бункера периодически. Для отделения песка и нефтепродуктов от сточной воды установлены две горизонтальные песколовки, оборудованные устройствами для сбора всплывающей нефти и удаления выпавшего осадка. Всплывшие нефтепродукты через клапаны отводятся самотеком в подземную дренажную емкость насосной станции. Система отвода нефтепродуктов включает сборник нефтепродуктов, находящихся на поверхности воды и трубопровод, оснащенный шарнирным соединением. Датчики контроля осуществляют

открытие и закрытие клапанов. Взвешенные вещества осаждаются в лотке горизонтального шнекового транспортера, по которому осадок перемещается в приямок. Далее осадок подхватывается наклонным шнековым транспортером. Подсушенный осадок поступает в бункер отходов на дальнейшую утилизацию. Осадок удаляется из бункера периодически. На выходе из песколовок установлены отсекающие клапаны для перекрытия технологического потока.

Для улавливания основной массы нефтепродуктов и механических примесей на узле механической очистки 2 степени установлены две нефтеловушки. Сточные воды поступают в распределительный коллектор водосливного типа, из которого по самостоятельным трубопроводам равномерно распределяются по всей поверхности входной камеры нефтеловушки. В распределительном коллекторе происходит отделение нефтепродуктов от воды. На входе в отстойную часть нефтеловушки устанавливается дырчатая стенка, которая обеспечивает равномерное распределение потока сточных вод в отстойной части нефтеловушки. Затем вода по самотечному трубопроводу поступает в камеру коагуляции на узел напорной реагентной флотации для дальнейшей очистки. Всплывшие нефтепродукты собираются скребковым транспортером по всей отстойной части нефтеловушки и отводятся в лоток для сбора нефтепродуктов и отводятся по трубопроводу в подземную дренажную емкость. Осадок, выпадающий на дно секций, с помощью скребкового механизма собирается к приямкам, откуда шламовыми погружными насосами подается в резервуары - отстойники нефтесодержащих стоков. Для окончательной очистки стоков от эмульгированных нефтепродуктов предусмотрены сооружения реагентной напорной флотации с рециркуляцией и насыщением воздухом части очищенных стоков. Для укрепления капель нефти и взвешенных твердых веществ и повышения эффективности очистки используют коагулянты и флокулянты. Из коагуляционных камер сток самотеком поступает на вертикальные установки напорной флотации, установленные рядом друг с другом. Во флотаторе сфлокулированные хлопья загрязнений, увлекаемые

воздухом, поднимаются на поверхность воды и образуют устойчивый слой флотошлама, самотеком поступающего в дренажную емкость узла напорной реагентной флотации 2 системы очистки, откуда погружным насосом отводится в резервуары-отстойники нефтесодержащих стоков. Вода без загрязнений выводится самотеком в коллектор.

После механической и физико-химической очистки предусмотрена биологическая очистка в 2 аэротенках (рисунок 1), работающих в режиме нитрификации и денитрификации, и мембранном биореакторе (рисунок 2). Биологическая очистка основана на использовании микроорганизмов, способных разлагать и окислять органические загрязнения сточных вод. Кислородный режим, температура, наличие и интенсивность циркуляционных потоков, доза ила позволяют производить очистку стоков не только от БПК, азота, но и от нефтепродуктов, ПАВ, фенолов и др. Основные показатели системы биологической очистки представлены в таблице 2.



Рисунок 1 – Аэротенки очистных сооружений НПЗ



Рисунок 2 – Мембранный биореактор НПЗ

Таблица 2 – Основные показатели системы биологической очистки 1 системы

Параметр	Единица измерения	Содержание в сточных водах	Содержание в очищенной воде
ХПК	мгО ₂ /л	90÷400	–
БПК _П	мгО ₂ /л	20÷250	≤ 5
Азот аммонийный	мг/л	15÷20	≤ 0,5
Азот нитратов	мг/л	–	≤ 9,1
Азот нитритов	мг/л	–	≤ 0,02
Фосфор фосфатов	мг/л	–	≤ 0,5
Сульфиды	мг/л	≤ 10	–
Фенолы	мг/л	≤ 0,1	–
рН	–	7,0÷8,5	7,0÷8,5
Температура	°С	10÷36	10÷36
Взвешенные вещества	мг/л	40	≤ 2
Нефтепродукты	мг/л	≤ 25	≤ 0,5
Общее солесодержание	мг/л	≤ 500	–

В конце аэротенков размещено 5 линий мембранного биореактора с погружными полуволоконными мембранами, осуществляющими вторичное отстаивание и фильтрацию. Каждый мембранный модуль содержит полые

волокна, работающие при слабом вакууме, способные впитывать чистую воду внутрь, оставляя биомассу и загрязнения в емкости, в которой установлены мембраны.

Промышленные стоки 2 системы канализации содержат загрязнения, которыми являются сульфиды, азот аммонийный, соли, БПК, ХПК, метанол, нефтепродукты. Эти загрязнения проходят очистку механическую, реагентную, углубленную биологическую, мембранную, очистку на фильтрах и установке ультрафиолетового обеззараживания до допустимых показателей качества на сброс воды в Черное море. Управление технологическим оборудованием очистных сооружений промышленных стоков 2 системы канализации осуществляется централизованно системой АСУ ТП завода. Основной поток солесодержащих промстоков составляют стоки ЭЛОУ и периодические сбросы подтоварной воды резервуарных парков, стоки продувки оборотной системы. Для очистки солесодержащих стоков предусмотрены сооружения очистки от нефтепродуктов и взвешенных веществ, полная биологическая очистка и доочистка солесодержащих стоков совместно с хозяйственно-бытовыми стоками. Все сточные воды на сооружения очистки сточных вод 2 системы подаются по напорным трубопроводам.

Проверка соответствия качества сбрасываемого потока ПДК на сброс проводится в лаборатории. В приемный резервуар распределительной камеры очистных сооружений стоки поступают по напорному надземному трубопроводу, который проложен по эстакаде. Учитывая неравномерность расхода и состава поступающих стоков, распределительная камера выполняет функции усреднения состава и расхода сточных вод. Производительность очистных сооружений позволяет принимать от 125 до 450 м³/ч стоков.

Распределительная камера включает: два приемных бетонных резервуара и 3 насоса сухой установки. Для улавливания крупного мусора на входе распределительной камеры предусмотрены две автоматические механические решетки. От распределительной камеры стоки насосами подаются на механическую решетку сооружений механической очистки 1 ступени.

Аналогично 1 системе канализации установлены песколовки, сблокированные с автоматическими гидравлическими решетками, принцип действия которых рассмотрен выше.

Для улавливания основной массы нефтепродуктов и взвешенных веществ на 2 ступени очистки предусмотрены две установки отделения нефтепродуктов и взвесей – нефтеловушки. Очистка стоков от эмульгированных нефтепродуктов и взвешенных веществ производится в двух напорных наземных флотаторах. После флотационной очистки промышленные стоки 2 системы направляются на сооружения биологической очистки и доочистки, куда поступают также стоки 1 системы канализации. В аэротенках идет процесс глубокой биологической очистки с нитрификацией, денитрификацией и дефосфотацией стоков. Конструктивные и технологические параметры технологической схемы рассчитаны для очистки стоков от БПК, азота, фосфора, нефтепродуктов, ПАВ, фенола и др. Основные показатели системы биологической очистки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные показатели системы биологической очистки 2 системы

Параметр	Единица измерения	Содержание в сточных водах	Содержание в очищенной воде
ХПК	мгО ₂ /л	150÷400	–
БПК _П	мгО ₂ /л	90÷250	≤ 3
Азот аммонийный	мг/л	20÷25	≤ 0,5
Азот нитратов	мг/л	–	≤ 9,1
Азот нитритов	мг/л	–	≤ 0,02
Фосфор фосфатов	мг/л	0,2	≤ 0,02
Сульфиды	мг/л	≤ 8,4	–
Фенолы	мг/л	≤ 4,2	–
рН	–	7,0÷8,5	7,0÷8,5
Температура	°С	10÷36	10÷36
Взвешенные вещества	мг/л	40	≤ 2
Нефтепродукты	мг/л	≤ 25	≤ 0,5
Общее солесодержание	мг/л	≤ 3000	–

Очищенные стоки после биореактора отводятся насосами в два приемно-раздаточных резервуара, расположенных на узле обеззараживания стоков 2 системы канализации. Применение ультрафильтрационных мембран, работающих в вакууме под разрежением, позволяет втягивать чистую воду внутрь волокна, оставляя хлопья ила снаружи мембран.

Глубокая доочистка сточных вод от растворенных трудно окисляемых нефтепродуктов, железа, фенолов, микроорганизмов до нормативной ПДК осуществляется на узле обеззараживания стоков 2 системы. Для предварительного разрушения нефтепродуктов, фенолов применяется обработка сточной воды при $\text{pH } 6,5 \div 8,0$ перекисью водорода при ультрафиолетовом облучении на установке фотохимического окисления.



Рисунок 3 – Здание доочистки сточной воды НПЗ

Установка фотохимического окисления предназначена для окисления органических веществ, в том числе нефтепродуктов, понижения ХПК и обеззараживания прошедшей предварительную очистку сточной воды. Под действием ультрафиолетового излучения ламп пероксид водорода распадается

на высокореакционноспособные свободные радикалы – пероксидный (НО) и супероксидный (НО₂). При высоких дозах ультрафиолетового облучения и высоких концентрациях пероксида водорода (H₂O₂) происходит полная минерализация содержащихся в воде органических веществ. Высокомолекулярные и низкомолекулярные вещества разрушаются с образованием углекислого газа и воды. ХПК при этом резко снижается. Помимо окислительного воздействия на органические соединения, установка обеспечивает стерилизующее действие на воду. Стоки хозяйственно-бытовой канализации проходят очистку совместно с промстоками 2 системы канализации.

Вывод. Рассмотренные очистные сооружения НПЗ обеспечивают очистку сточных вод от загрязнений до допустимых показателей качества на сброс воды в Черное море.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахимов Ю.Р., Шарафутдинова Г.М., Хангильдин Р.И., Хангильдина А.Р. Анализ химико-технологических водных систем нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2011, № 6. С. 222-260.

2. Шамраев А.В., Шорина Т.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестник ОГУ №6(100)/июнь 2009. С. 642-645.

3. Беляков А.В. Исследование процесса одноступенчатой биологической очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура, 2013. №4 (12). С. 24-27.

REFERENCES

1. Abdrakhimov Yu.R., Sharafutdinova G.M., Khangildin R.I., Khangildina A.R. Analiz khimiko-tekhnologicheskikh vodnykh sistem neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh predpriyatiy // Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoe delo», 2011, № 6. S. 222-260.

2. Shamraev A.V., Shorina T.S. Vliyanie nefi i nefteproduktov na razlichnye

komponenty okruzhayushchey sredy // Vestnik OGU №6(100)/iyun 2009. S. 642-645.

3. Belyakov A.V. Issledovanie protsessa odnostupenchatoy biologicheskoy ochildki stochnykh vod neftepererabatyvayushchego zavoda // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura, 2013. №4 (12). S. 24-27.

*SOURCES FORMATION OF WASTEWATER AND SEWAGE
TREATMENT PLANTS TUAPSE OIL REFINERY*

YA.A. GOREVA, T.G. KOROTKOVA

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: yan5301@yandex.ru; korotkova1964@mail.ru*

The sources of wastewater and Sewage treatment plants for household, industrial, rain and salt-containing industrial waste water refinery Tuapse Oil Refinery. The sources of wastewater are: the system of household sewage networks Tuapse Oil Refinery; rainwater sewerage system Tuapse Oil Refinery washes of oil spills from the Commodity park and railway bridges, sewage drains; electric desalting plant (EDP) and periodic discharges of produced water, storage tanks, effluent back flushing system. Sewage treatment plants include mechanical cleaning, flotation reagent, biological treatment and advanced treatment. Monitored indicators of quality are: suspended solids, mg/L; oil, mg/l; BOD; TDS, mg/L; chloride, mg/l; total iron, mg/l; pH; salt content (chlorides), mg/l; ammonia nitrogen, mg/L; sulfides mg/l; phosphate (phosphorus), mg/l; sulfates mg/l.

Key words: wastewater, treatment plant, oil refinery.