

# Совершенствование технологий обезвреживания и утилизации отходов нефтяной промышленности\*

Чернышова А.Г., Капизова А.М.

Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет  
г. Астрахань, Российская Федерация  
[Gorbunova\\_anna\\_2014@mail.ru](mailto:Gorbunova_anna_2014@mail.ru)

Арсланова А.С., Наркизова Н.К.

МБОУ г. Астрахани «Гимназия 4»  
г. Астрахань, Российская Федерация  
[farhat.2013@list.ru](mailto:farhat.2013@list.ru)

**Аннотация.** Стремление сократить количество отходов продиктовано строгими экологическими ограничениями и экономическими интересами национальной экономики. Один из парадоксов современности заключается в том, что с ростом благосостояния человека, несмотря на достижения технического прогресса, количество отходов на одного человека неуклонно растет. При решении проблем управления окружающей средой необходимо исходить из признания невозможности полного предотвращения воздействия антропогенеза на окружающую среду в настоящее время и в будущем, даже если производство и другие сферы человеческой деятельности будут улучшены. Целью нашей работы была разработка технологии для снижения воздействия на окружающую среду.

**Ключевые слова:** нефтешламы, отходы, утилизация, технологический процесс, обезвреживание, нефтяная промышленность.

## ВВЕДЕНИЕ

Для окружающей среды на сегодняшний день все большую важность с экологической и экономической точки зрения приобретают процессы рециркуляции природных богатств. Стремление к сокращению отходов диктуется жесткими экологическими ограничениями и экономическими интересами народного хозяйства. Один из парадоксов современности состоит в том, что с ростом благосостояния людей, несмотря на достижения технического прогресса, количество отходов в расчете на одного человека неуклонно возрастает.

Нефтяная промышленность по уровню отрицательного воздействия на окружающую среду занимает одно из первых мест среди ведущих отраслей народного хозяйства. Все компоненты биосферы в районах нефтедобычи испытывают интенсивную техногенную нагрузку, приводящую к нарушениям равновесия в экосистемах.

Среди причин негативного воздействия данного вида промышленности выделяется скопления нефтешламных отходов на территориях месторождений и производственных площадках нефтеперекачивающих станций и нефтеперерабатывающих заводов.

Предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Нефть и нефтепродукты, попавшие в окружающую среду в резуль-

тате аварийных ситуаций при добыче, транспортировке, хранении и переработке, являются причиной многочисленных экологических проблем. Неблагоприятное воздействие нефтешламов на окружающую природную среду и невозобновляемость углеводородного сырья делают вопрос переработки отходов весьма актуальным.

В результате производственной деятельности при добыче, транспортировке и переработке нефти-сырца образуются нефтешламы. Поскольку любой шлам образуется в результате взаимодействия с конкретной по своим условиям окружающей средой и в течение определенного промежутка времени, одинаковых по составу и физико-химическим характеристикам шламов в природе не бывает.

Нефтешламы представляют собой сложные системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и минеральной части (песок, глина, ил и т.д), соотношение которых колеблется в очень широких пределах. Из веществ, входящих в состав шламов, наибольшую опасность представляют минеральные соли, нефть и нефтепродукты.

Нефтяные шламы образуются при проведении таких производственных процессов, как переработка, добыча и транспортировка нефти. Данный тип отходов представляет большую опасность для окружающей среды и подлежит захоронению или переработке.

Существует проблема утилизации нефтешламов, образующихся при строительстве нефтяных и газовых скважин, при промысловой эксплуатации месторождений, очистке сточных вод, содержащих нефтепродукты, а также при чистке резервуаров и другого оборудования.

При всем многообразии характеристик различных нефтяных отходов в самом общем виде все нефтешламы могут быть разделены на три основные группы в соответствии с условиями их образования - грунтовые, придонные и резервуарного типа.

Выбор метода переработки и обезвреживания нефтяных шламов, в основном, зависит от количества содержащихся в шламе нефтепродуктов.

Переработка и утилизация нефтешламов проводится с применением различных технологических приемов, в зависимости от состава отходов. В качестве основных методов используются: термические, механические, биологические физико-химические методы и захоронение отходов:

\* Статья публикуется по рекомендации программного комитета Международной научно-технической конференции "Строительство, архитектура и техносферная безопасность", <https://iccats.org>

- 1) Термические – сжигание, пиролиз;
- 2) Физические – разделение на фракции, обезвоживание и сушка;
- 3) Физико-химические – применение ПАВ, экстракция, сорбция;
- 4) Химические – использование химических реагентов;
- 5) Биологические – использование биологически активных препаратов

Применяемые методы очистки нефтешламов различные по своей экономической и экологической эффективности чаще всего используются методы обезвреживания: сжигание, фильтрование и отстаивание. Переработка и утилизация нефтешламов включает также разделение нефтесодержащих отходов на легкую и тяжелую фракции, которые затем обезвреживаются и окончательно утилизируются. Новые технологии дают возможность провести многоступенчатое разделение с высокой степенью очистки нефтешламов.

Выбор оптимального варианта переработки и утилизации нефтешламов зависит от конкретных условий: климатических особенностей региона, наличия технологий переработки и необходимого оборудования, состава нефтешламов, экономических предпосылок.

Нефтешламы являются не только опасными отходами, но и ценнейшим сырьем. Отработанные нефтепродукты – масла, нефтяные промывочные жидкости, резервуарные нефтешламы, жидкие отходы из нефтеловушек – все можно переработать и получить нефть, газ, электроэнергию, топливо, дорожное покрытие.

Очистка и утилизация нефтешламов сопряжена с опасными для здоровья человека и окружающей среды процессами. Работы сложные и трудоемкие, требующие опыта, высокой квалификации персонала и наличия специального оборудования.

Процесс проведения утилизации отходов подтверждается соответствующими документами [2].

Наиболее эффективным, хотя и не всегда экономически рентабельным, считают термический метод обезвреживания шлама. Обработка шлама при больших температурах (до 500°C) позволяет полностью освободиться от CO<sub>2</sub> и органических соединений до образования твердых отходов.

Термический метод применим для обезвреживания и переработки газообразных, жидких, пастообразных и твердых органических отходов любых типов. Сущность его заключается в сжигании горючих отходов или термической (огневой) обработке негорючих отходов высокотемпературным теплоносителем (продуктами сгорания топлива, плазменной струей, расплавом и др.). Токсичные компоненты подвергаются термическому разложению, окислению и другим химическим превращениям с образованием газов (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>) и твердых продуктов или расплава (оксидов металлов, солей и др.). Исходные данные для разработки установки термического обезвреживания должны обязательно включать характеристику (паспорт) отходов [1].

Сложность разделения нефтешлама объясняется тем, что шлам представляет собой эмульсию, трудно подвергающуюся сепарированию, а также является весьма неоднородным продуктом, состав и свойства которого варьируются в зависимости от места и способа его образования.

Кроме того, шлам является высоко эрозионным продуктом, требующим предварительной фильтрации и применения аппаратов из высококачественных сортов металла; необходимо применять оборудование во взрывобезопасном исполнении [3].

Биологические методы обезвреживания находят все более широкое применение в нашей стране и особенно за рубежом. Они основаны на способности различных штаммов микроорганизмов в процессе жизнедеятельности разлагать или усваивать в своей биомассе многие органические загрязнители. В процессе биообезвреживания происходит вторичное загрязнение атмосферного воздуха продуктами гниения клеток микроорганизмов - сероводородом и аммиаком.

Биологическая очистка чаще всего используется для нейтрализации органических токсикантов и тяжелых металлов, а также азотных и фосфорных соединений в почвах и грунтах. Биологические методы можно условно подразделить на микробиодеградацию загрязнителей, биопоглощение и перераспределение токсикантов.

Биологические методы обезвреживания находят все более широкое применение в нашей стране и особенно за рубежом. Они основаны на способности различных штаммов микроорганизмов в процессе жизнедеятельности разлагать или усваивать в своей биомассе многие органические загрязнители. В процессе биообезвреживания происходит вторичное загрязнение атмосферного воздуха продуктами гниения клеток микроорганизмов - сероводородом и аммиаком.

Биологическая очистка чаще всего используется для нейтрализации органических токсикантов и тяжелых металлов, а также азотных и фосфорных соединений в почвах и грунтах. Биологические методы можно условно подразделить на микробиодеградацию загрязнителей, биопоглощение и перераспределение токсикантов.

Химические методы обезвреживания жидких и твердых нефтесодержащих отходов заключаются в добавлении к нейтрализуемой массе химических реагентов. В зависимости от типа химической реакции реагента с загрязнением происходит осаждение, окисление-восстановление, замещение, комплексообразование [6].

Методы осаждения основаны на ионных реакциях с образованием мало растворимых в воде веществ и особенно эффективны при нейтрализации тяжелых металлов и радионуклидов. Метод осаждения органических загрязнений основан на двух типах реакций: комплексообразование и кристаллизация. Осаждение используют для очистки грунта от полихлорированных бифенилов, пентахлорфенолов, хлорированных и нитрированных углеводородов. Реагенты могут быть как в жидкой, так и в газообразной фазах. Однако при этом происходит увеличение объема обезвреженной массы.

Методы управления окислительно-восстановительной реакцией среды позволяют переводить соединения тяжелых металлов и радионуклидов в трудно растворимые в воде гидроксиды, а также разрушать цианиды, нитраты, тетра-хлориды и другие хлорорганические соединения [4].

Входящие в состав нефтешламов смолы, парафины и другие высокомолекулярные соединения обладают, как известно, поверхностно-активными и вязущими свойствами. Именно эту особенность нефтешламов можно

эффектно использовать при их утилизации. Обладая высокой адсорбционной способностью, жидковязкие нефтешламы сравнительно легко распределяются по поверхности практически любой дисперсной минеральной фазы. При этом благодаря физико-химическому взаимодействию нефтешлама с минеральной дисперсной средой, происходит хемосорбционное поглощение загрязнителей, в том числе окислов тяжелых металлов, минеральной матрицей и их обезвреживание. Процессы преобразования таких коллоидно-дисперсных систем в дорожно-строительные материалы могут регулироваться с помощью специально подобранных реагентов для получения экологически безопасных композиций с нужными технологическими характеристиками [5].

Одним из наиболее распространенных реагентов в практике утилизации нефтешламов служит окись кальция или негашеная известь, действие которой обусловлено ее способностью вступать в экзотермическую реакцию с водой.

Гидроокись кальция, слабо растворяющаяся в воде, образует в водном растворе с двуокисью углерода труднорастворимый карбонат кальция.

Вторая стадия процесса – химическое диспергирование – осуществляется за счет протекания реакции гидратации присутствующих в смеси оксидов щелочноземельных металлов.

Третья стадия процесса – дальнейшее наращивание карбонатной корки капсул – осуществляется в месте конечного их размещения. За счет присутствующей в атмосфере углекислоты гидроксидные компоненты реагента превращаются в карбонатные соединения, образующие на поверхности капсул защитные оболочки.

В общем случае потребность реагента и особенности технологии обработки загрязненного материала уточняются на основе лабораторных исследований конкретного загрязненного материала [6].

Особенность этой реакции состоит в том, что она идет со значительной задержкой, ускоряясь при разогреве смеси. Конечные стадии этой реакции сопровождаются образованием пара, а иногда и локальными вспышками. Продуктом реакции является коричневое порошкообразное вещество, состоящее из мелких гранул. Образованный продукт проявляет инертные свойства по отношению к воде и почве, поскольку частицы токсичных веществ-загрязнителей заключены в известковые оболочки-капсулы и равномерно распределены в массе продукта. Материал, изготовленный из таких гранул, обладает высокой плотностью, водонепроницаемостью и может выдерживать нагрузки до 90 МПа.

Химические и физико-химические методы являются высокоэффективными, но дорогостоящими.

Захоронение не предотвращает загрязнения окружающей среды, так как содержащиеся в твердых шламах нефтепродукты, вследствие подвижности и высокой проникающей способности мигрируют в почвогрунты, вызывая в них отрицательные процессы [7].

Наиболее эффективным и экономически целесообразным методом очистки являются с точки зрения уменьшения влияния нефтесодержащих отходов на окружающую среду, отвержение и инертизация, но применяемые в настоящее время методы, например, химического капсулирования при помощи извести и цемента, не позволяют

исключить влияние минеральных солей и гидрофильных соединений на окружающую среду.

Наиболее перспективным направлением утилизации полимерных отходов является их вторичная переработка.

Использование вторичных пластмасс в качестве новой ресурсной базы — одно из наиболее динамично развивающихся направлений переработки полимерных материалов в мире. Для России оно является достаточно новым. Однако интерес к получению дешевых ресурсов, которыми являются вторичные полимеры, весьма ошутим, поэтому мировой опыт их вторичной переработки должен быть востребован.

В странах, где охране окружающей среды придают большое значение, объемы переработки вторичных полимеров постоянно увеличиваются. Использование вторичных полимерных материалов требует особого внимания к параметрам технологического процесса в связи с тем, что такие материалы частично деструктивированы, имеют нестабильные реологические свойства, а также могут содержать неполимерные включения.

Во многих случаях к изделиям предъявляются такие требования, которые просто невозможно соблюсти при использовании вторичных полимеров. Поэтому для их использования необходимо достижение баланса между заданными свойствами конечного продукта и средними характеристиками вторичного материала.

Вторичная переработка полимеров в нашей стране становится всё более актуальной проблемой. Количество отходов, особенно пластиковой упаковки и тары в крупных городах и промышленных центрах возрастает из года в год. Помимо этого, наблюдается постоянный рост производства полимерной продукции, и соответственно, увеличивается объём отходов этого производства.

Полимерные отходы не разлагаются в земле, не подвержены коррозии, занимают большие площади, выводя их из сельскохозяйственного оборота, поэтому процесс их переработки также чрезвычайно важен с экологической точки зрения.

Результаты деятельности нефтяной промышленности – выбросы, отходы производства, шламовые амбары, отстойники нефтеперерабатывающих заводов, разливы нефти — все это создает большую экологическую нагрузку на природную среду. Поэтому разработка технологии утилизации нефтесодержащих отходов является самой актуальной проблемой.

В технологических процессах добычи, подготовки и транспортировки нефти образуется значительное количество нефтяных отходов, представляющих собой экологически агрессивные образования, техногенное обезвреживание которых до настоящего времени не получило комплексного решения.

Утилитарный подход (например, сжигание, биоразложение или захоронение) предполагает одновременно физическое уничтожение полезного продукта, содержащегося в нефтяных отходах в виде органических и неорганических составляющих.

При этом возникают невозвратные потери уже добытого минерального сырья, а сами процессы экологического обезвреживания отходов зачастую не являются завершёнными, они лишь частично снижают экологическую нагрузку на технологический процесс или территорию

нефтедобычи (например, хранение нефтяных отходов в открытых или закрытых земляных сооружениях, сжигание в топках или на факелах, разбавление и т.п.). Это означает, что проблему обеспечения комплексности и экологической безопасности при утилизации отходов с дополнительным извлечением минерального сырья следует рассматривать в аспекте приоритетов развития и создания инновационных технологий XXI века [4].

При этом решаются три главные задачи, обеспечивающие, во-первых, комплексность утилизационного подхода, предполагающая создание безотходных производственных процессов, во-вторых, обеспечение экологической безопасности, предусматривающей перевод всех составляющих нефтяных отходов в экологически безопасные или инертные вещества и в третьих, дополнительное извлечение минерального сырья, предполагающее расширение минерально-сырьевой базы за счет трансформации нефтяных отходов в полезный товарный продукт.

Разработка такого комплексного подхода к утилизации отходов для обеспечения экологической безопасности процессов добычи и транспортировки нефти и дополнительного извлечения минерального сырья является наиболее актуальным для народного хозяйства.

Поэтому целью исследований и научной деятельности является разработка технологий утилизации нефтесодержащих отходов, позволяющая уменьшить влияние нефтешламов на окружающую среду.

В ходе работы удалось выполнить ряд задач. Провести аналитический обзор научной и патентной литературы по вопросу утилизации нефтешлама, а также уделить время на сравнительный анализ этих способов.

Изучить процесс инертизации нефтесодержащих отходов отходами полимерных материалов (полиэтилентерефталат, полиэтилен высокого и низкого давлений).

Разработать технологические режимы ведения процессов.

Изучить органолептические и химические свойства полученной смеси.

Отработать технологические режимы инертизации полимерами и изучить влияние на окружающую среду продуктов инертизации.

Получена возможность утилизации нефтешламов путём инертизации их отходами полимеров: полиэтиленом низкого давления, полиэтиленом высокого давления полиэтилентерефталатом. В исследованиях использовался нефтешлам следующего состава: углеводороды - 75%, вода- 20%, твердые примеси 5%.

Нефтешламы нагревались с полимерными отходами до температуры 130-150 °С, в соотношениях 1:1 и 1:5. В результате получали пластичную массу черного цвета, которая легко формируется и застывает при комнатной температуре.

При использовании процесса тепловой экструзии можно получить продукт любой формы от гранул до прочных листов. Полученный продукт обладает прочной структурой, он абсолютно инертный и не выделяет в окружающую среду нефтепродуктов и минеральных солей. Его можно использовать в дорожном строительстве, при прокладке дорог, изготовлении предметов народного потребления (пакеты, садовые скамейки и т.п.), что позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды нефтесодержащими и полимерными отходами.

Таким образом, совместная утилизация полимерных и нефтесодержащих отходов позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды и обеспечить безопасные условия жизни человека на территориях, где расположены нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие предприятия.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ (Выводы)

Замедление инвестиционного процесса в нефтегазовой отрасли в настоящее время сопровождается все меньшими затратами предприятий на снижение техногенной нагрузки, с которой не «справляются» процессы естественного самовосстановления природных экосистем.

Вопросы эффективного обезвреживания нефтешламов и ликвидации амбаров-накопителей нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятий выступают на первый план в условиях все более жестких правил лицензирования и землеотвода, предъявляемых разрешительными органами.

В настоящее время на предприятиях нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, нефтебазах накоплено несколько десятков миллионов тонн нефтешламов, которые образуются при очистке сточных вод в системе оборотного водоснабжения, бурения, подготовки нефти, во время ремонта оборудования, при чистке резервуаров. Проблема переработки нефтешламов в нефтедобывающей и в нефтеперерабатывающей промышленности до сих пор полностью не решена. Это связано с высокой устойчивостью амбарных эмульсий, особенностями их состава и свойств, постоянно изменяющихся под воздействием атмосферы и различных процессов, протекающих в них.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При сравнительном анализе способов утилизации нефтешламов наилучшим способом его обезвреживания является инертизация.

2. Инертизацию нефтешламов можно осуществлять с помощью полимерных материалов.

3. Рекомендуем проводить инертизацию при температуре 126 °С в соотношении нефтешлама и полиэтилена низкого давления 5 : 1

4. Наиболее оптимальным вариантом инертизации нефтешламов, с экологической точки зрения, является инертизация полимерами.

5. Продукт инертизации нефтешлама полимерами не выделяет загрязняющих веществ в окружающую среду. Полученную композицию нефтешлам + полиэтилен низкого давления рекомендуем применять в дорожном строительстве в качестве связующего материала. Введение в битум данного материала повысит адгезионную способность и биохимическую стойкость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аверко-Антонович И.Ю. Методы исследования свойств полимеров. – Казань, 2002. – 604 с.
2. Воробьева Г.Я. Химическая стойкость полимерных материалов. – М.: Химия, 1981. – 296 с.
3. Казанцев Е.А. Сорбционные материалы на носителях в технологии обработки воды / Е.А. Казанцев, В.П. Ремез // Химия и технология воды. – 1995. – Т. 17, № 1. – С. 50-58.

4. Мазлова Е.А. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки / Е.А. Мазлова, С.В. Мещеряков. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2001. – 56 с.

5. Ефимова Н.В. Использование модифицированных сорбентов для очистки фенолсодержащих сточных вод / Н.В. Ефимова, М.А. Проскурин // Сборник тезисов Международного конгресса «Вода: экология и технология». – Москва, 17-21 сентября 1996 г.

6. Позднышев Г.Н. Извлечение нефти из замазученных грунтов / Г.Н. Позднышев, Л.М. Сергеева // Тез. докл. Всесоюзной конф. по проблемам комплексного освоения природных битумов и высоковязких нефтей. – Казань, 1991.

6. Рабек Я.Н. Экспериментальные методы в химии полимеров. – М.: Мир, 1983. – 430 с.

DOI: 10.24892/RIJE/20220309

## Improvement of Technologies for Neutralization and Disposal of Oil Industry Waste

Chernyshova A.G., Kapizova A.M.  
Astrakhan State University  
of Architecture and Civil Engineering  
Astrakhan, Russian Federation  
[Gorbunova\\_anna\\_2014@mail.ru](mailto:Gorbunova_anna_2014@mail.ru)

Arslanova A.S., Narkizova N.K.  
MBOU in Astrakhan "Gymnasium 4"  
Astrakhan, Russian Federation  
[farhat.2013@list.ru](mailto:farhat.2013@list.ru)

**Abstract.** The desire to reduce waste is dictated by strict environmental restrictions and the economic interests of the national economy. One of the paradoxes of modernity is that with the growth of human well-being, despite the achievements of technological progress, the amount of waste per person is steadily increasing. When solving environmental management problems, it is necessary to proceed from the recognition of the impossibility of completely preventing the impact of anthropogenesis on the

environment at present and in the future, even if production and other spheres of human activity are improved.

The aim of our work was to develop a technology to reduce the impact on the environment.

**Keywords:** oil sludge, waste, utilization, technological process, neutralization, oil industry.

---

### Библиографическое описание статьи

Чернышова А.Г. Совершенствование технологий обезвреживания и утилизации отходов нефтяной промышленности / А.Г. Чернышова, А.М. Капизова, А.С. Арсланова, Н.К. Наркизова // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2022. – Т.9, №3. – С. 51-55. DOI: 10.24892/RIJE/20220309

### Reference to article

Chernyshova A.G., Kapizova A.M., Arslanova A.S., Narkizova N.K. Improvement of technologies for neutralization and disposal of oil industry waste, *Russian Internet Journal of Industrial Engineering*, 2022, vol.9, no.3, pp. 51-55. DOI: 10.24892/RIJE/20220309