

МРНТИ 87.15.15

М.Д. Алдакова<sup>1</sup> – основной автор, | ©  
А.У. Сабиров<sup>2</sup>, Д.У. Сугиров<sup>3</sup>, Э.М. Хаманова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ведущий инженер, <sup>2</sup>Эксперт, <sup>3</sup>Д-р техн. наук, профессор,<sup>4</sup>Руководитель службы экологического проектирования<sup>1,2,4</sup>«КазНИПИМунайгаз», г. Актау, Республика Казахстан,<sup>3</sup>Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова,  
г. Актау, Республика Казахстан<sup>1</sup>madina.aldakova@mail.ru, <sup>2</sup>sabiurov.a@mail.ru, <sup>3</sup>sugirov-56@mail.ru,<sup>4</sup>hamanova.el@mail.ru<https://doi.org/10.55956/YRKQ9448>

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы утилизации нефтеотходов в Мангистауской области Республики Казахстан. Описаны причины образования нефтеотходов. Приведены результаты полевых исследований. Изложены методы переработки и утилизации нефтесодержащих отходов. Даны рекомендации по использованию очищенных нефтеотходов.

**Ключевые слова:** экология, переработка, нефть, нефтеотходы, шламонакопители, утилизация, отходы, реагенты, загрязнение.



Алдакова, М.Д. *Современные методы переработки и утилизации нефтесодержащих отходов [Текст]* / М.Д. Алдакова, А.У. Сабиров, Д.У. Сугиров, Э.М. Хаманова // *Механика и технологии / Научный журнал.* – 2021. – №1(71). – С.144-150.  
<https://doi.org/10.55956/YRKQ9448>

**Введение.** В настоящее время развитие нефтегазовой отрасли в Мангистауской области идет большими темпами. Поэтому решение вопросов утилизации отходов нефтедобычи в нашем регионе находится в приоритете.

В связи с ужесточением законодательства в области экологии проблема утилизации отходов в настоящее время принимает более острый характер. Образование нефтеотходов в процессе добычи нефти, ее подготовке и транспортировке обусловлено отказами техники, несовершенством технологии и человеческими ошибками.

По данным Министерства экологии в регионе скопилось более 2,5 млн. м<sup>3</sup> отходов нефтегазодобычи [1]. Поэтому помимо того, что остро стоит вопрос с переработкой вновь образующихся отходов нефтепромыслов, до сих пор существует необходимость в рекультивации земель, исторически загрязненных нефтесодержащими отходами.

В 2019 году Министерство экологии, геологии и природных ресурсов и АО НК «КазМунайГаз» заключили соглашение (меморандум) о сотрудничестве в области сохранения окружающей среды. В рамках этого меморандума три дочерние компании АО "Каражанбасмунай", АО "Мангистаумунайгаз" и АО "Озенмунайгаз" взяли на себя обязательства по очистке нефтезагрязнений на своих территориях и переработке отходов, размещенных на необорудованных шламонакопителях [2].

Для выполнения данных обязательств были заключены договоры с проектными организациями (в т.ч. с филиалом ТОО «КМГ Инжиниринг» «КазНИПИМунайгаз») для разработки соответствующих проектов.

Исторически накопленные отходы (НЗГ), хранятся в существующих необорудованных шламонакопителях, расположенных на территории месторождений.

**Условия и методы исследований.** По результатам проведенных полевых исследований было выявлено, что содержание углеводородов на загрязненных участках месторождений варьируется в широких пределах от 0,05% до 99%. На участках встречается загрязненный грунт вперемешку с битумом, битум с загрязненным грунтом, битумизированная нефть с битумом и загрязненным грунтом, битуминизированная нефть с замазученным грунтом.

При этом в разрезе всех исследованных участков загрязнения наибольшую площадь (92,2%) занимают участки с содержанием углеводородов до 35%.

На данный момент в мире используют термические, химические, биологические, физико-химические, комбинированные методы переработки и утилизации нефтесодержащих отходов [3].

Из термических методов наиболее часто встречающиеся - термодесорбция и термодеструкция – процессы термической обработки на нефтегрунтах и шламов. В результате значительно снижается концентрация углеводородов в исходном материале. Содержание остаточных углеводородов в грунте до 0,5%.

Полученный материал можно использовать в строительстве дорог или при рекультивации. От метода термодеструкции отказались на начальном этапе, так как нефть при этом процессе не извлекается, а при сжигании в атмосферу выделяются продукты сгорания топлива, требующие дожига и очистки. Кроме того, как правило, влажность шламов очень высока, поэтому для их сжигания нужно большое количество энергии, т.е. сжигание – весьма дорогой процесс.

Для химического обезвреживания жидких и твердых нефтесодержащих отходов требуется добавление химических реагентов, растворителей, которые в последствии с небольшими энергозатратами должны быть достаточно просто и полностью регенерированы.

В качестве растворителей возможно использовать спирты, фреоны, водные растворы ПАВ. Избирательная растворимость углеводородов в полярных растворителях является основой экстракционных методов выделения. В процессе химической реакции происходит осаждение, окисление-восстановление, замещение, образование комплексов из загрязнений с химреагентами.

Механическими методами предусматривается перемешивание отходов с их последующим физическим разделением на фазы. Извлеченная из отходов нефть может быть использована в качестве сырья, вода - в оборотном водоснабжении, твердый осадок - в дорожном строительстве. Отходы из разных участков загрязнения, имеют разный состав по содержанию углеводородов, механических примесей и воды. Поэтому из-за многообразия свойств нефтеотходов, подлежащих переработке, эффективность метода и работоспособность оборудования могут быть значительно снижены.

Биологические методы. Этот метод основан на превращении микроорганизмами нефти в простые соединения, далее накапливать органические вещества и включать их в круговорот углерода. Преимуществом биологической очистки является экологическая безопасность, также возможность деградации загрязняющихся веществ до безвредных продуктов при полном сохранении структуры почвы и без дополнительных загрязнений окружающей среды.

**Результаты исследований.** Биоразложение здесь осуществляется в основном с помощью аэробной микрофлоры, использующего для своего дальнейшего развития энергию окислений составных компонентов нефти. Здесь решающее значение будут иметь микроорганизмы, которые осуществляют внутриклеточное окисление углеводорода.

Следовательно, для нужного ускорения биodeградации нефтепродукта, необходимо создание оптимальных условий в углеводородокисляющей микрофлоре, такой как аборигенной, также возможно и в специально вносимых культурах.

Здесь биопрепараты целесообразно будет применять после завершения физико-химических этапов деградации нефти, обусловленных действием природных факторов. Также необходимо знать, что использование данной технологии будет ограничиваться длительностью процесса и имеющейся зависимостью от природных климатических факторов.

В процессе работы над проектами наиболее перспективным на наш взгляд оказались: метод трехфазного разделения, метод термодесорбции, метод гидромеханической очистки с добавлением деэмульгаторов, метод биоремедиации и биореакторный.

*Метод трехфазного разделения* предусматривает отделение двух жидких фаз от твердой фазы. Процесс представляет собой физическую сепарацию, при которой происходит отделение составляющих компонентов смеси в зависимости от их удельного веса в результате приложения центробежной силы.

Метод позволяет одновременно обрабатывать три фазы при помощи установки трикантера, за счет разной плотности нерастворимых в друг друга жидкостей и твердого вещества и многократного гравитационного ускорения центрифуги.

Содержание остаточных нефтепродуктов в очищенном грунте составляет 7-10%. Для окончательной очистки грунта необходима дополнительная термическая обработка.

Необходимые ресурсы: установка трикантер, спецтехника, газ, вода, дизельное топливо и флокулянт.

Метод предусматривает переработку нефтешлама и нефтезагрязненного грунта с различными комбинациями содержания воды, нефти и мехпримесей, но больше подходит для переработки жидких отходов.

В процессе применения данного метода присутствуют выбросы продуктов сгорания топлива в атмосферный воздух.

Вторичные отходы – очищенный грунт требует дополнительной обработки. Продуктами являются: извлеченная вода и нефтепродукты.

Ориентировочная стоимость 1 тонны переработки нефтезагрязненного грунта составляет от 27 до 33 000 тенге.

*Метод термодесорбции* с непрямым нагревом предусматривает термическое воздействие на нефтезагрязненные отходы в специальной

установке. При этом происходит выпаривание жидких компонентов – воды и нефтепродуктов. Первой испаряется вода, в виде пара, затем углеводороды, т.к. имеют более высокую температуру кипения, далее следует двухстадийная конденсация воды и углеводородов.

Содержание остаточных углеводородов в очищенном грунте зависит от температуры процесса термодесорбции. При диапазоне температур 204-232 °С остаточная концентрация углеводородов составит 0,1%. При повышении температуры процесса остаточное содержание углеводородов в грунте будет понижаться, одновременно с этим повысятся энергозатраты на подогрев, что приведет к удорожанию стоимости работ и увеличению выбросов в атмосферу.

Также следует отметить, что при очень высокой температуре возможно коксование нефтепродуктов, что приведет к уменьшению извлеченных углеводородов [4].

Необходимые ресурсы: оборудование для термодесорбции, спецтехника, газ, дизельное топливо.

Метод предусматривает переработку нефтешлама и нефтезагрязненного грунта с различными комбинациями содержания воды, нефти и мехпримесей.

В процессе применения данного метода присутствуют выбросы продуктов сгорания топлива в атмосферный воздух. Вторичные отходы не образуются.

Продуктами являются: очищенный грунт, извлеченная вода и нефтепродукты. Ориентировочная стоимость 1 тонны переработки нефтезагрязненного грунта составляет 25-27 000 тенге.

*Гидромеханический метод* [5] предусматривает промывку нефтезагрязненных отходов водой с использованием деэмульгаторов. Данный метод предусматривает переработку нефтешламов и загрязненных нефтегрунтов, с разным содержанием воды, мехпримесей и нефти.

Необходимые ресурсы: установка, спецтехника, вода, газ, дизельное топливо и деэмульгаторы. В процессе применения данного метода выбросы в атмосферу практически отсутствуют.

Продуктами являются отмытый грунт и уловленные углеводороды, которые подлежат дальнейшему использованию. Очищенный грунт содержит остаточное количество нефтепродуктов от 0,05% до 0,5%.

К недостаткам данного метода можно отнести образование вторичных отходов: грубые механические отходы (1% от объема переработки); сточная вода, требующая дополнительной очистки, для повторного использования. Ориентировочная стоимость 1 тонны переработки нефтезагрязненного грунта составляет 23-25 000 тенге.

**Обсуждение научных результатов.** При обсуждении научных результатов пришли к выводу, что метод биоремедиации предусматривает внесение биопрепарата в загрязненные нефтепродуктами субстраты, с добавлением биогенных элементов в виде минеральных удобрений с интенсивной аэрацией. Биопрепараты содержат в своем составе штаммы или консорциумы штаммов микроорганизмов, обладающих свойствами нефтедеструкторов и разрешены к использованию в Республике Казахстан.

Отечественные биопрепараты выделены из нефтезагрязненных почв Западного Казахстана и адаптированы к средам с высокой соленостью и разной кислотностью, безопасны для микробиоценоза почвданного региона.

С их помощью происходит активация ферментов в почве, с другой, усиливается почвенное дыхание.

Необходимые ресурсы: спецтехника, вода, дизельное топливо, биопрепараты и минеральные удобрения.

Преимуществом биологической очистки является экологическая безопасность, возможности дальнейшей деградации загрязняющих веществ до безвредного промежуточного продукта при полностью сохранившемся структуре почвы и без дополнительных загрязнений окружающей среды.

Также к преимуществам можно отнести возможность обработки загрязненной почвы и ее очистку непосредственно на месте образования и скопления отходов, что существенно снижает расходы на транспортировку. Биоремедиация не нуждается в источниках энергии (газ, электроэнергия) и может быть осуществлена на любом удалении от коммуникаций.

К недостаткам данной технологии можно отнести длительность процесса и зависимость от природно-климатических факторов. Остаточное содержание углеводов в грунте – 0,1%. Ориентировочная стоимость 1 тонны переработки нефтезагрязненного грунта составляет 14-17 000 тенге.

Метод биореакторной технологии предусматривает разложения нефтепродуктов бактериальными препаратами в специальных реакторах с подогревом, куда перевозят замазученные почвогрунты, осадки и нефтешламы. Данный метод позволяет очищать нефтезагрязненный грунт за цикл 5-10 дней при концентрации нефтепродуктов 200 г/кг.

Необходимые ресурсы: спецтехника, вода, биопрепараты и минеральные удобрения. Стоимость переработки 1 тонны НЗП составляет 13 393 тенге без НДС.

**Заключение.** В результате анализа предложенных методов выявлено, что:

- метод трехфазного разделения (трикантер) является энергоемким, установка - дорогостоящей, присутствуют выбросы в атмосферу при сжигании топлива, полученный грунт требует дополнительной обработки;

- метод термодесорбции является энергоемким, установка термодесорбции - дорогостоящей, увеличивается нагрузка на атмосферу за счет выбросов при сжигании топлива;

- метод гидромеханической очистки (промывки) с использованием дезмульгаторов является энергоемким, стоимость самой установки и реагентов достаточно высокая, предполагается образование вторичных отходов;

- метод биоремедиации возможен в ограниченный период времени. Однако данный метод не требует специального оборудования, предусматривает возможность переработки непосредственно на месте образования, в оборот возвращаются земельные участки, ранее непригодные для ведения хозяйственной деятельности;

- метод биореакторной технологии возможен круглогодично. Производительность одного реактора относительно низкая, возможно использование нескольких биореакторов на производственной площадке, что приведет к значительному удорожанию работ. Технология до конца не изучена, опытно-промышленные испытания в РК не проводились.

На наш взгляд наиболее экологически и экономически приемлемым является метод биоремедиации, несмотря на то, что время переработки

ограничено теплым периодом года, которое в условиях нашего климата составляет девять месяцев.

При необходимости круглогодичной переработки возможно комбинирование рассмотренных выше методов, так как применяемые методы обладают рядом преимуществ (высокая мобильность, повторное использование выделенных компонентов).

Стоит отметить, что АО НК «КазМунайГаз» первая в Казахстане компания, которая взяла на себя обязательства по очистке нефтезагрязненных территорий в таких больших объемах. Несомненно, что проведение запланированных работ окажет положительное воздействие на компоненты окружающей среды и будет способствовать более полной ликвидации загрязнения окружающей среды.

Окончание намеченных работ по переработке нефтесодержащих отходов и рекультивации ожидается до конца 2024 года. Поэтому актуальными вопросами утилизации отходов нефтедобычи остаются сохранение преимуществ существующих методов переработки и утилизации нефтесодержащих отходов с дальнейшим развитием технологий и инженерных решений, в целях сокращения энергетических затрат и снижения антропогенной и техногенной нагрузки на окружающую среду [5-6].

#### Список литературы

1. Масалов, Ю.Т. "Дочки" КМГ займются очисткой загрязнённых нефтью земель в Мангистауской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://informburo.kz/novosti/dochki-kmg-zaumutsya-ochistkoy-zagryaznyonnyh-neftyu-zemel-v-mangistauskoy-oblasti.html>.
2. Экология Казахстана №3 (046) сентябрь 2019 года, стр.4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2019/10/Jekologija-kazahstana-1-8-Sentjabr-2019-1-2.pdf>.
3. Мазлова, Е.А. Проблема утилизации нефтешламов и способы их переработки [Текст]: учебное пособие / Е.А. Мазлова, С.В. Мещеряков. - М.: Ноосфера, 2001. - 52 с.
4. Ральф Л. Стефенсон, Саймон Ситон, Haliburton Baroid, Роберт Мак Лаен, Эдгаро Фернандез, Halliburton Baroid, Р. Бенсон Пэйр. Термическая десорбция нефти из буровых шламов на углеводородной основе: процессы и технологии KBR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://2nature.me/node/9340>.
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kazecosolutions.kz/ru/content/sposoby-gidromehaničeskoj-i-gidrodinamičeskoj-ochistki-v-kazahstan>
6. Тоганбай, А.Н. Обзор способов биоремедиации нефтезагрязненных почв [Текст] / А.Н. Тоганбай, С.О. Сарсенбаев, У.Ш. Мусина, Г.А. Джамалова // Научное обозрение. Реферативный журнал. – 2018. – № 2. - С. 16-27.

Материал поступил в редакцию 26.02.21.

**М.Д. Алдакова<sup>1</sup>, А.У. Сабиринов<sup>1</sup>, Д.У. Сугиров<sup>2</sup>, Э.М. Хаманова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>"ҚМГИнжиниринг" ЖШС, Ақтау қ., Қазақстан,

<sup>2</sup>Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті,  
Ақтау қ., Қазақстан

**ҚҰРАМЫНДА МҰНАЙЫ БАР ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУ  
МЕН КӘДЕГЕ ЖАРАТУДЫҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІ**

**Аңдатпа.** Мақалада Қазақстан Республикасының Маңғыстау облысындағы мұнай қалдықтарын кәдеге жарату мәселелері қарастырылған. Мұнай қалдықтарының пайда болу себептері сипатталған. Далалық зерттеулердің нәтижелері баяндалған. Құрамында мұнайы бар қалдықтарды өңдеу және кәдеге жарату әдістері келтірілген. Тазартылған мұнай қалдықтарын пайдалану бойынша ұсыныстар берілген.

**Тірек сөздер:** экология, қайта өңдеу, мұнай, мұнай қалдықтары, шлам жинақтағыштар, кәдеге жарату, қалдықтар, реагенттер, ластану.

**M.D. Aldakova<sup>1</sup>, A.U. Sabirov<sup>1</sup>, D.U. Sugirov<sup>2</sup>, E.M. Khamanova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>LLP "KazNIPImunaigas", Aktau, Kazakhstan,

<sup>3</sup>Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov,  
Aktau, Kazakhstan

### MODERN METHODS OF PROCESSING AND DISPOSAL OF OIL-CONTAINING WASTE

**Abstract.** The article describes the issues of oil waste utilization in the Mangystau region of the Republic of Kazakhstan. The reasons for the formation of oil waste are described. The results of field studies are described. Methods of processing and utilization of oil-containing waste are described. Recommendations on the use of treated oil waste are given.

**Keywords:** ecology, processing, oil, oil waste, sludge accumulators, utilization, waste, reagents, pollution.

#### References

1. Masalov Yu. "Dochki" KMG zaymutsya ochistkoy zagryaznonnykh neft'yu zemel' v Mangistauskoy oblasti [KMG's "daughters" will clean up oil-contaminated land in Mangystau region] / [Electronic resource]. - Access mode: <https://informburo.kz/novosti/dochki-kmg-zaymutsya-ochistkoy-zagryaznyonnyh-neftyu-zemel-v-mangistauskoy-oblasti.html>. [in Russian].
2. Ecology of Kazakhstan / The newspaper. No. 3 (046) September 2019, p.4. [Electronic resource]. - Access mode: <http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2019/10/Jekologija-kazahstana-1-8-Sentjabr-2019-1-2.pdf>.
3. Mazlova E.A., Meshcheryakov S.V. Problema utilizatsii nefteshlamov i sposoby ikh pererabotki [The problem of utilization of oil sludge and methods of their processing]. Textbook. - Moscow: Noosphere, 2001. - 52 p. [in Russian].
4. Stephenson R.L., Seaton S., Baroid H., Mclae R., Fernandez E., Peer B. Thermal desorption of oil from hydrocarbon-based drilling cuttings: processes and technologies KBR. [Electronic resource]. - Access mode: <http://2nature.me/node/9340>.
5. [?] / [Electronic resource]. - Access mode: <http://kazecosolutions.kz/ru/content/sposoby-gidromehaničeskoy-i-gidrodinamičeskoy-ochistki-v-kazahstan> [in Russian].
6. Toganbay A.N., Sarsenbayev S.O., Musina U.Sh., Jamalova G.A. Obzor metodov bioremediatsii neftezagryaznennykh pochv [Review of methods of bioremediation of oil-contaminated soils]. Scientific Review. Abstract Journal. – 2018, No. 2, PP. 16-27. [in Russian].