

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Пилипенко А.Ю., магистрант

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье анализируются объемы нефтесодержащих отходов по годам в Республике Беларусь, а также экологические риски, связанные с ними. Рассматривается их классификация и методы утилизации, такие как термические, химические, физико-химические и биологические, для снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, утилизация, отработанные масла, образование, сжигание, пиролиз, центрифугирование, микробиологическое разложение.

На сегодняшний день в Республике Беларусь наблюдается положительная тенденция с использованием нефтесодержащих отходов: в 2022 году было использовано 84,75 тыс. тонн, а в 2024 году 91,35 тыс. тонн. В стране ежегодно образуется более 100 тысяч тонн автомобильных и промышленных масел, что не может считаться хорошим результатом. Если представить, что весь объем несобранных отработанных масел попадает в подземные и грунтовые воды, становится очевидным, что значительное количество водных ресурсов может стать непригодным для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а почвы — для сельскохозяйственных нужд. Снижения рисков возникновения данных экологических проблем можно достичь путем применения различных способов утилизации нефтесодержащих отходов [1].

Нефтесодержащие отходы (НСО) представляют собой многокомпонентные смеси, в состав которых входят нефтепродукты и другие вредные вещества. Согласно общегосударственному классификатору отходов, утвержденному постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ (Минприроды) от 09.09.2019 г. № 3-Т, к НСО относятся различные продукты переработки нефти, включая: отходы синтетических и минеральных масел; отходы жиров (смазок) и парафинов из минеральных масел; отходы эмульсий и смесей нефтепродуктов; отходы добычи нефти; шламы минеральных масел, остатки, содержащие нефтепродукты; остатки рафинирования нефтепродуктов; прочие отходы нефтепродуктов, продуктов переработки нефти.

По данным государственной статистической отчетности в 2024 г. на 4208 предприятиях Республики Беларусь образовано 111,76 тыс. тонн НСО,

в 2023 – на 4009 образовано 108,27 тыс. тонн, а в 2022 – 105,82 тыс. тонн также на 4009 предприятиях (таблица 1).

Таблица 1 – Движение нефтесодержащих отходов, образующихся в Республике Беларусь в 2022-2024 гг. (тысяч тонн)

Год	Наличие на начало года	Образовано	Использовано	Обезврежено	Захоронено	Наличие на конец года
2022	26,2	105,8	84,8	1,0	10,3	35,9
2023	35,9	108,3	92,2	0,8	12,6	38,6
2024	37,4	111,8	91,4	0,9	15,0	41,9

Нефтесодержащие отходы образуются на различных этапах производственного цикла, связанного с нефтью и нефтепродуктами [2]:

- бурение скважин;
- добыча нефти и газа;
- хранение и транспортировка нефти и нефтепродуктов;
- металлообработка и машиностроение (использование СОЖ);
- ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов.

В состав нефтесодержащих отходов могут входить взрывоопасные и легковоспламеняющиеся компоненты, в связи с чем они относятся к 3–4 классу опасности.

Нефтесодержащие отходы условно можно классифицировать по следующим типам [3]:

- безреагентной обработки сточных нефтесодержащих вод;
- реагентной обработки сточных нефтесодержащих вод;
- смешанные отходы трудно-разделяемых нефтесодержащих смесей, к которым можно отнести синтетические ПАВ, станочные эмульсии;
- масла, принимаемые на регенерацию;
- резервуарные остатки;
- придонные – скапливающиеся на дне водоемов после технологических аварий;
- грунтовые – скапливающиеся в грунте после технологических аварий.

Утилизация отходов подразумевает процесс, в результате которого отходы могут быть повторно использованы (рециклинг), возвращены в производственный цикл после обработки (регенерация) или из них могут быть извлечены полезные компоненты (рекуперация). Наиболее распространенными методами утилизации являются пиролиз и газификация.

Утилизация нефтесодержащих отходов включает в себя ряд основных методов:

- механическое обезвоживание;
- термические (сжигание, пиролиз);
- химические;
- физические;
- физико-химические;
- биологические.

Выбор метода утилизации НСО обусловлен содержанием в них нефтепродуктов. Все известные технологии переработки нефтяных шламов можно разделить на термические, химические, биологические и физико-химические [4].

Для уменьшения объема НСО и с целью повышения эффективности методов утилизации их предварительно обезвоживают. В этом процессе используют отстаивание, фильтрация, центрифугирование, разделение в гидроциклонах, сушка и вымораживание. Для фильтрации отходов с высоким содержанием нефтепродуктов применяются различные виды фильтров (например, ленточные и ручные фильтры-прессы), а для улучшения процесса нефтеотходы интенсивно перемешивают до однородности, а также добавляют реагенты (зола, полиэлектролиты и др.), изменяющие их физико-химические свойства.

Термические методы утилизации НСО включают сжигание, сушку, пиролиз и другие высокотемпературные процессы, а также комбинации. Однако ужесточение требований к охране окружающей среды обуславливает и увеличение затрат на очистку выбросов в атмосферу [4]. В результате удорожания данных методов их применение стало реже. Образующиеся при сжигании вторичные отходы (четвертый класс опасности) требуют специального захоронения и составляют примерно одну десятую от исходного объема отходов (до процесса сжигания).

Сжигание НСО может осуществляться в различных типах установок, включая камерные, циклонные и надслоевые. Для сжигания жидких нефтесодержащих отходов, включая промышленные стоки и отработанные углеводородные масла, которые не подлежат регенерации, применяется мобильная установка, состоящая из камер сгорания и выброса, нагревателя, емкости с топливом и водой, запорно-регулирующей аппаратуры, системы управления и насосов.

Более эффективными методами утилизации НСО считаются пиролиз для получения горючих газов и термическая обработка на движущемся твердом теплоносителе, нагреваемом до 350–750 °С, что позволяет получить парогазовую смесь, которая затем конденсируется и отстаивается с разделением на воду и нефтепродукты. Пиролиз требует предварительного высушивания отходов для достижения низкого уровня влажности (примерно 1–3 %). Ограничение по доступу воздуха и температуре (500–550 °С)

позволяет избежать образования токсичных продуктов сгорания, а полученные продукты в виде газа, жидкости и твердых фракций используют в качестве топлива.

Химические методы утилизации обеспечивают полное обезвреживание НСО с возможностью повторного использования полученных продуктов, основываясь на процессах экстракции растворителями и отверждения с применением неорганических (глина, жидкое стекло, цемент) и органических (полистирольные и эпоксидные смолы, полиуретаны) добавок. В результате применения данного метода утилизации образуется продукт, который может быть использован в строительстве или продан третьим лицам. Стоимость химического метода утилизации НСО примерно в два раза меньше, чем при сжигании.

Кроме того, химические методы применяют для очистки водоемов от разливов нефти. Для рассивания нефти используют эмульгирующие препараты, которые представляют собой поверхностно-активные вещества (ПАВ), разбавленные органическими растворителями. Данные препараты способны к биологическому разложению под действием бактерий. Интенсивное перемешивание нефтяных пятен с водой с помощью распыления способствует распределению отходов по водной поверхности и последующему их биохимическому окислению.

К физическим методам утилизации НСО относятся, в основном, разделение в центробежном поле, захоронение отходов на специализированных полигонах, а также вакуумное фильтрование и фильтрование под давлением.

Физико-химические методы предполагают использование специальных реагентов, которые изменяют физико-химические характеристики отходов, после чего они обрабатываются на специальном оборудовании. Среди методов разделения нефтешламов для их утилизации можно выделить экстракцию, гравитационное уплотнение, центрифугирование, замораживание, фильтр-прессование, вакуум-фильтрование и др. Наиболее перспективным считается центрифугирование с применением флокулянтов, что позволяет извлекать до 85 % нефтепродуктов и 95 % механических примесей. Обработка реагентами изменяет свойства НСО, увеличивая их водоотдачу и упрощая выделение нефтепродуктов. В настоящее время центробежный метод широко применяется для разделения нефтешламов с использованием декантеров и сепараторов.

Биологические методы утилизации НСО базируются на микробиологическом разложении нефтепродуктов в почве в местах накопления (биотермическое разложение). Этот метод считается наиболее экологичным, однако его применение ограничивается определенными условиями: кислотностью, температурой, активностью биопрепаратов,

толщиной нефтезагрязнения и аэробными условиями. Биологические методы проявляют наибольшую эффективность при обработке загрязненной почвы, водной поверхности и для утилизации нефтешламов, образующихся при очистке резервуаров и емкостей от нефтепродуктов.

Выбор метода утилизации нефтешлама зависит от состава сырья, природы нефтешлама, экологических норм, отношения содержания органических и неорганических компонентов, профиля предприятия, его технических возможностей [4].

Литература:

1. Стародубова, П. Я. Анализ способов утилизации нефтесодержащих отходов предприятий / П. Я. Стародубова // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета / Полоцкий государственный университет; ред. кол.: О. А. Романов (пред.) [и др.]. – Новополоцк : ПГУ, 2021. – Вып. 40 (110): Промышленность. – С. 156-159.

2. Эффективное обезвреживание и ликвидация отходов нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – Электронные данные – Режим доступа: <https://barrel.by/a62937-effektivnoe-obezvrezhivanie-likvidatsiya.html>. – Дата доступа: 09.04.2026.

3. Утилизация шлама нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – Электронные данные – Режим доступа: <https://www.ntu.by/services/utilizatsiya-nefteshlama/?ysclid=mnqik9r3do30986859>. – Дата доступа: 09.04.2026.

4. Юсевич, А. И. Вторичные виды сырья в технологии органического синтеза : учеб. пособие для студентов специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий». / А. И. Юсевич, Е. И. Грушова, О. В. Куис. – Минск : БГТУ, 2012. – 164 с.