

Т.Н. Жуков, И.С. Глушанкова, Е.С. Белик

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ, БУРОВЫХ ШЛАМОВ И НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ

Освещены вопросы образования, утилизации и обезвреживания буровых отходов. Установлены объемы образования отходов на территории Пермского края. Проанализирован процесс бурения. Описаны буровые растворы (промывочные жидкости) как агрегативно-устойчивые коллоидные системы, с разнообразным составом и свойствами. Установлено, что необходимые свойства буровых промывочных жидкостей обеспечиваются добавлением в них различных химических реагентов, в том числе опасных для окружающей среды. Исследованы пути образования отходов, их особенности, типичный морфологический и химический состав. По литературным данным установлена возможность высокого содержания в буровых отходах таких опасных загрязняющих веществ, как нефтепродукты, тяжелые металлы в связанной и подвижной форме, хлориды. Установлено, что буровые отходы являются токсичными и потенциально опасными для окружающей природной среды и человека и относятся к 3-му и/или 4-му классу опасности. Проанализированы возможные пути утилизации отходов бурения. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению физико-химических характеристик (содержание нефтепродуктов, сухой остаток, pH, хлорид-ионы, ионы кальция и магния) отработанных буровых растворов, буровых шламов и нефтезагрязненных грунтов, образованных на территории Пермского края. Описаны эксперименты по коагуляции отработанных буровых растворов (с использованием различных доз коагулянта – сульфата алюминия). В лабораторных условиях проводятся экспериментальные исследования по биоремедиации буровых шламов и нефтезагрязненных грунтов с использованием бактериального препарата «БИОР-АВ» и гипса. По результатам экспериментов будут сделаны выводы об эффективности переработки отходов комбинированными методами. На основании анализа данных по образованию, содержанию загрязняющих веществ, методам переработки разработана общая технологическая схема переработки буровых отходов.

Ключевые слова: отработанный буровой раствор, коагуляция, буровой шлам, нефтезагрязненный грунт, утилизация, обезвреживание, биоремедиация, гипсование, детоксикация.

T.N. Zhukov, I.S. Glushankova, E.S. Belik

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR DISPOSAL WASTE DRILLING FLUIDS, DRILLING SLUDGES AND OIL-CONTAMINATED SOILS USING BIOLOGICAL PRODUCTS

In the article highlighted the issues of generation, utilization and disposal of drilling waste. Established values of drilling waste generation in Perm region. Analyzed process of drilling. Described drilling fluids as aggregation-stable colloidal systems, with a diverse composition and properties. Found

that the desired properties of drilling fluids provided by adding in them various chemical reagents, including hazardous for environment. Studied the ways of waste generation, its properties, typical morphological and chemical composition. According to the literature, has been found possibility of high content in drilling wastes such dangerous contaminants like oil products, heavy metals in fixed and mobile forms, chlorides. Established that drilling wastes are toxic and potentially harmful to humans and environment, and they are 3 or/and 4 hazard class. Analyzed possible ways of utilization of drilling waste. Presented the results of experimental researches for determination physico-chemical characteristics (oil content, dry residue, pH, chloride ions, calcium and magnesium ions) of waste drilling fluids, drilling sludges and oil-contaminated soils formed in the Perm region. Described experiments for coagulation of waste drilling fluids, detoxication of drilling sludges and oil-contaminated soils. By results of experiments, will be drawn conclusions about the effectiveness of the combined methods of recycling. Based on the analysis of generation data, the content of pollutants, processing methods, shown the general flow chart of the processing of drilling waste.

Keywords: waste drilling fluid, coagulation, drilling sludge, oil-contaminated soil, utilization, disposal, bioremediation, calcification, detoxication.

На современном этапе развития обществу требуются огромные объемы полезных ископаемых. Нефть и природный газ составляют значительную долю в их перечне. Устойчивый спрос на углеводороды и выработка существующих месторождений ведут к необходимости освоения новых ресурсных районов.

Предприятия нефтегазодобывающего комплекса на всех этапах своей деятельности оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Одна из проблем – образование многотоннажных буровых отходов, таких как буровые шламы (БШ), отработанные буровые растворы (ОБР), нефтезагрязненные грунты (НЗГ).

ОБР и БШ образуются в результате подготовки, бурения и ремонта нефтяных и газовых скважин. Нештатные аварийные ситуации, связанные с разливами нефтепродуктов при их перекачке и транспортировке, нарушения герметичности оборудования, нарушения в технологическом процессе и другие приводят к образованию НЗГ.

Пермский край является одним из крупнейших нефтедобывающих регионов и по объемам добычи углеводородного сырья входит в первую десятку в Российской Федерации, а среди регионов Приволжского федерального округа занимает пятое место при ежегодном объеме добычи на уровне 14 млн т и при росте добычи 5 % в год.

Ежегодно на территории Пермского края образуется порядка 140 тыс. т отходов, которые передаются в организации, осуществляющие их обезвреживание на основании действующих лицензий. Основную долю (до 75 % ~ 100 тыс. т) от общего образования нефтесодержащих отходов по Пермскому краю составляют отходы бурения (БШ, ОБР, НЗГ). При этом с 2005 г. бурение осуществляется безамбарным способом, при котором образующиеся отходы сразу передаются на обезвреживание, а объекты размещения не создаются [1].

Бурение – процесс сооружения скважины путем разрушения горных пород на забое с удалением продуктов разрушения [2]. Для оптимизации процесса бурения, обеспечения удаления выбуренной породы используют буровые промывочные жидкости (буровые растворы) разных типов, с различными свойствами. Рецептура и свойства буровых растворов в значительной мере зависят от минерального состава разбуриваемых пород [2–6].

Буровые растворы являются полидисперсными гетерогенными системами, содержат как грубодисперсные, так и коллоидные частицы. По составу дисперсионной среды и дисперсной фазы они разделяются: на растворы на водной основе (глинистые, карбонатные, сульфатные); растворы на не водной (углеводородной) основе. Для достижения необходимых свойств буровых растворов используются разнообразные химреагенты.

В состав буровых растворов могут входить: частицы глины; утяжелители – карбонатные (известняк, доломит, сидерит), баритовые, железистые (гематит, магнетит, ильменит), свинцовые (галенит) и др.; наиболее широко применяемые неорганические реагенты – каустическая сода NaOH , кальцинированная сода Na_2CO_3 , известь Ca(OH)_2 , хлористый кальций CaCl_2 , гипс CaSO_4 , соль NaCl , хлористый кальций KCl и др.; органические реагенты – нитролигнин, окзил, сульфитспиртовая барда (ССБ), конденсированная сульфитспиртовая барда (КССБ), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), углещелочной реагент (УЩР), крахмал, гипан, полиакриламид (ПАА) и др.; ПАВ (УФ38, ОП-10, сульфанола, НП-1, дисолван); смазочные материалы (СМАД-1, нефть, графит); модифицированные лигно-сульфатно-акриловые реагенты.

Традиционно используемые в бурении реагенты окзил, КССБ-4 потенциально опасны для биосферы из-за присутствия солей хрома. Нетоксичны следующие реагенты: КМЦ, модифицированная метилцеллюлоза ММЦ, УЩР и др. [3–5]

Основное предназначение буровых растворов – вынос выбуренной породы из зоны забоя. Поднимающаяся на поверхность смесь промывочной жидкости и породы подвергается разделению на твердую и жидкую фазы – БШ и ОБР. ОБР регенерируют для повторного использования, но количество циклов регенерации ограничено.

Бурение все больше становится физико-химическим процессом, и химический состав ОБР и БШ может варьироваться. Изменения состава обусловлены технологией бурения и технологическими параметрами

(температура, давление) процесса, вскрытием горизонтов с различными по химической природе флюидами (газ, нефть, пластовая вода), разнообразным минералогическим составом разбуриваемых пород [4, 7].

В процессе нефтедобычи также может происходить загрязнение рельефа сырой нефтью, выбуренной породой, буровыми и пластовыми водами. Углеводородные и прочие загрязнения приводят к деградации почв, нарушению их дыхания, микробиологического баланса, плодородия. При высоких концентрациях загрязняющих веществ (ЗВ) почвы теряют способность к самовосстановлению [8]. В результате появляются такие отходы, как нефтезагрязненные почвы и грунты.

По агрегатному состоянию (содержанию твердой и жидкой фазы) отходы могут быть систематизированы следующим образом: жидкие (при содержании твердой фазы до 35 % отходы сохраняют свою подвижность и текучесть (ОБР)); полужидкие (пастообразные, при содержании твердой фазы от 35 до 85 % (ОБР, БШ)); твердые (при содержании жидкости в составе отходов меньше 15 % (БШ, НЗГ)) [3].

Основными компонентами буровых отходов, способными оказывать негативное воздействие на окружающую среду, являются нефтепродукты, минеральные соли (особенно хлориды), ПАВ, разнообразные химические реагенты буровых растворов, тяжелые металлы и др. Тяжелые металлы содержатся в отходах бурения как в связанной, так и в подвижной форме.

Согласно исследованиям в области токсикологических оценок отходов бурения установлено наличие в образцах ОБР и БШ высоких содержаний таких элементов I и II классов опасности, как Pb, Hg, P, As, Cd, Zn, Al, а также Fe и Na, которые во много раз превышают ПДК в воде (табл. 1). Их присутствие в ОБР обусловлено поступлением из выбуренной породы, что подтверждается химическими анализами водной вытяжки, ацетатаммонийным буферным (ААБ) и кислотным (рН = 2) экстрактами, полученными из БШ в соотношении 1:10.

Водные и ААБ-экстракты характеризуют подвижные формы химических веществ, которые определяют степень токсичности и опасности для окружающей природной среды и человека. Кислотные экстракты химических веществ дают представление о валовом содержании металлов и используются при оценках их опасности и санитарно-гигиенического состояния почв.

Буровые отходы являются токсичными и потенциально опасными для окружающей природной среды и человека, поскольку содержат тяжелые металлы в подвижной форме. При контактах БШ с атмосфер-

ными осадками происходит их переход в водные растворы с миграцией токсикантов в поверхностные и грунтовые воды. Таким образом, установлено, что ОБР, БШ и НЗГ являются поликомпонентными отходами, относятся к 3-му и/или 4-му классу опасности, что обусловлено высоким содержанием в них нефтепродуктов и тяжелых металлов [6, 9]

Таблица 1

Содержание химических веществ в ОБР и БШ [11]

Элемент	Концентрация в ОБР, мг/дм ³	Норматив, мг/дм ³	Содержание химических элементов в БШ		
			Водный экстракт, мкг/мл	ААБ-экстракт, мкг/л	Кислотный экстракт, мкг/л
Бериллий	0,017	0,0002	10,1	0,45	25,6
Алюминий	63,33	0,5		1397	206 400
Фосфор	21,27	0,0001	0,8	430	41 250
Хром	15,44	0,05		2005	14 871
Марганец	5,82	0,1	0,3	8387	8528
Железо	160,65	0,3	15,0	46,1	481 200
Никель	0,474	0,1	<0,05	41,5	1810
Медь	2,01	1,0	0,3	1925	2385
Цинк	7,62	1,0	0,4	6,3	7334
Мышьяк	1,3	0,05	2,1	30,9	1146
Молибден	1,55	0,25	<0,001	2473	117
Барий	45,76	0,1	5,1	1,3	5318
Ртуть	0,014	0,0005	<0,002	0,65	1,0
Таллий	0,0021	0,0001	<0,05	3904	4,8
Свинец	149,48	0,03	10,1	1,8	26,7
Кадмий	0,019	0,001		7,2	13,0
Сурьма	0,037	0,05	0,8	258	27,2
Натрий	1366,82	200,0		267	361 000

Основные характеристики БШ:

- растворенная и эмульгированная нефть (5–20 мг/дм³);
- ХПК водной вытяжки (11 000–65 000 мг/дм³);
- солесодержание, определяемое по показателям *сухой остаток* (1700–12000 мг/дм³) и *прокаленный остаток* (1200–10 000 мг/дм³) в водной вытяжке;
- pH (7,2–12,5) [10].

В табл. 2 представлен химический состав буровых шламов, формирующийся на месторождениях Пермского края [11].

Таблица 2

Содержание загрязняющих веществ в БШ [11]

Показатель	Диапазон значений показателя	Наиболее характерные значения
pH	6,5–12,8	7,9–8,8
XПК, мг O ₂ /л	10 500–74 000	26 500–48 200
Нефть и нефтепродукты, мг/л	0,8–23,5	2,3–8,2
Сухой остаток, мг/л	1700–44 500	2900–12 400
Прокаленный остаток, мг/л	1300–38 000	1750–8400
Хлориды, мг/кг	270,5–13907,5	12 000–20 000
Сульфаты, мг/кг	672,9–8322,5	150–3500
Ca ²⁺ , мг/кг	257,5–2204,6	1200–1600
Mg ²⁺ , мг/кг	6,5–188,4	130–200
K ⁺ , мг/кг	62,6–5092,2	100–700
Na ⁺ , мг/кг	1350,0–5895,2	1700–2500
Общая минерализация, мг/кг	6488,04–29 514,20	13 000–24 000
Содержание тяжелых металлов в валовой форме, мг/кг		
Барий	49,20–237,24	60–120
Ванадий	2,90–240,47	10–50
Висмут	0–85,73	5–30
Железо	106,32–39 146,74	400–2000
Кобальт	1,06–30,25	1–6
Марганец	14,96–950,02	15–60
Медь	4,82–515,86	20–200
Никель	26,94–47,55	20–40
Олово	83,62–129,61	80–110
Свинец	0–11,40	0–7
Стронций	26,93–360,32	20–120
Хром	0–90,59	0–40
Цинк	0–55,28	5–20

В последние годы нефтегазодобывающими предприятиями внедряются различные технологические решения, направленные на утилизацию отходов бурения. Однако в настоящее время универсального способа обезвреживания и утилизации буровых отходов, отвечающего всем требованиям, не существует [7].

Практикуемыми в прошлом и наименее затратными способами утилизации отходов бурения являлись сброс сточных вод на рельеф, закачка сточных вод, измельченной пульпы ОБР и БШ в пласт, захоронение БШ в амбарах без какой-либо обработки. Такие методы не допустимы к применению и не отвечают современным требованиям в области охраны ОС.

ОБР представляют агрегативно-устойчивую коллоидную систему, стабилизированную реагентами, что значительно осложняет их осветление и очистку.

Существуют физико-химические методы обезвреживания буровых отходов. К ним относятся отстаивание ОБР, реагентная обработка ОБР коагулянтами и флокулянтами, центрифугирование ОБР.

БШ также подвергают реагентной обработке связующими веществами для стабилизации содержащихся в нем загрязнителей или промывке водой для экстракции загрязнителей в водный раствор. Распространены термические методы утилизации буровых отходов (сжигание, пиролиз и др.). Такие методы сопряжены с высокими эксплуатационными затратами, наличием эмиссионного потенциала, но они позволяют наиболее эффективно решать проблему деградации высокоподвижных ЗВ, наряду с возможностью выделения ценных углеводородных фракций из отходов и использования отходов в качестве вторичных продуктов или строительных материалов.

Широкое распространение получил микробиологический метод переработки БШ и НЗГ. Он основан на возможности углеводородокисляющих микроорганизмов (УВОМ) использовать компоненты нефти в качестве единственного источника углерода и энергии [12–15].

Эффективность и распространенность метода обусловлена способностью микроорганизмов к стабилизации и деградации нефтепродуктов, тяжелых металлов и других загрязнителей [13–15].

Биоремедиация является экологически чистым, малозатратным и эффективным процессом. С целью создания благоприятных условий для жизнедеятельности микрофлоры корректируют реакцию среды, вносят структураторы почвы. В качестве структураторов обычно используются торф, опилки, стружка. Структураторы не только снижают плотность отходов, увеличивая их аэрацию, но и являются носителями, накопителями макро- и микроэлементов, питательных веществ, поэтому должны обладать развитой поверхностью и сорбционными свойствами [13].

Биоремедиация – это аэробный процесс. Кроме кислорода для окисления веществ, микроорганизмам необходима и вода для растворения и транспорта веществ в клетку. Поэтому в промышленных условиях в процессе биоремедиации необходимо поддерживать доступ кислорода и воды путем агротехнических мероприятий [12, 15].

Для проведения экспериментов был выбран метод биоаугментации (биодополнения) БШ и НЗГ заранее культивированными микроорганизмами. В качестве биопрепарата было решено использовать препарат «БИОР-АВ». Препарат защищен патентом РФ № 2290270, на препарат разработаны технические условия № ТУ-9292-007-00174220–2011.

Для установления возможности дополнительной стабилизации и обезвреживания БШ от солей хлороводородной кислоты было решено использовать гипсование совместно с биоремедиацией. В результате гипсования ионы хлора, растворенные в БШ, замещаются ионами кальция. В итоге улучшаются физические, физико-химические и биологические свойства полученного техногенного грунта.

Цель исследования

Целью работы является исследование возможности обезвреживания буровых отходов Пермского края реагентными и микробиологическими методами.

Задачи исследования:

- установить физико-химические свойства буровых отходов;
- провести эксперименты по коагуляции ОБР для определения эффективности процесса коагуляции и оптимальной дозы реагента;
- провести эксперименты по микробиологическому обезвреживанию БШ и НЗГ с применением бактериального препарата для определения эффективности и целесообразности применения данного препарата;
- провести эксперименты по микробиологическому обезвреживанию БШ с применением бактериального препарата и добавлением сульфата кальция для определения возможности использования сульфата кальция в качестве реагента для нейтрализации хлоридов;
- разработать принципиальную технологическую схему утилизации буровых отходов.

Результаты исследования

Были установлены физико-химические свойства двух партий буровых отходов (ОБР, БШ, НЗГ), образованных на объектах нефтедобычи Пермского края (табл. 3).

ОБР подвергали коагуляции рабочим раствором сульфата алюминия ($Al_2(SO_4)_3$) концентрацией 10 г/л. Из обеих партий было отобрано по пять образцов ОБР объемом 200 мл. Образцы были помещены

в вертикальные цилиндры для визуального определения интенсивности процесса коагуляции и величины слоя образующегося осадка.

В образцы I партии было добавлено 3, 8, 11, 14, 20 мл раствора коагулянта. Установлена оптимальная доза – 14 мл рабочего раствора, что соответствует концентрации 4,43 г/л.

Таблица 3

Характеристика исходных отходов

Показатели исследования/ партия, вид отхода	I партия			II партия			Применяемые методики
	ОБР	БШ	НЗГ	ОБР	БШ	НЗГ	
Нефтепродукты, г/кг	–	0,3	39	–	0,4	34,7	РД 52.18.647–2003
Влажность, %	–	53	27	–	47	21	ГОСТ 5180–84
Сухой остаток, г/кг	–	63,8	12,8	33,6	56,6	4	ГОСТ 26423–85
рН	11–12	7,2–7,6	6,8–7,2	5,8–6,0	10,8–11,0	6,8–7,2	ГОСТ 26423–85
СГ, г/кг	8,15 г/л	18,1	1,81	15,9 г/л	7,7	1,81	ОСТ 46-52-76
Ca ⁺ , Mg ⁺ , г-экв/л	0,6	0,025	0,011	0,075	0,07	0,022	ГОСТ 26428–85

В образцы II партии было добавлено 0,85, 1,17, 1,5, 2,25, 3,75 мл раствора коагулянта. Установлена оптимальная доза – 1,17 мл рабочего раствора, что соответствует концентрации 0,75 г/л.

Экспериментальные исследования по биоремедиации БШ и НЗГ проводятся в лабораторных условиях в контейнерах емкостью 1,5 л, высота слоя – 20 см. В ходе экспериментальных исследований на протяжении 90 сут поддерживаются постоянные условия: температура воздуха (20±2) °С; рН среды 6,0–7,0; освещение естественное; влажность субстрата 65–70 %.

В табл. 4 представлены варианты способов очистки БШ и НЗГ.

Эксперименты по очистке БШ и НЗГ находятся на стадии реализации и сбора данных. Разработана программа исследования характеристик отходов, представленная в табл. 5.

В результате анализа данных по образованию буровых отходов, их составу и методам переработки предложена следующая принципиальная технологическая схема утилизации отходов бурения (рисунок).

Варианты способа очистки БШ и НЗГ

		Варианты способа очистки НЗГ					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Рецептура	Исходный НЗГ		НЗГ: Опил	НЗГ: Опил: Бак-препарат	НЗГ: Опил: Бак-препарат	НЗГ: Опил: Бак-препарат	НЗГ: Опил: Бак-препарат
Массовые соотношения НЗГ/структуратор	–		2,5:1	2,5:1	2,5:1	2,5:1	2,5:1
Масса вносимого биопрепарата, г/кг			0,1		5	5	10
Примечание					Поливать буровым раствором		
		Варианты способа очистки БШ с НЗГ					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Рецептура	Исходный БШ		НЗГ: Опил: БШ	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат
Массовые соотношения НЗГ/БШ/структуратор	–		2,5:1,5:1	2,5:1,5:1	2,5:1,5:1	2,5:1,5:1	2,5:1,5:1
Масса вносимого биопрепарата, г/кг			0,1		1	5	10
		Варианты способа очистки БШ с НЗГ + гипс					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Рецептура	Исходный БШ		НЗГ: Опил: БШ	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат	НЗГ: Опил: БШ: Бак-препарат
Массовые соотношения НЗГ/БШ/структуратор	–		2,5:1,5:1	2,5:1,5:1	2,5:1,5:1	2,5:1,5:1	2,5:1,5:1
Масса вносимого биопрепарата, г/кг			0,1		1	5	10
Масса вносимого гипса, г/кг			5		5	5	5

Программа исследования (полная)

Объект исследования	Показатели исследований	Периодичность контроля	Применяемые методики
Исходная НЗП Буровой шлам Буровой раствор Субстрат, очищаемый биопрепаратом	1. Физико-химические: – влажность, – рН, – общее содержание нефтепродуктов; – сухой остаток; – СГ; – Ca^+ , Mg^+ ; – содержание металлов. 2. Микробиологические: – общее количество микроорганизмов, – сапрофитные бактерии, – УВОМ, – бактерии рода <i>Azotobacter</i> , – олигонитрофилы, – актиномицеты, – микроскопические грибы	2 раза в нед. 1 раз в нед. 1 раз в нед. 1 раз в мес. 1 раз в мес. 1 раз в мес. 1 раз в мес. 1 раз в нед. 1 раз в нед. 1 раз в нед. 1 раз в мес. 1 раз в нед. 1 раз в мес. 1 раз в мес.	ГОСТ 5180–84 ГОСТ 26423–85 РД 52.18.647–2003 Метод Виноградского – Брида Посев на МПА Посев на ср. Таусона, ср. К Метод почвенных комочков Посев на Эшби Посев на КАА Посев на Чапека

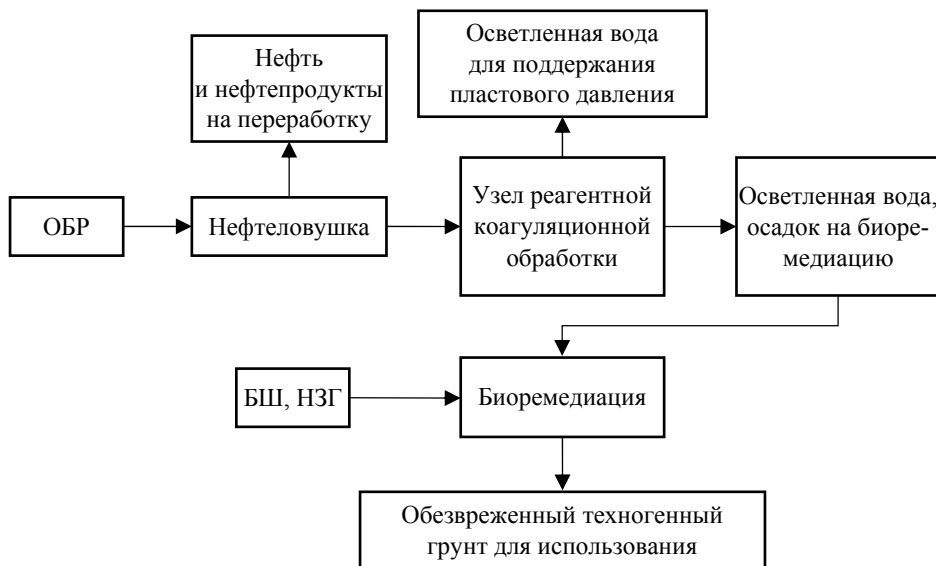


Рис. Принципиальная технологическая схема утилизации буровых отходов

В результате исследований определены физико-химические характеристики ОБР, БШ и НЗГ. Выполняются экспериментальные исследования по коагуляции ОБР, биоремедиации БШ и НЗГ. Также производятся исследования образцов отходов на наличие тяжелых металлов в аккредитованной лаборатории.

Список литературы

1. Тагилова О.А., Тропман Я.Л. Повышение эффективности управления нефтесодержащими отходами // Экология производства. – 2013. – № 9. – С. 60–65.
2. Тетельмин В.В., Язев В.А. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 352 с.
3. Подавалов Ю.А. Экология нефтегазового производства. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 416 с.
4. Ермолаева Л.В. Буровые растворы. – Самара: Изд-во Самар. Гос. Техн. ун-та, 2010. – 60 с.
5. Ермолаева Л.В. Механика буровых растворов. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2012. – 47 с.
6. Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. – М.: Дело, 2006. – 551 с.
7. Цхадая Н.Д., Голубев Ю.Д., Бердник А.Г. Инженерная экология нефтегазового комплекса. – Ухта: УГТУ, 2013. – 100 с.
8. Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / А. Лодоло, Н.Ю. Гречищева, С.В. Мещеряков, Н.Г. Рыбальский, В.В. Снакин, А.Р. Барсов, В.А. Кулындышев. – М.: РЭФИА: НИА-Природа, 2003. – 258 с.
9. Беляков А.Ю. Оценка токсичности буровых шламов и эколого-функциональные особенности выделенных из них микроорганизмов: дис. ... канд. биол. Наук. – Саратов, 2014. – 173 с.
10. Некрасова И.Л. Эколого-геохимическая характеристика отходов строительства нефтяных скважин (на примере Пермского Прикамья): дис. ... канд. техн. наук. – Пермь, 2003. – 186 с.
11. Балаба В.И., Колесов А.И., Коновалов Е.А. Проблемы экологической безопасности использования веществ и материалов в бурении. – М.: ИРЦ Газпром, 2001. – 76 с.
12. Тимергазина И.Ф., Переходова Л.С. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология.

Теория и практика. – 2012. – Т. 7, № 1. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/7/16_2012.pdf (дата обращения: 01.06.2015).

13. Биорекультивация: микробиологические технологии очистки нефтезагрязненных почв и техногенных отходов / О.Н. Логинов, Н.Н. Силищев, Т.Ф. Бойко, Н.Ф. Галимзянова; Ин-т биологии УНЦ РАН. – М.: Наука, 2009. – 112 с.

14. Применение органоминеральной композиции в качестве сорбента-структуратора при биоремедиации нефтезагрязненных грунтов / Э.Х. Бикмансурова [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 12. – С. 27–29.

15. Бикмансурова Э.Х., Рудакова Л.В., Ахмадиев М.В. Исследование процессов биоремедиации нефтезагрязненных почв в лабораторных биореакторах различного типа // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 12. – С. 21–26.

References

1. Tagilova O.A., Tropman Ia.L. Povyshenie effektivnosti upravleniia neftesoderzhashchimi otkhodami [Increasing efficiency in management of oil-containing waste]. *Ekologiya proizvodstva*, 2013, no. 9, pp. 60-65.

2. Tetel'min V.V., Iazev V.A. Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse [Environmental protection if oil and gas sector]. Dolgoprudnyi: Intellekt, 2009. 352 p.

3. Podavalov Iu.A. Ekologiya neftegazovogo proizvodstva [Ecology of oil and gas production]. Moscow: Infra-Inzheneriia, 2010. 416 p.

4. Ermolaeva L.V. Burovye rastvory [Drilling fluids]. Samara: Samarskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2010. 60 p.

5. Ermolaeva L.V. Mekhanika burovyykh rastvorov [Mechanics of drilling fluids]. Samara: Samarskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2012. 47 p.

6. Khaustov A.P., Redina M.M. Okhrana okruzhaiushchei sredy pri dobyche nefti [Environmental protection of oil extraction]. Moscow: Delo, 2006. 551 p.

7. Tskhadaia N.D., Golubev Iu.D., Berdnik A.G. Inzhenernaia ekologiya neftegazovogo kompleksa [Engineering ecology of oil and gas sector]. Ukhta: Ukhtinskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2013. 100 p.

8. Lodolo A., Grechishcheva N.Iu., Meshcheriakov S.V., Rybal'skii N.G., Snakin V.V., Barsov A.R., Kulyndyshev V.A. Tekhnologii vosstanovleniia pochv, zagriaznennykh nef'tiu i nefteproduktami [Technologies of oil-contaminated soils remediation]. Moscow: REFIA: NIA-Priroda, 2003. 258 p.

9. Beliakov A.Iu. Otsenka toksichnosti burovykh shlamov i ekologo-funktsional'nye osobennosti vydelennykh iz nikh mikroorganizmov [Toxicity evaluation of drilling sludges, and ecology-functional features of extracted from them microorganism]. Thesis of the Ph.D's degree dissertation, Saratov, 2014. 173 p.

10. Nekrasova I.L. Ekologo-geokhimicheskaia kharakteristika otkhodov stroitel'stva neftiannykh skvazhin (na primere Permskogo Prikam'ia) [Ecological-geo-chemical characterization of waste from oil wells building (on Perm region example)]. Thesis of the Ph.D's degree dissertation, Perm, 2003. 186 p.

11. Balaba V.I., Kolesov A.I., Konovalov E.A. Problemy ekologicheskoi bezopasnosti ispol'zovaniia veshchestv i materialov v burenii [Issues of ecological safety using substances and materials in drilling]. Moscow: IRTs Gazprom, 2001. 76 p.

12. Timergazina I.F., Perekhodova L.S. K probleme biologicheskogo okisleniia nefii i nefteproduktov uglevodorodokisliaiushchimi mikroorganizmami [To the issue of biological oxidation of oil and oil products by hydrocarbon oxidizing microorganisms]. *Neftegazovaia geologiya. Teoriia i praktika*, 2012, vol. 7, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/7/16_2012.pdf. (accessed 01 June 2015).

13. Loginov O.N., Silishchev N.N., Boiko T.F., Galimzianova N.F. Biorekul'tivatsiia: mikrobiologicheskie tekhnologii ochistki neftezagriaznennykh pochv i tekhnogennykh otkhodov [Bioremediation: microbiological technologies for oil-contaminated soil and technogenic soils disposal]. Moscow: Nauka, 2009. 112 p.

14. Bikmansurova E.Kh. [et al.] Primenenie organomineral'noi kompozitsii v kachestve sorbenta-strukturatora pri bioremediatsii neftezagriaznennykh gruntov [Using organic-mineral composition as a sorbent-structuration in bioremediation of oil-contaminated soils]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2008, no. 12, pp. 27-29.

15. Bikmansurova E.Kh., Rudakova L.V., Akhmadiev M.V. Issledovanie protsessov bioremediatsii neftezagriaznennykh pochv v laboratornykh bioreaktorakh razlichnogo tipa [Investigation of the processes of bioremediation of oil-contaminated soil in the laboratory bioreactors of various types]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2008, no. 12, pp. 21-26.

Получено 20.05.2015

Об авторах

Жуков Тимур Николаевич (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: z.timur.89@gmail.com).

Глушанкова Ирина Самуиловна (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: irina_chem@mail.ru).

Белик Екатерина Сергеевна (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: zhdanova-08@mail.ru).

About the authors

Timur N. Zhukov (Perm, Russian Federation) – Master student, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: z.timur.89@gmail.com).

Irina S. Glushankova (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: irina_chem@mail.ru).

Ekaterina S. Belik (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: zhdanova-08@mail.ru).