

УДК 621.187.12

П.А. ЛИСОВА, студентка гр. 4 - 3А (ИГЭУ)  
Научный руководитель Н.А. ЕРЕМИНА, к.т.н., доцент (ИГЭУ)  
г. Иваново

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕФТЕСОРБЕНТОВ ДЛЯ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЭС**

С развитием техносферы использование нефти и продуктов её переработки приобрело глобальное распространение. Сейчас произведенные на нефтяной основе масла, керосины, топлива и мазуты используются в больших объемах практически во всех производственных отраслях. Кроме прочего, масляные фракции на основе нефти в немалых количествах используются в энергетике. Несмотря на значительный вклад в мировое хозяйство, добыча нефти и нефтепродуктов, их переработка и использование приводят к существенному ущербу окружающей среде (далее ОС). Попадая в ОС, продукты нефти наносят значительный вред атмосфере, гидросфере и литосфере. Нередко этот вред обретает масштабы экологической катастрофы. Также нефть в том или ином виде нередко является причиной гибели многих морских существ (птиц, животных и растительности) — и, конечно, способна наносить вред здоровью человека [1].

Эксплуатация тепловых электрических станций (ТЭС), обозначенных нами в заглавии, связана с использованием большого количества воды, которая после применения в различных технологических системах также может загрязняться нефтепродуктами. Основными источниками загрязнённых таким образом сточных вод на ТЭС являются следующие: мазутное хозяйство; маслосистемы турбин, генераторов; системы охлаждения подшипников механизмов; аварийные разливы масла и мазута; электротехническое оборудование; оборудование гаражей; оборудование вспомогательных служб. В результате в сточных водах ТЭС, загрязнённых нефтепродуктами, могут содержаться мазут, изоляционные и смазочные масла, бензин, керосин и т.д.

Во избежание ряда негативных последствий попадания нефти и её продуктов в окружающую среду были разработаны способы уменьшения её негативного воздействия — т.н. очистка нефтезагрязнённых сточных вод. В настоящее время для этой цели на ТЭС применяются методы механической и физико-химической очистки.

Для удаления нефти и её производных из сточных вод на ТЭС обычно применяют ряд последовательных методов, применяемых до достижения ПДК нефтепродуктов в воде. Такие методы включают в себя отстаивание, флотацию и механическое фильтрование. Выбор способов и оборудо-

вания в каждом конкретном случае производится отдельно, исходя из таких факторов, как показатели очищаемого стока, возможность повторного использования воды, возможность утилизации примесей и т.д.

Помимо обыкновенной очистки стока довольно часто необходима и дополнительная очистка («доочистка»). Такая мера характеризуется большими глубиной и тщательностью, нежели обыкновенная очистка. Главное положительное качество доочистки таково: после неё можно повторно использовать воду в технологических процессах (например, в схеме подпитки теплосети) или в качестве исходного ресурса при приготовлении воды для подпитки котлов. Это позволяет уменьшить и использование непосредственно водных ресурсов, и сброс/отведение сточной воды. Таким образом, пуск очищенных стоков в повторное использование помогает снизить затраты предприятия. Также это позволяет уменьшить оказываемое негативное влияние на окружающую среду, на флору и фауну водного объекта, которое проявляется в результате сброса недостаточно очищенных нефтесодержащих сточных вод.

Наибольшее распространение в практике приобрел метод доочистки, основанный на фильтровании воды посредством различных сорбционных материалов. Такой способ зарекомендовал себя как эффективный и надежный; кроме того, о нем существует немало положительных отзывов с практических работ, а его эксплуатация весьма проста по сравнению с другими методами доочистки. Напомним, что сорбционные фильтры предназначены для очистки воды от загрязнений, что происходит путем поглощения последних высокопористыми сорбентами. В качестве загрузки применяются фильтрующие материалы на основе нефтяных сорбентов. Следует отметить, что правильный подбор загрузки во многом определяет эффективность фильтрования. Поэтому, выбирая загрузку с конкретной целью (в нашем случае это удаление из воды нефтепродуктов), важно произвести сравнительный анализ сорбентов с целью выявления наиболее подходящего при существующих условиях.

Для такого анализа (оценки пригодности использования) нами была взята среднестатистическая ТЭЦ центрального региона, использующая в качестве основного топлива природный газ, а в качестве резервного – мазут. На данной ТЭЦ не проводится сорбционная доочистка нефтезагрязнённых стоков; в результате это приводит не только к загрязнению окружающей среды, но и к упущению ряда преимуществ, которые дает подобная очистка. Напомним, что примером такого преимущества является возможность повторного использования очищенной воды на водоподготовительной установке (ВПУ). Такое решение позволяет, кроме прочего, снизить и расход исходной воды.

Логично заключить, что посредством введения водоочистительных мероприятий можно существенно снизить экономические затраты станции на водопользование и водоотведение. Объем нефтезагрязнённых сточных

вод на данной ТЭЦ составляет  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  — иначе говоря,  $25600 \text{ м}^3/\text{год}$ . Для очистки используется установка, в которой предусмотрено три ступени: отстаивание в буферном резервуаре со сливом всплывших нефтепродуктов; напорная флотация в баке-флотаторе с удалением нефтепродуктов; фильтрация через механические фильтры. Стоки поступают на флотацию с концентрацией нефтепродуктов  $8 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ; после механических фильтров значение концентрации нефтепродуктов составляет  $1 \text{ мг}/\text{дм}^3$ . Очищенная вода после прохождения всех ступеней очистки сбрасывается в централизованную систему водоотведения.

С целью сокращения сброса этих стоков, улучшения их качества, а также реализации повторного использования было предложено предусмотреть ступень доочистки нефтезагрязнённых стоков для данной ТЭЦ; для реализации этой ступени предлагается внедрить в процесс сорбционные фильтры.

Для оценки эффективности использования загрузки, упомянутой нами выше, был произведен сравнительный анализ нескольких сорбентов, рекомендуемых к применению для сорбционной очистки. В исследовании участвовали: активированный древесный уголь БАУ-А, производитель ООО «Водоочистка» [2]; Версойл, производитель ООО «ЮнСтрой» [3]; гранулированный активированный кокосовый уголь, производитель ООО «Мембранная Техника» [4]; Мегасорб-Ф, производитель ООО «Про-Экология» [5]; сорбент ОДМ-2Ф, производитель ООО «Торговый дом «ОКПУР» [6]; сорбент с-ВЕРАД БИО, производитель ООО ПП «Арталія» [7]; сорбент АС, производитель ООО «АЛСИС» [8]; ПироСорб, производитель ООО «ЭКОВТОРРЕСУРС» [9].

В качестве сравнительных показателей были выбраны следующие: сорбционная емкость, нефтеёмкость, ёмкость по нефтепродуктам в динамических условиях, г/г (данный показатель является наиболее важным для оценки, т.к. количественно отражает способность сорбента к сорбции (т.е. его сорбирующую способность)), возможность регенерации (показатель, отражающий возможность повторного использования сорбента), насыпная плотность ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), объемный насыпной вес, ( $\text{г}/\text{дм}^3$ ; от насыпной плотности и объёмного насыпного веса сорбента зависит, какое его количество уйдет на заполнение одного фильтра), пористость, межзерновая пористость (%; чем выше данный показатель, тем лучше происходит процесс сорбции — это играет немаловажную роль при выборе фильтрующей загрузки).

В результате проведения анализа нами были особо отмечены 2 сорбента: Версойл и сорбент с-ВЕРАД БИО. В сравнении с другими сорбентами именно они показали лучшие результаты по наибольшему числу выбранных показателей. Несмотря на то, что сорбент с-ВЕРАД БИО не имеет способности к регенерации, длительность его фильтроцикла достаточно велика — это позволяет не исключать его из рассмотрения. Также данный сорбент уже зарекомендовал себя в качестве хорошего варианта для выбо-

ра его в качестве сорбционной загрузки: он уже используется на ТЭЦ для фильтра по доочистке сточной воды от нефтепродуктов [10].

По выбранным в ходе исследования сорбентам были проведены оценочные расчеты, связанные с установкой сорбционных фильтров. По результатам расчета было предложено два варианта дальнейших действий. Первый вариант: установить 4 фильтра (диаметр каждого — 1,5 м, высота слоя загрузки — 1 м) с использованием в качестве загрузки сорбента Версойл. Второй вариант — также установить 4 фильтра (диаметр каждого — уже 2,0 м, а высота слоя загрузки — 1 м), но с использованием в качестве загрузки сорбента с-ВЕРАД БИО.

Отметим также, что в ходе исследования был проведен расчет фильтроцикла — наиболее показательного параметра, характеризующего период работы фильтра от начала одной промывки до начала следующей. В результате были получены следующие данные по длительности фильтроцикла: Версойл — 135501,26 ч (т.е. 185,62 мес.); сорбент с-ВЕРАД БИО — 100149,47 ч (т.е. 137,19 мес.). В данном сравнении видно, что фильтроцикл сорбента Версойл превышает значение фильтроцикла сорбента с-ВЕРАД БИО, что является значительным преимуществом. К тому же стоит отметить и значительное ценовое различие данных сорбентов: стоимость сорбента с-ВЕРАД БИО составляет 32000 руб/м<sup>3</sup>; для сорбента Версойл этот показатель равен 1530 руб/м<sup>3</sup>.

Сравнив все показатели и обобщив выводы, можно сказать, что оба вышеназванных сорбента могут применяться в качестве загрузки фильтров по доочистке нефтезагрязненных стоков. Характеристики обоих сорбентов вполне приемлемы для данных целей. Однако, так как фильтроцикл сорбента Версойл больше, а цена меньше (в сравнении с сорбентом с-ВЕРАД БИО), то в первую очередь стоит порекомендовать для использования именно его. И всё же окончательный выбор можно сделать только после опытно-промышленных испытаний, а также учёта финансовых затрат конкретного производства.

#### Список литературы:

1. Щеглов С. И. Загрязнение вод нефтью и нефтепродуктами / С. И. Щеглов; науч. рук. Н. М. Недоливко // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М. К. Коровина, г. Томск, 23-27 ноября 2015 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 504-506].
2. Древесный дробленый активированный уголь БАУ-А // ООО «Водоочистка» Комплексные системы водоочистки. URL: <http://ochistka-vodi.ru/aktivirovaniy-drevesniy-drobleniy-ugol-baua-mf.html> (дата обращения: 8.11.2021).

3. СОРБЕНТ вермикулитовый. URL: <http://vermistroy.narod.ru/14.html> (дата обращения: 15.10.2021).
4. Уголь активированный кокосовый для сорбционных фильтров воды // Мембранная техника. URL: <https://www.membrannaya-tehnika-spb.ru/> (дата обращения: 15.10.2021).
5. Сорбент МЕГАСОРБ // PROECOLOGY. URL: <https://proecology.ru/ru/products/sorbents/sorbent-megasorb> (дата обращения: 15.10.2021).
6. Фильтровальный материал марки ОДМ-2Ф для водоподготовки и водоотведения // ОКПУРгрупп фильтровальные материалы и сорбенты. URL: <https://okpur-aqua.com/odm2f/> (дата обращения: 15.10.2021).
7. Сорбент для фильтров С-БЕРАД® // NEFT PRODUCT. RU. URL: <https://www.neft-product.ru/trade/-3525> (дата обращения: 15.10.2021).
8. Сорбент АС (0,7 - 1,4) для фильтров обезжелезивателей // Гидросити Интернет-магазин водной техники. URL: [https://gidrositi.ru/catalog/napolniteli/sorbent\\_as\\_0\\_7\\_1\\_4/](https://gidrositi.ru/catalog/napolniteli/sorbent_as_0_7_1_4/) (дата обращения: 15.10.2021).
9. Электронный ресурс: Сорбенты серии «ПироСорб» от производителя. Ликвидация разливов нефтепродуктов, очистка жидких и газовых сред от широкого спектра примесей. // ЭКОВТОРРЕСУРС. URL: <http://pirosorb.com/application/uploads/sorbent.pdf> (дата обращения: 15.10.2021).
10. Эффективные способы реагентной и адсорбционной очистки воды на ТЭС от органических примесей. Б.М. Ларин, д-р техн. наук, А.И. Пирогов, д-р хим. наук, А.А. Гришин, инж. /Повышение эффективности работы энергосистем: Тр. ИГЭУ. Вып. 6 / Под ред. В.А. Шуина, М.Ш. Мисриханова, А.В. Мошкарina. – М.: Энергоатомиздат, 2003. — 560 с. С. 109-114.