



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

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

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

На тему Оценка воздействия на атмосферный воздух топливной продукции,  
выпускаемой ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Исполнитель Комарова Оксана Александровна

Руководитель к.б.н., доцент Долгова-Шхалахова Алина Владимировна

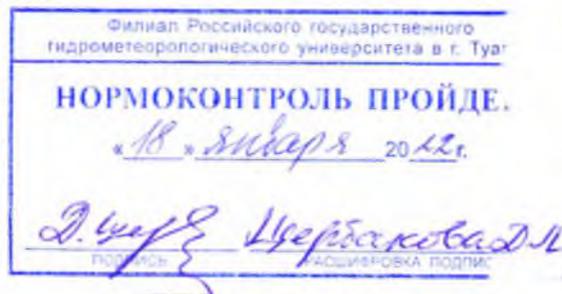
«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«24» января 2022 г.



Туапсе  
2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Влияние нефтеперерабатывающей промышленности на состояние окружающей среды .....	6
1.1 Загрязнения окружающей среды нефтеперерабатывающей промышленностью.....	6
1.2 Особенности переработки нефти с высоким серосодержанием .....	12
2 Оценка воздействия на атмосферный воздух топливной продукции, выпускаемой ООО «РН-Туапсинский НПЗ».....	17
2.1 Технологический процесс переработки нефти на ООО «РН-Туапсинский НПЗ».....	17
2.2 Химический состав топлив, выпускаемых ООО «РН-Туапсинский НПЗ» и влияние продуктов их сгорания на окружающую среду .....	27
3 Комплекс мероприятий по борьбе с нефтяными загрязнениями окружающей среды.....	42
3.1 Мероприятия по борьбе с нефтяными загрязнениями на законодательном уровне.....	42
3.2 Мероприятия по снижению загрязняющих веществ в топливной продукции .....	42
Заключение .....	55
Список использованной литературы.....	58

## Введение

В современном мире топливо является необходимым продуктом производства для ежедневных нужд человека, в том числе для получения теплоты.

Основные требования, предъявляемые к качеству и характеристикам нефти, сводятся к следующему: большое выделение теплоты при сгорании и значительное повышение температуры, доступность при разработке, дешево в использовании; долговременность хранения, оказывать при сгорании минимальное воздействие на окружающую среду.

Из всех существующих видов топлива наиболее полно соответствуют данным требованиям вещества органического происхождения: горючие сланцы, торф, ископаемый уголь, дрова, природные газы и в нефть.

Нефтепродукты являются не только огнеопасными веществами, но и небезопасны для здоровья человека, поэтому при их использовании требуется строгое выполнение правил техники безопасности, особенно при переработке сернистой нефти и очистки нефтепродуктов щелочами.

На некоторых установках при переработке сернистой нефти образуются сернисто-щелочные сточные воды высокой концентрации, при этом, отводимый от оборудования пароводяной конденсат загрязняется сульфидами и фенолами.

Загрязненность сточных вод от химических цехов, при комплексной переработке нефти и газа в целях получения синтетических продуктов, может достигать превышений БПК 2000 мг/л.

Сильное загрязнение сточных вод наблюдается при протекании процесса обессоливания и обезвоживания, особенно если на электрообессоливающих установках (ЭЛОУ) используются водорастворимые деэмульгаторы, сульфонафты и др.

Такие сточные воды имеют высокие показатели ХПК и БПК и отличаются характерным запахом керосина. Еще более загрязненные стоки

образуются при производстве присадок и автомасел.

Нередко, доля нефтепродуктов, содержащихся в сточных водах, составляет 2 % и более от количества сырьевой нефти.

На сегодняшний день, Россия является лидером по запасам и добыче многих минеральных ресурсов.

Наблюдается и значительный рост переработки нефти, в том числе, проводится модернизация производства, что обусловлено значительными объемами инвестиций крупнейших вертикально интегрированных нефтяных компаний.

При этом, российские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) имеют низкую конкурентоспособность, связанную с влиянием на состояние окружающей среды, что объясняется низким качеством выпускаемой продукции и удаленностью большинства НПЗ от портовых терминалов, что сказывается на экспортном потенциале.

Следовательно, тема актуальна, т.к., в работе рассматривается регламентированное качество продуктов нефтепереработки, как фактор снижения негативного влияния на окружающую среду.

Объект исследования: виды топливной продукции, выпускаемой ООО «РН-Туапсинский НПЗ».

Предмет исследования: химический состав топлив, выпускаемых ООО «РН-Туапсинский НПЗ».

Цель исследований: анализ влияния топлив, выпускаемых ООО «РН-Туапсинский НПЗ», на окружающую среду в зависимости от их химического состава.

В соответствии с данной целью в исследовании поставлены следующие задачи:

- изучить процесс переработки нефти с высоким серосодержанием;
- проанализировать технологический процесс переработки нефти на ООО «РН-Туапсинский НПЗ»;
- определить химический состав топливной продукции, выпускаемой ООО

«РН-Туапсинский НПЗ»;

- определить основные продукты сгорания топлив, выпускаемых ООО «РН-Туапсинский НПЗ» в зависимости от их химического состава, и их влияние на окружающую среду;
- предложить комплекс мероприятий по уменьшению влияния продуктов нефтепереработки на окружающую среду.

## 1 Влияние нефтеперерабатывающей промышленности на состояние окружающей среды

### 1.1 Загрязнения окружающей среды нефтеперерабатывающей промышленностью

Большое воздействие на окружающую среду оказывают многие виды экономической деятельности производства, особенно, связанные с нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностью.

При этом, загрязнение окружающей среды наблюдается на всех этапах нефтеперерабатывающего производства, начиная с геологических исследований при разведке нефтесодержащих залежей и определения новых скважин, до нефтепереработки и доведения конечного нефтепродукта до потребителя [19, с.221].

Во всем мире нефтеперерабатывающая отрасль считается довольно опасным производством в области экологических рисков. Поэтому, в нефтеперерабатывающем производстве требуется постоянное совершенствование процессов производства и применение новых прогрессивных методов.

Существующие на сегодняшний день современные методы разведки залежей нефти позволяют снизить вредное воздействие на окружающую среду, применяя всевозможные методы моделирования и прогнозирования на основе данных геологоразведки. К тому же, отмечается довольно высокая точность прогнозов. Хороший результат при определении потенциальных месторождений дают снимки с космоса и самолетов [20, с.176].

При добыче нефти экологические риски снижают, применяя особый метод бурения, включающий комплексное пробуривание состоящий из горизонтально-направленных технологиях. При таком методе прокладки требуется значительно меньше скважин, что положительно влияет на состояние слоев литосферы. В экономическом плане данный метод является достаточно оптимальным, т.к., не уменьшает количество добываемого нефтесырья.

Размещение большого числа нефтеперерабатывающих заводов в городской черте, нередко приводит к социальной напряженности населения, т.к., вблизи нахождения нефтебаз, нефтезаводов, терминалов по перевалке нефти, и даже автозаправочных станций наблюдается сильный бензиновый запах, обусловленный попаданием в атмосферу паров бензина [16, с.24].

Кроме неприятного запаха пары бензина не вызывают ухудшения здоровья, как бывает, когда в атмосферный воздух попадают летучие углеводороды или окислы азота, влияющие на дыхательные пути человека.

Но такие опасные выбросы происходят крайне редко, в настоящее время их практически не бывает.

Больше всего от деятельности НПЗ страдают природные ресурсы, особенно подвержены загрязнению близлежащие реки и почвенный покров.

Водные ресурсы особенно страдают в случае чрезвычайных ситуаций, связанных с разрывом на нефтяных трубопроводах и большой утечкой нефтепродуктов [1, с.76].

Еще хуже ситуация бывает при авариях на судах – танкерах, тогда загрязнение может принять мировые масштабы и пострадавшая экосистема может восстанавливаться в течение десятилетий.

Наблюдается гибель целых популяций птиц и морских животных, спасти которых практически невозможно.

При таких ситуациях образовавшаяся на поверхности моря пленка может мигрировать на большие расстояния, загрязняя все больше водной территорий. Страдает и прибрежная экосистема, т.к., нефтепродукты выбрасываются волнами на берег и очень трудно убираются.

Если же, на НПЗ наблюдается утечка нефти, то просачиваясь в почвенный покров на достаточно большую глубину она приводит к образованию слоя из нефтепродуктов, которые при высоких температурах воздуха в летний период года могут самовозгораться.

Разливы нефти опасны также масштабом катастрофы, нередко нефть и нефтепродукты занимают большие пространства водной поверхности,

растекаясь по ней тонкой масляной пленкой.

Если при этом выпадают осадки, на поверхности воды образуется радужная пленка, такие же пленки нефти на реках могут образовываться при стекании с поверхности автодорог [17, с.45].

Опасность заключается в ограничении поступающего из атмосферы кислорода и соответственно, в реках снижается его содержание.

При попадании в реки продуктов нефти страдает речная фауна, т.к., на рыбу оказывается токсичное воздействие, и негативно сказывается на ее вкусовых качествах, а водоплавающие птицы погибают.

При растекании нефти на поверхности почвы, больших горизонтальных разливов и растеканий не наблюдается, т.к., почва обладает хорошими гигроскопическими свойствами, и впитывает большое количество нефти в грунт, что может привести к их загоранию.

Если же, при этом, нефтепродукты путем просачивания попали в грунтовые воды, на поверхности вод образуются нефтяные линзы, которые начинают мигрировать в грунтовых водах, подвергая загрязнению большие площади и вызывая загрязнение не только водозаборов, но и поверхностных вод.

В недалеком прошлом аналогичная ситуация сложилась в Чеченской Республике, в черте г. Грозный образовалась подобная линза из нефти, которая находилась на глубине несколько метров и продолжительное время мигрировала, загрязняя новые участки.

Ситуации с просачиванием нефтепродуктов в грунтовые воды не исключены и в настоящее время. Такие ситуации могут наблюдаться не только в районе нахождения НПЗ и терминалов, но и бензоколонок.

Но, на сегодняшний день нефть является самым доступным сырьем для производства всех видов топлива, на основании стоимости индекса нефти работают фондовые биржи.

Россия, обладает самыми большими запасами нефти, в последнее десятилетие основным курсом страны стало развитие нефтеперерабатывающего

производства и наращивание объемов готового продукта для внутреннего потребления и на экспорт.

На сегодняшний день, в России 27 действующих нефтеперерабатывающих заводов, средняя мощность которых самая высокая в мире [1, с.56].

Около 20 заводов представляют собой современные вертикально-интегрированные корпорации.

Возросшая на сегодняшний день востребованность продуктов нефтеперерабатывающего производства связана с увеличивающимся спросом на бензин, дизельное и газообразное топливо, (природный, генераторный, сжиженный и сжатый газы) для современных двигателей.

Работоспособность и долговечность технико-экономических показателей двигателей напрямую зависят от качества применяемого топлива.

Стандартные значения физико-химических показателей топлива регламентируют его определенные эксплуатационные свойства, по которым можно установить не только вид топлива, но и характер его смесеобразования и сгорания, а также устойчивость к нагарообразованию, склонность к коррозионному воздействию и возможность хранения без нарушения первоначальных качеств [2, с.98].

Чтобы карбюраторные двигатели надежно и долговечно работали, и были экономичными необходимо, чтобы топливо, соответствовало принятым стандартам, обладало достаточно большой испаряемостью и состояло из определенных углеводородов и фракций. Карбюраторное топливо должно отвечать требованиям:

- высокая теплота сгорания продукта;
- хорошие смесеобразующие свойства;
- отсутствие ударной волны при любом эксплуатационном режиме;
- отсутствие нагароотложений;
- отсутствие коррозии деталей при непосредственном контакте с ними;
- отсутствие коррозии деталей при образующихся продуктах сгорания;

- устойчивость продукта при транспортировке и хранении;
- низкая температура застывания продукта;
- низкий экологический риск.

Соответствие таким требованиям можно достичь при условии соответствия карбюраторного топлива определенного углеводородного и фракционного составов, влияющих на качество самого топлива и его смесеобразование, что в свою очередь обуславливает полноту сгорания топлива.

К преимуществу дизельных двигателей перед карбюраторными относятся высокая экономичность при эксплуатации, значительно меньшие риски самовозгорания и работа двигателя без его предварительного прогрева.

К тому же, дизельные двигатели реже выходят из строя и срок их службы значительно выше, чем карбюраторных [3, с.123].

Чтобы дизельные двигатели экономично и надежно работали, и были долговечными, необходимо, чтобы топливо, соответствовало необходимым требованиям:

- иметь требуемую вязкость и воспламеняемость;
- прокачиваться при любых значениях температуры окружающей среды;
- отсутствие в топливе сернистых соединений,
- отсутствие в топливе водорастворимых кислот и щелочей,
- отсутствие в топливе механических примесей и воды.

Благодаря большому сроку износостойкости и экономичности, и надежности эксплуатационных свойств, дизельными двигателями укомплектована промышленная техника, военная техника, сельскохозяйственная.

Разница в процессах работы карбюраторного и дизельного двигателей заключается в приготовлении и воспламенения топливовоздушной смеси.

В дизельном двигателе практически сразу после впрыскивания топлива в камеру сгорания, в которой находится сжатый и высоко нагретый воздух, одновременно происходит образование топливовоздушной смеси и самовоспламенение топлива.

В последние годы Нефтеперерабатывающая отрасль страны вышла на лидирующие позиции, и составляет большую конкуренцию иностранным коллегам, но, несмотря на это проблемы в развитии и работе отрасли остаются.

Большую сложность представляет проблема, связанная с размещением нефтеперерабатывающих заводов в районах России занимающих центральные области, и находящихся на больших расстояниях от морских нефтяных терминалов, поэтому имеется ряд определенных сложностей при экспорте нефти [20, с.87].

Транспортировка нефти на большие расстояния с места добычи до места последующей переработки в среднем составляет более 2000 км, что негативно отражается на себестоимости нефти.

1. Изношенность основных фондов отрасли. Многие заводы действуют более 40 лет и требуют глобальной модернизации производства.

Интенсивное освоение месторождений нефти в России связано с ее добычей и первичной перегонкой, в отличие от западных стран, которые с самого начала зарождения нефтедобывающей промышленности уделяли должное внимание внедрению новых технологий.

Неблагоприятная экономическая ситуация, сложившаяся в нашей стране в конце 80-х годов, приостановило развитие отрасли почти на десять лет.

Затем, в конце 90-х, отмечается активный экспорт нефти в качестве сырья, а также продуктов первичной перегонки нефти.

Данный этап производства оказался нестабильным, что обусловлено зависимостью доходов от продажи сырья от мировой политической ситуации.

В настоящее время намечен курс развития нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности на собственное производство и экспорт различного вида топлива, полученного из нефти.

3. Вызывают определенные проблемы современные возросшие объемы добычи нефти, и связанное с этим большее число вредного воздействия на природные ресурсы, обусловленные возросшими объемами транспортировки, хранения и переработки.

Сложившаяся ситуация требует особого внимания к решению данной проблемы.

Необходимо понимать, что для рационального использования продуктов нефти и перерабатывающей отрасли, требуется своевременная практически постоянная модернизация производства, чтобы снизить экологические риски и не нанести вред экосистеме.

## 1.2 Особенности переработки нефти с высоким серосодержанием

В нефтедобывающей промышленности в настоящее время отмечается тенденция снижения разведанных запасов лёгкой нефти, и основной прирост нефтяных запасов обусловлен увеличением добычи тяжелой вязкой сернистой нефти [20, с.88].

По итогам анализа геологических запасов нефти, отмечается большие мировые запасы тяжелой нефти, по приблизительным данным более 810 миллиардов тонн в то время, как запасы легкой нефти, производство добычи и переработки, которой является более удобным и простым, характеризуются значительным истощением.

Следовательно, при планировании объемов нефтедобывающей промышленности необходимо учитывать, сложившуюся ситуацию и ориентироваться на добычу исключительно тяжелой нефти.

В России запасы высоковязкой и тяжелой нефти в России составляют порядка 6-7 миллиардов тонн, но, при их добыче и переработки требуется применение специальных дорогостоящих технологий.

На сегодняшний день, применяемые технологии при ее добыче довольно трудоемкие и затруднительные, и, следовательно, являются малорентабельными и даже убыточными.

В связи с глубоким залеганием слоев тяжелой нефти, известные на сегодняшний день технологии добычи нефти требуют большого капиталовложения, и соответственно это приводит к высоким процентным

нормам эксплуатационных затрат и оборотных средств.

В мировом сообществе нефтедобывающей промышленности в последнее время рассматриваются подходы к альтернативным продуктам растительного происхождения для переработки в бензин и дизельное топливо, что не является правильным решением, т.к., могут возникнуть глобальные последствия со стороны социальных и экологических проблем [14, с.43].

Самым перспективным решением для этой отрасли является решение перестроить имеющиеся ресурсы и технологии добычи легкой нефти на тяжелую, тем самым, доведя объемы добычи и производства такой нефти до 100% без учета потерь и неорганических примесей [20, с.98].

На данный момент времени существует два основных процесса углубленной переработки тяжелой нефти - термический и каталитический крекинг (включая гидрокрекинг) [18, с.156].

Более известным и существующим уже долгое время способом является термический крекинг, отличающийся относительно приемлемой стоимостью технологических процессов (рисунок 1.1).

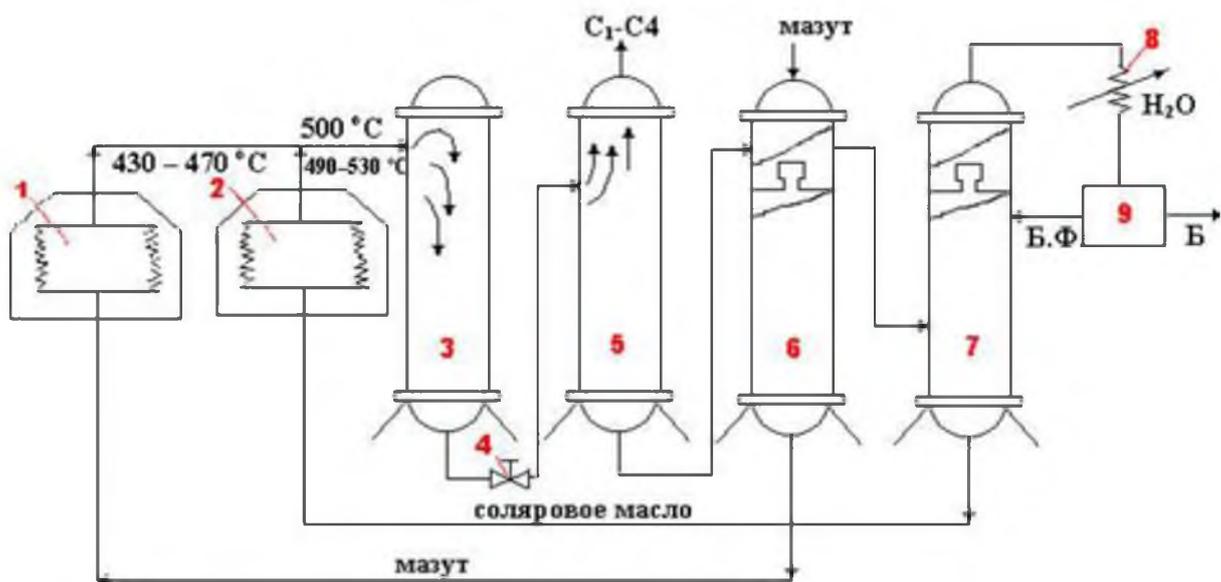


Рисунок 1.1 – Термический крекинг нефти

У процесса термического крекинга имеются следующие недостатки:

- плохая управляемость;

- недолговечность оборудования вследствие его коксования;
- малое качество получаемых продуктов;
- содержание в продуктах непредельных соединений, в том числе газообразных.

Стоит отметить, что содержание в продуктах непредельных соединений нередко приводят к нестабильности получаемых товарных продуктов, в том числе, приводят к окислению и осмолению двигателей на них работающих.

Вследствие этого, несмотря на достоинства данного метода отмечается его малое использование, и необходимость учета особенностей сернистой нефти, при ее переработке т.к., на выходе получают высокосернистый кокс, малой востребованности [23, с.54].

Поэтому, на сегодняшний день, термический крекинг нашел свое применение только при процессах коксования.

В современных условиях более распространенным, несмотря на довольно высокую цену, являются процессы углубленной переработки, основанные на каталитических процессах (рисунок 1.2).

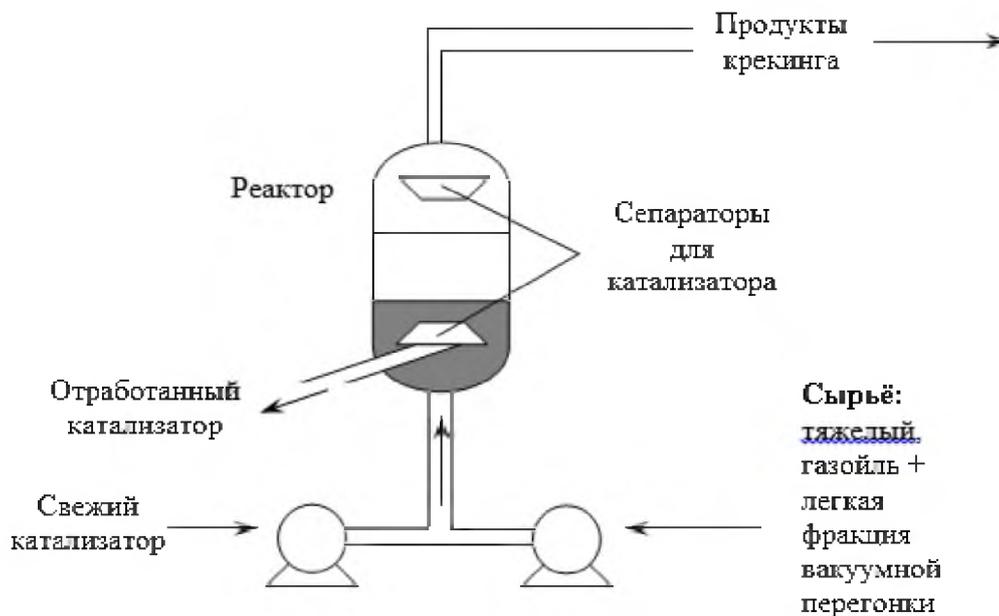


Рисунок 1.2 – Каталитический крекинг нефти

Каталитический крекинг тяжелой нефти и ее фракций обеспечивает

глубокую переработку нефти, и позволяет получить компоненты высокооктанового бензина, легкого газойля и непредельных жирных газов.

Для многих отраслей, связанных с нефтепереработкой применение каталитических методов, не является достаточно привлекательным, из-за технико-экономической составляющей, но при переработке самых тяжелых видов нефти, процесс крекирования сырья до стадии кокса является основным.

При всех положительных характеристиках каталитических методов, он имеет он связан с большими финансовыми вложениями, что объясняется очень высокой стоимостью процесса, что является основным его недостатком.

Вследствие дороговизны каталитический крекинг нефти не подходит для установок малой и средней мощности, т.к., из-за высокой себестоимости процесс себя не оправдывает.

Удорожание процесса, и как следствие получаемых продуктов связано с тем, что во время процесса тяжелые нефтяные фракции контактируют непосредственно с катализатором и очень быстро оказывают агрессивное воздействие активной поверхности любого вида катализатора.

Активная поверхность катализатора вследствие отравления, осмоления и коксования остатков нефти недолговечна [4, с.26].

За довольно длительный период применения данного метода, более совершенствованных процессов и их промышленной реализации, для получения и сохранения высокого качества, получаемых при переработке продуктов практически нет, не найдено и альтернативных, которые бы позволили при сохранении качества снизить стоимость оборудования и процесса и, следовательно, стоимость получаемых продуктов.

Поэтому, несмотря на высокую стоимость, данный метод применяется на крупных предприятиях.

Можно сделать вывод, что основной задачей ближайшего будущего в области нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, является актуализация методов традиционной переработки твердых и газообразных углеводородов, и соответственно, переработка тяжелой нефти и

нефтяных остатков.

Остается открытым вопрос рационального и экономного использования всех видов углеводородного сырья.

Реальной задачей, в настоящее время является решение вопросов улучшения и удешевления процессов, связанных с нефтепереработкой, в том числе, каталитического и гидрокрекинга, а также разработать новые подходы к существующим технологиям нефтепереработки, что может позволить улучшить качество получаемого на выходе продукта.

Поэтому, с целью рациональной переработки углеводородного сырья любого состояния - жидкого, твердого или газообразного в целевые легкие углеводороды необходимо искать новые пути в области глубокой переработки углеводородного сырья.

2 Оценка воздействия на атмосферный воздух топливной продукции, выпускаемой ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

2.1 Технологический процесс переработки нефти на ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

К известным нефтеперерабатывающим заводам в Российской Федерации относится ООО «РН-Туапсинский НПЗ», который является дочерним предприятием Компании НК «Роснефть».

Туапсинский НПЗ расположен в черте города Туапсе Краснодарского края, завод является старейшим предприятием города, его проектная мощность составляет 12,0 млн. т/год по нефти (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Предприятие ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Основными поставщиками сырья для переработки нефти являются следующие месторождения - Западно-Сибирское, Оренбургское и Ставропольское.

В зависимости от региона нефть поступает на предприятие по железнодорожной дороге и по проложенному нефтепроводу.

Завод поставляет полученную продукцию на экспорт и внутренний рынок

через компанию ООО «РН – Морской терминал Туапсе», имеющий глубоководный причал в морском порту Туапсе (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Глубоководный нефтеналивной причал в морском порту Туапсе

Отгрузка переработанного сырья происходит железнодорожным транспортом, и при необходимости, выгодное расположение завода вблизи моря, позволяет осуществлять перегонку нефти поставщикам посредством танкеров по морскому пути.

Реже используется специализированный транспорт для перевозки продуктов нефтесодержащих, который принадлежит ООО «РН – Морской терминал Туапсе».

В последние годы на заводе отмечается тенденция снижения производства, вместо 12 млн. т. нефти проектной, в 2019 г. завод переработал только 9 млн. т. нефти, глубина переработки составила 66%.

По состоянию на 2015 г. индекс Нельсона составил 1,2 пункта, значительно ниже показателей в разрезе НПЗ Российской Федерации.

С 2013 г, в рамках модернизации завода, на Туапсинском НПЗ введена в эксплуатацию российская электрообезвоживающая электрообессоливающая

установка первичной переработки нефти ЭЛОУ АВТ-12, которая является самой современной и мощной из аналогичных установок.

Туапсинский нефтеперерабатывающий завод осуществляет первичную переработку нефти следующим методом.

Туапсинский завод осуществляет глубокую очистку подготовленной нефти, поступающей с месторождений на ЭЛОУ АВТ-12. Очистка проводится до содержания солей менее 5 мг/л и воды менее 0,1 % массы.

Устройство аппарата ЭЛОУ АВТ-12 состоит в следующем.

Электродегидратор является основным аппаратом ЭЛОУ и предназначен для отделения воды от сырой нефти, путем электрообработки нефтяной эмульсии. Одновременно, в аппарате происходит разрушение нефтяных эмульсий [5, с.12].

Перегонка нефти относится к первичным процессам по переработки нефти. При этом, процессе, необходимо учитывать, характеристики нефти, в частности, ее невысокую термическую стабильность, т.к., для всех видов нефти и её высококипящих фракций, температура термической стабильности находится в пределах 350-360 °С

Нагрев нефти до более высоких температур может привести к ухудшению качества отбираемых продуктов перегонки, т.к., будет сопровождаться её газообразованием. Поэтому, при перегонке нефти, очень важным моментом является соблюдение требований по ограничению температуры нагрева нефтяных фракций и самой нефти.

Перегонка нефти в вакууме позволяет повысить относительную летучесть компонентов, например, при перегонке мазута в вакуумной колонне при остаточном давлении около 133-30 КПа можно отобрать масляные фракции, температура конца кипения которых поднимается до 500 и 600 °С.

Для отпаривания более лёгких фракций методом атмосферной и вакуумной перегонки применяют подачу водяного пара, что позволяет повысить чёткость разделения фракций.

Добиться лучшего качества продукта позволяет глубокая перегонка

нефти, включающая две стадии производства - атмосферную перегонку и перегонку под вакуумом мазута с отбором газойлевых (масляных) фракций и в остатке гудрона [6, с.12].

Поэтому комбинированный принцип, включающий процессы обезвоживания и обессоливания заложен во многих современных установках, предназначенных для глубокой перегонки нефти.

Одной из таких типовых установок является ЭЛОУ – АВТ. Технологическая схема комбинированной установки ЭЛОУ-АВТ приведена на рисунке 2.3.

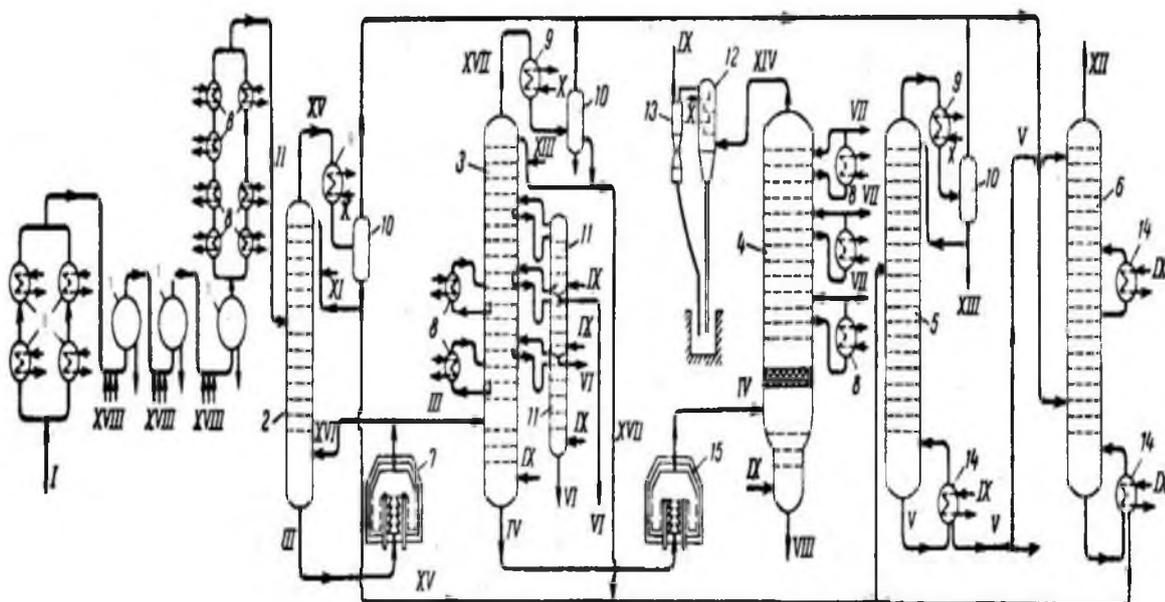


Рисунок 2.3 – Схема комбинированной установки ЭЛОУ-АВТ

На схеме комбинированной установки ЭЛОУ-АВТ введены следующие обозначения: 1- электродегидратор; 2 - отбензинивающая колонна; 3 - основная атмосферная колонна; 4 – вакуумная колонна; 5 – стабилизационная колонна; 6 – адсорбер; 7 – атмосферная печь; 8 – теплообменники; 9 – конденсаторы-холодильники; 10 – газосепараторы; 11 – отпарные колонны; 12- барометрический конденсатор; 13- инжектор; 14 – паровые подогреватели; 15 – вакуумная печь.

Процесс работы установки первичной переработки нефти ЭЛОУ АВТ-12 состоит в следующем:

Вначале, необходимо подготовить нефть для последующей перегонки, для этого, в теплообменниках нефть подогревается до температуры около 120-140°C, затем поступает в дегидраторы, где в присутствии воды, деэмульгатора и щёлочи подвергается термохимическому и электрообезвоживанию и обессоливанию [4, с.16].

Далее, подготовленная таким образом нефть, поступает во вторую колонну, причем, нефть имеет уже температуру 220°C, т.к., перед этим, она дополнительно подогрелась в другом теплообменнике.

И уже в верхней части этой колонны происходит отделение фракции лёгкого бензина, а оставшаяся внизу колонны нефть поступает в печь, где снова подогревается до 330°C, и далее поступает во третью колонну, при этом, часть нефти из печи возвращается в предыдущую колонну в виде струи.

Далее происходит отбор тяжелого бензина, происходящий в верхней части третьей колонны, отбор более тяжелых фракций происходит через три боковые отпарные колонны, имеющие разную температуру - 140-240°C, 240-300°C и 300-350 °C соответственно.

С нижней части колонны оставшийся мазут подаётся в печь, где он нагревается до температуры 420°C, и далее, разогретый тяжелый мазут поступает в вакуумную колонну, работающую при остаточном давлении 60 мм рт. ст.

Выделившиеся при этом водяной пар, и различные газообразные продукты разложения в верхней части колонны поступают в барометрический конденсатор, оставшиеся газы несконденсировавшиеся, отсасываются насосом - эжектором.

Бензины, получаемые из двух колонн, смешивают и отводят в стабилизатор.

Далее, после процесса компримирования из газосепаратора газ подаётся в абсорбер, где орошается стабильным бензином, а оставшийся сухой газ

сбрасывается к форсункам печей.

Головной продукт стабилизации колонны направляется на газофракционирующую установку, где стабильный бензин подвергается защёлачиванию.

Так как, в отбираемых сверху отбензинивающей и атмосферной колонн фракциях лёгкого и тяжёлого бензинов, содержатся растворённые углеводородные газы  $C_2-C_4$ , их необходимо стабилизировать, чтобы выделить сухой газ  $C_1-C_2$  и сжиженный газ  $C_2-C_3$  из прямогонных бензинов [4, с.17].

Полученные прямогонные бензины из-за низкой детонационной стойкости обуславливают невозможность их использования в качестве автомобильных, даже после предварительной стабилизации.

Исключение составляет фракция бензина н.к.-62 ( $85^{\circ}C$ ), которая обладает достаточно высокой детонационной стойкостью и хорошо зарекомендовала себя при регулировании пусковых свойств и упругости паров товарных автобензинов.

Стабилизированные бензины, с целью получения высокооктанового компонента автобензина или индивидуальных ароматических углеводородов - бензола, толуола, ксилолов отправляются на вторичную переработку на каталитический риформинг.

В рамках продолжающейся модернизации Туапсинский НПЗ для глубокой переработки нефти планирует внедрение в более широких масштабах, современных инициированных установок, типа термомеханического крекинга «ИТМК», действие которого основано на разделении сырья на две основные составляющие - парогазовую часть и низкокипящие фракции НКФ.

В термомеханическом крекинге «ИТМК» используют гидродинамические генераторы, основанные на гидродинамических законах, которые обусловлены движением определенных сред, имеющих многофазное строение, и которые движутся по каналам с препятствиями и поворотами различной формы с очень большими скоростями.

Поступившая после предварительной обработки нефть направляется в

блок углубленной переработки – сепаратор, представляющий собой отделитель, испарения и разделения, в котором нефть отделяется на две разные по своей составляющей части.

На рисунке 2.4 представлена структурная схема самостоятельного блока углубленной переработки нефти термомеханического крекинга «ИТМК».

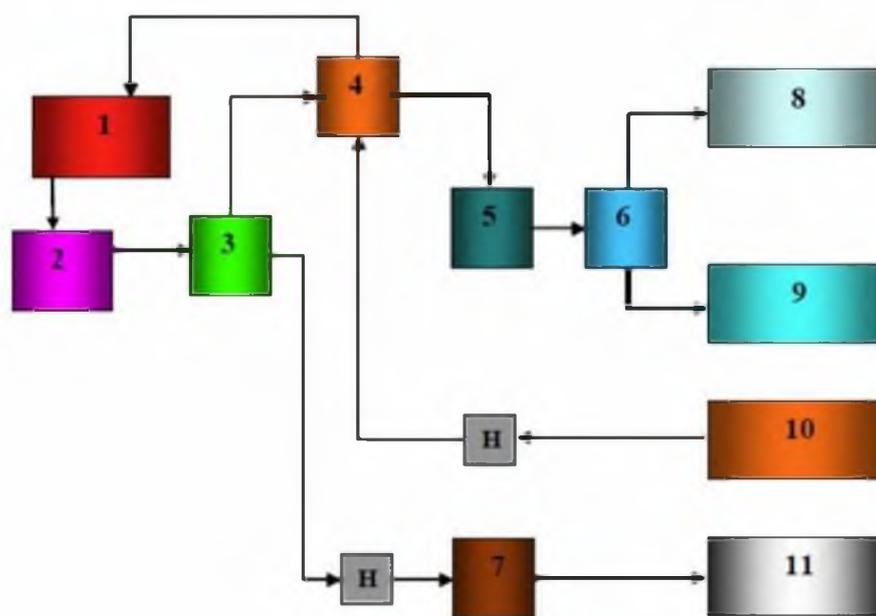


Рисунок 2.4 – Структурная схема блока термомеханического крекинга «ИТМК»

На схеме инициированного термомеханического крекинга «ИТМК» цифрами обозначены составляющие крекинга, в точности: 1 - печь, 2 - блок обработки, 3 – сепаратор, предназначенный для отделения легких и тяжелых фракций; 4 - рекуперативный теплообменник НКФ/Сырье, 5 - холодильник НКФ, 6 - сепаратор газ/жидкость, 7 - блок для производства битума; 8 - сборник рефлюкс-газа, 9 - сборник НКФ, 10 - емкость сырьевая, 11 - сборник битума, Н - насос.

Первая является относительно легкой, и содержит светлые фракции, 90% из которых представляют собой бензиновые, керосиновые и дизельные фракции. Вторая часть является более тяжелой и представляет жидкую среду, состоящую из высококипящих фракций ВКФ, с температурой начала кипения 350-360 °С.

Благодаря использованию термомеханического крекинга «ИТМК на выходе первоначальное содержание серы в легких и светлых фракциях уменьшается до 5 раз, содержание хлоридов падает до 200 раз.

Далее, после разделения, легкая часть нефти, обогащенная светлыми фракциями, отправляется для дальнейшего использования и получения легких товарных продуктов известными классическими методами [13, с.87].

А более тяжелую часть нефти, являющейся жидкой, отправляют на дальнейшую переработку на битумный реактор, имеющий вакуумную колонну, и в конечном продукте получают товарный битум или битумную эмульсию.

При необходимости, тяжелую часть нефти, отправляют на повторную переработку, которая позволяет на выходе получать продукт более высокого класса, с большим содержанием светлых фракций.

Если же после сепаратора, разделенные части нефти вновь отправить в блок смешивания, то на выходе из них получится синтетическая нефть, содержащая повышенное число светлых топливных продуктов, но ее плотность и вязкость будет значительно, ниже, в сравнении с исходным сырьем (например, мазутом).

Данная установка позволяет при необходимости получать нефть типа Urals, которая отличается достаточно высоким содержанием светлых фракций более 50%.

Преимущества данной установки заключается в глубине переработки, которая обуславливает увеличение выхода легких светлых фракций, которые могут достигать 75-85% и более в зависимости от состава и свойств сырья.

Также, конструкция ИТМК позволяет из грязной нефти получать относительно недорогие топливные продукты, содержащие 90% масс и более - бензин, дизельное топливо и дорогую нефть, по составу близкую к газовому конденсату.

И главным преимуществом установки является практически безотходное производство, т.к., оставшаяся после разделения тяжелая часть нефти является

практически безотходным сырьем для производства битума, битумных эмульсий и покрытий и т.д.

Полученные на выходе конечные продукты, НКФ и ВКФ являются значительно более дорогими по стоимости, чем исходное сырье, поэтому у данной установки более высокая рентабельность и окупаемость, чем у аналогов [13, с.99].

Внедрение данной установки требует определенной модернизации нефтеперерабатывающего производства. Варианты модернизации имеющегося НПЗ или строительства нового НПЗ по технологии углубленной переработки «ИТМК» в зависимости от исходного сырья представлены на схемах.

На рисунке 2.5 представлена схема НПЗ с блоком углубленной переработки БУП «ИТМК» при переработке средней или легкой нефти.

Отдельный самостоятельный блок углубленной переработки «ИТМК» окупается менее чем за год. Окупаемость процесса 1-2 года в зависимости от свойств исходного сырья и организационной структуры перерабатывающей установки.

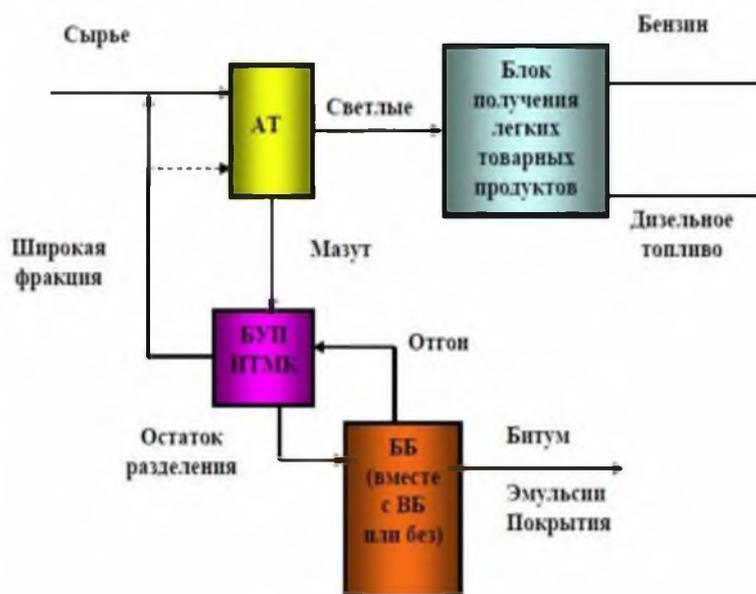


Рисунок 2.5 – Блок-схема НПЗ с блоком углубленной переработки БУП «ИТМК» при переработке средней или легкой нефти

На рисунке 2.6 представлена схема НПЗ с блоком углубленной переработки БУП «ИТМК» при переработке тяжелой нефти и нефтяных остатков.

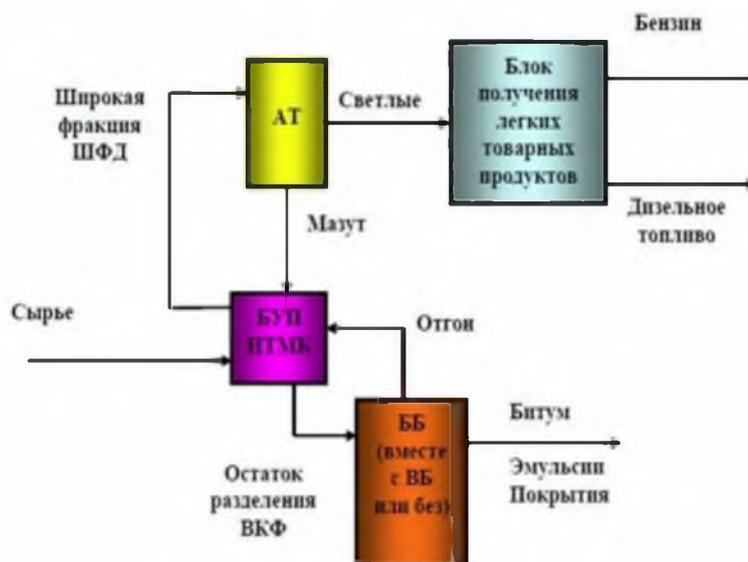


Рисунок 2.6 – Блок-схема НПЗ с блоком углубленной переработки БУП «ИТМК» при переработке тяжелой нефти и нефтяных остатков

В любом варианте технология «ИТМК» легко встраивается в процесс переработки нефти, является (без учета потерь) безотходной, т.к. и легкая часть разделения НКФ и тяжелая ВКФ являются полноценным сырьем для производства легких и тяжелых товарных продуктов.

В предлагаемой технологии катализаторы и реагенты не используются, поэтому стоимость процесса и оборудования «ИТМК» значительно меньше, чем при использовании известных углубляющих процессов, например каталитического крекинга, при аналогичных результатах, и сопоставима со стоимостью процесса и оборудования термического крекинга при, гораздо лучших результатах [13, с.87].

В диапазоне производительности перерабатывающего производства до миллиона тонн в год по сырью, технология «ИТМК» аналогов и конкурентов не имеет.

## 2.2 Химический состав топлив, выпускаемых ООО «РН-Туапсинский НПЗ» и влияние продуктов их сгорания на окружающую среду

Обязательным звеном в процессе работы нефтеперерабатывающей промышленности является взятие пробы нефтепродуктов [4, с.11].

Это является вполне закономерным процессом, обусловленным различиями, связанными с географией месторождений нефти, глубиной залегания месторождения и соответственно, характеризуется качеством самой нефти и количественным содержанием различных примесей.

На показатели и технические характеристики нефти оказывают влияние условия хранения и перевозки нефтепродуктов, технологические процессы ее переработки, точное выполнение методик и соблюдение требования стандартов этапам производства нефти.

Для четкого соблюдения всех требований ГОСТа разработаны законодательные нормативные документы, направленные на упорядочение всех технологических процессов, связанных с производством нефти.

В Российской Федерации действует Инструкция по контролю и обеспечению сохранения качества нефтепродуктов в организациях нефтепродуктообеспечения, № 4803 от 20 июня 2003г., утвержденная приказом Минэнерго РФ.

Действующая Инструкция регламентирует единые требования ко всем этапам нефтедобычи и ее переработки, в том числе регламентирует проведение мероприятий, направленных на сохранение качества всех видов нефтепродуктов не только при транспортировке, но и при ее приеме на НПЗ и дальнейшем хранении. В этой же Инструкции прописаны требования к отгрузке продуктов организациям отвечающих за нефтепродуктообеспечение.

Данная Инструкция разработана с учетом особенностей отбора проб всех видов нефтепродуктов, независимо от их производства, в том числе, не только выпускаемых по стандартам, но и по техническим условиям. В перечень входят жидкие нефтяные топлива, все виды масла, технические жидкости и смазки, и

сама нефть.

В 11 Пункте Инструкции прописана организация контроля качества и все виды проводимых анализов нефтепродуктов. Особое внимание уделяется методике подготовки проб к анализам [21].

Оценку качества нефтепродуктов имеют право проводить только лаборатории, имеющие аккредитацию на проведение испытаний согласно перечню основных показателей качества.

При проведении оценки качества все лабораторные испытания контрольных проб нефтепродукта проводятся строго в соответствии с требованиями нормативных документов, и с применением стандартных методов испытаний.

В зависимости от целей анализа, для которого берутся пробы, применяются соответствующие методики для отбора проб.

Нефтепробы бывают донными, когда для анализа берется единоразово отобранная проба, которая относится к точечным пробам. Такая проба берется из емкости транспортного средства или со дна резервуара.

Если проба нефтепродуктов берется из резервуара, то применяют специальные переносные пробоотборники из металла, которые пробоотборщик опускает до дна резервуара.

Помимо донной пробы существует объединенная проба нефтепродукта, которая включает нескольких точечных проб, отобранных в определенном порядке и затем объединенных в необходимом соотношении.

Анализы топлив проводили в лаборатории АО «Восток Лимитед SGS» г. Туапсе, Департамент лабораторных испытаний, испытательный центр, Испытательная лаборатория нефти и нефтепродуктов.

В лаборатории подвергаются анализу около 20 видов топлив. Лаборатория аккредитована на 252 метода. Методы выполняются по стандартам: ГОСТ, ASTM D, EN ISO, ISO, IP, SMS, UOP и другие.

В работе представлены результаты анализов топлив, которые отгружаются «РН-Морской Терминал Туапсе» в наибольших количествах.

Следующие характеристики относятся к числу основных параметров, нормируемых по ГОСТ 32510-2013 «Топлива судовые. Технические условия» (ISO 8217:2017):

Вязкость является одним из важнейших физических показателей судовых топлив, определяющих качество распыливания, смесеобразования и сгорания топлива.

Плотность является косвенной характеристикой химических свойств и фракционного состава топлива. Содержание серы является характеристикой коррозионноактивной составляющей топлива. Кроме того, выбросы оксидов серы отрицательно сказываются на окружающей среде. Содержание воды является одним из важнейших показателей судовых топлив [6, с.12].

Температура вспышки определяет пожарную безопасность и зависит от температуры кипения, испаряемости судового топлива. Общий осадок характеризует стабильность топлива, способность не образовывать осадок при хранении (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Плотномер на светлые нефтепродукты

Плотность. Лабораторное определение плотности, относительной плотности или плотности в градусах API сырой нефти, нефтепродуктов или смесей нефтяных и не нефтяных продуктов, которые в обычном состоянии

представляют собой жидкости и обладают упругостью паров по Рейду 101,325 кПа или менее, проводят с помощью стеклянного ареометра, в сочетании с серией расчетов.

Показания измеряют ареометром либо при контрольной температуре, либо при иной удобной температуре, и показания, корректируют с учетом эффекта мениска, теплового расширения стекла, альтернативной температуры калибровки и приводят к контрольной температуре с помощью расчетных таблиц по нефти (ссылка на ГОСТ3900) [11, с.7].

Кинематическая вязкость. Данный метод устанавливает процедуру определения кинематической вязкости жидких нефтепродуктов, прозрачных и непрозрачных жидкостей, путем измерения времени истечения определенного объема жидкости под действием силы тяжести через калиброванный стеклянный капиллярный вискозиметр. Динамическую вязкость, вычисляют как произведение кинематической вязкости жидкости на ее плотность (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – Вискозиметрические бани

Для определенного объема жидкости измеряют время истечения под действием силы тяжести через капилляр калиброванного вискозиметра при воспроизводимом движущем напоре и при известной и тщательно

контролируемой температуре

Кинематическая вязкость (измеренное значение) – это произведение измеренного времени истечения на калибровочную постоянную вискозиметра. Необходимо выполнить два таких измерения и затем рассчитать кинематическую вязкость как среднее двух полученных при измерениях приемлемых значений [10, с.7].

Содержание воды. Данный метод охватывает определение содержания воды в диапазоне от 0 до 25% по объему в нефтепродуктах, остаточных вязких нефтепродуктах и других битумных материалах методом перегонки.

Испытываемый материал нагревают в сосуде с обратным холодильником с несмешивающимся с водой растворителем, который перегоняется совместно с водой в пробе. Конденсированный растворитель и вода непрерывно разделяются в ловушке, причем вода остается в градуированном отделе ловушки, а растворитель возвращается в перегонный куб (рисунок 2.10).

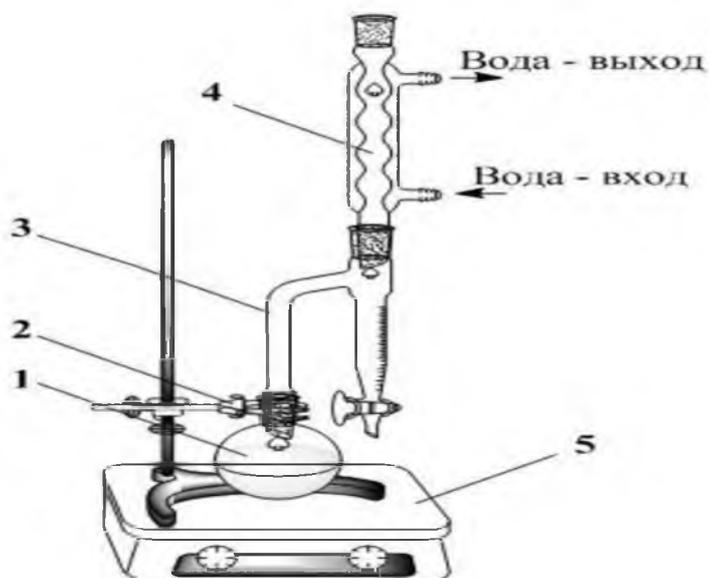


Рисунок 2.10 – Установка для определения содержания воды

Определение серы. Данный метод распространяется на определение полного содержания серы в нефти и нефтепродуктах, находящихся при условиях окружающей среды в состоянии однофазной или любой другой жидкости, легко разжижаемой при умеренном нагреве или растворяемой углеводородными растворителями.

К этим материалам могут относиться дизельное и ракетное топлива, керосин, другие дистиллятные нефтепродукты, сырая нефть, нефтяные остатки, смазочное базовое масло, турбинное масло, неочищенная нефть, неэтилированный бензин, бензоспирт, биодизельное топливо и подобные им нефтепродукты [12, с.5].

Образец помещают в пучок, формируемый рентгеновской трубкой, после чего измеряют возникающее характеристическое рентгеновское излучение и сравнивают накопленные отсчеты с отсчетами, полученными от предварительно приготовленных калибровочных образцов, с целью определения концентрации серы (в массовых % по и/или в мг/кг).

Для перекрытия всего диапазона концентраций необходимо не менее трех калибровочных образцов со следующими концентрациями: от 0,0 до 0,1; от 0,1 до 1,0 и от 1,0 до 5,0 массовых % серы (рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Анализатор рентгенофлуоресцентный Lab-X 5000

Вспышка в закрытом тигле. Данные методы испытаний охватывают определение температуры вспышки нефтепродуктов в диапазоне температур от 40°C до 370°C на ручном и автоматическом приборе Пенски-Мартенса с закрытым тиглем и определение температуры вспышки биодизельного топлива в диапазоне температур от 60°C до 190°C на автоматическом приборе Пенски-Мартенса с закрытым тиглем.

Латунный испытательный тигель установленных размеров наполняют до внутренней отметки образцом для испытания и закрывают крышкой установленного размера, нагревают при перемешивании образца с определенной скоростью с помощью одной из трех определенных процедур (А, В или С) [3, с.112].

Источник зажигания направляется в испытательный тигель через определенные промежутки времени с одновременным прекращением перемешивания, пока вспышка не будет обнаружена (рисунок 2.12).



Рисунок 2.12 – Вспышка в закрытом тигле

Также для каждого вида топлива есть показатели, которые определяют специфические особенности продуктов в зависимости от способа его получения. Например, для мазута, показатели прямогонности: бромное число, совместимость, чистота, флокуляция, пептизация, ксилольный и толуольный эквиваленты.

Стандартный метод определения чистоты и совместимости нефтяных топлив. Данный метод испытаний охватывает отдельные методики определения чистоты топочного мазута и совместимости топочного мазута с компонентами для компаундирования. Метод применим к нефтяным мазутным топливам, имеющим вязкость до  $50 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Методика определения чистоты. Каплю предварительно нагретой и

тщательно перемешанной пробы помещают на испытательной бумаге в печь при температуре 100 °С. Через 1 ч испытательную бумагу вынимают из печи и полученное пятно исследуют на суспендированные твердые частицы, оценивая чистоту в соответствии с эталонными пятнами, которые являются дополнением к стандарту D 4740 [10, с.12].

Не менее важно проводить анализы содержания ртути, мышьяка и других тяжелых металлов, анилиновой точки, разгонки (рисунок 2.13).



Рисунок 2.13 – Анализатор ртути в комплекте с автосемплером модели PE-1000



Рисунок 2.14 – Атомно-абсорбционный спектрометр для определения тяжелых металлов

Результаты определения основных химических показателей топливной продукции приведены в таблицах.

Как видно из таблицы 2.1, химический состав топлива naphtha по основным коммерческим и экологическим показателям соответствует допустимым параметрам ГОСТ 32513-2013.

Например, содержание серы составляет на период 2021 года 41,9 мг/кг при допустимом максимальном значении не более 500мг/кг.

Таблица 2.1 – Химический состав топлива naphtha, выпускаемого ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Paraffins, %	64,13	64,41	65,00
Olefins, %	0,13	0,11	0,12
Naphtenes, %	28,66	29,05	28,69
Aromatics, %	6,88	6,43	5,99
Сера, мг/кг	49,5	46,7	41,9
Меркаптаны общие, %	0,0165	0,0152	0,0137
Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	<10	<10	<10
Азот, мг/дм <sup>3</sup>	2,930	1,780	0,840

Содержание ароматических углеводородов, серы, меркаптанов и азота (содержание азота не регламентируется, так как он не участвует в горении) в 2021 году уменьшилось по сравнению с 2019 и 2020 гг., что обусловлено продолжающейся модернизацией технологических процессов (установка гидроочистки), начатых в 2014 году.

Нафта непосредственно как топливо почти не используется, а является продуктом, используемым для получения бензина.

По физико-химическим показателям судовые дистиллятные топлива должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Требования к судовым дистиллятным топливам согласно ГОСТ 54299-2010

Наименование показателя	Норма для марки				Метод испытания
	DMX	DMA	DMZ	DMB	
1 Кинематическая вязкость при 40 °С, мм /с	1,400-5,500	2,000-6,000	3,000-6,000	2,000-11,00	По ГОСТ 33 или ГОСТ Р 53708
2 Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	-	890,0	890,0	900,0	По ГОСТ Р 51069 или ГОСТ Р ИСО 3675
3 Массовая доля серы, %, не более	1,00	1,50	1,50	2,00	По ГОСТ Р 51947 или ГОСТ Р ЕН ИСО 14596
4 Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	61	61	61	61	По ГОСТ Р ЕН ИСО 2719 или ГОСТ 6356
5 Содержание сероводорода, мг/кг, не более	2,00	2,00	2,00	2,00	По ГОСТ Р 53716
6 Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	По ГОСТ 5985-79
7 Общий осадок горячим фильтрованием, % масс., не более	-	-	-	0,10	По ГОСТ Р ИСО 10307-1 или ГОСТ Р 50837.6
8 Стабильность к окислению, г/м, не более	25	25	25	25	По ГОСТ Р ЕН ИСО 12205
9 Коксуемость 10%-ного остатка разгонки (микрометод), % масс., не более	0,30	0,30	0,30	-	ГОСТ 16799-79
10 Внешний вид	Чистое и прозрачное				По 9.7
11 Содержание воды, % (об.), не более	-	-	-	0,30	По ГОСТ 2477
12 Зольность, %, не более	0,010	0,010	0,010	0,010	По ГОСТ 1461

В таблице 2.3 приведены основные показатели качества топлива Gas oil. Дизельное топливо используется на стационарных силовых агрегатах, грузовых и легковых автомобилях, сельхоз технике, тепловозах и судах, а также как авиационное топливо.

Таблица 2.3 – Химический состав топлива Gas oil (газойль), выпускаемого ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сера, %	0,684	0,601	0,585
Меркаптаны общие, %	0.0201	0.0191	0.0180
Коксовый остаток, %	0,05	0,04	0,03
Мышьяк, %	0, 0070	0, 0060	<0,0050
Азот, мг/дм <sup>3</sup>	110	105	100
Вспышка в закрытом тигле, °С	66,0	66,0	67,0

Содержание серы соответствует показателям ГОСТ (таблица ГОСТ). Также прослеживается улучшение качества топлива с 2019 по 2021 гг. так как уменьшилось количество серы, азота, меркаптанов и мышьяка.

Так как дизельное топливо применяется широко, влияние продуктов его сгорания на окружающую среду существенно, в связи с этим данный вид топлива подвергают гидроочистке для получения более высокого качества, например ULSD.

В таблице 2.4 приведены показатели качества топлива ULSD. Как видно из таблицы содержание серы в данном топливе соответствует международным стандартам (не более 15 мг/дм<sup>3</sup>).

Таблица 2.4 – Химический состав топлива ULSD (дизельное топливо со сверхнизким содержанием серы), выпускаемого ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сера, мг/дм <sup>3</sup>	9.8	8.7	6.1
Ртуть, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,2
Коксовый остаток, %	0,05	0,04	0,03
Мышьяк, мг/дм <sup>3</sup>	<0, 0050	<0,0050	<0,0050
Азот, мг/дм <sup>3</sup>	88	70	60
Вспышка в закрытом тигле, °С	66,0	67,0	68,0
Смазывающая способность	450	440	420

Таблица 2.5 – Требования к судовым остаточным топливам ГОСТ 54299-2010

Наименование показателя	Норма для марки										Метод испытания	
	RMA 10	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMG				RMK			
					18 0	38 0	50 0	70 0	38 0	50 0		70 0
1 Массовая доля серы, %, не более	2,0 (1,5)										По ГОСТ Р 51947 или ГОСТ Р ЕН ИСО 14596	
2 Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	61,0	61,0	61,0	61,0	61,0				61,0			По ГОСТ Р ЕН ИСО 2719 или ГОСТ 6356
3 Содержание сероводорода, мг/кг, не более	20,00	20,00	20,00	20,00	2,00				2,00			По ГОСТ Р 53716
4 Кислотное число, мг КОН/г, не более	20,5	20,5	20,5	20,5	2,5				2,5			По ГОСТ 5985-79
5 Коксовый остаток (микрометод), % масс, не более	2,50	10,00	14,00	15,00	18,00				20,00			По ГОСТ 16799-79
6 Содержание воды, % об., не более	00,30	00,50	00,50	00,50	0,50				0,50			По ГОСТ 2477
7 Зольность, %, не более	00,04 0	00,07 0	00,07 0	00,07 0	0,100				0,150			По ГОСТ 1461
8 Содержание ванадия, мг/кг, не более	50	150	150	150	350				450			По ГОСТ 10364-90
9 Содержание натрия, мг/кг, не более	50	100	100	50	100				100			По ГОСТ 10364-90
10 Содержание алюминия + кремния, мг/кг, не более	25	40	40	50	60				60			По ГОСТ 10364-90
11 Потрабованные смазочные масла (ОСМ): кальций и цинк или кальций и фосфор, мг/кг	Топливо не должно содержать ОСМ (Отработанные смазочные масла). Топливо считают содержащим ОСМ, если удовлетворено одно из следующих условий: Кальций 30 и цинк 15 Или кальций 30 и фосфор 15											

В таблице 2.6 приведены основные показатели топлива Fuel oil (мазут, состоящий из легких и тяжелых фракций нефтепереработки, применяется в котельных и судовых двигателях).

Содержание серы в данном виде топлива самое высокое из проанализированных, но соответствует требованиям ГОСТ – не более 2%.

Таблица 2.6 – Химический состав топлива Fuel oil (мазут), выпускаемого ООО «РН-Туапсинский НПЗ»

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сера, %	1,94	1,90	1,85
Кислотное число, мг/КОН	0,01	0,01	0,01
Зола, %	0.041	0,038	0,036
Вспышка в закрытом тигле, °С	114	116	114
Ванадий, мг/дм <sup>3</sup>	120	120	110
Алюминий, мг/дм <sup>3</sup>	<10	<10	<10
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	15	10	10
Кремний, мг/дм <sup>3</sup>	<5	<5	<5

К основным областям применения мазута относятся промышленность, флот, жилищно-коммунальное и сельское хозяйство.

Так как данный вид топлива имеет высокое содержание серы, тяжелых металлов, продукты его сгорания имеют ощутимое негативное влияние на окружающую среду. В связи с этим появилась необходимость создавать новые виды топлив, таких как VLSFO и ДГНВС.

В лаборатории SGS проводится комплексный анализ нового синтетического вида топлива для судовых двигателей VLSFO с пониженным серосодержанием. Это топливо получило широкое применение в мире в 2020 году.

Лаборатория получает его для анализа от нефтеперерабатывающего

завода АО «Новошахтинский завод нефтепродуктов» (АО «НЗНП»).  
 Результаты приведены в таблице 2.7.

Как видно из таблицы, содержание серы в данном виде топлива меньше, чем в традиционном в 4 раза - 0,5% и около 2% соответственно. Количество золы уменьшено в 35 раз (0,001 % и 0,036%).

Таблица 2.7 – Химический состав судового топлива VLSFO. Продукт АО «Новошахтинский завод нефтепродуктов»

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сера, %	0,501	0.495	0.496
Кислотное число, мг/КОН	0,01	0,01	0,01
Зола, %	0,003	0.001	0.001
Вспышка в закрытом тигле, °С	98,0	96,0	96,0
Ванадий, мг/дм <sup>3</sup>	22	20	20
Алюминий, мг/дм <sup>3</sup>	<10	<10	<10
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	4	3	2
Кремний, мг/дм <sup>3</sup>	<5	<5	<5

В процессе сжигания исследуемых видов топлив образуются химические соединения вследствие окисления различных составляющих топлива и азота воздуха N<sub>2</sub>.

Наиболее существенную их часть составляют оксиды азота NO<sub>x</sub> и серы SO<sub>x</sub>.

Оксиды азота образуются за счет взаимодействия с кислородом воздуха как молекулярного азота воздуха, так и азота, содержащегося в топливе.

Экспериментальные исследования показали, что основная доля образовавшихся в камерах сгорания NO<sub>x</sub>, а именно 96÷100%, приходится на оксид азота (II) NO. Диоксид NO<sub>2</sub> и гемиоксид N<sub>2</sub>O азота образуются в значительно меньших количествах, и их доля приблизительно составляет: для NO<sub>2</sub> – до 4%, а для N<sub>2</sub>O – сотые доли процента от общего выброса NO<sub>x</sub>.

Содержащаяся в топливе сера является источником образования оксидов серы SO<sub>x</sub>: сернистого SO<sub>2</sub> (оксид серы II) и серного SO<sub>3</sub> (оксид серы III) ангидридов.

Суммарный массовый выброс SO<sub>x</sub> зависит только от содержания серы в топливе S<sub>p</sub>, а их концентрация в дымовых газах – еще и от коэффициента расхода воздуха α. Как правило, доля SO<sub>2</sub> составляет 97÷99%, а доля SO<sub>3</sub> – 1÷3% от суммарного выхода SO<sub>x</sub>.

Среди вредных компонентов дымовых газов особое место занимает большая группа полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Многие ПАУ обладают высокой канцерогенной и мутагенной активностью, активизируют фотохимические смоги в городах, что требует строгого контроля и ограничения их эмиссии. В то же время некоторые ПАУ, например, фенантрен, флуорантен, пирен и ряд других, физиологически почти инертны и не являются канцерогенно-опасными.

И то же время, топлива со сверхнизким серосодержанием, как исследуемое топливо VLSFO, вызывают быстрое разрушение камер сгорания, так как содержащаяся в топливе сера служит смазочным материалом.

### 3 Комплекс мероприятий по борьбе с нефтяными загрязнениями окружающей среды

#### 3.1 Мероприятия по борьбе с нефтяными загрязнениями на законодательном уровне

Устойчивое развитие нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, направлено не только на добычу нефти и ее переработку, но и соблюдение природоохранных норм, недопущение негативных последствий, и при необходимости их ликвидации.

При этом, важным является эффективное правовое регулирование этих вопросов.

Впервые, на международном уровне вопросы, связанные с загрязнением морских судов рассматривались почти 100 лет назад, на конференции США, проходившей в Вашингтоне, в составе представителей тринадцати государств.

По итогам конференции, было принято решение о полном запрете сбросов нефти с морских судов, в том числе, под запреты попали военные корабли. Именно, на той конференции впервые был поднят вопрос об установлении системы прибрежных зон, в пределах которых сброс нефтяной смеси полностью попадал под запрет [16, с.76].

Каждое государство было наделено правом самостоятельно выбора ширины прибрежных зон, в пределах 50 миль.

В то время предложенный проект не был окончательно принят, и в следующий раз к рассмотрению этого вопроса вернулись только в 1930 году, на Лиге Наций, на которой представители Великобритании подняли проблему загрязнения водных ресурсов продуктами нефти, по итогам был составлен проект конвенции, аналогичный проекту США и принято решение о созыве международной конференции для дальнейшего продвижения этого проекта.

Конференция не состоялась вследствие напряженной мировой обстановки и только в 1954г., после окончания Второй мировой войны, в Лондоне состоялась Международная конференция, по итогам которой была принята

первая в мире Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью.

Первое предложение Международной конвенции касалось установления параметров «запретных зон» и размещения в портовой зоне приемных сооружений для сбора нефтяных остатков с судов. Также были прописаны определенные пропорции нефти и нефтяной смеси, запрещенные к сбросу.

Авария танкера «Торри Каньон», случившаяся в 1967 г. недалеко от побережья Великобритании, подтолкнула власти Великобритании поднять вопросы касательно этой аварии, произошедшей в открытых водах, но приведшей к загрязнению побережья [16, с.98].

Вопрос о возможности принятия государством, побережью которого угрожает загрязнение в результате разлива нефти с судна, находящегося в открытом море, соответствующих предупредительных мер был отправлен на рассмотрение в ИМО.

Начиная с этого времени, на международном правовом уровне были прописаны все вопросы, связанные с возможной угрозой загрязнения аварии, случившейся в международных водах, и права государства в этом случае по принятию мер для защиты своего побережья.

Была установлена абсолютная ответственность судовладельцев и владельцев груза, виновных в аварии, а также прописаны пути возмещения возможного ущерба.

Один из вопросов, касаемо прав государств, относительно вмешательства в непредвиденную ситуацию, произошедшую в открытом и приведшую к загрязнению нефтью, разрешился в 1969 г., путем принятия Международной конвенции

Окончательно вопросы, связанные с угрозой загрязнения прибрежных территорий разливами нефти, были закреплены Международной конвенцией о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью, принятой в 1969г., и действующей по сегодняшний день. Данную Конвенцию подписали порядка 60 государств.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро был подписан Протокол по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов, в подписании, которого приняли участие более 70 государств, в том числе Россия.

Российский Кодекс Торгового мореплавания, в седьмой главе которого прописаны статьи об ответственности за ущерб от загрязнения с судов нефтью, основан на нормах этой Конвенции Рио-1992г.

Случавшиеся на море чрезвычайные ситуации, связанные с морскими перевозками нефти, не один раз, приводили к экологическим катастрофам, тем самым побуждая мировые державы принимать решения, позволяющие обеспечивать готовность государств на случай подобных загрязнений.

Примером этому, может служить, авария, произошедшая в 1990 г. в океане в районе США с танкером «Эксон Валдез», благодаря которой Международная морская организация разработала и заключила Международную конвенцию по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью и борьбе с ним.

Действие по поведению в ситуациях чрезвычайного характера прописаны в статье 7 Международной Конвенции Рио-92. Данная статья разрешает предпринимать необходимые меры для предотвращения аварийного загрязнения нефтью, всем обратившимся с сигналом о бедствии.

При этом, информацию о случившемся и принятые или предполагаемые действия по защите морской среды от загрязнения необходимо доводить до сведения ИМО (ч. 3 ст. 5 Конвенции).

Особые меры по предотвращению, сокращению и сохранению под контролем загрязнения морской среды из любого источника прописаны в статье 194 Конвенции. Там же говорится о возможности использовать наилучшие практически применимые средства, имеющиеся в распоряжении Сторон.

Благодаря принятой Конвенции Рио-92 и Рио +10, на Международном уровне прописаны все возможные действия Сторон при наступлении непредвиденных ситуаций в случае угрозы морской акватории или прибрежных

территорий, вследствие загрязнения судами или портовыми погрузочно-разгрузочными работами.

При наступлении такого случая основным действием является как можно быстрое реагирование в области принятия мер по предотвращению или ликвидации аварии и уменьшению загрязнения морской среды. Участники данного инцидента, о предпринятых действиях направленных на ликвидацию загрязнения морской среды незамедлительно информируют другие государства [15, с.45].

Алгоритм возможных и эффективных действий, при возникновении ситуаций, включая действия на случай непредвиденных обстоятельств, закреплён международными стандартами.

Все страны – морские державы, подписавшие Конвенцию обязательно должны все портовые сооружения и прибрежные нефтяные терминалы, имеющиеся на их территории, привести к международному стандарту в соответствии с безопасностью эксплуатации.

Для более полного понимания вопросов и избежание двоякого толкования, термины «ущерб от загрязнения», «предупредительные меры», особенно касаемо экономической составляющей, разработаны Критерии допустимости требований, на основании которых проводится оценка необходимой компенсации ущерба от загрязнения морских вод нефтепродуктами..

Данные Критерии разработаны Международным морским комитетом в 1994 г. в рамках проведения Международной Конференции, состоявшейся в Австралии и поддержаны Руководством ММК по ущербу от загрязнения нефтью.

В Мировом сообществе создан Международный фонд, который предназначен для решения экономических проблем, связанных с загрязнением и выделению международной денежной компенсации государствам, пострадавшим от чрезвычайных экологических ситуаций на море.

Также, на Ассамблеи ИМО, состоявшейся в декабре 2005 г был поднят

вопрос об «особо уязвимых морских районах», К уязвимым районам относятся районы, нуждающиеся в защите со стороны ИМО, в связи с экологическим, социально-экономическим или научным особенностям территории, из – за ее уязвимости вследствие возможного риска, связанного с международной судоходной деятельностью.

Закон о загрязнении нефтью, принятый в 1980г., дополненный в 1986г и прописанный в Акте CERCLA «О всеобщей ответственности за защиту окружающей среды и компенсации в случае нанесения ущерба» утверждает ответственность организации, являющейся виновником разлива нефти, и заставляет эту организацию компенсировать причиненный ущерб, а также обеспечивает принятие мер по оздоровлению и очистке природных ресурсов.

Все действия связанные с оценкой ущерба, нанесенного природным ресурсам прописаны и опубликованы в Федеральных Законах.

Согласно Федерального Закона, под природными ресурсами понимают все составляющие климатической системы - воздух, вода, в том числе, питьевая и подземные воды, представители фауны и флоры.

Сборники Федеральных Законов включают в себя все модели использования стандартных данных для проведения упрощенной оценки ущерба, в том числе, экономического.

Тип А правил ФЗ предназначен для оценки физического, биологического и экономического ущерба, при котором достаточно минимальное обследование участка.

Тип В правил ФЗ предназначен для оценки более сложных случаев, нередко, катастрофических масштабов, когда для определения ущерба требуется обширное наблюдение, т.к., величина нанесенного ущерба трудно определяема.

Для определения ущерба по типу В привлекаются государственные служащие Министерств, ответственных за пострадавшие ресурсы.

Алгоритм действий при наступлении чрезвычайного случая и определения степени вреда природным ресурсам:

Первое. Установление связи между разливом нефти и возможным ущербом. Подтверждение – документы, подтверждающие движение нефти от места разлива до пострадавших ресурсов;

Второе. Установление степени нанесенного ущерба. Подтверждение - данные о степени загрязнения;

Третье. Установление качества первоначального состояния ресурсов. Подтверждение - данные качества ресурсов, до аварии;

Четвертое. Установление временных сроков, необходимого для восстановления первоначального качества ресурсов; В данном вопросе необходима справка о климатических условиях и степень воздействия нефти на ресурсы.

Определение термина «вред» прописано и разъяснено в Сборнике Федеральных Законов, согласно которому, выделено шесть основных степеней вреда - гибель, заболевания, отклонения в поведении, возникновение раковых заболеваний, физиологические дисфункции, физические изменения,

Также выделяют допустимые и недопустимые биологические отклонения, которые могут быть использованы для подтверждения нанесения вреда.

К допустимым отклонениям относят учитываемые биологические отклонения, к недопустимым отклонения относят не учитываемые отклонения. Не учитываемые отклонения используются в случае, если они отвечают четырем критериям, используемым для идентификации допустимых отклонений.

Собранные данные, необходимые для определения разницы между периодами «до нанесения вреда» и «после нанесения вреда» или же между пострадавшим и контрольным районами позволяют определить степень нанесенного вреда.

Все процедуры по определению степени нанесенного вреда природным ресурсам определены Актом CERCLA, который отвечает за законность проведения оценки влияния разлива нефти на окружающую среду.

Из перечисленных процедур самой сложной оценкой является тип В,

связанный с большими временными затратами, т.к., после проведения оценки причиненного ущерба, проводится оценка действительного ущерба, в том числе с привлечением финансистов и приложением всех документально зафиксированных обоснований.

Основными документами в Российской Федерации, отвечающие и регламентирующие отношения в вопросах защиты окружающей среды от различных загрязнений нефтью, в том числе, связанных с разливами, являются следующие:

- Кодекс торгового мореплавания РФ,
- Кодекс внутреннего водного транспорта РФ;
- Правила морской перевозки опасных грузов РФ;
- Правила безопасности морской перевозки генеральных грузов РФ.

### 3.2 Мероприятия по снижению загрязняющих веществ в топливной продукции

Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленности относятся к отраслям экономики, оказывающим большое влияние на состояние природных ресурсов.

Устойчивое развитие данной отрасли невозможно без постоянного развития и модернизации производства, в том числе требуется разработка и внедрение новых подходов, не только к управлению, но и к производству, в том числе, с учетом экологической составляющей. Это позволит снизить риски вредного воздействия на ОС и стабилизировать экологическую и социальную обстановку.

Одним из таких методов, отвечающим современным требованиям, направленным на минимизацию воздействия на ОС продуктов нефти, является глубокая очистка топлива.

С целью удаления вредных компонентов и повышения стабильности продукта, топливные и масляные дистилляты подвергают тщательной очистке,

т.к., входящие в состав нефтепродуктов различные примеси, снижают их качественный показатель [9, с.13].

Поэтому, нефтепродукты, в частности различные виды масел и топлив, проходя этапы глубокой очистки на выходе являются продуктом, в котором существенно снижается концентрация содержания примесей до предельно-допустимых значений.

Также, с целью удаления вредных примесей и повышения стабильности очистке подвергаются горюче-смазочные продукты, которая в том числе, усиливает их эксплуатационные свойства.

Основными методами очистки нефти являются химический и физический. Химический метод основан на вступлении в химическую реакцию с реагентом нежелательных соединений топлива или масла.

Физический метод основан на адсорбции продуктов нефти на поверхностно-активных веществах или очищения продуктов нефти с помощью растворения нежелательных соединений топлива.

Основными реагентами, задействованными в химическом методе очистки нефти, являются сернокислотная, щелочная, гидрогенизационная, также применяют в качестве реагентов плюмбиты и хлориды металлов.

При физическом методе основным является очистка нефти селективными растворителями и различными адсорбентами.

Очень хорошо растворяет содержащиеся в нефти различные сернистые соединения серная кислота, при этом, она не вступает в реакцию с парафиновыми, ароматическими и нафтеновыми углеводородами. В промышленности, раствор серной кислоты называют кислым гудроном

Если топливо содержит в больших концентрациях непредельные углеводороды, серную кислоту нельзя применять, т.к., она вступает в реакцию с непредельными углеводородами, поэтому в качестве реагентов целесообразно применять плюмбиты и хлориды металлов.

Водный раствор щелочи NaOH применяют для обработки топлива, в результате которого хорошо удаляются органические кислоты, кислые эфиры,

сульфокислоты и остатки кислого гудрона. При этом происходит образование солей, которые остаются в одном растворе щелочи и после отстаивания сливаются [9, с.14].

Самым эффективным методом очистки нефти является процесс, протекающий при высоком давлении и температуре и под воздействием водорода. Такая очистка относится к гидрогенизационной и хорошо очищает нефтесодержащие продукты вредных примесей типа сернистых соединений.

Помимо водорода для очистки применяют в качестве катализаторов смесь оксидов хрома и молибдена, или кобальта и молибдена.

Гидрогенизационная очистка протекает при условии среднего давления 1-4 МПа и температуре среды 375—415°C.

В таких условиях под воздействием водорода сернистые соединения быстро переходят в газообразное состояние, и довольно легко удаляются. Такой способ обуславливает хороший результат при очистке дизельного топлива с высоким содержанием сернистых соединений около 1 — 1,3%. После прохождения очистки на выходе получают товарное топливо до 97—98% с содержанием сернистых соединений не более 0,02-0,06% [12, с.14].

Еще одним немаловажным методом глубокой очистки является очистка адсорбентами, в основе которого лежит метод адсорбции, или говоря другими словами, метод избирательном поглощения ненужных соединений находящихся в нефтепродукте.

Очень хорошо в качестве адсорбентов зарекомендовали себя алюмосиликаты, успешно применяемые при очистке бензинов термического крекинга от непредельных углеводородов.

Процесс заключается в пропускании паров топлива через определенный слой адсорбентов. В среднем, расход адсорбента не превышает 1—2% от массы топлива.

В связи с увеличением добычи тяжелой вязкой сернистой нефти важным является очистка сырой нефти от соединений серы.

Сырая сернистая нефть содержит различные соединения серы, включая

сероводород, процентное содержание которых зависит от месторождения нефти.

Самое низкое содержание серы отмечается у нефти, добытой из континентального шельфа Северного моря.

Необходимо отметить, что при перегонке сырой нефти, может образовываться дополнительное количество сероводорода, обусловленное расщеплением органических соединений, содержащих серу.

Выделенный сероводород попадает во фракцию сжиженного нефтяного газа или в нефтезаводской газ.

Свойства слабой кислоты, которыми обладает сероводород, позволяет относительно легко вывести его из фракции, если для обработки нефтепродуктов применять средства со слабым основанием.

Выведенный сероводород далее сжигается в воздухе, и при температуре 400°С проходя над поверхностью катализатора, являющегося оксидом алюминия из образовавшихся продуктов сгорания извлекается сера.

Применяемые для очистки сернистой нефти химические и физические способы состоят из следующих процессов:

- обработка дистиллята раствором щелочи, для снижения концентрации кислых продуктов, в том числе не только сероводорода, но и органических кислот, после которого дистиллят промывают водой;
- очищение дистиллята серной кислотой, для удаления смол, затем вначале промывают щелочным раствором и затем чистой водой;
- проведение дистиллят гидрогенизации в присутствии катализатора, для снижения содержания сернистых соединений, что позволяет снизить содержание серы в топливе в 10—20 раз;
- очищение дистиллята серной кислотой, для очистки масел, растворение смол и некоторых сернистых соединений;
- проведение депарафинизации при производстве зимних марок дизельных топлив, для удаления парафиновых углеводородов, имеющих высокие температуры застывания.

При смешивании зимних марок дизельных топлив с карбамидом, т. е., депарафинизируя, образуются кристаллические комплексы с алканами, далее топливо подвергается фильтрации, что обуславливает сохранение свойств текучести у очищенного топлива  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  [7, с.34].

При проведении контактной очистки адсорбентами, отбеливающие глины, целесообразно заменить на кислотную очистку, что является более действенным способом, т.к., на поверхности глин адсорбируются смолы, серная и органические кислоты.

Присадки к трансмиссионным маслам, являющиеся в основном рафинат маслом и экстрактом смол, получают селективным методом очистки с помощью фенола и фурфурола.

Получившие широкое распространение на сегодняшний день и внедренные в процесс работы многих НПЗ установки каталитического крекинга являются источниками загрязнений природной среды.

Поэтому, актуальным стоит вопрос разработки мероприятий по снижению атмосферных выбросов при работе установок каталитического крекинга.

В ходе данной работы разработан ряд мероприятий направленных на снижение атмосферных выбросов путем модификации процесса каталитического крекинга:

1. Проведение модификации технологического процесса, направленного на минимизацию образования загрязняющих веществ или полное их отсутствие.
2. Внедрение в технологический процесс новых блоков, например горелок, характеризующихся низкими значениями  $\text{NO}_x$
3. Внедрение в технологический процесс новых улавливающих вредные выбросы электрофильтров и циклонов.
4. Внедрение в технологический процесс конструктивных решений – установка двойных затворов, взамен одинарных, закрытых вентильных систем, улавливающих и дожигающих вредные выбросы.

5. Предпочтение при проведении процессов очистки нефти следующим процессам - абсорбции, адсорбции, дожигания, каталитического обезвреживания.

Довольно сложным представляется соблюдение требований экологического стандарта по содержанию серы в нефтепродуктах.

Хорошие результаты при соблюдении норм экологического стандарта по содержанию серы отмечаются при внедрении технологии получения низкосернистых судовых остаточных топлив, что обусловлено переходом основной части серы, при переработки нефти в кубовые продукты – базовые компоненты тяжелых бункерных топлив.

Поэтому технологии получения судовых остаточных топлив с улучшенными экологическими свойствами получают в настоящее время широкое применение.

Наиболее эффективным при этой технологии является прямое и косвенное гидрооблагораживание тяжелых нефтяных остатков.

Процесс гидродесульфуризации, гидроочистки и гидрокрекинга тяжелых нефтяных остатков относится к прямым методам производства.

При переработке нефтяных остатков технология компаундирования сернистых компонентов, включая продукты термодеструктивной и малосернистых, в том числе, гидроконвертированных и негидроконветрированных, относится к косвенным методам производства [5, с.8].

При очистке нефтепродуктов с низким содержанием серы методом косвенной гидрогенизации нефтяных остатков можно получить судовое топливо с содержанием серы до 0,1 % масс.

К современному прямому методу производства топлив типа тяжелого мазута, которые являются востребованными видами топлива для морских судов, относится метод прямой гидрогенизации нефтяных остатков [11, с14].

Данный метод необходим при переработке тяжелого углеводородсодержащего сырья, имеющего высокое содержание серы, не ниже

0,5 % масс и температуру начала кипения не ниже 350°C, температуру конца кипения не ниже 450 °С. [11, с.14].

Процесс прямой гидрогенизации высокосернистого судового бункерного топлива состоит из следующих этапов - вначале проводится гидроочистка мазута в неподвижном слое, следующий этап включает промежуточное разделение и стадию гидрокрекинга, при котором, задействован хотя бы один реактор «гибридного» типа.

Применяют также метод прямой гидрогенизацией вакуумного остатка для получения низкосернистого судового бункерного топлива.

Процесс прямой гидрогенизации вакуумного остатка низкосернистого судового бункерного топлива состоит из следующих этапов – вначале проводится гидроочистка подаваемого потока вакуумного остатка на катализаторе гидроочистки в присутствии водорода. Вторым этапом, проводится смешение гидроочищенного вакуумного остатка с первым дизельным погоном, в количестве не более 10 %

Последним этапом проводится смешение гидроочищенного вакуумного остатка со вторым дизельным погоном, в количестве не более 40 % .

Данный способ позволяет существенно снизить содержание серы до значений ниже 0,5%.

## Заключение

Глубина переработки нефти большинства российских НПЗ существенно ниже, чем в остальном мире.

Этот факт усугубляется тем, что в ближайшей перспективе на переработку будет поступать только тяжелая нефть, то есть нефть с высоким серосодержанием.

Развитие и внедрение в нефтеперерабатывающую промышленность недорогих и эффективных процессов углубленной и глубокой переработки нефти и нефтяных остатков очень актуально для нашей страны, да и для мировой нефтяной промышленности тоже.

При внедрении таких процессов происходит существенное снижение стоимости готовой продукции переработки, экономия сырья при выработке необходимого количества целевых товарных продуктов, другими словами оптимальное и рациональное использование сырьевых ресурсов при их дальнейшей переработке, что позволит получать огромную дополнительную ежегодную прибыль и экономить миллионы тонн сырья ежегодно при полном удовлетворении рынка качественными горюче-смазочными материалами в полном объеме.

Использование нефтяных газов позволит свести затраты на проведение процесса глубокой переработки к минимуму.

Решение экологических проблем для нашей страны тоже немаловажно - различные остатки и отходы, накапливающиеся в процессе добычи и переработки нефти, приводят к ухудшению экологической обстановки, и их переработка с помощью предлагаемых технологий с получением высоколиквидной продукции позволяет решать не только экологические проблемы, но и получать существенную дополнительную прибыль.

Минимальная производительность, при которой процесс становится высокорентабельным, в несколько раз меньше, чем при использовании известных каталитических технологий.

Появляется возможность строительства небольших перерабатывающих производств, непосредственно приближенных к потребителю и оптимально удовлетворяющих его требованиям, т.к. проблема оптимального размещения НПЗ на территории страны решается довольно хаотически и далека от логического завершения.

По результатам проделанной работы можно сделать выводы:

- процессы, применяющиеся в России при переработке нефти с высоким серосодержанием, требуют модернизации, и реализация новых процессов, при сохранении необходимого качества получаемых продуктов, позволит снизить стоимость оборудования и самого процесса и, как следствие - стоимость получаемых продуктов;

- на ООО «РН-Туапсинский НПЗ» применяемые технологии позволяют в легкой части нефти уменьшить содержание серы до 5 раз, а хлоридов до - 200 раз по сравнению с исходным сырьем;

- содержание ароматических углеводородов, серы, меркаптанов и азота в 2021 году уменьшилось по сравнению с 2019 и 2020 гг., что обусловлено продолжающейся модернизацией технологических процессов (установка гидроочистки), начатых в 2014 году;

- в процессе сжигания исследуемых видов топлив образуются химические соединения вследствие окисления различных составляющих топлива и азота воздуха  $N_2$ . Наиболее существенную их часть составляют оксиды азота  $NO_x$  и серы  $SO_x$ ;

- топливо Fuel oil (мазут) в связи с его химическим составом и широким применением необходимо заменить на новые, соответствующие современным экологическим требованиям, таких как VLSFO (низкосернистый мазут, сера – 0,5%).

Мероприятия: из всех рассмотренных в работе видов очистки топлив гидрогенизационная очистка является наиболее эффективным способом очистки от сернистых соединений и других вредных примесей. Очистку проводят в присутствии водорода  $H_2$  и катализаторов (смеси оксидов хрома и

молибдена, кобальта и молибдена) при давлении 1-4 МПа и температуре 375—415 °С.

Сернистые соединения в этих условиях под воздействием водорода переходят в газообразные продукты, которые легко удаляются.

Например, при очистке дизельного топлива с содержанием сернистых соединений 1 — 1,3% выход товарного топлива составляет 97—98% с содержанием сернистых соединений 0,02-0,06%;

## Список использованной литературы

1. Аракелов, М. С. Управление развитием и геоэкологическое районирование территориальных рекреационных систем в прибрежных зонах: монография / М.С. Аракелов, Г.Г. Гогоберидзе, В.А. Жамойда, Д. В. Рябчук, Д. С. Темиров и др. – СПб.: РГГМУ, 2011. – 221 с.
2. Батуева, И. Ю., Гайле, А.А., Поконова, Ю.В. Химия нефти. Под редакцией З. И. Сюняева. Ленинград: Химия, 1984. – 316 с.
3. Богомолов, А. И., Гайле, А.А., Громова, В.В. и др. Химия нефти и газа: Учебное пособие для вузов / Под ред. В. А. Проскурякова, А. Е. Дробкина. – 3-е изд., доп. и испр. - СПб: Химия, 1995. – 380 с.
4. ГОСТ Р 51858 «Нефть. Общие технические условия». М., 2003г. – 91 с.
5. ГОСТ Р 50802 «Нефть. Метод определения сероводорода, метил-этилмеркаптанов». М., 2003г. – 95 с.
6. ГОСТ 2177-99 «Методы определения фракционного состава». М., 2003г. – 82 с.
7. ГОСТ 11851-85 «Метод определения парафина». М., 2003г. – 97с.
8. ГОСТ 2477-65 «Методы определения воды». М., 2003г. – 89 с.
9. ГОСТ 21534-76 «Методы определения содержания хлористых солей». М., 2003г. – 84 с.
10. ГОСТ 6370-83 «Метод определения содержания механических примесей». М., 2003г. – 97 с.
11. ГОСТ 1756-52 «Определение давления пара методом Рейда». М., 2003г. – 93 с.
12. ГОСТ Р 52247-2004 «Нефть. Методы определения хлорорганических соединений». М., 2003г. – 87 с.
13. Дияров, И.Н., Батуева, И.Ю., Садыков, А.Н., Солодова, Н.Л. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям: Учеб. пособие для вузов. - Л.: Химия, 1990. – 171 с.
14. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК)

загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М., 2003г. – 99 с.

15. ГН 2.1.6.2309-07. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М., 2008г. – 134 с.

16. Калыгин, В.Н. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях / Калыгин, В.Н., Бондарь, В.А., Дедеян, Р.Я. – М.: КолосС, 2008. – 34с.

17. Лебедева, А.Н. Природоохранное законодательство развитых стран. Защита окружающей среды от загрязнения: методы контроля и регулирования: в 3-х частях / Лебедева, А.Н., Лаврик, О.Л. отв. ред. М. А. Грачев. – Часть 2. – Новосибирск, 2002. – 360 с.

18. Основы физико-химического анализа продуктов нефтепереработки и нефтехимического синтеза: Электронный учебно-методический комплекс/ Ильичев, И.С., Лазарев, М.А., Щепалов, А.А. М. Недрa. 2010. – 330 с.

19. Современные методы исследования нефтей: Справочно-методическое пособие /Абрютина, Н.Н., Абушаева, В.В., Арефьев, О.А./Под ред. Богомолова А.И., Темянка М.Б., Хотынцевой, Л.И., М. Недрa. 1984. - 408 с.

20. Соколов, В. Л., Фурсов А. Я. Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. - М.: Недрa.2000. - 296 с.

21. Федеральный закон РФ от 21 июня 1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (в посл. ред. Федерального закона РФ от 30 ноября 2014 г. № 347-ФЗ).

22. Федеральный закон РФ от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в посл. ред. Федерального закона РФ от 21 ноября 2014 г. № 331-ФЗ, с изм. внесёнными Федеральным законом от 7 декабря 2014 г. № 417-ФЗ).

23. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям: Учеб.пособие для вузов./Дияров, И.Н., Батуева, И.Ю., Садыков, А.Н., Солодова, Н.Л. М. Недрa: 1990. – 460 с.