СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ОТХОДОВ MODERN METHODS OF DRILLING WASTE RECYCLING

Г. Г. Ягафарова
Guzel G. Yagafarova

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Д. В. Рахматуллин
Damir V. Rakhmatullin

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

А. Н. Инсапов
Aidar N. Insapov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Г. М. Кузнецова
Gulnara M. Kuznetsova

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Н. Р. Мирсаитов
Nur R. Mirsaitov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Статья посвящена актуальной проблеме разработки новых способов утилизации буровых отходов. Описаны известные на сегодняшний день методы утилизации буровых отходов, такие как физический, химический, физико-химический, термический и биологический. Рассмотрены преимущества и недостатки методов утилизации отходов бурения, применяемых в Российской Федерации и за рубежом. Показано, что наиболее перспективными методами утилизации отходов бурения являются методы, сочетающие различные способы очистки и обезвреживания. Приведены результаты исследований по методу утилизации отходов бурения путем получения капсулированных материалов на основе оксида кальция и нефтешлама в качестве гидрофобизатора, рекомендуемых к использованию при тампонировании обсадных колонн нефтяных и газовых скважин. Оптимальное соотношение компонентов следующее: оксид кальция — 70–80 % масс., нефтешлам — 20–30 % масс. Также приведены результаты исследований возможности применения буровых отходов в качестве стимулятора роста растений. Исследования проводились как на модельных растворах промывочной жидкости скважины, так и на реальных буровых отходах. В качестве тест-объекта для оценки эффекта биостимуляции применяли *Lepidium sativum* (кресс-салат). Полученные результаты показывают, что буровые отходы при концентрации 0,5 % масс. могут применяться в качестве минерального удобрения для стимуляции роста растений, в частности, при облагораживании территорий промышленных предприятий в пределах границ санитарно-защитной зоны, а также при обустройстве придорожной зоны.

Ключевые слова

способы
утилизации,
отработанный
буровой отход,
реагент
капсулирования,
тампонирование
скважины,
тест-объект,
эффект
биостимуляции

The article is devoted to the urgent problem of developing new methods of drilling waste recycling. There described the currently known methods of drilling waste recycling, such as physical, chemical, physicochemical, thermal and biological. Advantages and disadvantages of drilling wastes recycling methods used in Russian Federation and abroad are considered. It is shown that the most prospective methods for drilling wastes recycling are methods combining various ways of cleaning and neutralization. There are presented the results of studies of drilling wastes recycling method by obtaining encapsulated materials based on calcium oxide and oil sludge as a hydrophobic agent, recommended for use when

plugging casing strings of oil and gas wells. The optimum components ratio is as follows: calcium oxide – 70-80 % by weight, oil sludge – 20-30 % by weight. Also researches results on possibility of application of drilling wastes as the stimulator of plants growth are given. The investigations were carried out both on model solutions of the well drilling fluid and on real drilling waste. *Lepidium sativum* (cress-salad) was used as a test object for assessing the effect of biostimulation. The results obtained show that drilling waste at a concentration of 0.5 % by weight can be used as a mineral fertilizer to stimulate the growth of plants, in particular, for industrial enterprises territories detoxification within the boundaries of the control zone, as well as for roadside zone arrangement.

Key words

recycling methods, drilling waste, reagent of capsulation, well plugging, test object, biostimulation effect

В настоящее время общий объем бурения в Российской Федерации ежегодно увеличивается. Рост наблюдается как на месторождениях Западной, так и Восточной Сибири, а также Европейской России. Параллельно увеличивается и количество отходов бурения. Наряду с ними за предыдущие годы накоплено большое количество отходов, которые оказывают негативное влияние на все компоненты окружающей среды. Поэтому актуальной является разработка новых способов утилизации буровых отходов.

Отработанный буровой раствор (ОБР) — раствор, полученный после окончания строительства скважины или ее части. ОБР является результатом наработки раствора при разбуривании интервалов, сложенных глинистыми породами, смены типов растворов, а также при ликвидации аварий. Буровой шлам (БШ) — смесь выбуренной породы и бурового раствора, удаляемая из циркуляционной системы буровой различными очистными устройствами.

ОБР сибирских месторождений России характеризуется следующим составом, процент от объема раствора: вода — 75–90 %, нефть и нефтепродукты — 7–14 %, твердая фаза — 11–25 %. Твердая фаза является сложной полидисперсной системой, состоящей из глинистых минералов каолинита, монтмориллонита и пирита, частиц песка, известняка, кварца, а также других частиц разбуриваемых пород. В состав ОБР могут входить утяжелители, такие как окислы железа, барит и др., а также химические реагенты и тяжелые металлы. Химическое потребление кислорода (ХПК) составляет от 8 до 18 г/л, минерализация водной фазы от 1,5 до 3,0 г/л, pH от 7,8 до 8,2. БШ содержит 0,8–7,5 % нефти и до 15 % общей органики [1].

Известны следующие основные направления утилизации отходов бурения: физический, химический, физико-химический, термический и биологический.

Наиболее распространенными способами обезвреживания шлама являются гидрофобизация, экстракционный и термический методы [2].

Метод гидрофобизации заключается в обработке шлама высокомолекулярными водонерастворимыми веществами, резко уменьшающими диффузию из шлама в воду органических соединений и препятствующими образованию мути. Токсичность шлама при этом уменьшается в десятки раз. Исследователи ГНИПИ «Гипроморнефтегаз» (г. Баку) в качестве гидрофобизирующего вещества предлагают применять натриевую соль сополимера малеинового ангидрида со стиролом в присутствии электролитов. В качестве окислителя используется 15–20 %-ная перекись водорода. Добавка в качестве катализатора процесса от 0,05 % до 20 % перманганата калия повышает эффективность обезвреживания шлама до 95–98 %. Токсичность бурового шлама при этом уменьшается в 80–100 раз [3].

Экстракционный метод — процесс извлечения из шлама органических веществ с помощью растворителей.

Применяется метод обезвреживания остатков ОБР путем добавления коагулянтов и флокулянтов (сульфата алюминия и полимеров). Процесс перевода в твердую массу осуществляется с помощью материала-отвердителя, например древесной золы, в котловане-отстойнике. Далее содержимое котлована распределяется на поверхности почвы и перемешивается с поверхностным слоем обрабатываемых земель. Метод широко применяется в провинции Альберта (Канада). Недостатки метода — возможность просачивания органических веществ, хлоридов и токсичных металлов в грунтовые воды, а также их биоаккумуляция в растениях [4].

За рубежом наиболее часто на промыслах используют методы обезвреживания шлама и извлечения органических веществ, разрабо-

таннные фирмой *Baroid*. Шлам после прохождения через вибросита промывается водой с добавкой растворителя в промывочном устройстве. Доработанная схема может применяться и для морских установок. В данной схеме шлам с вибросита поступает в моечное устройство, в котором распыляется вместе с отмывным раствором и далее сбрасывается в систему из двух труб, заполненную водой. Нефть и растворитель при прохождении шлама через воду всплывают и откачиваются с помощью погружного насоса, который возвращает нефть в водонефтяной сепаратор. Отсепарированная нефть поступает для повторного использования [4].

Фирмой *Baroid* также разработаны установки, которые позволяют очищать БШ, загрязненный промывочной жидкостью на нефтяной основе, с помощью трехступенчатой промывки различными растворителями в закрытой системе *Unitired Solids Control*.

Фирмой *Baroid* выпускаются и автономные установки «Энвейро-флок» и «Энвейро-фикс». Установки смонтированы на автомобильных прицепах. Отходы откачивают в специальную емкость-мешалку, обрабатывают коагулянтном и флокулянтном, после чего захоранивают на месте или вывозят на специально отведенный участок [5].

Термические методы обезвреживания БШ являются весьма эффективными, но не всегда экономически рентабельными. Обработка шлама при высоких температурах (до 500 °С) позволяет полностью освободиться от органических соединений и получить твердые отходы. Технологический процесс фирмы *Faster Wheeler Energy Corporated* предусматривает обработку шлама в испарителях до полного удаления влаги. Взвешенные твердые частицы при этом остаются в нефти. После этого производится сепарация до полного отделения твердого сухого и свободного от нефти продукта. Шлам, обработанный таким образом, может быть использован в качестве удобрения, топлива, грунта. Около 70 предприятий США, а также других стран применяют данный метод [6].

Фирмой *West Group Int.* с целью прокаливания шлама для выжигания углеводородов разработана двухкамерная печь. Печь может использоваться и на морских установках. Основной рабочей частью печи является вертикальный цилиндр, изготовленный из огнеупорных материалов. С помощью перфориро-

ванной газораспределительной пластины цилиндр разделен на верхнюю и нижнюю камеры, герметичность обеспечивает двухслойная конструкция. В нижней камере находится воспламеняющее устройство. Вентиль подает в верхнюю камеру, являющуюся основной зоной горения, воздух в смеси с небольшим количеством топлива. Когда содержание углеводородов в шламе снижается ниже уровня, необходимого для поддержания рабочей температуры, впрыскивается нефть или дизельное топливо. При перегреве зоны горения в нее впрыскивается вода. Шлам, освобожденный от углеводородов вместе с выхлопными газами, собирается в воронке Вентури, в которую подается вода для очистки и охлаждения выхлопных газов.

Фирмой *Delta Unifiltr* разработана автоматизированная установка, в которой высушивание шлама осуществляется под давлением [4].

Метод сброса ОБР в неиспользуемые скважины применяется в случае отсутствия опасности загрязнения неглубоко залегающих водоносных горизонтов. Данный метод запрещен в таких штатах США, как Колорадо, Аризона, Мичиган и Флорида, в других штатах применение метода лимитируется рядом требований, относящихся к глубине спуска обсадных колонн и литологии геологического разреза неиспользуемых скважин. Фирмы *Shell* и *International Drilling Fluids* предлагают вместо цементных смесей закачивать в затрубное пространство обсадных колонн отверждаемый буровой раствор. Такой метод был применен на месторождении Аугер. Фирма *Shell UK Exploration and Production*, разрабатывающая месторождение в Северном море, также использует метод закачки бурового шлама в скважины. Предварительно твердая фаза бурового раствора отделяется при помощи вибросита и доводится до консистенции глинистого бурового раствора. Метод подходит для пластов, в которых нет естественных трещин или разломов [5, 6].

Одним из направлений решения проблемы ликвидации шламовых амбаров является захоронение жидких буровых отходов в поглощающие горизонты, которые залегают ниже пресноводных и не имеют с ними гидродинамической связи. Данный способ применяется при строительстве скважин в Западной Сибири. Гидроразрыв пород и восстановление приемистости скважин производят с помощью цементировочного агрегата. В качестве

жидкости гидроразрыва применяются жидкие отходы бурения. Реализация данного метода в других регионах не всегда возможна, так как требует наличия в разрезе пластов с высокими емкостными свойствами [6].

Некоторые исследователи предлагают применять ОБР в качестве добавок к тампонажным растворам при цементировании скважин. Так, авторами разработана рецептура реагента капсулирования на основе оксида кальция и нефтешлама в качестве гидрофобизатора. Эксперименты показали, что оптимальным является следующее соотношение компонентов: оксид кальция — 70–80 % масс., нефтешлам — 20–30 % масс. При данном соотношении компонентов образуется реагент капсулирования. Для обезвреживания бурового шлама с помощью полученного реагента необходимо к 70–80 % масс. отхода бурения добавлять 20–30 % масс. реагента капсулирования. В качестве вяжущего компонента добавляется отход цементной промышленности — цементная пыль (15–30 % масс.) [7]. Для защиты капсулированного материала от воздействия негативных факторов окружающей среды предлагается использовать полимерный материал — полимер водный (1–2 % масс.), всесезонный ПВВ (ТУ 2216-002-75821482-2006).

Полученный капсулированный материал, обработанный полимерной добавкой, показал высокую водостойкость. Для изучения водостойкости образцы капсулированного материала вымачивались в дистиллированной воде в течение 7 сут. О водостойкости материалов судили по изменению массы исходных образцов. Результаты исследований показывают, что наибольшей водостойкостью обладает образец капсулированного материала с использованием полимерной добавки ПВВ в количестве 1,5 % масс., при этом наблюдается потеря массы капсулированного материала менее 1 %.

Разработанные капсулированные материалы показали также высокую стойкость к воздействию кислых сред. Исследования проводились на материалах, полученных с добавлением и без добавления ПВВ (ТУ 2216-002-75821482-2006). Образцы обрабатывались 0,1 Н соляной; 0,1 Н серной и 0,1 Н азотной кислотами. Результаты исследований показали, что капсулированный материал, обработанный ПВВ (ТУ 2216-002-75821482-2006), после вымачивания в кислой среде в течение 7 сут незначи-

тельно размягчается, твердость снижается на 6,7 %. Твердость капсулированного материала, изготовленного без применения полимерной добавки, снижается на 33,3 %.

Вязущий материал рекомендуется использовать при тампонировании обсадных колонн нефтяных и газовых скважин в интервалах, на которых отсутствует водоносность и имеются специфичные горные породы, изолирующие выше- и нижезалегающие водные горизонты [8].

Выбуренный шлам и твердая фаза бурового раствора содержат глинистые минералы и могут служить сырьем для строительного производства, например для изготовления панелей, блоков и изделий, получаемых путем обжига. Экспериментальные исследования, проведенные в БашНИПИнефть, показали принципиальную возможность разработки малоотходной технологии бурения, позволяющей получать из ОБР химически обработанные глинопорошки для приготовления глинистых буровых растворов [9]. Для получения глинопорошков предлагается использовать распылительную сушилку конструкции НИИСтройкерамики. Глинопорошок, полученный данным способом, имеет влажность до 8 %. К недостаткам относятся низкая производительность установки при ее значительных габаритах, а также переход минеральных солей в высушенный глинопорошок.

Во ВНИИКРнефть выполнялись опытно-экспериментальные работы по утилизации ОБР путем применения его при получении керамзита. Однако этот процесс не нашел широкого применения, так как в большинстве районов бурения отсутствует производство керамзита, а также имеются трудности транспортного характера [10].

В зарубежной практике нашел применение метод разбрызгивания ОБР на пахотные земли после его предварительной нейтрализации. Однако данный метод неприемлем для растворов с высоким содержанием токсичных солевых компонентов и хлоридов [4].

Компоненты отходов бурения обладают способностью повышать почвенное плодородие и улучшать состояние нарушенных земель. Однако практическое применение отработанных буровых растворов и шламов для повышения плодородия почвы затрудняется в результате содержащихся в них сильных токсикантов — легкорастворимых солей и ионов тяжелых. В работе [9] описан процесс поверх-

ностной утилизации БШ. В его основе лежит использование природной способности почв к разложению углеводородов и усилению этой способности путем применения удобрений и рыхления почвы. При испытаниях использовался буровой раствор на основе дизельного топлива. Смесь содержала известь, рассол CaCl_2 и другие добавки. После обезвреживания шлам перемешивается со снятой ранее плодородной почвой, добавляется азотное удобрение и навоз. Операция внесения удобрения с культивацией повторяется 2 раза в год. Было выявлено, что при содержании углеводородов до 1 % процесс может завершиться за 2 сезона. Однако есть ограничения по составу шлама: углеводороды до 7 %, хлориды не более 1000 мг/л [11].

В компании «Новая экология» для детоксикации отходов используют гумино-минеральные концентраты (ГМК), получаемые из природного сырья. ГМК позволяют перевести в труднорастворимые подвижные формы тяжелых металлов, снизить токсичность легкорастворимых солей, уменьшить щелочность отходов. ГМК в результате высокой сорбционной способности связывают сложные органические соединения. Отходы преобразуются в гумино-минеральный мелиорант (ГММ), способствующий улучшению водно-воздушного режима почвы. Проведенные лабораторные и полевые исследования показывают значительные положительные изменения физических свойств почв, что приводит к возрастанию продуктивности растений на 18-20 %, активности фермента каталазы на 20 % [12].

Представляет интерес технология обезвреживания нефтесодержащих отходов с применением препарата «Эконафт» (разработка ООО «ИНСТЭБ-Пермь»). Препарат «Эконафт» представляет собой смесь негашеной извести с модификаторами. При смешении препарата со шламом оксиды щелочно-земельных металлов образуют с водной фазой гидроксиды, которые адсорбируют органику и другие вредные вещества, образуя стойкую при хранении порошкообразную массу. Частицы извести с модификаторами образуют гранулы, «капсулируя» органику и тяжелые металлы. Исследования показали, что обработанный препаратом «Эконафт» шлам достаточно устойчив: при хранении в течение 3 лет промывная вода содержит вредные вещества в пределах ПДК. Обработанный пре-

паратом шлам может быть захоронен на месте его образования путем послойного размещения в амбаре. После нанесения на поверхность шлама слоя плодородной почвы происходит посев фитомелиорантов. Имеется положительный опыт применения обработанного шлама в дорожном строительстве [13].

Одним из наиболее простых методов утилизации бурового шлама может быть его использование на полигонах токсичных или твердых бытовых отходов в качестве инертного материала при послойном размещении отходов. Для снижения токсичности бурового шлама возможно его смешение с грунтом или торфом.

Авторы исследовали возможность применения буровых отходов в качестве биостимулятора роста растений. Для эксперимента были приготовлены модельные растворы промывочной жидкости скважины следующего состава, представленного в таблице 1.

Таблица 1. Состав модельного раствора

№ п/п	Компонент	Содержание, % масс.
1	Бентонитовый глинопорошок	2
2	Карбонат натрия	0,5
3	KCl	0,5
4	Na_2SO_4	0,5
5	КМЦ*	0,3
6	ФХЛС**	0,5
7	Вода	Остальное

КМЦ* — карбоксиметилцеллюлоза;
ФХЛС** — феррохром-лигносульфонат.

В почву вносили модельные растворы из расчета 0,5 % масс., 1,0 % масс., 3,5 % масс. Эксперименты проводили на черноземе, песчаной и суглинистой почвах.

В качестве тест-объекта использовали *Lepidium sativum* (кресс-салат). Оценку эффективности проводили по всхожести семян, длине проростков согласно известной методике. В результате исследований всхожести и длины проростков установлено, что наиболее оптимальной для стимуляции роста растений является концентрация модельного раствора 0,5 % масс. для всех типов исследуемых почв.

Полученные результаты позволили продолжить исследования с реальными глинистыми буровыми отходами, общая минерализация которых составляет от 5 до 6 г/л.

В исследуемые типы почв: чернозем, песчаную и суглинистую — вносили буровой отход из расчета 0,1 % масс., 0,3 % масс.,

0,5 % масс. Результаты эксперимента подтвердили эффект биостимуляции роста кресс-салата при концентрациях отхода 0,3–0,5 % масс.

Таким образом, буровые отходы могут применяться в качестве минерального удобрения для стимуляции роста растений, в частности при облагораживании территорий промышленных предприятий в пределах границ санитарно-защитной зоны, а также при обустройстве придорожной зоны за чертой населенных пунктов.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мазлова Е.А., Ефимова Н.В. Ликвидация последствий загрязнения окружающей среды шламовыми отходами // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. 1996. № 7. С. 12–16.
2. Ягафарова. Г.Г., Акчурин Х.И., Рахматуллин В.Р., Сафаров А.Х., Рахматуллин Д.В., Акчурина Д.Х., Ягафаров И.Р. Экологические аспекты при строительстве скважин на суше и море. Уфа: Нефтегазовое дело, 2014. 111 с.
3. Фагиева Р.Ш., Мамедов И.А. Исследование возможности утилизации отходов бурения // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 1982. № 11. С. 31–33.
4. Минимизация отходов при бурении нефтяных и газовых скважин // Защита от коррозии и охрана окружающей среды: Зарубежный опыт. 1997. № 8. С. 28–36.
5. Maloney K.O., Yoxtheimer D.A. Production and Disposal of Waste Materials from Gas and Oil Extraction from the Marcellus Shale Play in Pennsylvania // Cambridge University Press. 2012. No. 14 (4). Pp. 278–287.
6. Geehan T., Gilmour A., Guo Q. The Cutting Edge in Drilling-Waste Management // Oilfield Review. 2006. No. 4. P. 54–67.
7. Успешный опыт закачки отработанного бурового раствора и бурового шлама в скважину // Защита от коррозии и охрана окружающей среды: Зарубежный опыт. 1997. № 3. С. 29–30.
8. Минигазимов Н.С., Мухаметзянов А.Ю. Методы утилизации отходов, образующихся при строительстве подводных переходов нефтегазопроводов через водные объекты способом горизонтального бурения // Проблемы нефтегазового комплекса Западной Сибири и пути повышения ее эффективности: сб. докл. II науч.-практ. конф. Когалым, 2006. С. 429–433.
9. Пат. 2413835 РФ, E21B21/06. Способ утилизации отходов бурения / Г.Г. Ягафарова, Д.В. Рахматуллин, И.Р. Ягафаров, А.В. Московец, А.В. Сафаров. 2008109637/03; заявл. 13.10.2009; опубл. 10.03.2011. Бюл. № 7. 7 с.
10. Рахматуллин Д.В. Разработка комплексного метода утилизации буровых шламов: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2011. 146 с.
11. Использование отработанных буровых растворов в Техасе // ЭИ «Бурение: Зарубежный опыт». 1993. № 4. С. 14–15.

Вывод

Существуют различные способы утилизации, переработки и обезвреживания буровых отходов с применением механических, физических, химических, физико-химических и биологических методов. Наиболее перспективными методами утилизации отходов бурения на сегодняшний день являются комплексные методы, сочетающие различные способы очистки и обезвреживания.

12. Мурзаков Г.Б., Битеева Г.Н., Моршакова М.Б. Биотехнология очистки нефтезагрязненных территорий. М.: НИИСЭНТИ, 1992. 36 с.

13. Инструкция по технологии обезвреживания нефтемаслоотходов и санации нефтезагрязненных почв с применением препарата «Эконафт». Пермь, 2001. 6 с.

REFERENCES

1. Mazlova E.A., Efimova N.V. Likvidatsiya posledstviy zagryazneniya okruzhayushchei sredy shlamovymi otkhodami [Elimination of the consequences of environmental pollution with sludge waste]. *Zashchita ot korrozii i okhrana okruzhayushchei sredy — Corrosion Protection and Environmental Protection*, 1996, No. 7, pp. 12–16. [in Russian].
2. Yagafarova G.G., Akchurin Kh.I., Rakhmatullin V.R., Safarov A.Kh., Rakhmatullin D.V., Akchurina D.Kh., Yagafarov I.R. *Ekologicheskie aspekty pri stroitel'stve skvazhin na sushe i more* [Environmental Aspects During the Construction of Wells on Land and Sea]. Ufa, Neftgazovoe delo Publ., 2014. 111 p. [in Russian].
3. Fagieva R.Sh., Mamedov I.A. Issledovanie vozmozhnosti utilizatsii otkhodov bureniya [Study the Possibilities of Drilling Waste Disposal]. *Azerbaidzhanskoe neftyanoe khozyaistvo — Azerbaijan Oil Industry*, 1982, No.11, pp. 31–33. [in Russian].
4. Minimizatsiya otkhodov pri burenii neftnyankh i gazovykh skvazhin [Minimization of Waste during Drilling of Oil and Gas wells]. *Zashchita ot korrozii i okhrana okruzhayushchei sredy: Zarubezhnyi opyt — Corrosion Protection and Environmental Protection: Foreign Experience*, 1997, No. 8, pp. 28–36. [in Russian].
5. Maloney K.O., Yoxtheimer D.A. Production and Disposal of Waste Materials from Gas and Oil Extraction from the Marcellus Shale Play in Pennsylvania. *Cambridge University Press*, 2012, No. 14 (4), pp. 278–287.
6. Geehan T., Gilmour A., Guo Q. The Cutting Edge in Drilling-Waste Management. *Oilfield Review*, 2006, No. 4, pp. 54–67.
7. Uspeshnyi opyt zakachki otrabotannogo burovogo rastvora i burovogo shlama v skvazhinu [Successful Experience of Waste Drilling Mud and Pumping Drilling Mud into the Well]. *Zashchita ot korrozii i okhrana okruzhayushchei sredy: Zarubezhnyi opyt — Corrosion Protection and Environmental Protection: Foreign Experience*, 1997, No. 3, pp. 29–30. [in Russian].

8. Minigazimov N.S., Mukhametzyanov A.Yu. Metody utilizatsii otkhodov, obrazuyushchikhsya pri stroitel'stve podvodnykh perekhodov neftegazoprovodov cherez vodnye ob"ekty sposobom gorizontalnogo bureniya [Methods of Disposal of Waste Generated During the Construction of Underwater Transitions of Oil and Gas Pipelines Through Water Bodies by Way of Horizontal Drilling]. Sb. dokl. II nauch.-prakt. konf. «Problemy neftegazovogo kompleksa Zapadnoi Sibiri i puti povysheniya ee effektivnosti» [Collection of Reports II Scientific-Practical Conference «Problems of the Oil and Gas Complex of Western Siberia and Ways to Improve its Efficiency»]. Kogalym, 2006. pp. 429–433. [in Russian].

9. Yagafarova G.G., Rakhmatullin D.V., Yagafarov I.R., Moskovets A.V., Safarov A.V. *Sposob utilizatsii otkhodov bureniya* [Method of Drilling Waste Disposal]. Patent RF, No. 2413835, 2011. [in Russian].

10. Rakhmatullin D.V. *Razrabotka kompleksnogo metoda utilizatsii burovnykh shlamov: dis. kand. tekhn. nauk*

[Development of a Comprehensive Method for Utilization of Drilling Slurries: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Tyumen', 2011. 146 p. [in Russian].

11. Ispol'zovanie otrabotannykh burovnykh rastvorov v Tekhase [Use of Waste Drilling Fluids in Texas]. *EI «Burenie: Zarubezhnyi opyt»*. — *EI «Drilling: Foreign Experience»*, 1993, No. 4, pp. 14–15. [in Russian].

12. Murzakov G.B., Biteeva G.N., Morshakova M.B. *Biotekhnologiya ochistki neftezagryaznennykh territorii* [The Use of Waste Drilling Fluids in Texas]. Moscow, NIISNTI Publ., 1992. 36 p. [in Russian].

13. *Instruktsiya po tekhnologii obezvrezhivaniya neftemaslootkhodov i sanatsii neftezagryaznennykh pochv s primeneniem preparata «Ekonaft»* [Instruction on the Technology of Neutralizing Oil and Oil Wastes and Sanitation of Oil Contaminated Soils with the Use of the Preparation «Ekonaft»]. Perm, 2001. 6 p. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Ягафарова Гузель Габдулловна, д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой «Прикладная экология», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Guzel G. Yagafarova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Applied Ecology Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

Рахматуллин Дамир Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Damir V. Rakhmatullin, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Drilling of Oil and Gas Wells Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

Инсапов Айдар Нафкатович, студент кафедры «Прикладная экология», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Aidar N. Insapov, Student of Applied Ecology Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: ainsapov94@gmail.com

Кузнецова Гульнара Мажитовна, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Прикладная экология», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Gulnara M. Kuznetsova, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer of Applied Ecology Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: kuznecova_gulnar@mail.ru

Мирсаитов Нур Равилевич, студент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Nur R. Mirsaitov, Student of Drilling of Oil and Gas Wells Department, USPTU, Ufa, Russian Federation