

ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА • ТЕХНИКА • ЭКОЛОГИЯ

10'2021

Ежемесячный научно-популярный
и общественно-политический
иллюстрированный журнал
Издаётся с января 1984 г.

© Российская академия наук, 2021 г.
© ФГУП Издательство "Наука"
© Составление. Редколлегия журнала
"Энергия: экономика, техника,
экология", 2021 г.

Б.М. ВЛАДИМИРСКИЙ

Интерфейс «мозг – компьютер»:
на пороге нового поколения устройств

2

Валерий АГЕЕВ

Гибридные силовые установки

8

Н.Н. ПРОХОРЕНКО

Термодинамика управления

12

В.Ф. ОЧКОВ, К.А. ОРЛОВ

Цифровой двойник воды

18

С.А. КРАСНОПЁРОВА

К вопросу об утилизации нефтесодержащих отходов

23

С.В. БЕЛОВ

Внутриземная энергетика и биосоциальные процессы:
взаимосвязь и причины

28

В.А. БУТУЗОВ, П.П. БЕЗРУКИХ, С.В. ГРИБКОВ

Ветроэнергетика России

38

Николай АМОСОВ

33 года со дня катастрофы на Чернобыльской АЭС

51

С.В. ГАНДИЛЯН

Зарождение строительной науки с древних времён

57

К ВОПРОСУ ОБ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Кандидат биологических наук С.А. КРАСНОПЕРОВА
(Удмуртский Государственный Университет)

DOI: 10.7868/50233361921100050

В настоящее время нефтяное загрязнение охватывает всё больше территорий и акваторий и возникает проблема утилизации нефтесодержащих отходов, образующихся в процессе добычи нефти, а также при строительстве нефтяных и газовых скважин и очистке сточных вод. Одними из таких отходов являются нефтешламы, которые характеризуются сложным разнообразным составом дисперсных систем. На сегодняшний день наиболее распространённые методы утилизации – термические, а также обезвреживание и захоронение на полигонах. Но на обезвреживание требуются дорогостоящие установки, а продукты сжигания и простое складирование нефтешламов зачастую являются источником загрязнения окружающей природной среды. В качестве решения данной проблемы предлагается перерабатывать нефтешламы в дизельное топливо за счёт создания минипредприятий, а твёрдые отходы использовать в качестве строительного материала.

Нефтесодержащие отходы образуются чаще всего в результате добычи нефти, при её подготовке и транспортировке, а также могут накапливаться

в резервуарах для хранения нефти¹. Нефтешламы – это устойчивые сложные многокомпонентные дисперсные системы (эмульсии), основную часть которых составляют тяжёлые ароматические и парафинонафтенновые углеводороды (31–83%), смолы (4–10%) и асфальтены (4–14%). Они имеют свойство изменяться в результате воздействия атмосферы и протекающих в них процессах². Они накапливаются в различных открытых шламовых амбарах, где происходит их уплотнение, осмоление и окисление за счёт улетучивания лёгких фракций нефти и перехода смол и асфальтенов в коллоидно-мицеллярные конгломераты, а также при внесении дополнительных механиче-

¹ Конопелько Л.А., Бегак О.Ю., Окрепилов М.В. Экологические проблемы нефтедобычи // Экологические системы и приборы. 2012. № 2; Кудеева А.Р. Проблема переработки и утилизации нефтяных шламов // Сборник трудов заочной международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью». Екатеринбург, 2015; Борисова Е.А., Красноперова С.А. Разработка метода рекультивации прудов-шламонакопителей // Нефтяная провинция. 2019. № 1.

² Борисова Е.А., Красноперова С.А. Разработка метода рекультивации прудов-шламонакопителей // Нефтяная провинция. 2019. № 1; они же. Разработка плана мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов АО «Порт Камбарка» // там же.



Рис. 1.
Классификация нефтешламов.

ских примесей неорганического происхождения из окружающей среды. Классификация нефтешламов представлена на рис. 1³.

На данный момент в России ежегодно образуется более 3 млн т нефтеотходов. По последним данным выявлено, что на 1 тыс. т сырой нефти приходится 1–5 т нефтешламов, причём с каждым годом суммарное количество их различных видов постоянно увеличивается. Поэтому данный вид отходов, а именно их утилизация и обработка представляют одну из сложных задач в нефтяной промышленности⁴.

Мы проанализировали несколько месторождений Удмуртской Республики. Выявлено, что утилизация на многих месторождениях происходит традиционными методами. Нефтешламы на исследованных нефтяных месторождениях поступают в шламонакопители,

представляющие собой земляные амбары, облицованные бетоном или железобетонными плитами (рис. 2). Они могут быть различными по своей конструкции. Глубина конструкции варьирует от 2 до 4 м, хотя они могут быть и более глубокими⁵. Нефтешламы классифицируются на

два вида: амбарные и ловушечные. Амбарные нефтешламы накапливаются и хранятся в шламонакопителях с гидроизоляцией и без неё, ловушечные – в стальных резервуарах. Данные виды нефтешламов (амбарные и ловушечные) характеризуются повышенной вязкостью, плотностью, высоким содержанием механических примесей и агрегативной устойчивостью⁶. Откачку нефтешламов

Рис. 2.
Шламовый амбар на одном из нефтяных месторождений Удмуртской Республики.



⁵ Хайдаров Ф.Р., Хисаев Р.Н., Шайдаков В.В., Каштанова Л.Е. Нефтешламы. Методы переработки и утилизации. Уфа, 2003.

⁶ Агрегативная устойчивость – это способность системы сохранять степень дисперсности своих частиц.

³ Ямалетдинова К.Ш., Ишметова А.Т., Ямалетдинова Г.Ф., Бондарук А.М. Классификация методов утилизации нефтяных шламов // Нефтегазовые технологии и новые материалы. проблемы и решения: сборник научных трудов. Уфа, 2014.

⁴ Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н. Нефтешламы: состояние проблемы в РФ и методы снижения их воздействия на окружающую среду // Экобиотех, 2019. Том 2. № 1.

производят с помощью насосов при условии, что их вязкость будет составлять не более $0.3 \text{ см}^2/\text{с}$. На практике вязкость нефтешлама изменяется в пределах $1.2\text{--}1.03 \text{ см}^2/\text{с}$, поэтому перекачку можно осуществлять только при его нагреве до температуры не менее $40\text{--}45^\circ\text{C}$. Накопление ловушечных нефтешламов в отличие от амбарных осуществляется в закрытых ёмкостях-накопителях, где практически нет контакта с воздухом, поэтому они не подвержены более жёсткому и длительному «старению» как амбарные. Тем не менее оба вида нефтешламов со временем отстаиваются и разделяются на слои: верхний – трудноразделяемая эмульсия с относительно невысоким массовым содержанием механических примесей – от 0.5% (для ловушечных нефтей) до 1.5% (для амбарных); средний – водонефтяная эмульсия (прямая и обратная) с массовым содержанием воды до $70\text{--}80\%$ и механических примесей $1.5\text{--}15\%$; нижний (донный) – осадок, пропитанный нефтепродуктами ($5\text{--}10\%$) и водой (до 25%), с большим содержанием механических примесей, количество которых растёт с глубиной. Схема процесса переработки и утилизации нефтешламов отражена на рис. 3⁷.

Нефтешламы верхних и средних слоёв являются устойчивыми эмульсиями и поэтому сложнее поддаются разрушению. Такая повышенная устойчивость обусловлена не только присутствием асфальто-смолистых и парафиновых веществ, но и механических примесей в нефтешламах, которые попадают туда в результате тепловых и химических методов воздействия на пласт. К таким видам воздействия относятся: внутрислоевого горение, за-



Рис. 3.
Схема процесса переработки и утилизации нефтешламов.

качка теплоносителя, поверхностно-активные вещества.

Для переработки и утилизации нефтешламов применяют следующие методы: физические, физико-химические, химические, биологические, комплексные⁸. К физическим относятся процессы отстаивания, фильтрации, цент-

⁸ Суфиянов Р.Ш. Обезвреживание нефтесодержащих отходов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 5; Бахонина Е.Н. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов // Башкирский химический журнал. 2015. Т.22. № 2; Магид А.Б. Технологии переработки нефтешламов с получением товарных продуктов // Мир нефтепродуктов, 2003. № 3; Соловьянов А.А. Переработка нефтешламов с использованием химических и биологических методов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 5.

⁷ Там же.

рифугирования, перемешивания. Их действие обусловлено за счёт центробежных сил, способствующих осаждению тяжёлых фракций нефтешламов.

Физико-химические способы основаны на процессах коагуляции, сорбции, флокуляции⁹, флотации, ультрафиолетового излучения и т.д. Технология по переработке нефтешламов в данном случае осуществляется путём нагрева нефтешлама, обработки деэмульгаторами, разрушения эмульсии и отделения воды и механических примесей. Данные методы направлены не столько на переработку, сколько на обезвреживание нефтесодержащих отходов. Следует отметить, что эти методы достаточно энергоёмкие, установки сложные в эксплуатации.

Химические методы утилизации осуществляются за счёт химических реакций (окислительно-восстановительных, осаждения, комплексообразования¹⁰ путём введения химических реагентов. К недостаткам данного метода относятся: рост себестоимости конечного продукта, ускоренный износ оборудования за счёт коррозионных процессов, процесс утилизации является сложнорегулируемым¹¹.

⁹ Флокуляция – вид коагуляции, при которой частицы дисперсной фазы образуют рыхлые хлопьевидные агрегаты (флокулы).

¹⁰ Комплексообразование приводит к изменению электронной структуры хромофора и, следовательно, к изменению окраски реагента.

¹¹ Бахонина Е.Н. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов // Башкирский химический журнал. 2015. Т. 22. № 2; Магид А.Б. Технологии переработки нефтешламов с получением товарных продуктов // Мир нефтепродуктов, 2003. № 3.

Биохимические методы представляют собой химическую трансформацию остаточных нефтешламов благодаря микроорганизмам. Этот метод, в отличие от предыдущих, достаточно длительный, зато более дешёвый.

Наиболее распространёнными являются термические и химические методы. Недостатки таких методов:

- выделение значительного количества токсичных продуктов сгорания, большинство из которых экотоксичные, канцерогенные, мутагенные, например, диоксины;
- химические методы требуют дополнительного дорогостоящего

оборудования и реагентов, а также дополнительных исследований воздействия на окружающую природную среду.

Главный недостаток этих методов – они применимы только для той или иной фракции нефтешлама, а также не обладают широким спектром действия, за исключением термических, но последние достаточно дорогостоящие и энергоёмкие.

В настоящее время идёт поиск решений по переработке и утилизации различных видов отходов, в том числе и нефтешламов, с возможностью получения вторичного сырья. Утилизация нефтешламов в районах нефтедобычи на сегодняшний день ограничивается накоплением их в шламовых амбарах и захоронением на полигонах, что является источником загрязнения окружающей среды. В лучшем случае осуществляется обезвреживание нефтесодержащих отходов и закачивание их в пласт, но такие установки

Биохимические методы представляют собой химическую трансформацию остаточных нефтешламов благодаря микроорганизмам. Этот метод, в отличие от предыдущих, достаточно длительный, зато более дешёвый.

существуют далеко не на всех месторождениях.

Кроме того, применение последних ограничено из-за чрезвычайно энергозатратных, очень сложных и дорогостоящих технических схем. Эти схемы включают термическое выпаривание или выжигание нефтешламов, центрифугирование с использованием флокулянтов¹², экстракции, гравитационного уплотнения, вакуумфльтрации, фильтрпрессования, замораживания и др. Таким образом, эти установки не всегда могут обеспечить желаемую высокую производительность, особенно на месторождениях, находящихся на последней стадии разработки.

Решением проблемы может стать создание минипредприятий по переработке нефтешламов в дизельное топливо. Такое предприятие будет работать на основе пиролизной установки, оснащённой центробежным сепаратором, который предназначен для удаления влаги из пирогаза. Такая система способна извлекать

всю жидкую часть нефтешлама из пирогаза практически без потерь. Затем производится разделение обезвоженного нефтешлама на фракции,

а именно на дизельное топливо и бензин. Подсчитано, что для производства 1 м³ дизельного топлива необходимо использовать 1.8 м³ нефтешлама. Нефтешлам закупается на месторождениях, нефтяных базах и т.д. При подборе наиболее выгодной технологии утилизации нефтешламов можно получить до 500 тыс. л дизельного топлива¹³. Твёрдые отходы (механические примеси, асфальтены, кек) могут использоваться в дорожном строительстве¹⁴.

Таким образом отходы производства, в том числе и нефтесодержащие, могут не просто утилизироваться, а вовлекаться в производственный оборот с целью сокращения затрат на обезвреживание и снижение негативного воздействия на окружающую природную среду.

В настоящее время идёт поиск решений по переработке и утилизации различных видов отходов, в том числе и нефтешламов, с возможностью получения вторичного сырья. Утилизация нефтешламов в районах нефтедобычи на сегодняшний день ограничивается накоплением их в шламовых амбарах и захоронением на полигонах, что является источником загрязнения окружающей среды.

В лучшем случае осуществляется обезвреживание нефтесодержащих отходов и закачивание их в пласт, но такие установки существуют далеко не на всех месторождениях. Кроме того, применение последних ограничено из-за чрезвычайно энергозатратных, очень сложных и дорогостоящих технических схем...

¹² Флокулянты – это синтетические высокомолекулярные полимерные соединения, которые способствуют выпадению мелких загрязняющих частиц в хлопьевидный рыхлый осадок.

¹³ Егоров А.Н., Егорова Г.И. Отходы нефтехимических производств – сырьё для ресурсосберегающих технологий: Учебное пособие. Тюмень, 2016.

¹⁴ Боковикова Т.Н., Шпербер Д.Р., Шпербер Е.Р., Волкова С.С. Использование нефтешламов в строительстве дорожных покрытий и одежд // Нефтегазовое дело. 2011. № 2.