

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ

Л.В. Малиновская, С.Н. Перевалов

В процессе освоения нефтегазовых месторождений объектами негативного воздействия являются, практически, все компоненты природной среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы, растительный покров, биотические комплексы. Подавляющее большинство вредных факторов воздействия на окружающую среду связано с буровыми сточными водами, отработанным буровым раствором и буровым шламом, в состав которых входят различные токсичные компоненты – соли тяжелых металлов, СПАВ, органические вещества всех классов, в том числе нефть и нефтепродукты, мелкодисперсные и коллоидные глинистые фракции. Они являются наиболее опасными отходами бурения, т.к. их накопление и хранение происходит непосредственно на территории буровой, в земляных амбарах.

Проблема утилизации отходов нефтегазовой промышленности не нова и в настоящее время принимает наиболее острый характер в связи с увеличением темпа роста нефтегазодобычи и соответственно увеличением объемов образования отходов бурения (в среднем, одна скважина глубиной 4500-5200 м образует до 6-8 тыс. м³ отходов бурения). Так как существующая система сбора и хранения отходов бурения несовершенна и не обеспечивает должной защиты почвогрунтов и подземных вод, несмотря на использование специальных защитных мер – обваловку амбаров и гидроизоляцию дна и стенок амбаров, то следует уделять особое внимание утилизации образовавшихся отходов непосредственно на буровой, как в процессе строительства, капитального ремонта так и на стадии ликвидации нефтегазовых скважин. Эти меры способствуют сокращению времени и масштабов воздействия вредных факторов на окружающую среду, а также оптимизировать систему обращения с отходами бурения.

Выбор технологии утилизации отходов бурения и необходимых для этого технических средств должен проводиться в соответствии с требованиями существующих в Российской Федерации природоохранных актов, правил и стандартов [1, 2, 3, 4, 5, 6], а также с учетом следующих факторов: многообразие видов отходов; нестабильность их составов и свойств; широкий объема образования; технология бурения; оборудование и техника на буровой площадке; местные условия климата; наличие и удаление карьеров песка и месторождений природных сорбентов; ближайшие производства и возможность использования их отходов; наличие электроэнергии и топлива; конструкция шламового амбара.

Внедрение мероприятий по переработке отходов нефтегазодобычи должно быть направлено на снижение негативного воздействия на окружающую среду и иметь экономический эффект для предприятия.

Проведенный анализ патентно-информационных исследований свидетельствуют о том, что в современный период газонефтедобывающими предприятиями в производство внедряются различные технологические решения, направленные на утилизацию отходов бурения. Каждый из разработанных и применяемых методов имеет свои положительные и отрицательные стороны.

Так, для обезвреживания и утилизации отходов бурения применяется ряд физических методов, включающий закачку буровых отходов в глубоко залегающие подземные горизонты и захоронение в шламовом амбаре путем засыпки привозным грунтом или песком. Однако закачка в глубинные горизонты предусматривает предварительное обезвреживание отходов от химических загрязнителей до требуемых норм, указанных в Регламентах предприятий и применяется только при наличии гидроизолированных пластов. Засыпка шламовых амбаров предусматривает наличие большого объема привозного грунта, что вызывает необходимость отчуждения площадей под карьеры, а также возведение в амбарах изолирующих экранов. Кроме того захоронение в шламовых амбарах отходов бурения не является

оправданным методом с экологической точки зрения, т.к. имеют место миграции растворов в грунтовые воды и утечки раствора в поверхностные воды в случае разрушения обваловки. К группе физических методов относится и способ отмыва загрязняющих веществ, в основном нефти, из объема отходов бурения при помощи горячей воды и пара. Однако данный метод является только ступенью утилизации.

Реже применяется метод вымораживания отстоявшейся воды, образованной после смешения с отходами бурения, при температуре $-3 - -7^{\circ}\text{C}$. Полученный лед вывозится на рельеф местности. Недостатком данного способа является то, что лед может содержать вредные примеси и при таянии нанести вред окружающей среде.

На сегодняшний день наиболее распространенной технологией переработки отходов бурения является термическая обработка, включающая сжигание и термическую десорбцию [7]. Однако, не смотря на преимущества данного способа, заключающиеся в том, что не требуется предварительной подготовки отходов бурения, а также объем переработанного продукта (золы) в десятки раз меньше исходного материала, данный метод имеет ряд недостатков:

- необходимо утилизировать конечный продукт (золу);
- требуются большие площади для размещения станции сжигания и складирования золы;
- требуются затраты на установку фильтров для очистки вредных газов, образующихся при сжигании;
- является энерго- и материальнозатратным.

Перспективным способом ликвидации отходов бурения среди химических методов считается их отверждение (солидификация) с последующим захоронением под слой минерального грунта или использованием в хозяйственной деятельности. При солидификации буровой шлам дозированно смешивается с сорбентом и цементом, в результате чего токсичные вещества, содержащиеся в шламе, связываются и в процессе

цементирования становятся нерастворимыми при любых воздействиях окружающей среды. Недостатком данного метода является значительный расход минерального вяжущего.

Нейтрализация отходов бурения с помощью химических реагентов (коагулянтов, флокулянтов) с получением менее опасного материала также относится к группе химических методов. Отрицательными сторонами этого метода являются то, что он может применяться только как один из этапов утилизации и требует дальнейшей переработки полученного при этом осадка и жидкой фракции.

Примером биологических методов обезвреживания отходов бурения является биодеструкция загрязняющих компонентов с помощью микроорганизмов. Однако микроорганизмы очень чувствительны к составу отходов бурения, действуют селективно на различные виды загрязнителей, а также требуют специальных условий для своей жизнедеятельности. Отличительной особенностью биологических методов является длительность временного интервала прохождения процесса обезвреживания отходов бурения.

Таким образом, как показывают результаты патентно-информационных исследований, в настоящее время универсального способа обезвреживания и утилизации отходов бурения, отвечающего эколого-экономическим требованиям, не существует. В связи с этим актуален поиск новых технологий в области переработки опасных отходов.

Как известно буровые отходы, а в частности буровые шламы обладают широким разнообразием видов, состава и степени токсичности по отношению к окружающей среде. Основным источником загрязнения бурового шлама являются буровые растворы, в состав которых входит широкий спектр химических реагентов, количество и концентрация которых обоснована геолого-экологическими особенностями конкретного месторождения.

Особенностью Астраханского ГКМ является наличие соленокупольной тектоники [8], в результате чего при разработке солевых интервалов скважин образуются соленасыщенные отходы бурения, что обуславливает необходимость особого подхода к технологии их обезвреживания и утилизации.

Основываясь на анализе существующих на мировом рынке технологий по обезвреживанию и утилизации отходов бурения и исходя из результатов научных экспериментов и опытных апробаций специалисты ЗАО «Октопус» разработали технологию обезвреживания высокоминерализованных отходов бурения, предусматривающую этап отмыва их от солей.

Суть разработанной технологии заключается в следующем: загрязненные химическими токсикантами высокоминерализованные отходы бурения загружаются в блок для приема и отмыва буровых отходов. Туда же подается техническая вода для отмыва их от солей. Содержимое тщательно перемешивается в течение 2-3 минут. По окончании процесса перемешивания полученную массу направляют на вибросито, пескоотделитель и илоотделитель. В процессе грубой механической очистки происходит разделение отмытых отходов бурения на твердую и жидкую фазы. Затем твердую фазу собирают и направляют на обработку методом инертизации, а жидкую фазу подвергают поступенчатой очистке. Вначале жидкую фазу направляют на тонкую механическую очистку центрифугированием. Образованный после центрифугирования пастообразный осадок собирают и затем направляют на инертизацию, а жидкую фазу – на осветление путем сепарирования и сорбционной фильтрации, в результате чего происходит расслоение жидкой фазы на осветленную и загущенные фракции, при этом загущенную фракцию вновь подают на инертизацию.

Инертизацию отмытого крупнодисперсного и мелкодисперсного шлама, поступающего из вибросита, центрифуги, сепаратора производят в

блоке инертизации с использованием консолидирующего состава на основе вяжущего цемента марки ПЦ М-500 и тонкодисперсной активной добавки – опоки в количестве 20 % и при влажности инертизируемых отходов не менее 40% [9].

Опоки представляют собой природные силикагели, состоящие на 75-80% из активного опал-кристаллобалитового кремнезема [10]. По химическому составу опоки содержат: SiO_2 – 75-80%, Al_2O_3 – 23-18%, Fe_2O_3 – 0,5-1,0%, H_2O – 0,2-0,5%, CaSO_4 – 0,3-0,5% [11]. Важным показателем при оценке качества опок при их высокой пористости является их высокая прочность, оцениваемая величиной 400-600 кг/см².

Опоки обладают хорошими сорбционными свойствами и полученные из них сорбенты применимы для сорбции фенолов, хинонов, жирных и ароматических углеводородов, спиртов, тяжелых металлов, углеводородов.

Предельная поглотительная способность в отношении тяжелых металлов для помола, содержащего частицы от 100 нм до 1 мм (удельная поверхность 150 м²/г) составляет: Zn – 179,5, Cd – 100, Hg – 100, Pb – 324,8, Cu – 95, Co – 80, Mo – 36, Ni – 47, Mn- 46,2, Cr – 46,3, As – 22,9, нефтепродуктам – 119,2 мг/г [12,13].

Получаемый из опоки сорбент негорюч, нетоксичен, нелетуч, не растворяется в воде, кислотах и разбавленных щелочах.

Следует сказать, что среди огромного разнообразия ископаемых природных минералов, выбор на опоку пал неслучайно. Во-первых, данный минерал адаптирован к условиям аридного климата, т.к. производится из природного минерального сырья Каменоярского месторождения Черноярского района Астраханской области, во-вторых – стоимость опоки на 30-50% ниже стоимости аналогичных сорбентов.

По окончании перемешивания бурового шлама в смеситель добавляют активатор твердения – стекло натриевое жидкое в количестве 10-20% от количества сухого отверждаемого материала с последующим тщательным перемешиванием в течение 5-7 минут.

Обезвреженная смесь выгружается из двухвального смесителя в кузов автосамосвала и отвозится к месту назначения или на площадку для временного хранения обезвреженного шлама, оснащенную гидроизоляционным твердым покрытием, бетонным буртом и навесом.

Целью настоящей работы является оценка эффективности разработанной специалистами ЗАО «Октопус» технологии обезвреживания высокоминерализованных отходов бурения.

Материалом для данной работы послужили результаты, полученные при проведении лабораторных исследований и испытаний конечных продуктов переработки высокоминерализованных отходов бурения.

Результаты аналитических данных

Для проведения опытных апробаций разработанной технологии обезвреживания высокоминерализованных отходов бурения были отобраны образцы, представляющие собой смесь бурового шлама, отработанного бурового раствора и осадка сточных вод с одной из скважин Астраханского газоконденсатного месторождения, разрабатываемого ООО «Газпром добыча Астрахань». Отобранные образцы были проанализированы в лабораторных условиях на предмет химического состава (табл. 1). Как видно из табл. 1 полученные материалы лабораторных испытаний свидетельствует о принадлежности их к высокоминерализованным отходам бурения, плотный остаток которых составляет 50,53%, класс опасности 3-й.

Из литературных источников известно, что общая загрязненность почвы тяжелыми металлами характеризуется их валовым содержанием. Однако, доступность элементов тяжелых металлов для растений, а в конечном итоге для человека определяется их подвижными формами. Поэтому содержание подвижных форм тяжелых металлов – важнейший показатель, характеризующий санитарно-гигиеническую обстановку. Исходя из этого в отходах бурения, являющихся потенциальными загрязнителями

почвы, определялось содержание подвижные формы солей тяжелых металлов, показатели которых отображены в табл.1.

Таблица 1

Результаты лабораторных исследований высокоминерализованных отходов бурения и продукта их переработки

Объект испытаний	Единицы измерения	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Cd	Нефтепродукты	Плотный остаток, %
Отходы бурения	мг/кг	9,3	4,8	48,	7,2	1,9	7,2	1,30	2,68	52,89
		4	2	5	6	0	5			
Отвержденная смесь	мг/кг	1,6	1,7	8,0	1,0	0,2	3,2	0,10	0,71	14,07
		5	0	5	1	3	0			

По окончании процесса инертизации отвержденный материал, был также проанализирован в лабораторных условиях на содержание подвижных форм тяжелых металлов, нефтепродуктов и плотного остатка в водной вытяжке (табл. 1). Результаты, отображенные в табл.1, свидетельствуют о сокращении концентраций указанных выше химических элементов, а также плотного остатка (с 52,89 до 14,07 %) по сравнению с отходами бурения, не прошедших инертизацию. Полученный продукт «отвержденная смесь отходов бурения» классифицируется по ГОСТ 23558-94 [14] как суглинок тяжелый, соответствующий предъявляемым требованиям к грунтам по прочностным характеристикам (М 40), и после смешения с природным песком и доведения числа пластичности с 14 до 12 может использоваться в дорожном строительстве и как техногенный грунт для засыпки котлованов и технической рекультивации карьеров. Так как показатели ХПК (3528 мг О₂/л) и БПК (2164 мг О₂/л), определенные в водной вытяжке из отвержденных отходов бурения соответствуют нормативным требованиям СанПиН 2.1.7.722-98 [15], то можно сказать, что отвержденный материал может использоваться также в качестве изолирующего слоя на полигонах бытовых и промышленных отходов 4 класса опасности.

Как указывалось выше высокоминерализованные отходы первоначально проходят стадию отмыва их от солей. Полученный при этом загрязненный рассол, представляющий собой концентрированный раствор хлористого натрия в воде, в соответствии с требованиями технологического процесса, подвергается многоступенчатой очистке (осветлению) от механических примесей и органических веществ. По окончании этапа очистки жидкой фазы был отобран образец осветленного рассола для проведения лабораторных анализов, результаты которых приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты лабораторного анализа осветленной жидкости (рассола)

Определяемые показатели	Единицы измерения	Результаты анализа
1. Обобщенные показатели:		
взвешенные вещества	мг/дм ³	7,8
водородный показатель (рН)	-	9,7
2. Солевой состав:		
сухой остаток	мг/дм ³	291000
хлориды	мг/дм ³	158800
сульфаты	мг/дм ³	1367
карбонаты	мг/дм ³	2260
гидрокарбонаты	мг/дм ³	16665
кальций	мг/дм ³	372
магний	мг/дм ³	127
3. Неорганические вещества:		
кадмий	мг/дм ³	<0,0001
медь	мг/дм ³	<0,001
железо	мг/дм ³	0,04
никель	мг/дм ³	<0,001
свинец	мг/дм ³	<0,001
4. Органические вещества		
нефтепродукты	мг/дм ³	0,09

Полученный в ходе проведения технологии осветленный рассол предполагается утилизировать путем закачки в глубинные подземные горизонты или направлять на естественные испарители.

Таким образом, анализ полученных результатов лабораторных испытаний конечных продуктов (отвержденный материал и осветленный рассол) технологического процесса обезвреживания высокоминерализованных отходов бурения, указывает, что разработанная специалистами ЗАО «Октопус» технология позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, а также оптимизировать процесс обращения с отходами бурения, образующимися при строительстве, капитальном ремонте и ликвидации скважин.

Литература

1. Об охране окружающей среды: федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (с изм. от 25.06.2012 г. № 93-ФЗ).
2. Об отходах производства и потребления: федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89 (с изм. от 28.07.2012 г. № 128-ФЗ).
3. СТП 05780913.17.21-2007. Порядок обращения с отходами: утв. 05.02.2007 г. № 74 (с изм. от 25.12.2009 г. № 2).
4. СанПиН 2.1.7.1322-02. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления: утв. 30.04.2003 г.
5. СТО Газпром 2-3.2-532-2011. Нормативы образования и способы обезвреживания и утилизации отходов производства при бурении и капитальном ремонте скважин.
6. СТО Газпром 2-1.19-581-2011 Охрана окружающей среды при строительстве скважин.
7. Бухгалтер Э.Б., Голубева И.А., Лыков О.П. Экология нефтегазового комплекса: учебное пособие. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ им. И.М. Губкина, 2003. – 415 с.
8. Воронин Н.И. Особенности строения и нефтегазоносность Астраханского свода: Тр. ВНИГНИ. – М., 1983. – Вып. 248. – 90-101.
9. Пат. 2387689. Состав для инертизации отходов бурения / Д.В. Пономаренко, С.Н. Перевалов, В.Г. Яценко. – 2009100225: заяв. 11.01.2009: опубл. 27.04.2010.
10. ТУ 5711-002-51652069-2001 Сырье минеральное (опоки): введ. 01.06.2001.
11. Наумкина Н.И., Ильичева О.М., Зорина С.О., Афанасьева Н.И. Диагностика минеральных компонентов палеоценовых опок разреза «Каменный Яр» методом рентгеновского количественного фазового анализа. – Казань, 2010. – С. 50-52.
12. Клементьева А.В. Сорбционное концентрирование и последующее определение фенолов в объектах окружающей среды./ Авто-реферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. – Астрахань – 1999.- 21 с.

13. Реснянская А.С. Сорбционное концентрирование на сорбенте СВ-1 ионов цинка, кадмия, ртути, свинца, кобальта и меди с целью их последующего определения. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. – Астрахань – 1998. – 20 с.

14. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства.

15. СанПиН 2.1.7.722-98. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов: утв. 11.11.1998 г. № 30.

INTEGRATED APPROACH TO THE DISPOSAL OF HIGHLY MINERALIZED DRILLING WASTES

Malinovskaya Lubov Vasilievna, PhD in Biology

Perevalov Sergey Nikolaevich, PhD in Agriculture

JSC "Octopus"

414014, Russia, Astrakhan, prospect Gubernatora Gudzvina, 10

Tel./Fax: 8 (512) 48-44-44,

E-mail: lmalinovskay@yandex.ru

Abstract.

The problem of utilization of waste oil and gas industry is not new, and currently it hosts the most acute tone in connection with the increase in the growth rate of oil and gas production and thus increase in the volume of waste drilling. The introduction of waste treatment measures of oil and gas should be in accordance with the requirements of existing Russian Federation environmental regulations, rules and standards and be aimed at reducing the negative impact on the environment, and have economic benefits for the enterprise.

Feature of the Astrakhan gas condensate field is the presence of salt dome tectonics, resulting in the development of salt intervals formed salt-wells drilling waste, which necessitates a special approach to technology for their treatment and disposal.

Based on an analysis of existing technologies in the world market for the disposal and recycling of waste drilling and based on the results of scientific experiments and experienced approvals, specialists JSC "Octopus" worked out the technology of neutralization of highly mineralized waste drilling, comprising the step of washing them from salts.

The article describes the principle of the developed technology and provides research data of individual elements of the chemical composition of highly mineralized waste drilling and by-products. Comparative analysis leads to the conclusion about the effectiveness of the developed method of disposal. The article also presents the results of laboratory analysis of samples of purified brine resulting from washing the highly mineralized drilling waste and recommends its disposal.

Keywords: highly mineralized drilling waste, technology of disposal of waste drilling, decontamination technology, contaminated brine, purified brine, suspended solids.