Г.Г. Ягафарова, А.Х. Сафаров, А.И. Мустаева, В.Р. Рахматуллин, Е.В. Бембак
(Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,
Российская Федерация)

УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ БУРОВЫХ ОТХОДОВ

Guzel G. Yagafarova, Albert Kh. Safarov, Adel I. Mustaeva,
Valery R. Rakhmatullin, Evgeniy V. Bembak (Ufa State Petroleum Technological
University, Ufa, Russian Federation)

UTILIZATION OF HYDROCARBON- CONTAINING DRILLING WASTE

Введение

Статья посвящена актуальной проблеме охраны окружающей среды от углеводородсодержащих буровых отходов.

Цели и задачи

Разработать технологию утилизации буровых отходов с применением реагента капсулирования.

Результаты

Предложен способ реагентного капсулирования, как метод утилизации углеводородсодержащих буровых отходов.

Определена оптимальная рецептура реагентного капсулирования, приготовленного на основе технического жира, негашеной извести и модификаторов.

Background

The article is devoted to the urgent problem of environmental protection from hydrocarbon-containing drilling waste.

Aims and Objectives

To develop a technology for disposal of drilling waste using a capsulation reagent.

Results

A method of reagent encapsulation is proposed as a method for utilization of hydrocarbon-containing drilling waste.

The optimal formulation of reagent encapsulation, prepared on the basis of technical fat, quicklime and modifiers, has been determined.

Ключевые слова: буровые отходы; способы утилизации; реагентное капсулирование

Key words: drilling waste; disposal methods; reagent encapsulation

---

Введение

Нефтяная промышленность составляет основу современной мировой экономики. На сегодняшний день значительно увеличились объемы добычи и переработки нефти, строятся новые нефтепроводы и нефтеперерабатывающие заводы [1].

В то же время производственная деятельность предприятий нефтегазового комплекса неизбежно приводит к техногенному воздействию на окружающую среду. Так, в процессе строительства нефтяных и газовых скважин в значительных количествах образуются промышленные отходы - буровые шламы, которые преимущественно размещаются в шламовых амбарах и являются одной из причин загрязнения геосферы: почвы, подземных и поверхностных вод нефтепродуктами, химическими реагентами и минеральными солями [2].

Состав отходов бурения

К основным отходам бурения, образующимся при строительстве скважины, относятся буровой шлам, отработанный буровой раствор и буровые сточные воды. Процентное соотношение между этими компонентами может быть самое разнообразное в зависимости от геологических условий, технического состояния оборудования, культуры производства и т.д. [3].

Свойства образующегося бурового шлама обусловлены минералогическим составом выбуренной породы, пластовых флюидов и остатками бурового раствора. По данным ВНИЦ «Экология» (г. Тюмень), токсичность отходов бурения определяется главным образом содержащейся в них нефтью. Нефтедержащие отходы отнесены к загрязняющим веществам высокой или средней токсичности, третьего или четвертого класса опасности [1]. При отсутствии нефти отходы бурения имеют, как правило, четвертый класс опасности.

Буровые растворы состоят на 85-89 % масс. из воды, на 10-11 % масс. из бентонитовых глинопорошков, в оставшиеся 1-5 % масс. могут входить различные смазываю-

щие, антисептические, пеногасительные, антифильтрационные и гидрофобизирующие жидкости. Наиболее распространены гидрофобизированная кремнийорганическая жидкость, натриевая соль карбометилцеллюлозы, полиакриламид, гептан, графитовая смазка, каустическая сода, едкий калий, кальцинированная сода [4].

Буровые отходы в общем случае состоят на 40-50% масс. из выбуренной породы (глина, пески, супеси, алевролиты и т.д.), 30-40 % масс. - из бурового раствора и возможных технологических сбросов, подземных вод и нефти. В составе отходов бурения содержание нефти и нефтепродуктов может достигать 10 % масс., поверхностно-активных веществ (ПАВ) 0,5 % масс. [5].

Отходы бурения представляют собой дисперсионную систему из частиц глины, песка, химических реагентов и нефти в воде. И часто представляют собой текучую пастообразную массу темно-серого с металлическим оттенком цвета, маслянистую на ощупь и имеющую запах углеводородного сырья [2].

Высушенные отходы бурения теряют текучесть и легко размалываются в порошок. Исследования гранулометрического состава показали, что размеры частиц отходов бурения находятся в интервале от 10 до 500 мкм, причем более крупные соответствуют выбуренным породам, а мелкие - бентонитам.

Температура замерзания буровых отходов находится в интервале от минус 10 °С до минус 15 °С.

Основные факторы воздействия отходов бурения на окружающие элементы биосферы определяются составом бурового раствора и попадающими в буровой раствор из забойного пространства нефтепродуктами и минерализованными водами [1].

Как правило, опасность отходов бурения связана с высоким pH, взвешенными частицами, нефтью, тяжелыми металлами и токсичностью [5]. Для оценки вклада того или иного вещества в составе отходов бурения используется в качестве показателя отношение процентного содержания к величине предельно допустимой концентрации (ПДК).

Физико-химические характеристики отходов бурения напрямую зависят от геологи-

ческих особенностей разреза скважины; типов и параметров применяемых буровых растворов; системы очистки буровой установки.

Существующие технологии переработки буровых отходов

В последние годы нефтедобывающими предприятиями в производство внедряются различные технологические решения, направленные на утилизацию отходов бурения. Однако унифицированного способа переработки буровых отходов с целью обезвреживания и утилизации не существует.

Все известные технологии утилизации буровых отходов по методам переработки можно разделить на следующие группы [3]:

- термические - сжигание в печах различных типов, получение битуминозных остатков;
- физические - захоронение в специальных могильниках, разделение в центробежном поле, вакуумное фильтрование и фильтрование под давлением;
- химические - экстрагирование с помощью растворителей, отверждение с применением цемента, жидкого стекла, глины и органических добавок;
- физико-химические - применение специально подобранных реагентов, изменяющих физико-химические свойства, с последующей обработкой на специальном оборудовании;
- биологические - микробиологическое разложение в почве непосредственно в местах хранения, биотермическое разложение [3].

Одним из наиболее перспективных методов утилизации буровых отходов различной консистенции является перевод их в мелкодисперсные, твердые, биологически инертные соединения методом реагентного капсулирования.

Сущность метода заключается в физико-химическом преобразовании твердых, вязко-текучих или жидких углеводородсодержащих материалов под воздействием химически активных реагентов в тонкодисперсные порошкообразные твердые продукты.

Каждая частица такого продукта представляет собой микрокапсулу [6-10].

При присутствии в обрабатываемом материале водной фазы негашеная известь из-за своей гидрофильности, в первую очередь, начнет взаимодействовать с водой, и равномерного диспергирования органической фазы не произойдет. С целью нормализации хода капсулирования негашеную известь заранее обрабатывают гидрофобизирующим агентом, в результате чего получают гидрофобный реагент капсулирования. Соответственно, полученный реагент сначала взаимодействует с гидрофобной органической фазой обезвреживаемого отхода, а затем реагирует с присутствующей водой, создавая твердый порошкообразный материал. В качестве гидрофобных модифицирующих добавок могут использоваться нефть, нефтешлам и другие гидрофобизирующие реагенты [11].

Образующийся порошкообразный материал может быть в дальнейшем использован в качестве вторичного сырья для изготовления строительных материалов. С 2016 г. в Российской Федерации действует Стратегия развития промышленности строительных материалов, в которой на государственном уровне закреплена поддержка производителей строительных материалов, участвующих в утилизации промышленных отходов [11]. Использование буровых шламов, основную массу которых составляют породообразующие компоненты, в качестве компонента для строительной отрасли позволит снизить объемы природных ресурсов, применяемых в строительстве, а также улучшить экологическую обстановку в районах добычи нефти и газа.

Целью данной работы является *разработка эффективной технологии утилизации углеводородсодержащих буровых отходов с получением экологически безопасных компонентов для дорожного строительства.*

Материалы и объекты исследования

В качестве объекта исследования в экспериментах использовались буровые отходы, отобранные из шламонакопителей на территории Лянторского месторождения ООО

«Сургутнефтегаз» Ханты-Мансийского автономного округа. Среднее содержание нефти и нефтепродуктов в отходах составляло 3,4 % масс.

Для проведения капсулирования использовалась известь комовая негашеная, изготовленная согласно ГОСТ 9179-77 [12].

В качестве гидрофобизирующего реагента был выбран продукт переработки отходов животного происхождения - технический жир специального назначения, выбранный в соответствии с ГОСТ 1045-73 [13].

Для увеличения прочностных характеристик капсулированного материала был добавлен Гаммаксан (регулятор реологических

параметров по ТУ 2458-002-50635131-2003 (таблица 1), в состав которого входят биополимеры).

Результаты исследования и их обсуждение

Начальным этапом работы являлось получение реагента капсулирования на основе негашеной извести и гидрофобизирующего реагента [14]. Для этого негашеную известь СаО смешивали с техническим жиром в количестве 1, 3, 7, 10 % масс. (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, оптимальная доза внесения технического животного жира составляет 7-10 % масс.

Таблица 1. Характеристика биополимера Гаммаксан

Наименование показателей	Нормативные значения
Внешний вид	порошок от белого до кремового цвета
Прессованная насыпная плотность, г/л	600-900
Вязкость по Брукфильду водного раствора с массовой долей 1 % (25 °С), мПа/С	1000
рН водного раствора с массовой долей 1 %, при 20 °С	6.0-8.0
Зола	14 %
Потеря при высушивании	16 %

Таблица 2. Характеристика реагента в зависимости от содержания технического жира

Компонент	Состав, % масс.	Характеристика
Технический животный жир	1	Процесс гидрофобизации не происходит
	3	
	5	
	7	Процесс гидрофобизации происходит медленно, не образуется дополнительная пленка на поверхности частиц
	9	Происходит процесс гидрофобизации, образуется дополнительная равномерная пленка на поверхности частиц
	10	

Для увеличения эффективности отвердевания было предложено использовать полимерную добавку Гаммаксан. Добавку вводили в смесь в количестве 1-2 % масс. О сыпучести полученного материала судили по известной методике «Испытание иглой Вика» [15]. При добавлении 1-2 % масс. Гаммаксана получена эффективная консолидация, испытание иглой Вика показало $h = 2-4$ мм.

Для сокращения времени образования капсулированного материала на последнем этапе получения смеси дополнительно добавлена цементная пыль из расчета 40-50 % масс.

Применение в качестве укрепляющего агента отходов цементного производства - цементной пыли - повышает прочность материала за счет образования дополнительной карбонатной оболочки, что ведет к созданию более плотных капсул и снижению их взаимодействия с водой. Обработка капсулированного материала с повышенными прочностными характеристиками полимерным составом позволяет изолировать микрокапсулы.

Таким образом, получен *новый реагент капсулирования следующего состава:*

технический жир - 7-10 % масс.
негашеная известь - 30-40 % масс.
гаммаксан - 1-2 % масс.
цементная пыль - 40-50 % масс.

Для оценки эффективности применения разработанного реагента капсулирования в процессах консолидации бурового отхода был проведен следующий опыт [11]. Реагент капсулирования вносили в буровой шлам из расчета 30, 40, 50 и 60 % масс. Полученную смесь перемешивали в мешалке до образования однородных устойчивых гранул при комнатной температуре. В ходе проведенного исследования установлено, что оптимальной дозой внесения реагента капсулирования является 40-50 % масс. При смешении реагента с буровым шламом образуются устойчивые гранулы диаметром около 0,3-0,8 см (рисунок 1).

С целью определения экобезопасности получаемых материалов проведены исследования на водоустойчивость и токсичность по стандартным методикам.

- а) полученный образец при содержании технического жира 1 % масс.;
б) полученный образец при содержании технического жира 5 % масс.;
в) полученный образец при содержании технического жира 7 % масс.

Рисунок 1. Образцы капсулированного материала

Исследования, проведенные на водостойчивость, показали, что после вымачивания исходных образцов в течении 7 сут масса капсулированного материала практически не уменьшается [16].

Для оценки токсичности получаемого капсулированного материала был использован метод фитотестирования с использованием семян кресс-салата [16]. Проведенные исследования на токсичность и фитотоксичность показали, что полученный капсулированный материал является экологически безопасным (индекс токсичности составил 0,22).

Таким образом, разработанная технология утилизации буровых отходов с применением реагента капсулирования позволяет эффективно обезвреживать нефтесодержащие буровые отходы, а образующийся в результате консолидации капсулированный материал является экологически безопасным и

может быть использован в качестве вторичного сырья в дорожном строительстве, а также при прокладке трубопроводов.

Выводы

Предложен способ реагентного капсулирования как метод утилизации углеводородсодержащих буровых отходов.

Определена оптимальная рецептура реагентного капсулирования, приготовленного на основе технического жира, негашеной извести и модификаторов.

Разработан состав капсулированного материала с высокой нефтеемкостью для утилизации буровых отходов:

- технический жир - 7-10 % масс.;
- негашеная известь - 30-40 % масс.;
- гаммаксан - 1-2 % масс.;
- цементная пыль - 40-50 % масс.

Список литературы

1. Барабанщиков Д.А., Сердюкова А.Ф. Экологические проблемы нефтяной промышленности России // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 727-731.
2. Нуцкова М.В., Сидоров Д.А., Тсикплону Д.Э., Сергеев Г.М. Исследования буровых растворов на углеводородной основе для первичного вскрытия продуктивных пластов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2019. Т. 19. № 2. С. 138-149. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.2.4.
3. Мустаева А.И., Федорова Ю.А. Утилизация буровых отходов // World Science: Problems and Innovation: сб. ст. победителей Междунар. науч.-практ. конф.: В 2 Ч. Пенза: Наука и Просвещение, 2017. Ч. 1. С. 107-110.
4. Некрасова И.Л. Совершенствование критериев оценки качества буровых растворов на углеводородной основе в зависимости от горногеологических условий их применения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2018. Т. 18. № 2. С. 129-139. DOI: 10.15593/2224-9923/2018.4.3.
5. Ягафарова Г.Г., Рахматуллин Д.В., Инсаров А.Н., Кузнецова Г.М., Мирсаитов Н.Р. Современные методы утилизации буровых отходов // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 2. С. 123-129. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-2-123-129.
6. Veil J.A. Evolution of Slurry Injection Technology for Management of Drilling Wastes // Environment

References

1. Barabanshchikov D.A., Serdyukova A.F. Ekologicheskie problemy neftyanoi promyshlennosti Rossii [Environmental Problems of the Russian Oil Industry]. *Molodoi uchenyi - Young Scientist*, 2016, No. 26 (130), pp. 727-731. [in Russian].
2. Nutskova M.V., Sidorov D.A., Tsikplonu D.E., Sergeev G.M. Issledovaniya burovyykh rastvorov na uglevodorodnoi osnove dlya pervichnogo vskrytiya produktivnykh plastov [Investigations of Oil Based Muds to Primary Opening of Productive Formations]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftgazovoe i gornoe delo - Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2019, Vol. 19, No. 2, pp. 138-149. DOI: 10.15593/2224-9923/2019.2.4. [in Russian].
3. Mustaeva A.I., Fedorova Yu.A. Utilizatsiya burovyykh otkhodov [Disposal of Drilling Waste]. *Sbornik statei pobeditelei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «World Science: Problems and Innovation»: V 2 Ch.* [Collection of Articles by the Winners of the International Scientific and Practical Conference «World Science: Problems and Innovation»: In 2 Parts]. Penza, Nauka i Prosveshchenie Publ., 2017, Part 1, pp. 107-110. [in Russian].
4. Nekrasova I.L. Sovershenstvovanie kriteriev otsenki kachestva burovyykh rastvorov na uglevodorodnoi osnove v zavisimosti ot gornogeologicheskikh uslovii ikh primeneniya [Improvement of the Criteria for Assessing the Quality of Hydrocarbon-Based Muds in Terms of Geological Conditions of Their Use]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issle-*

Protect. 2013. Vol. 3 (1). P. 20.

7. Ismail A.R., Sulaiman W.R.W. Drilling Fluid Waste Management in Drilling for Oil and Gas Wells // *Chemical Engineering Transactions*. 2017. Vol. 56. P. 1351-1356. DOI: 10.3303/CET1756226.

8. Atlas R.M. Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbons and Environmental Perspective // *Microbiol Rev*. 1981. Vol. 45. Issue 1. P. 180-209.

9. Maloney K.O., Yoxtheimer D.A. Production and Disposal of Waste Materials from Gas and Oil Extraction from the Marcellus Shale Play in Pennsylvania // *Environmental Practice*. 2012. Vol. 14. Issue 4. P. 278-287. DOI: 10.1017/S146604661200035X.

10. Wood L. Waste Disposal Regulations for Drilling Mud and Cuttings Technology - Cost Trends, Environmental Impact and Regional Regulatory Bodies by Mud Type. Magarpatta city: Markets and Markets, 2016. 104 p.

11. Сафаров А.Х. Сорбент для очистки почвы и воды от нефтяных загрязнений // *Вестник технологического университета*. 2018. Т. 21. № 1. С. 177-181.

12. ГОСТ 9179-77. Известь строительная. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 7 с.

13. ГОСТ 1045-73. Жир животный технический. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1982. 5 с.

14. Пат. 2534545 РФ, МПК В 01 J 20/02. Сорбент для очистки и утилизации отходов и грунтов загрязненных нефтепродуктами / Р.А. Саркаров, В.В. Селезнев, Д.И. Бариева, Н.Б. Пыстина. 2013137175/05, Заявлено 07.08.2013; Опубл. 27.11.2014. Бюл. 33.

15. ГОСТ 310.3-76. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 6 с.

16. Воронина Л.П. Фитотестирование для экологической оценки агроценоза // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2013. № 3. С. 16-21.

dovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftgazovoe i gornoe delo - Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering, 2018, Vol. 18, No. 2, pp. 129-139. DOI: 10.15593/2224-9923/2018.4.3. [in Russian].

5. Yagafarova G.G., Rakhmatullin D.V., Insaurov A.N., Kuznetsova G.M., Mirsaitov N.R. Sovremennye metody utilizatsii burovykh otkhodov [Modern Methods of Drilling Waste Recycling]. *Neftgazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2018, Vol. 16, No. 2, pp. 123-129. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-2-123-129. [in Russian].

6. Veil J.A. Evolution of Slurry Injection Technology for Management of Drilling Wastes. *Environment Protect*, 2013, Vol. 3 (1), pp. 20.

7. Ismail A.R., Sulaiman W.R.W. Drilling Fluid Waste Management in Drilling for Oil and Gas Wells. *Chemical Engineering Transactions*, 2017, Vol. 56, pp. 1351-1356. DOI: 10.3303/CET1756226.

8. Atlas R.M. Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbons and Environmental Perspective. *Microbiol Rev*, 1981, Vol. 45, Issue 1, pp. 180-209.

9. Maloney K.O., Yoxtheimer D.A. Production and Disposal of Waste Materials from Gas and Oil Extraction from the Marcellus Shale Play in Pennsylvania. *Environmental Practice*, 2012, Vol. 14, Issue 4, pp. 278-287. DOI: 10.1017/S146604661200035X.

10. Wood L. *Waste Disposal Regulations for Drilling Mud and Cuttings Technology - Cost Trends, Environmental Impact and Regional Regulatory Bodies by Mud Type*. Magarpatta city, Markets and Markets, 2016. 104 p.

11. Safarov A.Kh. Sorbent dlya ochistki pochvy i vody ot neftyanykh zagryaznenii [Soil and Water Cleanup Sorbent Against Oil Contaminations]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta - Herald of Technological University*, 2018, Vol. 21, No. 1, pp. 177-181. [in Russian].

12. *GOST 9179-77. Izvest' stroitel'naya. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard 9179-77. Lime for Building Purposes. Specifications]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2001. 7 p. [in Russian].

13. *GOST 1045-73. Zhir zhivotnyi tekhnicheskii. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard 1045-73. Technical Animal Fat. Specifications]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1982. 5 p. [in Russian].

14. Sarkarov R.A., Seleznev V.V., Barieva D.I., Pystina N.B. *Sorbent dlya ochistki i utilizatsii otkhodov i gruntov zagryaznennykh nefteproduktami* [Sorbent for Cleaning and Disposal of Waste and Soil Contaminated with Oil Products]. Patent RF, No. 2534545, 2014. [in Russian].

15. *GOST 310.3-76. Tsementy. Metody opredeleniya normal'noi gustoty, srokov skhvatyvaniya i ravnomernosti izmeneniya ob'ema* [State Standard 310.3-76. Cements. Methods of Tests Consistency, Times of Settining and of Soundness]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2003. 6 p. [in Russian].

16. Voronina L.P. *Fitotestirovanie dlya ekologicheskoi otsenki agrotsenoza* [Plant Bioassay for Environmental Assessment of Agrocnosis]. *Problemy agrokhimii i ekologii - Problemy Agrokhimii i Ekologii*, 2013, No. 3, pp. 16-21. [in Russian].

Авторы

• Ягафарова Гузель Габдулловна, д-р техн. наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Заведующая кафедрой «Прикладная экология»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: Kafedra_ecologia@mail.ru

• Сафаров Альберт Хамитович, канд. техн. наук, доцент
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Прикладная экология»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: alsaf1978@mail.ru

• Мустаева Адель Ильдусовна
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Магистрант кафедры «Прикладная экология»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: adelya-mustaeva@yandex.ru

• Рахматуллин Валерий Раифович, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: rahmatullin_58@mail.ru

• Бембак Евгений Васильевич
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Аспирант кафедры «Прикладная экология»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: evbembak@mail.ru

The Authors

• Yagafarova Guzel G., Doctor of Engineering Sciences, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Head of Applied Ecology Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: Kafedra_ecologia@mail.ru

• Safarov Albert Kh., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Applied Ecology Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: alsaf1978@mail.ru

• Mustaeva Adel I.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Applied Ecology Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: adelya-mustaeva@yandex.ru

• Rakhmatullin Valery R., Candidate of Engineering Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Drilling of Oil and Gas Wells Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: rurahmatullin_58@mail.ru

• Bembak Evgeniy V.
Ufa State Petroleum Technological University
Post-graduate Student of Applied Ecology Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: evbembak@mail.ru