

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.246-258>

EDN WGVQOW

УДК 665.666.002.8

Эффективное разделение нефтешлама с использованием комбинированной технологии

Абусал Ю.А.Ю., Исмаков Р.А., Яхин А.Р., Горшков В.А.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, Россия*

Efficient oil sludge separation using combined technology

Y.A.Y. Abusal, R.A. Ismakov, A.R. Yakhin, V.A. Gorshkov

Ufa State Petroleum Technical University”, Ufa, Russia

E-mail: yousef-abusal@mail.ru

Аннотация. Предприятия топливно-энергетического комплекса РФ являются крупными источниками выбросов вредных веществ в атмосферу (47,2 %), сброса загрязненных сточных вод (26,8 %), твердых отходов (свыше 32 %), парниковых газов (до 69 %).

Среди нефтяных отходов, оказывающих пагубное влияние на компоненты природной среды, в частности поверхностные и подземные воды, почвенно-растительные покровы, атмосферный воздух, особую опасность представляют нефтяные шламы (так называемые нефтешламы). Это сложные физико-химические смеси, которые относятся к отходам III и/или IV классов опасности [1, 2, 3] и состоят из углеводов, механических примесей (глины, окислы металлов, песок) и воды.

В настоящее время на предприятиях нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности накоплены миллионы тонн нефтешламов.

Образуются они, как правило, при очистке сточных вод, в системе оборотного водоснабжения, при строительстве скважин для добычи углеводов, подготовке нефти к транспортировке и переработке, во время ремонта оборудования, при чистке резервуаров, а также при всевозможных авариях (розливах).

Суммарное количество образующегося нефтешлама на предприятиях нефтяной отрасли России за год составляет, по мнению некоторых ученых [4], до 500 тыс. тонн, а ресурсы этих отходов, находящихся в земляных амбарах, оцениваются в 4,5 млн. тонн, что является крайне негативным фактором, оказывающим значительное влияние на

окружающую среду. Именно поэтому вопросам очистки, утилизации и переработки нефтешлама необходимо уделять повышенное внимание.

Ключевые слова: нефтешлам, твердые отходы, бурение, экология, загрязнение, очистка нефтешлама, утилизация, нефтяные отходы

Для цитирования: Абусал Ю.А.Ю., Исмаков Р.А., Яхин А.Р., Горшков В.А. Эффективное разделение нефтешлама с использованием комбинированной технологии // Нефтяная провинция.-2025.-№1(41).-С. 246-258. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.246-258>. - EDN WGVQOW

Abstract. Enterprises of the fuel and energy complex of the Russian Federation are major sources of harmful emissions into the atmosphere (47,2 %), discharges of polluted wastewater (26,8 %), solid waste (over 32 %), greenhouse gases (up to 69 %).

Oil sludge (so-called oil sludge) poses a special danger among oil wastes that have a detrimental impact on the components of the natural environment, in particular, surface and underground waters, soil and vegetation cover, atmospheric air. These are complex physical and chemical mixtures, which belong to wastes of III and/or IV hazard classes [1, 2, 3] and consist of hydrocarbons, mechanical impurities (clays, metal oxides, sand) and water.

At present millions of tons of oil sludge are accumulated at the enterprises of oil producing, oil refining and petrochemical industries.

They are generated, as a rule, during wastewater treatment, in the water recycling system, during construction of wells for hydrocarbon production, preparation of oil for transportation and processing, during equipment repair, tank cleaning, as well as in all kinds of accidents (spills).

According to some scientists [4], the total amount of oil sludge generated at the enterprises of the Russian oil industry per year is up to 500 thousand tons, and the resources of these wastes, located in earth pits, are estimated at 4,5 million tons, which is an extremely negative factor that has a significant impact on the environment. That is why the issues of treatment, utilization.

Key words: oil sludge, solid waste, drilling, ecology, pollution, oil sludge treatment, utilization, oil waste

For citation: Y.A.Y. Abusal, R.A. Ismakov, A.R. Yakhin, V.A. Gorshkov Effektivnoye razdeleniye nefteshlama s ispol'zovaniyem kombinirovannoy tekhnologii [Effective separation of oil sludge using combined technology]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(41), 2025. pp. 246-258. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.246-258>. EDN WGVQOW (in Russian)

Введение

Нефтешлам – это сложная многокомпонентная система, представляющая собой смесь углеводородов, воды и твердых частиц, образующаяся в процессах поиска, добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородов. Качественное разделение нефтешлама не только позволяет повысить эффективность всех процессов в топливно-энергетическом комплексе, но и способствует снижению общего негативного воздействия отрасли на окружающую среду [5]. В данной статье рассматривается применение термических и центробежных методов оптимизации процессов разделения нефтешлама, а также возможное практическое применение технологии.

Термические методы переработки нефтешламов основаны на процессах термического разложения нефтепродуктов. В итоге полного термического разложения нефтепродуктов образуются конечные продукты деструкции – CO_2 и H_2O . Наиболее распространен метод обезвреживания нефтезагрязненных грунтов – организованное сжигание в печах. Однако это дорогой процесс, при котором ценная углеводородная составляющая безвозвратно уничтожается, образуются дополнительные выбросы в атмосферу. Поэтому на практике применяется так называемый пиролиз – высокотемпературный процесс глубокого бескислородного термического превращения нефтяного или газового сырья, заключающийся в деструкции исходных веществ с образованием продуктов меньшей молекулярной массы. В процессе бескислородного термического разложения образуются жидкие (смола пиролиза) и газообразные (пирогаз) продукты. Пиролиз более экологичен, чем сжигание, так как позволяет органическую часть отходов не превращать в токсичные продукты сгорания, а использовать как дополнительное топливо для сжигания отходов или конденсировать с получением побочных продуктов [6, 7, 8].

Комбинированные методы переработки нефтешламов получили широкое распространение из-за возможности использования сырья с различ-

ными физическими и физико-химическими свойствами. Как правило, данные методы основаны на сочетании механических методов и методов центробежного разделения с физико-химическими методами.

Таким образом, на сегодняшний момент существует множество разнообразных методов переработки нефтешламных отходов, в том числе такие способы, как отстаивание, сжигание, фильтрование и прочие. Они по-прежнему применяются в XXI веке, хотя морально устарели [9] и с каждым годом теряют свою популярность. Вытесняются эти методы более современными и эффективными, экономически выгодными, с помощью которых возможно перерабатывать нефтешламы и другие виды нефтяных отходов, устраняя при этом негативные последствия от их воздействия на окружающую природную среду и на здоровье людей (центробежное разделение, пиролиз, комбинированные методы). Примером высокопроизводительного и недорогого способа полной утилизации нефтешламов, также является электроогневая технология, включающая последовательные операции отделения и изъятия из них верхнего слоя чистых нефтепродуктов, последующее чистое электроогневое сжигание прочих тяжелых фракций в сильном электрическом поле. Однако несмотря на то, что при продолжительном использовании этих инновационных методов и технологий был получен экономический эффект, их внедрение сопряжено с большими капитальными затратами на стадиях закупки и монтажа нового оборудования, найма высококвалифицированного персонала, что под силу далеко не каждому предприятию. Сегодня немногие российские компании имеют специальное современное оборудование и людей, обладающих нужным опытом для работы со сложными и трудоемкими процессами переработки нефтяных отходов. [10]

Экспериментальные исследования с целью разделения нефтешлама в центробежном поле

Для проведения исследований использовалась лабораторная центрифуга с вертикальным ротором, хотя оптимальным, по-видимому, является применение центрифуг горизонтальных с цилиндрическо-коническим барабаном (декантеров) со сплошным кожухом для непрерывного отделения твёрдых веществ от суспензий [11].

Исходные данные при проведении экспериментов:

1. Температуры – 60, 80, 90 и 100°C.
2. Объёмы колб – 25 мл.
3. Время проведение экспериментов – 1; 2; 3; 4; 5 минут.

Применяемое оборудование:

1. Центрифуга с частотой вращения 8000 оборотов в минуту.
2. Водяная баня.

Внешний вид оборудования приведен ниже (Рис. 1).



Рис. 1. Фотографии оборудования

Внешний вид образцов нефтешлама и их подготовка к исследованиям представлены на рис. 2 (а, б).

Образцы перемешивались при комнатной температуре 25°C на мешалке с частотой вращения 200 об/мин. в течение 5 минут.



Рис. 2. Подготовка образцов

Далее в колбу отбирался нефтешлам объёмом 25 мл и устанавливался в водяную баню при температурах 60, 80, 90 и 100°C (Рис. 3-6). После проведения экспериментов взвешивались отделенные составляющие с помощью лабораторных весов [12].

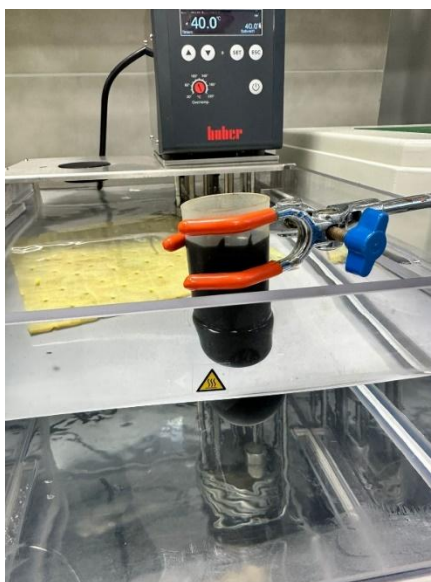


Рис. 3. Образец нефтешлама в водяной бане



Рис. 4. Образец нефтешлама в колбе после водяной бани



Рис. 5. Взвешивание образца шлама



Рис. 6. Вид выделившегося нефтепродукта

4.3.2 Результаты исследования.

Результаты исследования представлены ниже в таблицах 1 - 4 и на рис. 7 - 9.

Таблица 1

Результаты исследования при температуре 60 °С

Время, мин	Объём воды, мл.	Объём нефтепродуктов, мл.	Шлам, гр.
1	-	19	3,34
2	-	20,9	5,71
3	-	21,2	5,9
4	1,1	21,9	5,2
5	1,3	22,6	6,5

Таблица 2

Результаты исследования при температуре 80 °С

Время, мин	Объём воды, мл.	Объём нефтепродуктов, мл.	Шлам, гр.
1	-	23	5,1
2	-	23,1	5,1
3	-	23,3	5,4
4	1,3	23,6	5,9
5	1,5	23,9	6,1

Таблица 3

Результаты исследования при температуре 90 °С

Время, мин	Объём воды, мл.	Объём нефтепродуктов, мл.	Шлам, гр.
1	-	23,8	5,3
2	-	24,1	5,39
3	0,1	23,9	6,1
4	1,7	23,9	5,9
5	2,2	23,6	5,7

Таблица 4

Результаты исследования при температуре 100 °С

Время, мин	Объём воды, мл.	Объём нефтепродуктов, мл.	Шлам, гр.
1	-	22,9	5,2
2	-	23,3	5,6
3	0,3	23,3	5,9
4	1,5	23,6	5,9
5	2,3	24,4	6,3

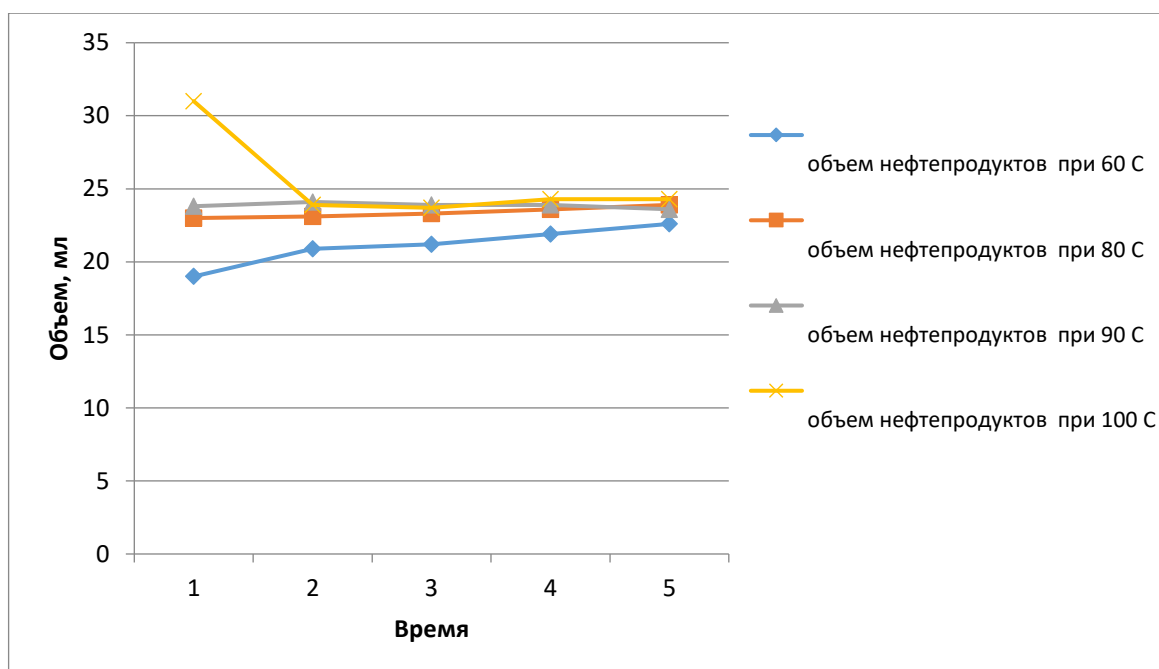


Рис. 7. Изменение объема выделенных углеводородов из нефтешлама во времени при разных температурах

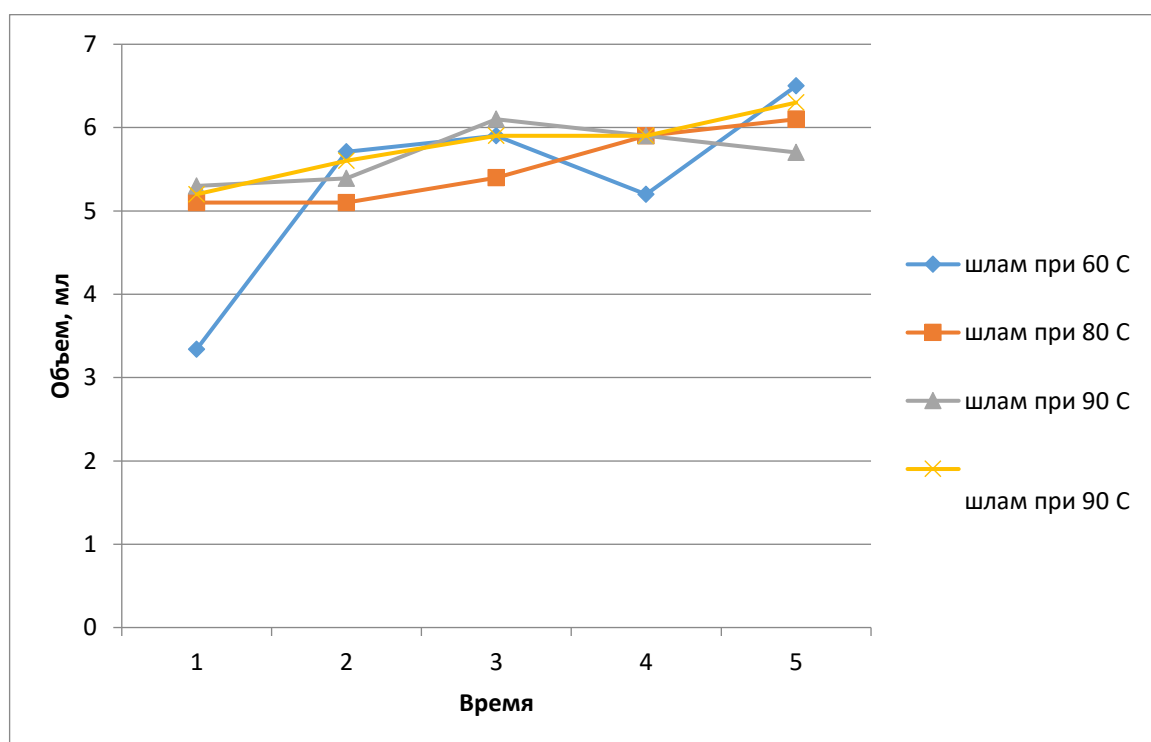


Рис. 8. Изменение объема выделенных твердых остатков из нефтешлама во времени при разных температурах

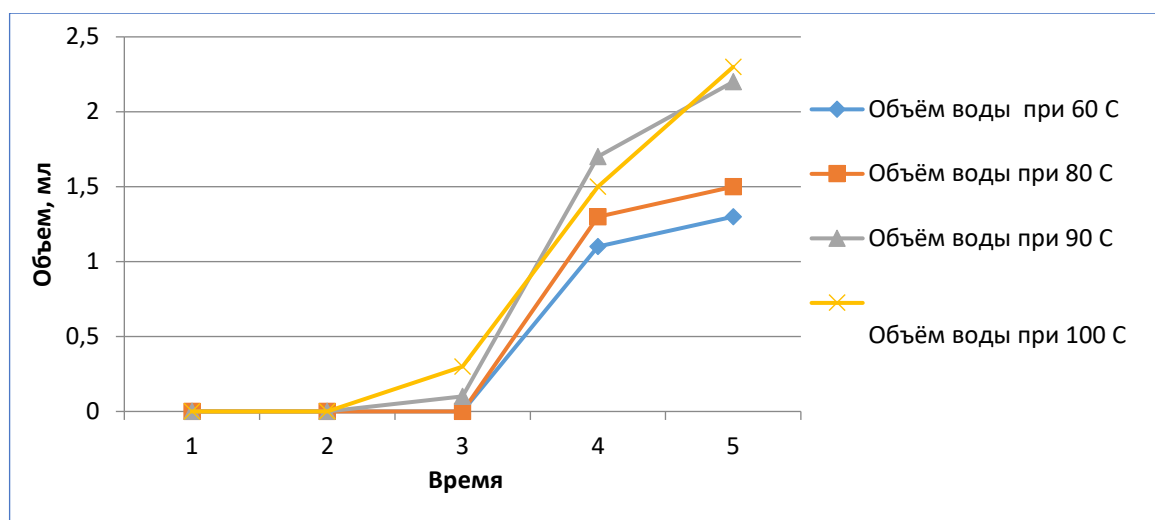


Рис. 9. Изменение объема выделенной воды из нефтешлама во времени при разных температурах

Исходя из полученных результатов, можно сделать выводы:

- в зависимости от температуры и времени воздействия с помощью центробежных установок эффективность разделения нефтешлама на фазы (нефтепродукты, вода и шлам) будет отличаться;

- эффективность разделения увеличивается с ростом температуры обработки и в значительно меньшей степени зависит от времени воздействия на центробежных установках.

- выявлен наиболее оптимальный режим обработка исследованного нефтешлама – разделение в течение 2 минут в центробежной установке при 90°C.

Заключение

В данной публикации, приведены результаты экспериментальных исследований по разделению на фазы компонентов нефтяного шлама с применением одной из методик в различных режимах проведения этого процесса. Получены положительные результаты и установлен наиболее эффективный режим.

Применение представленных результатов возможно на производстве при определенном масштабировании технологии.

Список литературы

1. Аминова, А. С., Гайбуллаев, С. А., Джураев, К. А. Использование нефтешламов – рациональный способ их утилизации. – 2015. – № 2. – С. 124– 126.
2. Бадикова А.Д., Изилиянова Д.Л., Мухамадеев Р.У. Особенности разделения водонефтяных эмульсий с использованием химических реагентов // *Universum: технические науки*. 2019. № 12 (69). Химическая технология.
3. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
4. А.Ф. Ахметов, А.Р. Гайсина, И.А. Мустафин Методы утилизации нефтешламов различного происхождения, *Нефтегазовое дело* том.9, №3.
5. Study of the influence of graphene oxide additives on the physical and mechanical properties of cement stone *Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry 2024 | Journal article*. Khalfin, R.S.; Yahin, A.R.; Latypov, B.M.; Abusal Yousef, A.; Berkane, W.
6. Бакастова, Н.В. Решение проблем по переработке нефтешламов методом центробежной сепарации /Н.В. Бакастова // *Экологическая и промышленная безопасность*. -2005. - №3 - С. 36-37.
7. Берне, Ф. Водочистка сточных вод нефтепереработки / Ф. Берне – Москва: Химия, 1997. – 288 с.
8. Биккинина, А.Г. Биорекультивация промышленных отвалов отбелевающей земли, содержащей нефтепродукты / А.Г. Биккинина, О.Н. Логинов, Н.Н. Силищев и др. // *Экология и промышленность России* -2007. №2. - С. 8-9.
9. Грошева, М.А. Инновационно-инвестиционное обеспечение переработки нефтесодержащих отходов: Автореф. дисс.... доктора экон. наук: 08.00,05 / Грошева Мария Анатольевна. – Самара, 2006. – 25 с.
10. Шламы нефтяные // *Нефтегаз*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://neftegaz.ru/> (дата обращения 15.11.2023).
11. Физико-химические методы исследования нефтяного шлама. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:<http://knowledge.allbest.ru/chemistry/> (дата обращения 15.11.2023).
12. Утилизация нефти и мусора // *ITOPF, United Kingdom*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: www.itopf.com/ (дата обращения 15.11.2023).
13. Кучеров, А. В. Современные проблемы производства и переработки свалочного газа / А.В. Кучеров. Молодой ученый. — 2013. - №3. - С. 165-168.

References

1. Aminova A.S., Gaibullaev S.A., Dzhuraev K.A. *Ispolzovanie nefteshlamov – racionalnyj sposob ih utilizacii* [Use of oil sludge is an efficient way of its utilization]. 2015, No. 2, pp. 124 – 126 (in Russian)
2. Badikova A.D., Izilaynova D.L., Mukhamadeev R.U. *Osobennosti razdeleniya vodoneftnyanyh emul'sij s ispol'zovaniem himicheskikh reagentov* [Features of water-oil emulsion breaking by using chemicals]. *Universum: Tekhnicheskie Nauki*. 2019, No. 12 (69). *Khimicheskaya Tekhnologiya* [Chemical technology]. (in Russian)
3. Federal Law No. 89-F3 dated 24.06.1998 “On industrial and household wastes”. (in Russian)
4. Akhmetov A.F., Gaisina A.R., Mustafin I.A. *Metody utilizacii nefteshlamov razlichnogo proiskhozhdeniya* [Utilization methods of oil sludge of different origin]. *Neftgazovoye Delo* [Petroleum Engineering]. Vol.9, No.3 (in Russian)
5. Khalfin, R.S., Yahin, A.R., Latypov B.M., Abusal Yousef A., Berkane, W. Study of the influence of graphene oxide additives on the physical and mechanical properties of ce-

- ment stone. *Neftyanoe Khozyaystvo [Oil Industry]*. 2024 (in Russian)
6. Bakastova N.V. *Reshenie problem po pererabotke nefteshlamov metodom centrobeznoy separacii* [Solution to the problem of oil sludge recycling by centrifugal separation]. *Ekologicheskaya i Promyshlennaya Bezopasnost [Environmental and Industrial Safety]*. 2005, No.3, pp. 36-37 (in Russian)
 7. Berne F. *Vodoochistka stochnyh vod neftepererabotki* [Petroleum processing wastes treatment]. Moscow: Khimiya Publ., 1997, 288 p. (in Russian)
 8. Bikkinina A.G., Loginov O.N., Silishchev N.N. at al. *Biorekultivatsiya promyshlennykh otvalov otbelevayushchej zemli, sodержashchej nefteprodukty* [Biological reclamation of refining earth dumps containing oil products]. *Ekologiya i Promyshlennost Rossii [Environment and Industry in Russia]*. 2007, No.2, pp. 8-9 (in Russian)
 9. Grosheva M.A. *Innovacionno-investicionnoe obespechenie pererabotki neftesoderzhashchih othodov* [Innovation and investment support for oil-contaminated waste treatment]. Abstract of a Doctoral Thesis (Economics) 08.00.05. Samara, 2006, 25 p. (in Russian)
 10. *Shlamy neftyanye* [Oil sludges]. *Neftegaz*. Available at: <http://neftegaz.ru/> (in Russian)
 11. *Fiziko-himicheskie metody issledovaniya neftyanogo shlama*. [Physical and chemical methods of oil sludge analysis]. Available at: <http://knowledge.allbest.ru/chemistry/> (in Russian)
 12. Oil and waste recycling. ITOPF, United Kingdom. Available at: www.itopf.com/
 13. Kucherov A.V. *Sovremennye problemy proizvodstva i pererabotki svalochnogo gaza* [Current problems of landfill gas generation and processing]. *Molodoj Uchenyj [Young Scientist]*. 2013, No.3, pp. 165-168 (in Russian)

Сведения об авторах

Абусал Юсеф А.Ю., инженер исследователь отделения НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», ассистент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного нефтяного технического университета
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: yousef-abusal@mail.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-3550-6384>

Исмаков Рустэм Адипович, доктор технических наук, старший научный сотрудник отделения НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного нефтяного технического университета

Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: ismakovrustem@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7544-922X>

Яхин Артур Рамилевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отделения НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты», доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного нефтяного технического университета

Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: 9406622@mail.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3748-0098>

Горшков Всеволод Антонович, студент группы БГБ-23-03, профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного нефтяного технического университета

Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: ydacha438@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-2863-2607>

Authors

Y.A.Y. Abusal, engineer of research department of NCMU «Rational development of liquid hydrocarbon reserves of the planet», assistant of department «Drilling of oil and gas wells», Ufa State Petroleum Technical University

1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: yousef-abusal@mail.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-3550-6384>

R.A. Ismakov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher of NCMU Department «Rational development of liquid hydrocarbon reserves of the planet», Professor of the Department of «Drilling of oil and gas wells», Ufa State Petroleum Technical University

1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: ismakovrustem@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7544-922>

A.R. Yakhin, PhD (technical sciences), senior researcher of NCMU department «Rational development of liquid hydrocarbon reserves of the planet», associate professor of department «Drilling of oil and gas wells», Ufa State Petroleum Technical University

1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: 9406622@mail.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3748-0098>

V.A. Gorshkov, student of group BGB-23-03, profile «Drilling of oil and gas wells», Ufa State Petroleum Technical University

1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation

E-mail: ydacha438@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-2863-2607>

Статья поступила в редакцию 13.11.2024

Принята к публикации 21.03.2025

Опубликована 30.03.2025