УДК 632.15

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ БУРОВЫХ ОТХОДОВ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS DRILLING WASTE DISPOSAL TECHNOLOGIES

Поварова Лариса Валерьевна
кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Аннотация. Нефтесодержащие отходы являются одним из неизбежных побочных продуктов нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностей, с которым приходится сталкиваться на нефтеперегонных заводах, в промышленных отстойниках и в непосредственной близости от трубопроводов. Помимо нефти такие отходы могут содержать большое количество различных токсичных химических веществ, воду и твёрдые частицы различного диаметра. Во избежание загрязнения окружающей среды все производства, вовлечённые в нефтедобычу и нефтепереработку, обязаны перерабатывать или утилизировать опасные отходы своей деятельности.

Ключевые слова: основные объекты загрязнения при бурении скважин; источники загрязнения при бурении скважин; систематизация источников загрязнения при бурении скважин; углеводородное загрязнение почвы; схема переработки буровых отходов; утилизация бурового шлама; способ ликвидации буровых отходов.

Povarova Larisa Valeryevna
Candidate of chemical sciences,
Associate Professor,
Associate Professor
of chemistry department,
Kuban state technological university
larispv08@gmail.com

Annotation. Oil-containing wastes are one of the inevitable by-products of the oil and refining industries encountered in refineries, industrial sumps and in the immediate vicinity of pipelines. In addition to oil, such waste can contain a large number of various toxic chemicals, water and solid particles of various diameters. In order to avoid environmental pollution, all industries involved in oil production and oil refining are obliged to process or dispose of hazardous waste from their activities.

Keywords: main pollution targets when drilling wells; pollution sources during well drilling; systematization of pollution sources when drilling wells; hydrocarbon pollution of the soil; drilling waste recycling scheme; disposal of drill cuttings; method of eliminating drilling waste.

Процесс сооружения скважин сопровождается применением материалов и химических реагентов различной степени экологической опасности. Основными объектами загрязнения при бурении скважин являются геологическая среда (подземные воды), гидро- и литосфера (открытые водоёмы, дно акваторий, почвенно-растительный покров).

Источники загрязнения при бурении скважин условно можно разделить на *постоянные* и *временные*. К первым относятся фильтрация и утечки жидких отходов бурения из шламовых амбаров. Ко второй группе принадлежат источники временного действия – поглощение бурового раствора при бурении; выбросы пластового флюида на дневную поверхность; нарушение герметичности зацементированного заколонного пространства, приводящее к межпластовым перетокам и заколонным проявлениям; затопление территории буровой вследствие паводка в период весеннего половодья или интенсивного таяния снегов и разлив при этом содержимого шламовых амбаров (рис. 1).

Наибольшую опасность для объектов природной среды представляют производственно-технологические отходы бурения, которые накапливаются и хранятся непосредственно на территории буровой. В своём составе они содержат широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы, представленных материалами и химреагентами, используемыми для приготовления и обработки буровых растворов (например, полиакриламидом (ПАА), конденсированной сульфит-спиртовой бардой (КССБ), карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ), СЖК, ВЖС, dkdrill, DKS-extender, sypan, Т-80). На 1 м³ отходов приходится до 68 кг загрязняющей органики, не считая нефти и нефтепродуктов и загрязнителей минеральной природы.

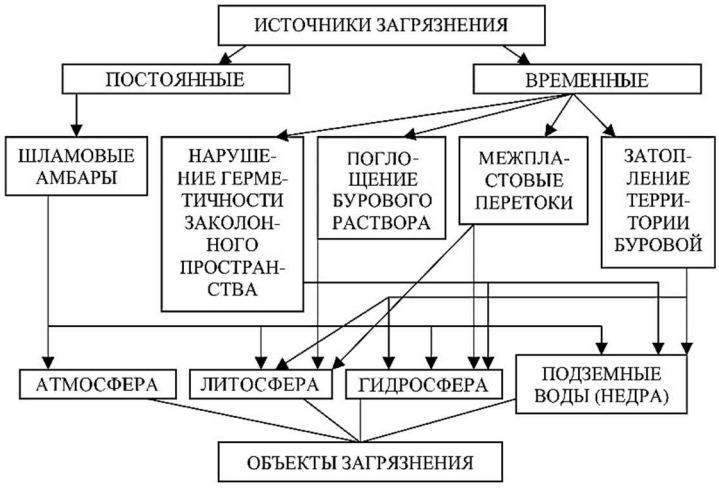

Рисунок 1 – Систематизация источников загрязнения при бурении скважин

Известно, что при бурении на шельфе Сахалина компанией «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» предполагается сброс 60000 м³ бурового раствора и 15000 м³ шлама с одной платформы в год и приблизительно 640 м³ пластовой воды в сутки (с учётом полного срока освоения каждого месторождения). На отдельных платформах объём сбрасываемой пластовой воды может достигать 20000 м³ в сутки. На Пильтун-Астохском месторождении за двухлетний период первого этапа эксплуатационного бурения в море уже сброшено 70000 м³ буровых отходов. Такие объёмы отходов обуславливают мощное техногенное воздействие на природную среду.

При бурении скважины в Западной Сибири глубиной 2600 м в амбаре содержится около 65 % воды, 30 % шлама (выбуренной породы), 5,5 % нефти, 0,5 % бентонита и 0,5 % различных присадок, обеспечивающих оптимальную работу буровой установки. По данным химического анализа амбарных шламов содержание нефтепродуктов в шламе колеблется в пределах от 2000 до 13870 мг/кг. Нефтяная часть шлама представлена в основном парафино-нафтеновыми углеводородами – 41,8 %, из них 20 % – твёрдые парафины. Асфальтены составляют 5,6 %, смолы – 19,2 %, полициклические ароматические углеводороды – 20,1 %. В образцах асфальто-смолистых парафиновых отложений, отобранных из амбаров нефтепромыслов Западной Сибири, содержание парафино-церезиновых компонентов с температурами плавления 66–84 °С достигает 40–70 %, содержание органической части – 72–90 %. Нефтяная часть отходов распределяется в шламовом амбаре следующим образом: 7–10 % нефтеуглеводородов сорбируется на шламе, 5–10 % находится в эмульгированном и растворённом состоянии, остальные углеводороды находятся на поверхности амбара в виде плёнки. Неорганическую часть составляют в основном окислы кремния и железа (песок, продукты коррозии), небольшие количества (менее 1 %) соединений алюминия, натрия, цинка и других металлов.

Общеизвестен процесс самоочищения природных экосистем, однако их способность перерабатывать такие объёмы загрязнения не безгранична. Вода рек и озёр Крайнего Севера, по сравнению с водой умеренных и южных широт, слабо насыщена кислородом, органическая жизнь не столь многообразна и обильна. Поэтому если в районах средней полосы вода рек может самоочищаться на участках в 200–300 км, то для самоочищения воды в северных условиях часто оказывается недостаточной протяжённость реки в 1500–2000 км. Такая низкая эффективность процесса самоочищения рек и озёр в условиях Крайнего Севера ограничивает сброс в водоёмы буровых отходов. Особенно велико вредное влияние на почву нефтепродуктов. В почве, загрязнённой ими, резко меняется соотношение между углеродом и азотом, что ухудшает азотный режим почв и нарушает корневое питание растений.

При углеводородных загрязнениях почв из них вытесняется кислород, почва теряет продуктивность, и плодородный слой долго не восстанавливается. Самоочищение почв происходит очень медленно. Строительство на буровой амбаров-накопителей практически заключается в выемке определённого объёма грунта и обваловании полученного котлована. Гидроизоляция дна и стенок амбара не производится. При такой конструкции избежать фильтрации жидкой фазы и попадания её на окружающий ландшафт

практически невозможно. Свойства образующегося бурового шлама обусловлены минералогическим составом выбуренной породы, пластовых флюидов и остатками бурового раствора. За счёт адсорбции на поверхности частиц шлама химических реагентов, используемых для обработки буровых растворов, он проявляет ярко выраженные загрязняющие свойства. Воздействие отходов бурения на природные объекты не обязательно может проявляться в токсическом эффекте на биосферу, а способно выражаться в нарушении экологического равновесия биотопов различных трофических уровней при их взаимодействии с абиотической средой, носящей механизм функциональных повреждений экосистемы. При бурении скважин задача очистки шламов от экологически опасных буровых отходов является наиболее актуальной.

Принципиальная схема переработки буровых отходов представлена на рисунке 2.

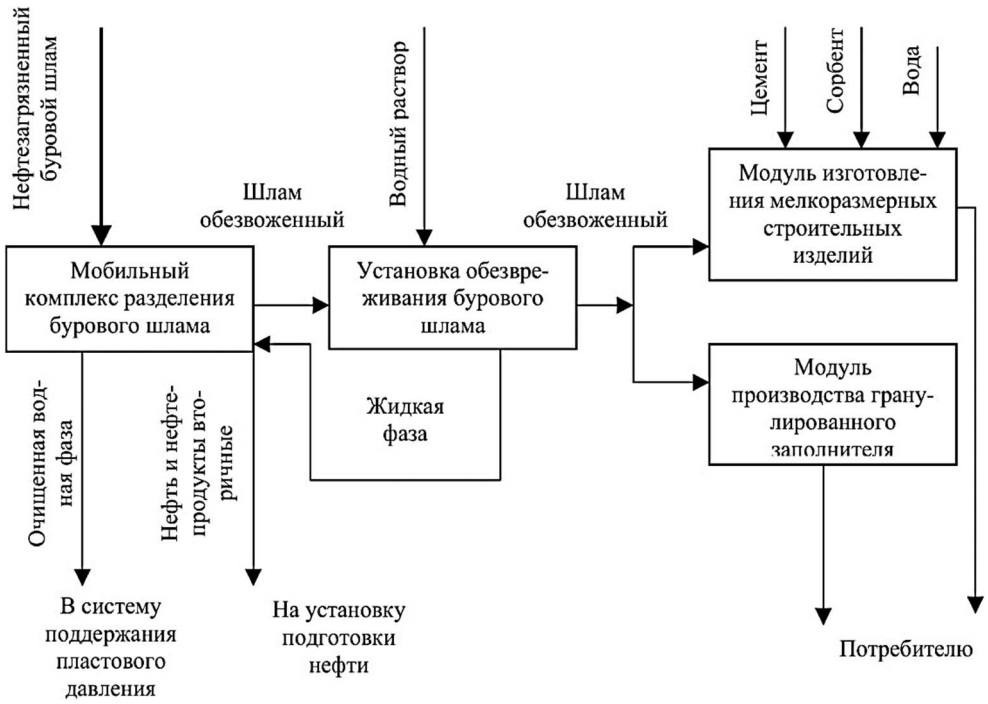

Рисунок 2 – Принципиальная схема переработки отходов бурения

Процесс ликвидации амбара с последующей утилизацией бурового шлама можно условно разделить на следующие технологические стадии:

- сбор нефтяной плёнки с поверхности амбара;
- очистка жидкой фазы от эмульгированной нефти;
- доочистка жидкой фазы (степень очистки зависит от дальнейшего использования очищенной воды);
- обезвоживание и обезвреживание бурового шлама;
- утилизация бурового шлама;
- очистка нефтезагрязнённого грунта.

Таким образом, весь технологический процесс ликвидации шламового амбара проводится в два этапа:

1) очистка и обезвреживание содержимого амбара;
2) собственно утилизация бурового шлама.

Первый этап должен проводиться с учётом особенностей состава отходов, находящихся в шламовом амбаре.

Один из способов утилизации буровых отходов включает рытьё котлована в минеральном грунте. Извлечённый грунт используется для обвалования котлована и гидроизоляции полости котлована слоем глины. Затем котлован заполняется отходами бурения, проходит процесс расслоения отходов бурения на загущенную и жидкую фазы. Амбары освобождают от жидкой фазы, которую направляют в систему сбора и подготовки нефти с последующим использованием её в системе поддержания пластового давления. Вода из жидкой фазы может удаляться путём испарения. Затем загущенные отходы бурения засыпают минеральным грунтом.

Другой способ ликвидации буровых отходов предусматривает сооружение котлованов в минеральном грунте с гидроизоляцией металлическими листами, или синтетической плёнкой, или железобетонными плитами, или деревянными щитами с битумным покрытием, или композициями на основе глины, извести, цемента. После отвода осветлённой воды и заполнения котлована-отстойника загущенным отстоявшимся осадком его периодически чистят или навсегда выключают из работы. Такая система широко используется в бурении, однако удовлетворительной её назвать нельзя, во-первых, потому, что она не решает проблемы обезвоживания осадка в целом и, во-вторых, потому, что методически непрерывно загрязняет прилегающие к котлованам окрестности и гидросети.

На рисунке 3 показано устройство для регенерации бурового раствора, которое работает следующим образом. Выходящая из скважин промывочная жидкость попадает на сито 1, очищается от частиц размером более 0,1–1,5 мм и попадает в гидроциклонный пескоотделитель 2, где из него удаляются частицы размером более 0,04 мм. Очищенная жидкость дозировочным насосом 3 через трубопровод высокого давления 4 подаётся на форсунку 5 и распыляется внутри сушилки 6 в направлении от конусного днища вверх. При этом твёрдые частицы совершают путь вверх, не долетая до крышки, падают вниз и выгружаются через отверстие 8 в накопительную ёмкость 16. Газовые горелки 9 или подвод теплоносителя через приспособление 10 обеспечивают процесс сушки, в результате которой происходит парообразование и доведение температуры влажных отходящих газов и твёрдых остатков до 120 °С. Испарению жидкости способствует также разряжение, создаваемое в трубопроводе 11 вентилятором 12. Вентилятор нагнетает влажные отходящие газы в ороситель 13, где при взаимодействии с водой и буровым шламом из них конденсируется влага, участвующая в растворении адсорбированных химических реагентов. Избыток конденсата с растворёнными компонентами по трубопроводу 14 самотёком поступает в дозировочный насос. Процесс отмыва продолжается в винтовом транспортёре 15 до выгрузки шлама из оросителя в накопительную ёмкость 16.

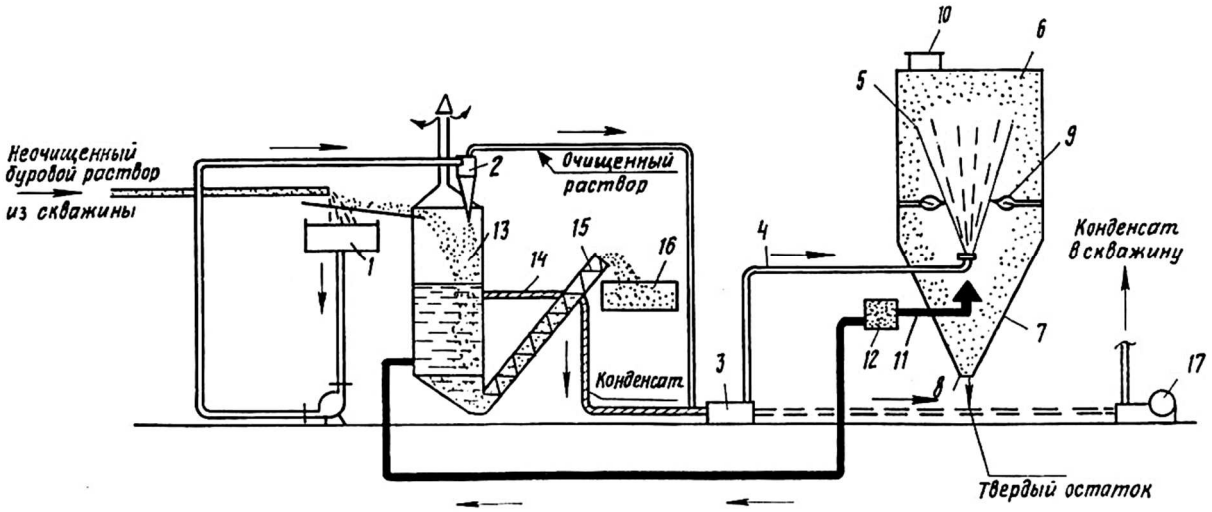

Рисунок 3 – Устройство для регенерации бурового раствора:
1 – сито с ёмкостью; 2 – гидроциклонный пескоотделитель; 3 – дозировочный насос;
4 – трубопровод высокого давления; 5 – распылительная форсунка; 6 – распылительная сушилка;
7 – коническое днище; 8 – отверстия для выгрузки твёрдых остатков; 9 – встроенные газовые горелки;
10 – приспособление для подвода теплоносителя; 11, 14 – трубопровод; 12 – вентилятор; 13 – ороситель;
15 – винтовой транспортёр; 16 – накопительная ёмкость; 17 – буровой насос

В Великобритании предложен метод термического обезвоживания буровых растворов и сточных вод, предусматривающий создание высокопроизводительных бездымных горелок. Фирма «British Petroleum» разработала горелки, производительность которых изменяется в широком диапазоне – от 142 до 8500 м³/сут. газа.

Аналогичные разработки были предприняты ещё в СССР. В Северном филиале ВНИИСТа создана передвижная установка для переработки буровых растворов с использованием метода распылительной сушки. Для получения теплоносителя предполагалось использовать природный или сжиженный газ, мазут, дизельное топливо, нефть. Схема состояла из передвижной сушильной камеры распылительного типа, смонтированной на

санях, и оборудования для очистки раствора, которым комплектуется буровая установка. Установка предназначалась для обезвреживания шлама, регенерации избыточных объёмов бурового раствора, добавочных жидкостей. Буровой раствор, поступающий из скважины, последовательно очищался на выбросите и батарее гидроциклонных песко- и илоотделителей.

Шлам поступает в ороситель, где отмывается от глины и химреагентов в горячей воде и осаждается под действием гравитационных сил на конусообразное дно, откуда шнеком подаётся в бункер для сбора и хранения. Нагрев и поступление воды в ороситель осуществлялись за счёт нагнетания вентилятором отработанного теплоносителя и пара, постоянно удаляемых из распылительной сушильной камеры. В процессе горения топлива образовывались сернистые соединения, загрязняющие атмосферу. Поступая с отработанным теплоносителем в ороситель, они взаимодействовали с подогретой жидкостью и образовывали водные сернистые соединения, что предотвращало загрязнение атмосферы.

Широкие температурные интервалы сушки позволяли получать гранулированные препараты с заданными свойствами. Многолетние исследования на экспериментальной установке показали, что распылительная сушка при температуре 270 °С в области газовых горелок (при этом температура среды в верхней части сушильной камеры составляет 250 °С, а в области конуса около 80 °С) практически не оказывает отрицательного влияния на бентонитовую глину и химреагенты, пригодные к повторному применению для приготовления буровых растворов.

Сушка модельных растворов с добавлением нефти и дизельного топлива в количестве до 15 % показала их полную пожаро- и взрывобезопасность. В результате распылительной сушки получали гранулы размером не более 0,5 мм.

В качестве распылительной сушки предлагали использовать при незначительной реконструкции башню из комплекта БПР-1. Техническая характеристика установки приведена ниже:

Высота в рабочем состоянии, м	7,0
Длина, м	7,0
Ширина, м	3,2
Масса, тонн	8,5
Производительность (м³/ч) по промывочной жидкости при содержании твёрдой фазы:	
10 %	0,914
32 %	1,06

Следует подчеркнуть, что установка экономически выгодна лишь при утилизации отработанных буровых растворов, а не сточных вод.

Исследования химической коагуляции показали эффективность этого метода и позволили установить активность реагентов-коагулянтов в среде буровых сточных вод. Сходные и лучшие результаты показывают сернокислый алюминий и композиция сернокислого алюминия с хлорным железом. Другие реагенты оказались менее активными. Способ реагентной коагуляции нашёл большое распространение для очистки буровых сточных вод при морском бурении. Так, институт «Гипроморнефтегаз» разработал технологию коагуляции буровых сточных вод повышенной минерализации с помощью натриевых и литиевых солей сополимера малеинового ангидрида со стиролом. Аналогичные работы проводились Дальневосточной морской нефтегазоразведочной экспедицией глубокого бурения. Коагулянтом в данном случае служил широко распространённый сульфат алюминия 10 %-ной концентрации. Полученные результаты характеризуются как довольно эффективные.

В институте «ТатНИПИНефть» разработана система очистки, предусматривающая шламонакопитель, нефтеловушку и каскад котлованов-отстойников. Буровые сточные воды, освободившись от выбуренного шлама и по возможности от нефти, поступают в первый котлован, подвергаются обработке коагулянтами (соли алюминия или железа) в сочетании с флокулянтом (полиакриламид). Здесь происходит хлопьеобразование, и осветлённая вода перетекает в последующий котлован для отстоя и дальнейшего использования для технологических нужд: для обмыва площадок, оборудования,

охлаждения штоков, приготовления растворов и для борьбы с поглощениями бурового раствора в процессе бурения.

В США буровые сточные воды также нейтрализовали химическими реагентами. В состав очистных сооружений входили ёмкости объёмом 160–320 м³ для смешивания химических реагентов, отстойники и центрифуги. Параметры очищенной жидкости по взвешенным веществам не превышали 50 мг/л, по нефтепродуктам – 15 мг/л, по растворённым веществам – 3 г/л.

В объединении «Укрнефть» была разработана и прошла испытания на буровых Борисоглебского УБР в режиме очистки буровых сточных вод методом химической коагуляции и покаскадного отстаивания установка очистки воды типа УОВ. Установка УОВ имеет следующую техническую характеристику:

Производительность, м³/ч	3
Масса, тонн	8
Потребляемая мощность, кВт	8
Диапазон эксплуатационных температур, °С	0–40
Расход коагулянта в пересчёте на сухое вещество, кг/м³	1,0
Время непрерывной работы, ч	16

В процессе испытания установки выявлены отдельные конструктивные и технологические недоработки. В зимних условиях эксплуатации необходимы термоизоляция трубопроводов и обогрев помещения ангара. Установка недостаточно автономна, что вызывает неудобство при её монтаже в условиях буровых. Шлам, полученный при очистке буровых сточных вод, не утилизировался, а вывозился для захоронения. Благодаря отсутствию котлованов-отстойников, применение данной установки позволило значительно сократить площадь, занимаемую буровой, и снизить потребность последней в технической воде.

Институтом «Гипроморнефтегаз» проведены исследования по окислению и гидрофобизации шлама. Окислителем служила перекись водорода, оптимальная концентрация которой составила 15–20 %. Время реакции не превышало 2 часа, а окисляемость органики в шламе достигала 65 %. Добавка 0,05–0,2 % перманганата калия в качестве катализатора процесса повышала эффективность обезвреживания шлама до 95–98 %.

Гидрофобизация частиц бурового шлама направлена на уменьшение диффузии органических веществ с поверхности шлама. В качестве гидрофобизующего вещества была испытана натриевая соль сополимера малеинового ангидрида со стиролом в присутствии электролитов. После обработки шлама диффузия органики с его поверхности не превышает 2–3 мг на 1 л воды, что в 25 раз ниже установленных токсичных доз. Поэтому если для рыбохозяйственных водоёмов ПДК необезвреженного бурового шлама равна 0,4 г/л, то после гидрофобизации она достигает 35–40 г/л, т.е. токсичность бурового шлама уменьшается в 80–100 раз.

Коми филиалом ВНИИГаза разработана и испытана в промысловых условиях установка УОБС-1М, основанная на принципе электрокоагуляции с использованием эффекта тонкослойного отстаивания. Она предназначена для разделения буровых сточных вод на осветлённую воду и загущенный осадок. Система утилизации остатка не предусматривалась. Техническая характеристика установки представлена ниже:

Производительность, м³/сут.	48–60
Доза электролитического алюминия, мг/л	4550
Скорость потока, м/с:	
– на входе в электрокоагулятор	1,1
– на выходе из электрокоагулятора	0,07
Время пребывания воды в аппарате, мин.	20–30

Осветлённую воду можно использовать для водоснабжения буровой. Однако установка не лишена некоторых недостатков:

- вертикальный габарит не позволяет транспортировать её без демонтажа;
- замену отработанного электрода можно производить только при наличии грузоподъёмного устройства;
- не решена проблема пассивации электродов (не обеспечивается сохранение постоянного зазора между ними, что влечёт за собой по мере растворения анода перерасход электроэнергии).

Установка прошла промысловые испытания. Широкого использования в промышленности не нашла.

Из зарубежных известна технология США, которая предусматривает смешение твёрдых отходов бурения с нефтью и последующую термическую обработку в специальных испарителях дополнительного удаления влаги. При этом образуется смесь нефти с распределёнными в ней обезвоженными частицами твёрдой фазы. Затем твёрдую фазу отделяют от нефти путём сепарации. Полученный продукт благодаря термической обработке свободен от патогенных микробов, вирусов и спор. Его используют в качества топлива, удобрения, строительного грунта. Технология применяется на 70 предприятиях США и в других странах.

В США и Канаде получены обнадёживающие результаты по внесению отработанных буровых растворов в почвы. Способ заключается в равномерном распределении содержимого котлована-отстойника по поверхности земли и механическом перемешивании его с буровыми отходами. Технология обработки почв применяется недавно, и в США к ней пока относятся сдержанно. Но первоначальные результаты, полученные в Канаде, дают основание считать его перспективным с точки зрения повышения плодородности полей при условии, естественно, абсолютного отсутствия в составе буровых отходов вредных примесей, оказывающих отрицательное влияние на качественный состав земель. Предпочтительнее применять такой способ в равнинной местности, где уровень грунтовых вод находится достаточно низко от поверхности земли.

Аналогичные работы выполнены институтом «ВНИИКРнефть» совместно с Кубанским сельхозинститутом. Здесь исследовалась пригодность отработанных буровых растворов, содержащих гуматные реагенты, в качестве ингредиентов или основы химических мелиорантов для облагораживания солонцовых, песчаных и супесчаных почв. Добавка к таким растворам фосфогипса-дегидрата превращает их в эффективный мелиорант, содержащий структурообразующий коллоидный комплекс с рациональным количеством питательных для почв компонентов (гуматов, калия, кальция, разлагающейся органики, носителем которых служит отработанный буровой раствор, а также фосфора и некоторых микроэлементов, привносимых фосфогипсом-дегидратом). Предпосылкой тому служит механизм процесса мелиорации, заключающийся в связывании глинистым коллоидным комплексом разрозненных частиц указанных типов почв, обеднённых глинистым компонентом, в единую морфологически и агрономически ценную структуру.

Вегетативно-полевые испытания такого мелиоранта (8–12 тонн/га с последующим орошением при поливной норме 300–400 м/га) показали его высокую эффективность. Так, прибавка урожая ячменя на солонцовых почвах составила 75,1 %; супесчаных – 58,7; на песчаных – 47,7 %.

Другим направлением можно считать применение отработанных буровых растворов как основу для приготовления тампонажных составов, необходимых при креплении скважин и изоляции зон поглощений. В качестве вяжущего используют синтетические основы, цемент, гипс и другие материалы. В частности, тампонажный состав на основе глинистого раствора, разработанный институтом «ВНИИКРнефть», включает фенолформальдегидную сланцевую смолу ТС-10, формалин или уротропин. Начало и конец схватывания смеси при различных температурах регулируется оптимальным соотношением компонентов. В результате поликонденсации водорастворимых сланцевых фенолов, содержащихся в смоле ТС-10, с формалином или уротропином смесь превращается в фенолформальдегидно-глинистую пластмассу. Отвердевшая пластмасса практически нерастворима в пластовых флюидах, непроницаема и коррозионно-устойчива в водных растворах солей одновалентных металлов.

Другой широко распространённый метод обезвоживания – фильтрование стоков через слой проницаемых грунтов с последующим подсушиванием осадка до 80 %-ной влажности. Однако этот способ отделения твёрдой фазы буровых отходов также неприемлем.

Интересен опыт обезвоживания твёрдых отходов сточных вод методом замораживания-оттаивания. Совместно с методом вакуумирования влагосодержание твёрдого остатка удаётся снизить до 64 %. Однако из-за сложности технологии данный способ практического использования не нашёл. Применяются фильтровальные аппараты, действующие под избыточным давлением с предварительной обработкой сточных вод химреагентами (например, известью). При этом получают осадок с водосодержанием до 95 %. Однако в хозяйстве буровой использование такого способа нетехнологично.

Практическое применение получила в последнее время кислотная обработка загущенных влажных отходов. В результате добавления кислоты к влажному гидрокислому осадку образуется реакционная смесь, жидкая фаза которой представляет собой раствор регенерированного коагулянта, а твёрдая фаза – нерастворимые в кислоте органические и минеральные вещества, а также гипс, образующийся при взаимодействии солей кальция с серной кислотой. После разделения фаз раствор регенерированного коагулянта используется для очистки исходной воды, а вторичный кислый шлам подвергается нейтрализации и обезвоживанию. Объём вторичного шлама обычно составляет 8–20 % исходного осадка.

Термический метод нейтрализации бурового шлама считается наиболее эффективным и практически доступным. Исследования, выполненные в институте «Гипроморнефтегаз», показали, что при концентрации обычного необожжённого шлама в морской воде выше 0,5 г/л среда обитания для организмов моря становится опасной. При прокаливании же шлама при температуре 300 °С токсичность шлама снижается в 10 раз, а при 500 °С шлам обезвреживается полностью. Тестом, проведённым на молоди лосося, весьма чувствительной к токсичным воздействиям, установлена безвредность среды обитания при концентрации обожжённого шлама в морской воде до 1000 г/л. При этом выживаемость лосося, интенсивность питания, физиологические и биохимические показатели крови практически не отличались от контрольных. Анализы воды Каспийского моря также указывают на незначительные изменения её гидрохимического состава под влиянием прокалённого шлама. Термическая обработка шлама осуществлялась в электропечи барабанного типа СБОУ-6 с производительностью 140 кг/ч.

Американской фирмой «Hughes Drilling Fluids» разработана автономная установка для очистки и переработки шлама в случае применения буровых растворов на нефтяной основе. Установка состоит из вакуумно-дистилляционного блока, предназначенного для переработки шлама, и компьютерного блока управления. Шлам, поступающий в блок переработки, предварительно измельчается в специальной гидроприводной мельнице до получения частиц размером 100–200 мкм. Образующийся порошок затем подвергают прогреву в роторной печи до 350 °С. При этом происходит испарение воды, дизельного топлива и химреагентов. В перегонной секции создаётся вакуум. Пары конденсируются в теплообменнике, и образующаяся жидкая фаза в виде дизтоплива и химреагентов возвращается в циркуляционную систему. Порошкообразный шлам, содержащий 1 % загрязняющих компонентов, направляется в выкидную линию для сброса в отходы. Весь процесс переработки и очистки шлама автоматизирован. Рабочий цикл переработки и очистки 2 тонн шлама длится 30 мин. Общая масса регенерирующей установки составляет 29 тонн при габаритных размерах блока переработки 5×2,85×3,15 м и компьютерного блока управления 6,6×2,76×3,35 м.

В институте «БашНИПИНефть» сконструирована и испытана передвижная установка по термической обработке шлама. Она состоит из циклонной топки, мельницы для измельчения шлама, устройства его подачи в приёмную ёмкость, системы водяного охлаждения, насоса и вентилятора. Размельчённый шлам из приёмной ёмкости шестерёнчатым насосом подаётся в циклонную топку. Поддув топки осуществляется с помощью вентилятора. Насос необходим для привода в действие системы водяного охлаждения. Производительность установки 500 кг/ч, теплонапряжённость поверхности топки 17,5×10 Вт/м², диаметр топки 440 мм. Циклонная топка обеспечивает полное выжигание углеводородов, шлам не содержит органических соединений.

На предприятиях Главтюменнефтегаза по разработанной институтом «ВНИИКРнефть» технологии практиковалось подземное захоронение жидких отходов бурения. К последним относят отработанный буровой раствор и буровые сточные воды. Отходы собирают в амбары. Стоки попадают сначала в первую секцию – шламовый амбар, где оседает

значительная часть механических примесей, а затем жидкая часть отходов перетекает во вторую секцию – накопительный амбар. В поглощающие пласты закачиваются отходы из накопительного амбара. Оставшиеся в котловане твёрдые отходы (буровой шлам, выпавшие в осадок взвеси) засыпаются минеральным грунтом при рекультивации площади. Для нагнетания отходов используют поршневой насос с индивидуальным приводом. В поглощающие объекты отходы бурения поступают по насосно-компрессорным трубам. Объекты захоронения отходов бурения вскрывают кумулятивной перфорацией.

Технология реинджекшн – закачивание буровых отходов в затрубное пространство или в специально пробуренную скважину, закачивание в скважину после завершения буровых работ. Основные условия для применения реинджекшн – геологическая возможность для закачивания (наличие принимающего пласта, водоупорных пластов над и под принимающим пластом, чтобы предотвратить загрязнение грунтовых вод). Компания «Сахалин Энерджи» установила оборудование для обратной закачки бурового шлама и раствора в пласты. При бурении верхних интервалов скважин сбрасывался только буровой раствор на водной основе. Такой практике следуют нефтедобывающие компании на Аляске и в Норвегии. Все отходы бурения и нефтедобычи на Кенайском газовом месторождении (Аляска) компания «Marathon Oil Corporation» закачивает под землю. Станция была построена в 1995 году и кроме отходов, поступающих с работающих месторождений, на ней закачивались отходы со старых шламонакопителей. В день на станции можно закачать до 3000 м³ жидких отходов. Для пластовой воды бурится специальная скважина, в которую закачивается до 200 м³ в день. Кроме того, пластовая вода закачивается ещё и в эксплуатационные скважины для повышения интенсивности газодобычи. Следует отметить, что бурение поглощающих скважин запрещается в зонах санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Перспективным методом ликвидации буровых отходов можно считать их отверждение (солидификацию) с последующим захоронением под слой минерального грунта или использованием в хозяйственной деятельности. Глиноподобная отвердевшая масса служит как строительный материал или как удобрение после помола. Для отверждения отходов бурения их обрабатывают активирующими добавками. Цель считается достигнутой, если прочность отвердевшей смеси через 3 сут. составляет 0,1 МПа (грунт с такой прочностью выдерживает массу автомашины или трактора). В качестве отвердителей применяют любые крепители: полимеры, формальдегидные смолы, гипс, жидкое стекло и др. Наиболее доступен портландцемент, добавка которого должна составлять не менее 10 % по объёму от отверждаемой массы. Для ускорения сроков схватывания его содержание увеличивают или вводят полиэлектролиты (поваренная соль, хлористый кальций, кальцинированная сода).

Проведён значительный объём исследований по отверждению отходов бурения добавками тампонажного цемента, мочевино-формальдегидных смол и полимерного реагента, представляющего собой раствор полиуретановых предполимеров с концевыми изоциануратными группами. При этом добавки барита и минеральных солей ускоряют отверждение раствора и увеличивают прочность образцов, а полимерные и органические реагенты (КМЦ, УЩР, КССБ) замедляют отверждение и снижают прочность отверждённого материала. Недостаток применения цемента и мочевино-формальдегидных смол – значительный расход вяжущих и длительный срок отверждения. Более предпочтительным является реагент из класса полиуретановых смол. При его взаимодействии с водой образуется резиноподобная пластичная смесь, которая со временем приобретает прочность цементного камня. Скорость схватывания такой смеси зависит от концентрации реагента и температуры среды отверждения. В качестве вяжущего исследовали также карбамидную смолу марки КФЖ (ГОСТ 14231-78) с добавкой двойного суперфосфата (ГОСТ 16306-80) в качестве отвердителя. Наибольшая прочность отверждённого материала отмечена через 21 сут. при содержании карбамидной композиции (отношение смолы к отвердителю 1:1) в количестве 5–6 %. Отверждённая смесь устойчива по отношению к воде.

Отверждение отработанных буровых растворов с помощью портландцемента и форполимера (отхода цементной промышленности) проводили в институте «ВНИИКРнефть». Отличительной особенностью форполимера является его селективная способность к отверждению в водной среде. При взаимодействии с буровым раствором образуется резиноподобное пластичное тело. Образцы не обладают достаточной устойчивостью

по отношению к воздействию пластовых вод. Расход цемента составил не менее 4/5 от массы бурового раствора. Экстрагирование отверждённых образцов показало более чем 100-кратное снижение ХПК экстракционного остатка по сравнению с фильтратом исходного раствора, причём этот показатель снижался в соответствии с возрастом образцов и увеличением в их составе доли портландцемента. К недостаткам способа относят значительный расход минерального вяжущего.

В 70–80-х годах прошлого столетия, когда появились данные о токсичности буровых шламов и их основных компонентов, углубились знания об основных закономерностях миграции компонентов буровых шламов в окружающей среде, особенно в подземных (грунтовых) водах и почвогрунтах, произошла переоценка применяемых способов (технологий) утилизации. Появились более сложные и совершенные способы и их сочетания. Все известные технологии переработки буровых шламов по методам переработки можно разделить на следующие группы (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика основных методов утилизации отходов бурения

№№ n/n	Метод	Основной классификационный признак
1	Термический	сжигание в открытых амбарах, печах различных типов, получение битуминозных остатков
2	Физический	захоронение в специальных могильниках, разделение в центробежном поле, вакуумное фильтрование и фильтрование под давлением, замораживание
3	Химический	экстрагирование с помощью растворителей, отвердение с применением неорганических (цемент, жидкое стекло, глина) и органических (эпоксидные и полистирольные смолы, полиуретаны и др.) добавок, применение коагулянтов и флокулянтов
4	Физико-химический	применение специально подобранных реагентов, изменяющих физико-химические свойства, с последующей обработкой на специальном оборудовании
5	Биологический	микробиологическое разложение в почве непосредственно в местах хранения, биотермическое разложение

При очистке амбаров с нефтяной плёнкой на поверхности возникает необходимость предварительного сбора плёнки с поверхности амбарной жидкости установками типа УСН-2, УСН-300, СМ-5 (табл. 2) и добавления растворов органических флокулянтов ФТ-410, ПТ-506, неорганических флокулирующих сорбентов СФ-А1 с последующим перемешиванием и отстаиванием в течение 1–2 сут.

Таблица 2 – Технические характеристики установок для сбора нефтяной плёнки

Наименование показателя	УСН-2	УСН-300	СМ-5
Производительность по нефтепродуктам, м³/час	0,2	3,0	5,0
Минимальная допустимая толщина слоя нефтепродуктов, мм	0,01	0,1	1,0
Эффективность сбора нефтепродуктов, %	99,5	99,5	90,0
Содержание воды в собранных нефтепродуктах, %	2	5	2-10

В процессе отстаивания происходит разрушение эмульсии, затем производят повторный сбор нефтепродуктов с поверхности амбара. Оставшаяся вода с небольшим содержанием нефтепродуктов прокачивается через установку НЗУ-100 – горизонтальный отстойник для задерживания основной массы нефтепродуктов и взвешенных веществ и камеру из двухступенчатых безнапорных фильтров с загрузкой сорбентом (ГС имеет ёмкость поглощения 6–8 г нефтепродуктов на 1 г сорбента, степень очистки воды – 95–99 %). Перспективно применение ультрадисперсных порошкообразных сорбентов на основе оксидно-гидроксидных фаз алюминия. Адсорбент обеспечивает быструю коагуляцию нефтяной микроэмульсии в достаточно крупные фрагменты. Вода после очистки может быть использована в технических целях либо сбрасываться в водные объекты. После удаления сточных вод шлам готовят для очистки от нефтяных углеводородов.

Очистка амбаров с большим содержанием эмульгированных и отсутствием плёночных нефтеуглеводородов осуществляется следующим образом. Жидкая фаза амбарных

отходов с высоким содержанием эмульгированных нефтепродуктов (более 0,5 г/л) пропускается через установку типа УСФ-0,5. Технические характеристики установки:

Производительность, л/час	200–500
Количество нефтепродуктов в исходной эмульсии, г/л	1–20
Количество нефтепродуктов в жидкой фазе после очистки, г/л	0,002–0,1
Дозы реагентов, г/л	0,2–1
Степень очистки, %	98–99

Технология основана на использовании процессов седиментации и флотации из водных растворов органических реагентов. В качестве деэмульгатора и флокулянта используются реагенты ПТ-506 и ФСТ-407. При обработке эмульсии не требуется её подогрев или изменение pH раствора. Установка включает в себя насос, смеситель, бак-отстойник, флотатор, диспергирующее и дозирующее устройства, ёмкости для реагентов. Отделённые нефтеуглеводороды собираются в ёмкость и могут быть использованы в качестве топлива. Водная фаза доочищается в установке типа НЗУ-100 и может использоваться в технических целях, либо сбрасываться в водоём. Оставшийся шлам готовят для очистки от нефтеуглеводородов.

В качестве наиболее прогрессивных можно перечислить некоторые современные технологии ликвидации амбаров-накопителей и утилизации буровых шламов, применяемые в России и за рубежом.

Компанией «ACS 530» (США) разработана мобильная система «MTU 530» обработки и очистки гряземаслонефтяных отходов. Установка смонтирована на базе автомобильной платформы, способна разделять нефтешламы на различные фазы – нефть, вода, твёрдые вещества – за счёт центрифугирования нагретого бурового шлама. Вода пригодна для последующей биологической очистки; отделённая нефть может быть использована в технических целях; обезвоженный осадок – для производства строительных материалов. Установка применялась в России для устранения последствий аварии нефтепровода в Республике Коми. Производительность установки – 10 м³/ч по исходному нефтешламу (при концентрации нефти до 65 %). Центрифугированием можно достичь эффекта извлечения нефтепродуктов на 85 %, механических примесей – на 95 %.

Компанией «KHD Humboldt Wedag AG» (Германия) предложена технология разделения нефтешламов на фазы с последующим сжиганием шлама. Установка снабжена устройством для забора нефтешлама, виброситом для отделения основной массы твёрдых частиц, трёхфазной центрифугой, сепаратором для доочистки фугата с центрифуги, печью. Производительность установки – до 15 м³/ч по исходному нефтешламу.

Для очистки нефтешламов и буровых отходов, содержащих ПАА, КССБ, КМЦ, СЖК, ВЖС, dk-drill, sypan на нефтедобывающих предприятиях Башкортостана нашёл применение эффективный биопрепарат «Родотрин 2».

Предварительно обезвреженный буровой шлам может использоваться в производстве строительных материалов – кирпича, керамзита, мелкоразмерных строительных изделий и т.п. (табл. 3).

Таблица 3 – Возможная номенклатура продуктов утилизации бурового шлама

№№ п/п	Наименование	Использование
1	Шлакоблоки по ГОСТ 6133-84	в малоэтажном строительстве для ограждающих и несущих конструкций, подсобных зданий
2	Плитка тротуарная по ГОСТ 17608-91	для устройства сборных покрытий тротуаров
3	Бордюрный камень по ГОСТ 6665-91	для отделения проезжей части улиц от тротуаров, газонов, площадок и т.д.
4	Связующие смеси по ГОСТ 23558-94	для устройства оснований и дополнительных слоёв оснований автодорог с капитальным, облегчённым и переходными типами дорожного покрытия
5	Гранулированный заполнитель	в бетонах

В АНК «Башнефть» на нефтешламовых амбарах «Самсык» в НГДУ «Октябрьск-нефть» применялась технология, заключающаяся в растворении, нагреве с обработкой химическими реагентами для отделения отстоем воды и механических примесей. Полученная нефть направлялась на дальнейшую переработку.

В НГДУ «Туймазынефть» с 1995 года внедрена установка фирмы «Татойлгаз», основанная на технологии фирмы «Maiken» (Германия). Технология заключается в нагреве нефтешлама, обработке деэмульгаторами, разрушении эмульсии в декантаторе с предварительным отделением воды и механических примесей. Доведение до требуемого качества товарной нефти осуществляется на второй стадии – в испарителе и трёхфазном сепараторе.

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

Выводы

Проведённый анализ методов утилизации показывает, что предотвращение загрязнения среды и сокращение использования природной воды на бурение скважин достигается многократным использованием технической воды в технологическом обороте. Для этого необходима комплексная очистка буровых сточных вод с применением физических, химических и биологических методов. Переработка отходов нефтедобычи, несомненно, в первую очередь направлена на снижение негативного воздействия на окружающую среду. Однако немаловажен и социально-экономический эффект для предприятия: уменьшение платы за размещение отходов, получение прибыли от реализации продуктов утилизации, расширение инфраструктуры рабочих профессий предприятия, создание дополнительных рабочих мест.

Литература

1. Агзамов Ф.А., Измухамбетов Б.С. Долговечность тампонажного камня в коррозионных средах. – СПб. : Недра, 2005. – 318 с.
2. Алиев В.К., Савенок О.В., Сиротин Д.Г. Влияние надёжности нефтепромыслового оборудования на экологическую безопасность разработки северных нефтегазовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2016. – 135 с.
3. Булатов А.И., Левшин В.А., Шеметов В.Ю. Методы и техника очистки и утилизации отходов бурения / Обзорная информация. Серия «Борьба с коррозией и защита окружающей среды». – М. : ВНИИОЭНГ, 1989. – 56 с.
4. Булатов А.И. [и др.]. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
5. Быков И.Ю., Гуменюк А.С, Литвиенко В.И. Охрана окружающей среды при строительстве скважин / Обзорная информация. Серия «Коррозия и защита окружающей среды в нефтегазовой промышленности». – М. : ВНИИОЭНГ, 1985. – 37 с.
6. Быков И.Ю. Техника экологической защиты Крайнего Севера при строительстве скважин. – Л. : Издательство Ленинградского университета, 1991. – 240 с.
7. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Швец В.В. Охрана труда и техника безопасности при бурении и эксплуатации нефтегазовых скважин : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2016. – 290 с.
8. Тюхтенева З.И. [и др.]. Экология : учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений. – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2009. – 127 с.
9. Шеметов В.Ю Ликвидация шламовых амбаров при строительстве скважин / Обзорная информация. Серия «Борьба с коррозией и защита окружающей среды». – М. : ВНИИОЭНГ, 1989. – 33 с.
10. Утилизация экологически опасных буровых отходов. – URL : http://knowledge.allbest.ru/ecology/ 3c0b65635a3bc79b4d43a88421306c37_0.html
11. Абдукадирова Ф.Б., Турапова Н. Экологический мониторинг и его задачи // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 25–27.
12. Арифжанова М., Аюпова М., Усманова Г. Некоторые аспекты оценки состояния экологической безопасности нефтегазовых объектов // Булатовские чтения. 2017. – Т. 4. – С. 92–94.
13. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Экологические проблемы при разработке месторождений сланцевых углеводородов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 9. – С. 39–42.

14. Боровский Н.А. Изменение гидрохимических показателей воды при попадании буровых компонентов // Газовая промышленность. – 1990. – № 6. – С. 30–38.
15. Король В.В., Позднышев Г.Н., Манырин В.Н. Утилизация отходов бурения скважин // Экология и промышленность России. – 2005. – № 1. – С. 40–42.
16. Кочетова Ж.Ю., Кравченко А.А., Верхов С.В. Влияние нефтезагрязнения на почву и способы её рекультивации // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 4. – С. 67–70.
17. Липский В.К., Спиридёнок Л.М. Стационарные рубежи удержания разлившейся нефти на реках // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 178–182.
18. Озерова Е.В., Кучеренко С.В. Современное состояние нефтегазового комплекса мира и России // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 235–237.
19. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 1. – С. 189–205.
20. Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 112–122.
21. Поварова Л.В. Рациональное использование производственных сточных вод // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции (17–19 сентября 2018 года, Белгород). Секция 2: Очистка природных и сточных вод. – Белгород : Издательство Белгородского государственного технологического университета, 2018. – С. 160–167.
22. Поварова Л.В., Кусов Г.В. Нормативно-техническое регулирование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 4. – С. 195–216.
23. Поварова Л.В. Анализ применения биотехнологий для очистки различных загрязнений окружающей среды // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник), 2019. – № 1. – С. 190–206.
24. Поварова Л.В. Влияние нефтяных загрязнений на окружающую среду и определение методов борьбы с ними // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2019. – № 01. – URL : http://vsn.esrae.ru/pdf/2019/01/34.pdf
25. Сабуров Х.М., Мурадов Б.З., Мухамедгалиев Б.А. Загрязнение окружающей природной среды отходами производства // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 4. – С. 110–111.
26. Савенок О.В., Савенок Н.Б. Утилизация буровых сточных вод // Труды КубГТУ. Серия: Нефтегазопромысловое дело. – Краснодар : КубГТУ, 2003. – Т. XIX. – Вып. 3. – С. 253–257.
27. Савенок О.В., Поварова Л.В., Березовский Д.А. Перспективы использования физико-химического и математического моделирования для разработки высокоэффективной комплексной технологии очистки и подготовки пластовых вод // Экология и промышленность России, 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
28. Савенок О.В., Поварова Л.В., Приходько М.Г. Факторы, обуславливающие экологическую опасность нефтедобычи // Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодёжи «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014» (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа : изд-во «РИЦ УГНТУ», 2014. – С. 28–32.
29. Третьяк Л.П., Абдуллаев А.А. Оценка риска как перспективное направление для обеспечения безопасности в нефтегазовой промышленности // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 296–298.
30. Чернова К.В. К вопросу о ликвидации разливов нефти и нефтепродукта в процессе освоения арктического шельфа // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 347–348.
31. Ягафарова Г.Г., Мавлютов М.Р., Барахнина В.Б. Биотехнологический способ утилизации нефтешламов и буровых отходов // Горный вестник. – 1998. – № 4. – С. 43–46.
32. Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2006. – № 1. – URL : http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Yagafarova/Yagafarova_2.pdf
33. Ягафаров Р.Г., Абдуллин В.Р., Мавлютов М.Р. Устройство для регенерации компонентов бурового раствора. Патент РФ № 899840 от 23.01.1982. – Б.И. № 3. – 1982.
34. Ягафарова Г.Г., Мавлютов М.Р., Барахнина В.Б. Способ очистки почвы и воды от нефти, нефтепродуктов и полимерных добавок в буровой раствор. Патент РФ № 2093478 от 20.10.1997. – Б.И. № 29.
35. Яранцева С.М. Изучение технологий утилизации бурового шлама // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 120-летию со дня основания Томского политехнического университета (4–8 апреля 2016 года, г. Томск): в 2 томах. – Томск : Издательство ТПУ, 2016. – Т. 2. – С. 282–283.

References

1. Agzamov F.A., Izmukhambetov B.S. Durability of plugging stone in corrosive media. – St.-Petersburg : Nedra, 2005. – 318 p.
2. Aliev V.K., Savenok O.V., Sirotin D.G. Influence of reliability of oilfield equipment on ecological safety of development of northern oil and gas fields. – Krasnodar : FSBOU VPO «KubGTU» Publishing House, 2016. – 135 p.
3. Bulatov A.I., Levshin V.A., Shemetov V.Yu. Methods and techniques of the drilling waste treatment and utilization / Review information. Series: Corrosion control and environment protection. – M. : VNIOENG, 1989. – 56 p.
4. Bulatov A.I. [et al.]. Ecology at construction of oil and gas wells : a textbook for students of higher educational institutions. – Krasnodar : Enlightenment-South LLC, 2011. – 603 p.
5. Bykov I.Yu., Gumenyuk A.S., Litvienko V.I. Environmental protection in the construction of wells / overview information. Series: Corrosion and Environmental Protection in Oil and Gas Industry. – M. : VNIYO-ENG, 1985. – 37 p.
6. Bykov I.Y. Technique of ecological protection of the Far North at well construction. – L. : Publishing house of Leningrad University, 1991. – 240 p.
7. Tretyak A.Ya., Savenok O.V., Shvets V.V. Occupational Health and Safety at Drilling and Operation of Oil and Gas Wells : a Manual. – Novocherkassk : Lick, 2016. – 290 p.
8. Tyukhteneva Z.I. [et al.]. Ecology : teaching material for students of higher educational institutions. – Krasnodar : Kuban State Technical University Publishing House, 2009. – 127 p.
9. Shemetov V.Yu. Elimination of slurry pits at well construction / Review inormation. Series: Corrosion Fighting and Environmental Protection. – M. : VNIOENG, 1989. – 33 p.
10. Disposal of ecologically dangerous drilling waste. – URL : http://knowledge.allbest.ru/ecology/3c0b65635a3bc79b4d43a88421306c37_0.html.
11. Abdukadirova F.B., Turapova N. Ecological monitoring and its tasks // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 5. – P. 25–27.
12. Arifzhanova M., Ayupova M., Usmanova G. Some aspects of an ecological safety assessment of the oil and gas objects // Bulatovskie readings. 2017. – Vol. 4. – P. 92–94.
13. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Ecological problems at development of the oil shale hydrocarbon deposits // Environment protection in oil and gas complex. – 2015. – № 9. – P. 39–42.
14. Borovskiy N.A. Change of the hydrochemical water parameters at penetration of the drilling components // Gas industry. – 1990. – № 6. – P. 30–38.
15. Korol V.V., Pozdnyshev G.N., Manyrin V.N. Utilization of Waste Drilling // Ekologia i Promyshlennosti Rossii. – 2005. – № 1. – P. 40–42.
16. Kochetova Zh.Yu., Kravchenko A.A., Verkhov S.V. Influence of oil pollution on soil and its reclamation // Bulatovskie readings. – 2019. – T. 4. – P. 67–70.
17. Lipskiy V.K., Spiridyonok L.M. Stationary boundaries of the oil spill retention on the rivers // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 4. – P. 178–182.
18. Ozerova E.V., Kucherenko S.V. Modern state of the world and Russian oil and gas complex // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 5. – P. 235–237.
19. Povarova, L.V. Analysis of the oil-containing waste water treatment methods // Science. Technique. Technologies (Polytechnic bulletin). – 2018. – № 1. – P. 189–205.
20. Povarova L.V. Ecological risks connected with the oil fields exploitation // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2018. – № 2. – p. 112–122.
21. Povarova L.V. Rational use of the industrial waste waters // Actual questions of environment protection : collection of reports of All-Russian scientific and technical conference (17–19 September 2018, Belgorod). Section 2: Purification of natural and waste water. – Belgorod : Publishing House of Belgorod State University of Technology and Technology, 2018. – P. 160–167.
22. Povarova L.V., Kusov G.V. Normative and technical regulation of the ecological safety in oil and gas industry // Science. Technique. Technologii (Polytechnic bulletin). – 2018. – № 4. – P. 195–216.
23. Povarova L.V. Analysis of biotechnologies application for purification of the various environment pollution // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin), 2019. – № 1. – P. 190–206.
24. Povarova L.V. Oil pollution influence on environment and determination of the control methods // Student Science Bulletin of the Information Systems and Programming Department. – 2019. – № 01. – URL : http://vsn.esrae.ru/pdf/2019/01/34.pdf
25. Saburov H.M., Muradov B.Z., Mukhamedgaliev B.A. Pollution of the environment by production wastes // Bulatovskie readings. – 2019. – Vol. 4. – P. 110–111.
26. Savenok O.V., Savenok N.B. Drilling waste water utilization // Proc. of Kuban State Technical University. Series: Oil-and-gas-field business. – Krasnodar : KubGTU, 2003. – Vol. XIX. – Edition 3. – P. 253–257.

27. Savenok O.V., Povarova L.V., Berezovsky D.A. Perspectives of the physical-chemical and mathematical modeling use for development of the high-efficiency comlex technology of the formation water treatment and preparation // Ecology and industry of Russia, 2019. – Vol. 23. – № 3. – P. 66–71.
28. Savenok O.V., Povarova L.V., Prikhodko M.G. Factors causing ecological danger of oil production // Collection of reports of the IV International scientific-practical conference with elements of scientific school for young people «Ecological problems of oil production – 2014». (21–23 October 2014, Ufa). – Ufa : «RIC USTU», 2014. – P. 28–32.
29. Tretiak L.P., Abdullayev A.A. Risk assessment as a promising direction to ensure safety in the oil and gas industry // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 5. – P. 296–298.
30. Chernova K.V. To the question of an oil and oil product spill elimination in the process of the Arctic shelf development // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 5. – P. 347–348.
31. Yagafarova G.G., Mavlyutov M.R., Barakhnina V.B. Biotechnological method of oil slope and drilling wastes utilization // Mountain bulletin. – 1998. – № 4. – P. 43–46.
32. Yagafarova G.G., Barakhnina V.B. Utilization of ecologically dangerous drilling wastes // Electronic scientific journal «Neftegazovoe Delo». – 2006. – № 1. – URL : http://ogbus.ru/ files/ogbus/authors/Yagafarova_2.pdf
33. Yagafarov R.G., Abdullin V.R., Mavlyutov M.R. Device for regeneration of drilling mud components. The patent of the Russian Federation № 899840 from 23.01.1982. – B.I. № 3. – 1982.
34. Yagafarova G.G., Mavlyutov M.R., Barakhnina V.B. Method of cleaning soil and water from oil, oil products and polymer additives in drilling mud. Patent of the Russian Federation № 2093478 of 20.10.1997. – B.I. № 29.
35. Yarantseva S.M. Studying the technology of drilling mud disposal // Problems of geology and mineral resources development: proceedings of the XX International M.A. Usov Symposium of students and young scientists, dedicated to the 120th anniversary of the founding of Tomsk Polytechnic University (April 4–8, 2016, Tomsk): in 2 volumes. – Tomsk : TPU Publishing House, 2016. – Vol. 2. – P. 282–283.