

ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ / APPLIED ECOLOGY

Оригинальная статья / Original article

УДК 628.4

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-3-121-125>**ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМА**

© В.Г. Шрам, О.Н. Петров, А.Н. Сокольников, П.Э. Иванов, Д.В. Агровиченко

Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа,
660041, Российская федерация, Красноярск, пр-т. Свободный, 82

В представленной статье рассмотрены способы утилизации и переработки нефтяных шламов, такие как, термический, химический, биологический и физический, а также представлены преимущества и недостатки каждого способа. В результате проведенного сравнительного анализа был выбран наилучший вариант переработки нефтяного шлама на производственных предприятиях с экономической и экологической точек зрения, а именно физический способ. Для переработки нефтешлама было предложено устройство – трехфазный декантер. Декантер представляет собой горизонтально расположенную центрифугу с цилиндрическо-коническим барабаном со сплошным кожухом для непрерывного отделения твердых веществ от суспензий. На выходе из установки нефтепродукт содержит не более 2% воды и 1% механических примесей, что соответствует общепринятым нормам. В результате применения декантера появляется возможность извлечь нефтепродукты из нефтешлама и в дальнейшем использовать их по необходимому назначению. Предложенное устройство позволит нефтяным компаниям получить дополнительную прибыль от переработки нефтешлама, а также уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, тем самым улучшить экологию.

Ключевые слова: нефтешлам, декантер, утилизация, очистка, отходы, нефть.

Формат цитирования: Шрам В.Г., Петров О.Н., Сокольников А.Н., Иванов П.Э., Агровиченко Д.В. Технология переработки нефтешлама. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, N 3. С. 121–125. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-3-121-125

A TECHNOLOGY FOR OIL SLUDGE PROCESSING

© V.G. Shram, O.N. Petrov, A.N. Sokolnikov, P.E. Ivanov, D.V. Agrovichenko

Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas,
82, building 6, Svobody Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russian Federation

This paper compares thermal, chemical, biological and physical approaches to the disposal and recycling of oil sludges. The advantages and disadvantages of these methods are discussed. The conducted comparative analysis has shown that, from the economic and environmental standpoints, the physical approach is best suited for oil sludge recycling at industrial enterprises. A new device – a three-phase decanter – is proposed for the recycling of oil sludge. The decanter is a horizontally-placed centrifuge with a cylinder-conical bowl having a solid outer jacket for a continuous separation of solid particles from suspensions. At the device outlet, oil product samples are shown to contain less than 2% of water and 1% of mechanical impurities, which values conforms to generally accepted standards. The decanter allows oil products to be extracted from oil sludge for subsequent use. It is concluded that the proposed device can be applied by oil production companies to earn additional profit from oil sludge recycling, at the same time as reducing the amount of harmful emissions into the atmosphere.

Keywords: oil-slime, decanter, utilization, cleaning, waste material, oil

For citation: Shram V.G., Petrov O.N., Sokolnikov A.N., Ivanov P.E., Agrovichenko D.V. A technology for oil sludge processing. *Izvestia Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya*. [Proceedings of Universitets. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2018, vol. 8, no. 3, pp. 121–125. (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-3-121-125

ВВЕДЕНИЕ

Нефтешламы (нефтяные шламы) – это сложные физико-химические смеси, которые состоят из нефтепродуктов, механических приме-

сей и воды. Нефтешламы образуются и накапливаются в процессе добычи, транспортировки и хранения нефти. По условиям образования они делятся на грунтовые, придонные и резервуар-

ные. Грунтовые образуются в результате проливов нефтепродуктов на почву в процессе производственных операций, либо при аварийных ситуациях. Придонные шламы образуются за счет оседания нефтеразливов на дно водоемов, а нефтешламы резервуарного типа – при хранении и перевозке нефтепродуктов в емкостях разной конструкции [1–4].

Ежегодно на производственных объектах нефтяных компаниях нефтешлам, полученный после зачистки резервуаров, сжигается и утилизируется в факелах, что приводит к серьезному антропогенному загрязнению окружающей среды. Необходимо добавить, что сжигание нефтяного шлама требует больших энергетических затрат в связи с высоким содержанием воды.

Помимо воды и механических примесей в нефтяном шламе содержится большой процент нефтепродуктов. Их безвозвратные потери при термическом сжигании указывают на непозволительно низкий коэффициент полезного использования природных ресурсов.

Анализируя вышеприведенные факты, можно сделать вывод, что утилизация нефтяного шлама существующим методом термического сжигания не выгодна экономически, а также приносит экологический вред окружающей среде.

Возможным решением проблем снижения негативного воздействия нефтешлама на окружающую среду является извлечение полезных компонентов из углеводородного сырья, содержащегося в нефтешламах и преобразование их в готовую товарную продукцию при доведении доли отходов до возможного минимума.

В последние годы нефтедобывающими предприятиями внедряются в производство различные технологические решения, направленные на утилизацию отходов добычи и переработки нефти. При этом универсального способа обезвреживания и утилизации нефтешламов отвечающего всем требованиям не существует [1].

В связи с этим необходимо предложить наилучший вариант переработки нефтяного шлама на производственных предприятиях с экономической и экологической точек зрения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В данное время существует большое количество способов утилизации и переработки нефтяных шламов, каждый способ имеет свои преимущества и недостатки. Приведем основные и чаще всего применяемые методы [5–10]:

Термический. Из термических методов переработки нефтеотходов наиболее часто применяют сжигание, газификацию, пиролиз. Сжигание проводят в окислительной атмосфере. Для данного метода используют печи различных конструкций. Преимущества сжигания состоят в относительно небольших затратах оборудования, высокая степень разложения и эф-

фективное обезвреживание нефтешлама. К недостаткам процесса сжигания относятся потеря углеводородов нефти, содержащихся в шламе, загрязнение воздушного бассейна, высокие энергетические затраты.

Химический. Затвердевание путем диспергирования с гидрофобными реагентами на основе негашеной извести или других материалов. Преимущество метода состоит в высокой эффективности процесса переработки нефтесодержащих отходов в порошкообразный гидрофобный материал, который может быть использован в дорожном строительстве. Один из перспективных методов обработки и утилизации нефтесодержащих отходов, но требует применения специального оборудования, значительного количества негашеной извести высокого качества, проведения дополнительных исследований воздействия на окружающую среду образующихся гидрофобных продуктов.

Биологический. Сущность биологического метода утилизации нефтяных отходов заключается в том, что микроорганизмы превращают нефтяные углеводороды в более простые соединения, накапливают эти органические продукты и вовлекают их в круговорот углерода. Ключевая роль при биоразложении отводится микроорганизмам, способствующим внутриклеточному окислению нефтяных углеводородов.

Биоочистка, по сравнению с другими методами утилизации, обладает следующими преимуществами: безопасность с экологической точки зрения, загрязняющие вещества деградируют до практически безвредных для окружающей среды промежуточных продуктов. Однако метод имеет следующие недостатки: высокая стоимость реагентов; необходимость в выделении больших земельных участков под полигоны для утилизации; невозможность применения метода в холодное время года; экологический ущерб, из-за наличия в отходах тяжелых металлов, потеря углеводородных компонентов отходов.

Физический. Данную группу методов можно разделить на следующие разновидности: гравитационное отстаивание; разделение в центробежном поле; разделение фильтрованием; экстракция; электромагнитное и волновое воздействие; смешение с добавками, адсорбентами с получением товарных продуктов.

Гравитационное отстаивание отходов не требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, однако эффективность разделения при этом низкая. Разделение шламов фильтрованием позволяет достичь высокого качества целевых продуктов, но при этом методе наблюдается низкая пропускная способность и требуется частая смена фильтрующих материалов из-за неоднородности отходов. Метод экстракции используется для извлечения нефтяного компонента, основана на селек-

тивной растворимости нефтепродуктов в органических растворителях. Недостатки процесса экстракции заключаются в применении дорогостоящего растворителя, необходимости дальнейшей его регенерации, и неполноте извлечения углеводородного компонента.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

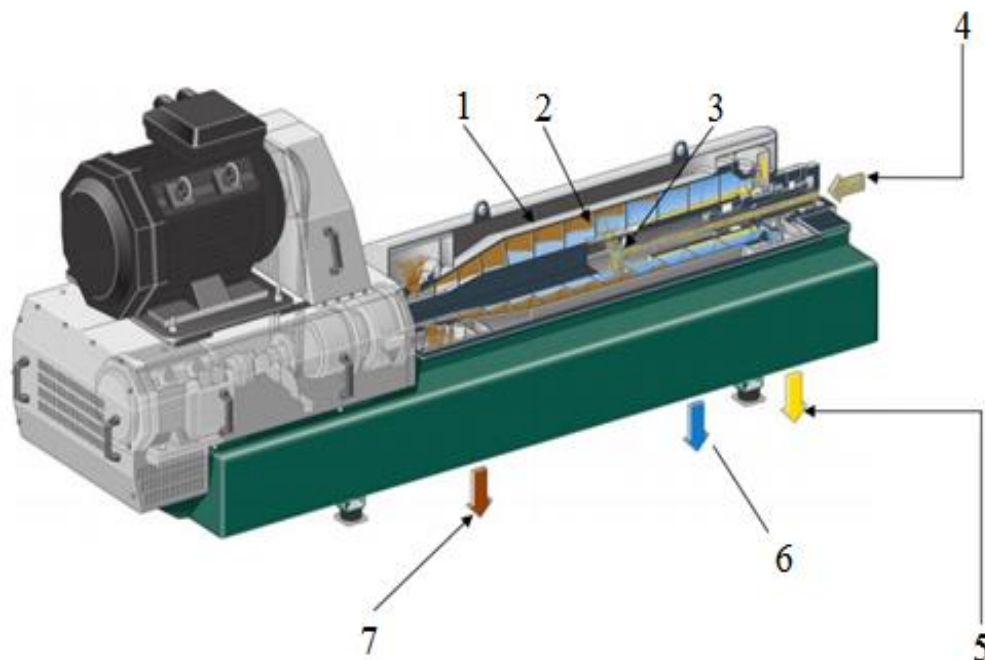
Подробнее остановимся на методе разделения в центробежном поле. Для разделения отходов с небольшим содержанием твердых примесей применяются сепараторы – это центрифуги с вертикальным высокоскоростным барабаном. При большом содержании твердых веществ в перерабатываемой суспензии (до 60%) используют декантер, который способен разделять нефтешлам на 3 составляющих: углеводородную, водную и механические примеси. Данный метод позволяет получить высокий уровень разделения фаз. На выходе из установки нефтепродукт содержит не более 2% воды и 1% механических примесей, что соответствует общепринятым нормам. Вода содержит менее 2% нефти и менее 1% механических примесей, а шлам выделяется с сухостью 35–55%.

Декантер представляет собой горизонтально расположенную центрифугу с цилиндрическо-коническим барабаном со сплошным кожухом для непрерывного отделения твердых веществ от суспензий. Перерабатываемый продукт (цен-

трифугируемый продукт) поступает через центрально расположенную впускную трубу во входную камеру шнека, проходит через отверстия в сепарационную камеру барабана и ускоряется до рабочей скорости вращения (3500 об/мин, максимальная скорость вращения 5000 об/мин). Под воздействием центробежной силы частицы твердого вещества в течение кратчайшего времени осаждаются на стенке барабана. Шнек, вращающийся с немного большей скоростью, чем кожух барабана, непрерывно транспортирует отцентрифугированное твердое вещество к узкому концу барабана.

В зоне осушения твердое вещество выделяется из жидкости (вследствие конической формы барабана) и под воздействием центробежной силы освобождается от имеющейся жидкости. В конце барабана твердое вещество центрифугируется в улавливающую камеру корпуса, захватывается привинченными кулачками на кожухе барабана и выбрасывается. Жидкость течет между витками шнека в цилиндрический конец барабана. Проходя через зону очищения, остающиеся еще в жидкости легкие примеси, отбрасываются центробежной силой и подаются шнеком к выпуску твердого вещества. Очищенная жидкость покидает сепарационную камеру через сменные регулирующие диски и отводится самотеком.

В результате применения декантера появ-



Трехфазный декантер: 1 – барабан; 2 – шнек; 3 – распределитель; 4 – необработанная нефтяная эмульсия; 5 - вывод обработанной нефтяной фазы; 6 – вывод очищенной водной фазы; 7 – вывод механических частиц (шлама)

Three-phase decanter: 1 – drum; 2 – screw; 3 – distributor; 4 – untreated oil emulsion; 5 – output of the treated oil phase; 6 – output of the purified water phase; 7 – output of mechanical particles (sludge)

ляется возможность извлечь нефтепродукты из нефтешлама и в дальнейшем использовать их по необходимому назначению. Отделенную воду после очищения на имеющихся очистных устройствах можно использовать в технологиях добычи для закачки в пласт. Очищенный кек можно утилизировать вывозом на полигон, при этом обезвреженные твердые вещества не будут причинять экологического вреда. Также полученный песок можно использовать для обустройства и засыпки межпромысловых дорог для передвижения техники.

Стоимость утилизации 1 т нефтешлама, полученного после зачистки резервуаров примерно составляет 5305 руб. Себестоимость переработки 1т нефтешлама в трехфазном декан-

тере, по данным компании ЭКРОС Инжиниринг, составляет 700-800 руб., включая в себя энергетические (около 300 руб.), трудовые (около 200 руб.) расходы, расходы на материалы, реагенты и прочее (200-300 руб. за тонну). Стоимость нефтепродуктов, полученных при разделении, составляет около 8000 руб. за тонну.

ВЫВОДЫ

Анализируя вышесказанное, приходим к выводу, что ввод в эксплуатацию трехфазного декантера для переработки нефтешлама принесет экономический эффект для нефтяных компаний, а также позволит уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, тем самым улучшив экологию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крюкова М. А. Утилизация нефтешлама // Горение и плазмохимия. 2014. N 12(12). С. 266–275.
2. Курочкин А.К., Тамм Т. Нефтешламы – ресурсное сырье для производства светлых моторных топлив и дорожных битумов // СФЕРА. Нефть и Газ. 2010. N 4. С. 72–80.
3. Mrayyan B., Battikhi M.N. Biodegradation of total organic carbons (TOC) in Jordanian petroleum sludge // Journal of Hazardous Materials. 2005. V. 120, N 1-3, P. 127–134. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.12.033.
4. Vasudevan N., Rajaram P. Bioremediation of oil sludge-contaminated soil // Environment International. 2001. V. 26, N 5-6, P. 409-411. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11392759> (accessed 5.05.2001)
5. Bioremediation of oil sludge contaminated soil by landfarming with added cotton stalks / Wang S., Wang X., Zhang C., Li F., Guo G. // International Biodeterioration & Biodegradation. 2016. V. 106. P. 150–156. DOI: 10.1155/2016/9264259.
6. Хайдаров Ф.Р., Хисаев Р.Н., Шайдаков В.В., Каштанова Л.Р. Нефтешламы. Методы

переработки и утилизации: монография. Уфа, 2003. 74 с.

7. Гаврилов М.М., Григорьева М.М., Николаева М.А. Перспективные способы применения застарелых нефтесодержащих отходов для получения компонентов асфальтобетона // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. N 3-6. С. 1749–1752.

8. Пивсаев В.Ю., Кузнецова М.С., Красников П.Е. Модификация вторичных битумных вяжущих элементарной серой // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, N 3-6. С. 1908–1910.

9. Кузьмина Р. И. Влияние нефтешламового наполнителя на физико-химические свойства битумных композиционных материалов / Р. И. Кузьмина, И.П. Широков // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2013. Т. 13, N 1. С. 32–36.

10. Ермеев А.М., Елпидинский А.А. Обезвреживание нефтешлама методом воздействия низких температур // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, N 10. С. 266–268.

REFERENCES

1. Kryukova M.A. Utilization of oil sludge. Gorenje i plazmokhimiya [Combustion and plasmochimistry]. 2014, no. 12 (12), pp. 266–275. (in Russian)
2. Kurochkin A.K., Tamm T. Oil sludge – a resource for the production of light motor fuels and road bitumen. SFERA. Neft' i gaz [SPHERE. Oil and Gas]. 2010, no. 4, pp. 72–80. (in Russian)
3. Mrayyan B., Battikhi M.N. Biodegradation of total organic carbons (TOC) in Jordanian petroleum sludge. Journal of Hazardous Materials. 2005, vol. 120, no. 1–3, pp. 127–134. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.12.033.
4. Vasudevan N., Rajaram P. Bioremediation of oil sludge-contaminated soil. Environment International, 2001, vol. 26, no. 5–6, pp. 409–411. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11392759>

(accessed 5.05.2001)

5. Wang S., Wang X., Zhang C., Li F., Guo G. Bioremediation of oil sludge contaminated soil by landfarming with added cotton stalks. International Biodeterioration & Biodegradation. 2016, vol. 106, pp. 150–156. DOI: 10.1155/2016/9264259.

6. Khaidarov F.R., Khisaev R.N., Shaidakov V.V., Kashtanova L.R. Nefteshlamy. Metody pererabotki i utilizatsii [Oil sludge. Methods of processing and utilization]. Ufa, 2003, 74 p.

7. Gavrilov M.M., Grigor'eva M.M., Nikolaeva M.A. Perspective ways of using old oily waste to obtain asphalt concrete components. Izvestia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2013, vol. 15, no. 3–6, pp. 1749–1752. (in Russian)

8. Pivsaev V.Yu., Kuznetsova M.S., Krasnikov P.E. Modification of secondary bituminous binders with elemental sulfur. *Izvestia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]*. 2013, no. 3–6, vol. 15, pp. 1908–1910. (in Russian)

9. Kuzmina R.I., Shirokov I.P. Influence of oil sludge filler on physico-chemical properties of bituminous composite materials. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya khimiya. Biologiya. Ekologiya [Izvestiya of Saratov University. New Series: Chemistry. Biology. Ecology]*. 2013, vol. 13, no. 1, pp. 32–36. (in Russian)

10. Ermeev A.M., Elpidinskii A.A. Dehydration of oil sludge by the method of low temperature effect. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]*. 2013, vol. 16, no. 10, pp. 266–268. (in Russian)

Критерии авторства

Шрам В.Г., Петров О.Н., Сокольников А.Н., Иванов П.Э., Агровиченко Д.В. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Шрам В.Г., Петров О.Н., Сокольников А.Н., Иванов П.Э., Агровиченко Д.В. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ **Принадлежность к организации**

Вячеслав Г. Шрам

Сибирский федеральный университет,
Институт нефти и газа
К.т.н., доцент
shram18rus@mail.ru

Олег Н. Петров

Сибирский федеральный университет,
Институт нефти и газа
К.т.н., доцент
petrov_oleq@mail.ru

Александр Н. Сокольников

Сибирский федеральный университет,
Институт нефти и газа
К.т.н., доцент
asokolnikov@bk.ru

Павел Э. Иванов

Сибирский федеральный университет,
Институт нефти и газа
Магистрант
ivanovpaveled@gmail.com

Дарья В. Агровиченко

Сибирский федеральный университет,
Институт нефти и газа
Аспирант, ассистент
dashuta2806@mail.ru

Contribution

Shram V.G., Petrov O.N., Sokolnikov A.N., Ivanov P.E., Agrovichenko D.V. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Shram V.G., Petrov O.N., Sokolnikov A.N., Ivanov P.E., Agrovichenko D.V. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX **Affiliations**

Vyacheslav G. Shram

Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas
Ph.D. (Engineering), Associated Professor
shram18rus@mail.ru

Oleg N. Petrov

Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas
Ph.D. (Engineering), Associated Professor
petrov_oleq@mail.ru

Alexander N. Sokolnikov

Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas
Ph.D. (Engineering), Associated Professor
asokolnikov@bk.ru

Pavel E. Ivanov

Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas
Master's Degree Student
ivanovpaveled@gmail.com

Darya V. Agrovichenko

Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas
Postgraduate Student, Assistant
dashuta2806@mail.ru

Поступила 15.03.2017

Received 15.03.2017