

Глава 11

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Деятельность предприятий нефтяной и газовой промышленности неизбежно связана с техногенным воздействием технологических процессов бурения и добычи на природную среду, поэтому вопросы охраны окружающей среды для отрасли имеют важное значение.

Особенность такого воздействия процессов бурения – высокая интенсивность и кратковременность формирования значительных техногенных нагрузок на объекты гидро- и биосферы, которые нередко превышают пороговые нагрузки, вызывая нарушение экологического равновесия в районах бурения, а в ряде случаев и деградацию отдельных компонентов природной среды.

Среди комплекса природоохранных мер важная роль отводится мероприятиям по очистке, обезвреживанию и утилизации производственно-технологических отходов бурения – буровых сточных вод (БСВ), отработанных буровых растворов (ОБР) и выбуренной породы или бурового шлама (БШ), поскольку они содержат в своем составе широкую гамму загрязнений, представленных применяемыми в бурении материалами и химическими реагентами. Мероприятия, направленные на снижение уровня и объемов загрязнения природной среды, составляют основу экологически безопасной малоотходной технологии бурения и заканчивания скважин.

11.1. МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ И ШЛАМА

Одна из сложных проблем – проблема утилизации отработанных буровых растворов и шлама и нейтрализации их вредного воздействия на объекты природной среды.

Наиболее доступным направлением утилизации ОБР является их повторное использование для бурения новых скважин. В этой области имеется богатый опыт зарубежных и отечественных организаций. Этот подход оправдан не только с экологической, но и с экономической точки зрения, так как обеспечивает значительное сокращение затрат на приготовление буровых растворов. Так, фирмой “Шелл Канада” было пробурено 209 скважин, в результате чего образовалось свыше 30 тыс. м³ отходов бурения, основной объем которых составлял отработанный буровой раствор. Расчеты показали, что экономически целесообразным оказалось их повторное использование для бурения других скважин по сравнению с работами по обезвреживанию таких отходов или безопасному захоронению. Для этого была разработана специальная система сбора бурового раствора и его кондиционирования. Она предусматривает использование комплекта металлических отстойников и емкостей, а также очистное оборудование (выбросито с крупной и малой сетками, песко- и илоотделитель и центрифуги). Уходящий в отходы буровой шлам складывается в земляных котлованах, сооруженных на территории буровой, а после окончания бурения его смешивают с глиной и захороняют в этом же амбаре. Из ОБР, не поддающихся восстановлению, отделяют водную фазу с помощью центрифуг. Всего таким образом было получено 3500 м³ воды. Эту воду затем использовали для обработки остаточного объема ОБР с целью придания ему нужных технологических свойств. ОБР перевозили на другие скважины для бурения.

В отечественной практике бурения повторное использование буровых растворов также находит широкое применение, особенно при кустовом бурении и в районах с развитой транспортной сетью. Однако это важное и экологически целесообразное направление утилизации ОБР не везде осуществимо из-за специфических природно-климатических и ландшафтных условий районов ведения буровых работ и при значительной удаленности буровых друг от друга, что экономически невыгодно. Расчеты показывают, что затраты на транспортировку ОБР на расстояние свыше 250 км начинают превышать стоимость раствора, приготавливаемого на месте.

Предложен метод утилизации ОБР – регенерации активных компонентов буровых растворов путем получения из него глинопорошка. Показана принципиальная возможность получения из отходов бурения глинопорошка удовлетворительного качества. Однако основной недостаток этого метода утилизации – значительный расход углеводородного топлива на производство

глинопорошка. Причем утилизации подлежит лишь отработанный неутяжеленный глинистый буровой раствор плотностью до 1,17–1,20 г/см³. Использование для этих целей распылительных сушилок конструкции НИИстройкерамики не позволяет ориентировать промышленную технологию получения глинопорошка в промысловых условиях из-за несовершенства конструкции сушилок, значительных габаритных размеров и необходимости создания специальной системы коммуникаций для обслуживания.

В зарубежной практике известен способ регенерации некоторых химических реагентов из отработанных буровых растворов путем обработки последнего специальными микроорганизмами и штаммами. Однако область применения его весьма ограничена из-за селективности действия используемых микроорганизмов и высокой чувствительности их к составу утилизируемого ОБР.

Перспективным направлением утилизации ОБР представляется его использование для крепления скважин. При этом возможны два варианта. По первому варианту ОБР используется в качестве добавок к известным тампонажным материалам, традиционно применяемым в практике цементирования скважин; по второму – в качестве основного тампонажного материала. Так, фирма “Дрессер Мэгкобэр” разработала тампонажный материал, для приготовления которого использован ОБР на водной основе, причем в составе ОБР допускается определенное содержание нефти и нефтепродуктов (дизельного топлива) и утяжелителя. При этом отмечается, что наличие утяжелителя играет положительную роль, так как он способствует увеличению прочности полученного тампонажного камня. К достоинствам такого материала относятся его хорошая совместимость с буровым раствором и отсутствие усадки. Тампонажный камень, твердеющий при температуре 88 °С, имел прочность на сжатие 4,9 и 6,3 МПа через 24 и 48 ч соответственно. Испытания тампонажного материала с добавкой ОБР на нескольких скважинах прошли успешно. Такой опыт имеется в отечественной практике. Другое направление – разработка специальных отверждаемых глинистых растворов (ОГР), выполняющих функции тампонажного камня при креплении скважин. Для этого в качестве отвердителя предлагается использовать алкилрезорцины с формалином. Такой материал пригоден для крепления скважин в интервале температур 20–50 °С. Однако реализация этого способа сдерживается высокой токсичностью применяемых веществ, трудностью регулирования сроков твердения буровых растворов и

сложностью технологии обработки раствора на дневной поверхности.

Заслуживающим внимание способом утилизации ОБР является их использование в качестве основы удобряющих компостов и мелиорантов, предназначенных для внесения в почву при рекультивации шламовых амбаров и территории буровой, а также структурообразователя почвогрунтов. Пригодными для этих целей смогут быть лишь буровые растворы, не содержащие нефти и нефтепродуктов, хроматов и токсичных для почв минеральных солей. Наиболее целесообразно использовать такие компосты и мелиоранты для солонцовых, песчаных и супесчаных почв, т.е. почв, обедненных глинистыми структурообразующими компонентами.

Глинистые ОБР, обрабатываемые в процессе бурения гуматными реагентами, не содержащими нефти и имеющие в своем составе 2 % минеральных солей, являются хорошими структурообразующими агентами для указанных выше типов почв. Наиболее ярко мелиорирующий эффект ОБР проявляется при его совместном использовании с фосфогипсом-дигидратом. Эффективность такого мелиоранта обусловлена содержанием в его составе структурообразующего глинистого коллоидного комплекса, рационального количества питательных для почв компонентов (гуматов калия, кальция, разлагающейся органики и др.), носителем которых служит ОБР, а также кальция, фосфора и других микроэлементов, привносимых фосфогипсом-дигидратом.

Единственное ограничивающее условие применимости этого безусловно прогрессивного и практически доступного метода утилизации полужидких отходов бурения – состав ОБР, который не должен содержать вредных и токсичных для почв компонентов.

Наиболее прогрессивное направление утилизации ОБР – их использование в качестве исходного сырья для получения изделий грубой строительной керамики, в частности при производстве керамзита и глинистого кирпича. Предпосылкой этому служит компонентный состав ОБР, основу которого составляет глина, являющаяся главным компонентом бурового раствора и находящаяся в высокодисперсном состоянии, причем глинистая фракция ОБР представлена в подавляющем большинстве случаев глиной высокого качества (бентопорошок). Кроме того, в составе ОБР содержится значительное количество органических веществ и нефти, наличие которых обеспечивает высокий эффект вспучивания глинистой массы при обжиге.

Исследования подтверждают принципиальную возможность

получения из ОБР керамзита и реальность осуществления его производства на действующих заводах без изменения существующей технологии.

В лабораторных и промышленных экспериментах использовали отработанный глинистый буровой раствор, содержащий до 75–80 % глины и выбуренной породы и до 6–8 % органических веществ в виде химических реагентов и нефти. Кроме того, в его состав входит до 12 % минеральных веществ (утяжелитель – барит, карбонаты, силикат, песок и др.). Эксперименты проводили по стандартным методикам, используемым в производстве строительной керамики. Для этого готовили исходную сырьевую смесь и сформированные из нее изделия (откатыши) обжигали при температуре 1100–1200 °С в печах по принятому технологическому регламенту. Сырьевая шихта была представлена как из собственно ОБР, так и из смеси карьерной глины, состав которой соответствует ГОСТ 25254–82, с ОБР, взятых в различных соотношениях.

Результаты исследований, представленные в табл. 11.1, показывают, что сырьевая смесь на основе ОБР обладает хорошими технологическими свойствами (высокими значениями коэффициента консистенции и числа пластичности), а получаемый из них керамзитовый гравий имеет невысокую насыпную плотность (менее 0,35 г/см³), высокую прочность (1,8–1,9 МПа) и пористость (до 94 %) с преобладанием фракций размером от 5–10 до 10–20 мм. Керамзитовое изделие с указанными характеристиками в соответствии с ГОСТ 9759–83 относится к первой и высшей категориям качества. Качество такого керамзитового гравия обусловлено в первую очередь хорошим эффектом вспучивания ОБР (коэффициент вспучивания более 1,8). При этом из 1 м³ ОБР получается 1,4–1,5 м³ керамзита.

Аналогичные результаты получены и при использовании ОБР в качестве добавки к традиционно применяемой карьерной глине (см. табл. 11.1). При этом получаемый керамзит также обладает хорошим качеством и высокими потребительскими свойствами.

Результаты промышленных испытаний свидетельствуют о том, что из ОБР получается керамзит высокого качества (см. табл. 11.1), а производство такого материала не требует корректировки принятой технологии. При этом наиболее целесообразно ориентировать производство керамзита собственно из ОБР по “мокрому” способу, а при его использовании в качестве добавки к карьерной глине – по “сухому” или “полусухому” способу.

Весьма интересные результаты получены при оценке возможности использования ОБР для производства строительного

Таблица 11.1

Характеристика сырьевой смеси и керамзита, полученного в различных обрѣдѣях

Состав сырьевой шихты	Технологические показатели сырьевой смеси		Коэффициент вспучивания (по ГОСТ 19221-73)	Показатели качества керамзитовой фракции размером 10-20 мм		
	Коэффициент консистенции (по ГОСТ 2642.1-71)	Число пластичности (по ГОСТ 21216.10-75)		Насыпная плотность, кг/м ³ (по ГОСТ 9758-77)	Прочность, МПа (по ГОСТ 9758-77)	Пористость, %
Для лабораторных условий						
ОБР	0,25	30	1,8	280	1,9	94,0
ОБР : карьерная глина = 1 : 1	0,25	25	1,7	310	1,8	93,0
ОБР : карьерная глина = 2 : 1	0,25	25	1,7	290	1,8	93,7
ОБР : карьерная глина = 1 : 2	0,25	15-25	1,7	340	1,8	92,2
Для заводских условий						
ОБР	0,25	30	1,8	300	1,8	91,0
70 % карьерной глины + 30 % ОБР	0,25	15-25	1,6	360	1,6	88,2
80 % карьерной глины + 20 % ОБР	0,25	15-25	1,7	350	1,6	89,7
90 % карьерной глины + 10 % ОБР	0,25	15-25	1,7	340	1,6	90,3

кирпича. Для этого в исходную глинистую сырьевую смесь вводили различные количества ОБР и определяли реологические свойства шихты и свойства готового керамического изделия.

Для получения сырьевой смеси использовали суглинок (карьерная глина Краснодарского месторождения Краснодарского края), которая отвечает требованиям ГОСТ 9169-75. Химический состав суглинка следующий, %: SiO₂ - 62,76 - 68,6; Al₂O₃ - 11,31 - 14,25; Fe₂O₃ - 4,99-7,43; CaO - 1,81 - 4,91; MgO - 1,17-2,35; SO₂ - следы; P₂O₅ - 1,3-2,15; H₂O - 1,8-2,65; п.п. - 4,61-7,72. Указанные суглинки относятся к низкодисперсному сырью, гранулометрический состав которого характеризуется (для тонкодисперсных фракций) следующими значениями размера фракций: $r < 0,001-25,08$ %; $r < 0,01-43,73$ %. Такие суглинки относятся к умеренно пластичному сырью (пластичность - 11,76 %).

В качестве отработанного глинистого бурового раствора ис-

пользовали водоглинистую суспензию, твердая фаза которой содержала (массовая доля, %) в своем составе высококоллоидальную глинистую фракцию (10–50). Кроме того, в ОБР содержались (массовая доля, %) нефть и нефтепродукты (0,5–15) и органический углерод (1,5–5,0), а также вода (48,0–70,0).

Качество сырьевой шихты оценивали по показателям реологических свойств – формовочной влажности, пластической вязкости и предельному напряжению сдвига, а готового керамического изделия – по водопоглощению, усадке и прочности. Испытания проводили в лабораторных и промышленных условиях.

Для этого к исходной глиномассе, представленной суглинком, добавляли расчетное количество отработанного глинистого бурового раствора и смесь тщательно перемешивали на двухвальцовом смесителе, после чего из полученной массы формировали образцы стандартного размера (250×120×65 мм). После двухсуточного подсушивания при температуре 46–50 °С образцы обжигали при температуре 960–980 °С в течение 54 ч по стандартному технологическому регламенту: зона подготовки (повышение температуры от 50 °С до 700 °С) – 20 ч; зона обжига (повышение температуры от 700 °С до 960–980 °С и поддержание ее на стабильном уровне) – 6 ч; зона закала (падение температуры от 700 °С до 50–60 °С) – 16 ч.

Результаты экспериментов приведены в табл. 11.2 и 11.3. Они показывают, что введение в традиционную сырьевую смесь для производства глиняного кирпича до 25 % ОБР не только не ухудшает показатели качества получаемого керамического изделия, но и существенно улучшает реологические свойства исходной шихты. При этом повышается формовочная влажность массы, ее пластическая вязкость, а показатель предельного напряжения сдвига находится в оптимальном диапазоне. Получаемый кирпич обладает высокими потребительскими свойствами – он характеризуется минимальной усадкой, незначительным водопоглощением и высокими прочностными показателями.

Выполненные исследования показали принципиальную возможность, практическую целесообразность и доступность технологии получения из отхода бурения (отработанного глинистого бурового раствора) как керамзита, так и глиняного кирпича с высокими потребительскими свойствами.

Указанное направление утилизации отходов бурения – наиболее эффективный способ решения не только проблемы охраны окружающей среды, но и проблемы ресурсосбережения.

Т а б л и ц а 11.2

Результаты изучения влияния содержания в составе отработанного бурового раствора на свойства сырьевой смеси и получаемого кирпича

Состав ОБР, %	Реологический свойства сырьевой смеси			Показатели качества строительного кирпича					
	Формовочная влажность, %	Пределное напряжение сдвига, кПа	Пластическая вязкость $\eta \cdot 10^8$, Па·с	Усадка, %			Водопоглощение, %	Прочность, МПа	
				воздушная	огневая	общая		на сжатие	на изгиб
Твердая фаза – 10 Нефть и нефтепродукты – 15 Органический углеводород – 5 Вода – 70	13,6	6,24	5,22	2,1	0,1	2,2	2,1	12,2	2,3
Твердая фаза – 50 Нефть и нефтепродукты – 0,5 Органический углеводород – 1,5 Вода – 48	13,1	6,09	5,33	2,4	0,2	2,5	2,6	12,8	2,6
Твердая фаза – 10 Нефть и нефтепродукты – 13 Органический углеводород – 5 Вода – 72	18,6	7,61	63,8	4,1	0,3	3,0	5,8	8,1	1,8
Твердая фаза – 50 Нефть и нефтепродукты – 0,5 Органический углеводород – 3,5 Вода – 46	17,7	7,48	62,7	4,0	0,4	3,1	5,4	7,9	1,7

Таблица 11.3

Результаты оценки эффективности сырьевой смеси для получения строительного кирпича

Состав сырьевой смеси, %	Реологические свойства сырьевой смеси			Показатели качества строительного кирпича					
	Формовочная влажность, %	Предел прочности сдвига, кПа	Пластическая вязкость, $\eta \cdot 10^8$, Па·с	Усадка, %			Водопоглощение, %	Прочность, МПа	
				воздушная	огневая	общая		на сжатие	на изгиб
Суглинок – 75 ОБР – 25	13,6	6,24	52,2	2,1	0,1	2,2	2,1	12,2	2,3
Суглинок – 96 ОБР – 4	12,9	6,00	54,1	2,4	0,3	2,7	2,0	12,7	2,6
Суглинок – 86 ОБР – 14	13,2	6,17	51,6	1,9	0,1	2,0	2,1	12,8	2,4

Таблица 11.4

Сравнительная оценка эффективности отверждающих составов

Отверждающий состав	Расход состава и его компонентов, % (к объему ОБР и БШ)	Рекомендуемое время твердения, сут	Показатели свойств отвержденных отходов (через 21 сут выдержки в воде)				Экологическая характеристика
			$\sigma_{сж}$, МПа	pH	СО, мг/л	ХПК, мг/л	
Портландцемент	<60	5–7	1,98	11,5	4202	89	IV класс опасности
Фосфогипс полу-гидрат	20	6–7	1,68	7,25	4663	606	IV класс опасности (ПТП)
Карбамидная	6–12	4–6	0,69	6,68	3237	710	То же

смо-ла + двойной су- перфосфат Карбамидная	4-8							
смо-ла + фосфогипсди- гидрат	10-12 60	6-7	0,91	7,0	6071	1030	“	
Портландцемент + + лигнин	20-30 30	7-9	1,04	8,3	4318	987	“	
Магнезиальный цемент + бишофит	15-25 5-7,5	6-8	1,22	9,9	6116	284	IV класс опасности	
“Роса”	12-14	5-6	2,25	9,2	1288	62	IV класс опасности (ПТП)	
“Роса” + жидкое стекло	6-10 0,8	2-4	2,43	9,2	1410	44	То же	
Портландцемент + + бентонит	20 10	9-14	0,77	9,5	4356	360	“	
Полиизоцианаты типа “Хайсел” и “Буретан”	3-5	2-4	0,19	8,8	5274	3881	IV класс опасности	

П р и м е ч а н и я. 1. Характеристика исходного ОБР: рН = 8,75; ХПК = 27,586 мг/л; СО = 6697 мг/л. 2. ПТП – первично-токсикологический паспорт.

Одно из интересных направлений утилизации ОБР и шлама – их использование в дорожном строительстве. Однако перспективность этого метода и его экономическая состоятельность еще не доказаны, так как рекомендуется использовать ОБР, содержащий в своем составе, судя по анализу полученных данных, как безвредные, так и токсичные компоненты. Только после проведения всесторонних исследований в этой области может быть сделан окончательный вывод о практической полезности и экологической чистоте этого метода.

Несмотря на очевидные преимущества утилизации отходов бурения, наиболее доступна их ликвидация путем захоронения. При этом практикуется захоронение ОБР и шлама в специально отведенных местах, глубокозалегающих подземных горизонтах, земляных амбарах непосредственно на территории буровой.

Захоронение отходов бурения после заканчивания скважин в специально отведенных местах предусматривает использование для этих целей шламохранилищ, бросовых земель или оставшихся после разработки карьеров. Такое захоронение сопряжено со значительными транспортными расходами и поэтому экономически невыгодно. Вместе с тем, захоронение отходов по этому способу – единственно возможный вариант решения природоохранной проблемы, например, при морском бурении, бурении в курортных и прибрежных водоохранных зонах, а также в экологически уязвимой местности.

Недостаточно распространен и метод захоронения жидких отходов, преимущественно ОБР, в глубокозалегающие подземные горизонты. Он может быть реализован только при наличии в разрезе разбуриваемого месторождения соответствующих геологических условий, обеспечивающих безопасное захоронение таких отходов.

Необходимое и обязательное условие при этом – наличие хорошо экранированных водонепроницаемых пластов с высокими емкостными свойствами, не имеющих гидродинамической связи с другими горизонтами. Кроме того, экономически целесообразно захоронение лишь в случае больших объемов закачки отходов, например при кустовом бурении. Несмотря на очевидную экологическую состоятельность такого метода ликвидации жидких отходов бурения, его техническая реализация представляет определенную трудность.

В США практикуется закачка ОБР через обсадные трубы или кольцевое пространство в глубокие пласты с соленой водой. Пресноводные и продуктивные пласты изолируются с помощью цемента или труб. Этот метод допустим при очень жестких тре-

бованиях к пласту, намеченному для приема отходов, в целях исключения возможности их проникновения в другие объекты. Стоимость такой закачки составляет 22–29 дол/т, и, как считают специалисты, этот метод может стать одним из экономически выгодных методов ликвидации отходов.

В настоящее время в большинстве случаев практикуется захоронение полужидкой массы и нетекучего осадка непосредственно в шламовых амбарах на территории буровой после предварительного подсыхания их содержимого. Однако такое захоронение не предотвращает загрязнения природной среды, так как содержащиеся в отходах загрязнители вследствие подвижности и высокой проникающей способности мигрируют в почвогрунты, вызывая в них отрицательные негативные процессы.

Представляется неэкономичным и способ захоронения ОБР и БШ в специально отведенных местах. Существенный недостаток указанного метода – значительные транспортные расходы на вывоз ОБР с буровой, так как такие места захоронения, как правило, находятся на большом расстоянии от буровых.

В американской практике бурения известен и практикуется метод захоронения ОБР в земляных амбарах, стенки которых изолируются пленкой из полиэтилена или поливинилхлорида и бентонитом. Однако у нас в стране такой метод не получил должного распространения, хотя и заслуживает внимания.

Нашел частичное применение в зарубежной практике метод разбрызгивания ОБР на пахотные земли после предварительной его нейтрализации. Однако использование указанного метода ограничивается типом и системой обработки бурового раствора.

Анализ состояния вопроса свидетельствует о том, что захоронение отходов бурения не решает полностью задачи защиты окружающей среды от заражения. Этот доступный и практически повсеместно используемый метод локализации отходов бурения экономически оправдан лишь при условии обезвреживания захороняемой массы.

11.2. МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ И ШЛАМА

В настоящее время в подавляющем большинстве случаев ОБР и буровой шлам захороняются в земляных амбарах непосредственно на территории буровой после окончания бурения скважины. Это решение не обеспечивает надежной экологической защиты мест захоронения отходов. Положение еще более

усугубляется тем, что такой метод требует длительного времени ожидания подсыхания содержимого амбаров перед их засыпкой и последующей рекультивацией, а это невыгодно в плане рационального народнохозяйственного использования земель. Вместе с тем этот метод ликвидации отходов бурения наиболее доступен по сравнению с другими, несмотря на безвозвратные потери бурового раствора. Обезвреживание отходов позволяет повысить экологичность таких работ и обеспечить благоприятные условия для своевременной рекультивации отстойников с ОБР и шламом, исключив стадию длительного ожидания затвердевания их содержимого.

Основные направления работ в области обезвреживания отходов бурения концентрируются на физико-химической нейтрализации и отверждении ОБР и БШ. Физико-химическая нейтрализация содержимого шламовых амбаров представляется привлекательным методом предотвращения загрязнения объектов природной среды отходами бурения. В частности, предусматривается разделение ОБР на жидкую и твердые фазы с последующей утилизацией жидкой части и нейтрализацией осадка. С этой целью в США предложен способ разделения фаз ОБР. Для обработки используют флокулирующие добавки. Такие добавки вызывают коагуляцию жидкой части отходов и выпадение твердой фазы в осадок. После удаления из амбара осветленной воды оставшаяся масса вновь обрабатывается флокулянтom, и так продолжается до тех пор, пока вся основная часть воды не будет удалена из жидких отходов.

Один из методов – это метод разделения фаз ОБР с использованием сульфата алюминия и специальных флокулирующих агентов. Отделившаяся вода направляется для технических нужд бурения или приготовления нового бурового раствора. Вода отделяется с помощью декантирующей центрифуги, а оставшаяся часть ОБР направляются на фильтр-пресс, на котором происходит дальнейшее обезвоживание массы. Полученный шлам содержит до 30 % влаги и считается безвредным и затем сбрасывается в шламовый амбар для захоронения.

Наиболее перспективным представляется использование передвижных блочных установок для обработки отходов бурения. Так, фирма “ЭсТиБи Индастриз” разработала установку для непрерывной очистки отработанных буровых растворов – “Тэссфорд”. Она состоит из блока двигателя, приемной емкости с мешалкой для хранения бурового раствора, погружного насоса, электроприводного устройства для перекачки дегидратированного бурового раствора и в случае необходимости дополнительного узла для физико-химической обработки воды. Произ-

водительность установки составляет до $10 \text{ м}^3/\text{ч}$. Имеются и другие разработки, обеспечивающие глубокое обезвреживание отходов бурения.

Заслуживает внимания способ ликвидации шламовых амбаров методом расслоения ОБР на загущенную и осветленные фазы с последующим отверждением верхней части осадка после удаления осветленной воды. Он реализуется следующим образом. В амбар с ОБР вводят коагулянт из расчета $1,5 \text{ кг}$ на 1 м^3 жидкой фазы. В указанном амбаре содержится примерно 50% жидкой фазы. Коагулянт вводят при активном смешении его с ОБР с помощью цементировочного агрегата в течение $1,5\text{--}2,0 \text{ ч}$. Затем ОБР отстаивается в течение 1 сут . После отстоя осветленную воду откачивают на технологические нужды. Подвижную часть загущенного осадка буровым насосом откачивают из амбара и смешивают с вяжущим, например, с цементом из расчета $0,8 \text{ т}$ на 1 м^3 подвижной части загущенного осадка. Полученную смесь вводят в амбар и равномерно распределяют по поверхности придонной неподвижной части загущенного осадка. Отверждение поверхностного слоя загущенного осадка заканчивается через 2 сут . На отвержденную поверхность наносится экран из глины толщиной $0,3 \text{ м}$. Затем оставшуюся часть котлована засыпают минеральным грунтом.

Предложенный способ пока не имеет достаточной реализации в промышленных условиях, что не позволяет судить о его рациональности. К тому же, значителен расход вяжущего.

Один из эффективных методов обезвреживания бурового шлама – окисление и гидрофобизация поверхности. Метод окисления органических загрязнителей, содержащихся в буровом шламе, обладает значительно меньшей эффективностью по сравнению с гидрофобизацией. Это одна из основных причин, не позволяющая рекомендовать метод окисления в практику обезвреживания буровых шламов.

Более перспективным, по мнению исследователей, является обезвреживание шлама методом гидрофобизации его поверхности с помощью органических или растворимых высокомолекулярных соединений с последующим действием электролитов. За счет высаливания полимера частицы породы покрываются пленкой, препятствующей растворению в воде токсичных и загрязняющих веществ. Из известных растворов полимеров наибольшей эффективностью обладает сополимер малеинового ангидрида с акриламидом, который позволяет получать высокую степень гидрофобизации поверхности бурового шлама и, как следствие, обеспечивает необходимую глубину обезвреживания. Этот метод рекомендован, в основном, для обезвреживания

шлама при морском бурении, так как эффект гидрофобизации поверхности усиливается при попадании обработанного таким полимером БШ в морскую среду. Однако из-за значительных расходов гидрофобизирующего агента и его дефицитности этот метод широкого распространения в практике буровых работ не получил.

В качестве безреагентных методов обезвреживания твердых отходов заслуживает внимания термический метод. Термическая обработка шламовых масс обеспечивает разрушение органических веществ всех основных классов, присутствующих в буровом шламе. По мнению исследователей этот метод наиболее доступен и перспективен. Его практическая реализация осуществляется в печах специальной конструкции, в частности, в барабанной электрической печи. Она позволяет реализовать необходимые термические режимы для достижения глубокого обезвреживания шламовых масс с высоким содержанием нефти и нефтепродуктов и других загрязнителей. Основным недостатком этого метода, сдерживающим его широкую практическую реализацию, является значительный расход электроэнергии на проведение обжига шлама.

Эффективным и практически доступным методом частично обезвреживания бурового шлама может стать отмывка его от загрязняющих органических составляющих (в том числе нефти и нефтепродуктов) горячей технической водой системы оборотного водоснабжения буровой.

При содержании нефти более 5 % степень отмывки практически не изменяется и составляет в среднем 70–75 %. Загрязненность сточных вод извлеченными веществами возрастает при увеличении содержания нефти до 5 %, а затем стабилизируется и остается на одном уровне. Влажность шлама также оказывает влияние на процесс и эффективность отмывки. Так, с ростом влажности отмечается увеличение степени отмывки, которое заметно сказывается на шламовых массах с влажностью до 20 % и практически не влияет на сильно увлажненные шламы (> 20 %). При этом максимальное значение степени отмывки достигает 70–75 % в интервале влажности 15–20 %, которое в дальнейшем не изменяется. Аналогичную зависимость имеют кривые загрязненности стоков.

Приоритетным направлением обезвреживания указанных отходов бурения является их отверждение. Обезвреживающий эффект при этом достигается за счет превращения указанных отходов бурения в инертную консолидированную массу и связывания в ее структуре загрязняющих веществ, что практически исключает миграцию их за пределы отвержденного бурово-

го раствора. Такую отвержденную массу можно захоронить в земляных амбарах непосредственно на территории буровой без нанесения ущерба окружающей среде. Ввод в ОБР активирующих добавок позволяет, кроме того, получать отвержденную массу, выдерживающую нагрузку, которую создает транспортная техника. При этом значительно упрощается процесс захоронения, обегчается последующая планировка и рекультивация амбаров, а также существенно сокращаются сроки возврата земель основному землепользователю.

Метод отверждения не только практически доступен, но и экономически выгоден. Об этом свидетельствуют и примерные расчеты сравнительной экономической эффективности использования известных методов обезвреживания и утилизации указанных отходов бурения.

Таким образом, метод обезвреживания ОБР с последующим захоронением продуктов отверждения на территории буровой более выгоден по сравнению с другими методами с экологической и технико-экономической точек зрения.

За рубежом в качестве отверждающих составов предлагают минеральные вяжущие с активными добавками, такими как оксид алюминия, жидкое стекло, хлорид железа. Эти составы в большинстве случаев многокомпонентны, добавка их в ОБР относительно высока, к тому же практически отсутствуют данные об их промысловой реализации.

Японскими специалистами для отверждения бурового шлама предложен состав, состоящий из порландцемента, безводного гипса и добавок порошкообразного материала некоторых солей. Фирма "Чемфикс Грассфорд Поллюшн Сервисэз" (Великобритания) рекомендует обрабатывать буровой шлам некоторыми растворами силикатов в присутствии коагулянтов. Получаемый при этом твердый материал может быть утилизирован, т.е. использован для покрытия автостоянок или сброшен на поверхность почвы без вреда для последней.

Расход вяжущего и сроки твердения ОБР и БШ сокращаются в случае применения в качестве активирующей добавки полимерных материалов. При этом формируется эластичная консолидированная масса, загрязняющие свойства которой значительно ниже загрязняющих свойств исходного ОБР и БШ; нефть и нефтепродукты как основные загрязнители природной среды не мигрируют за пределы отвержденной массы. Вместе с тем водоустойчивость такой полимерглинистой композиции намного ниже, чем на основе только минерального вяжущего.

Ряд исследователей предлагают применять для отверждения указанных отходов бурения фенолформальдегидные смо-

лы. При этом получены положительные результаты по консолидации, однако необходимого обезвреживающего эффекта не достигается. К тому же, одна из составляющих этого материала (фенол) представляет собой крайне токсичное вещество, относящееся ко II группе токсичности. Все это не дает основания рекомендовать такие отверждающие составы для обезвреживания ОБР и БШ.

Все разрабатываемые отверждающие составы имели цель – придать отвержденной массе ОБР и БШ прочностные характеристики. Для оценки экологичности все отвержденные массы исследовали на токсичность по методикам Минздрава, по результатам которых были получены соответствующие первично-токсикологические паспорта.

Установлено, что количество вводимого отвердителя оказывает существенное влияние на процесс твердения. При этом дозировка портландцемента, необходимая для получения консолидированной массы с требуемыми для практики свойствами, составляет не менее 40 %. При такой дозировке время, необходимое для получения консолидированной массы с приемлемыми прочностными характеристиками, не превышает 7 сут. Отвержденная масса, полученная в таких условиях, достаточно устойчива к агрессивному воздействию водной среды и не теряет своих прочностных свойств при ее выдержке в воде (прочность на сжатие не изменяется). Одновременно с ростом количества вводимого в ОБР отверждающего агента отмечается снижение вымываемости из консолидированной массы загрязнителей органической породы.

При отверждении ОБР нефть и нефтепродукты полностью связываются в структуре консолидированной массы и водой из нее не вымываются даже при длительном хранении образцов в водной среде (56 сут).

Исследования показали, что из минеральных вяжущих высокий обезвреживающий эффект обеспечивает портландцемент, фосфогипс, полугидрат, магнезиальный цемент и смесь цемента с доломитовой мукой состава “Роса”. Их использование позволяет достаточно эффективно решать вопрос обезвреживания ОБР и шлама в широком спектре загрязненности таких отходов бурения. Результаты оценки эффективности отверждающих составов приведены в табл. 11.4. Одним из достоинств таких отверждающих составов является то, что они превращают отходы бурения в консолидированные массы с высокими прочностными свойствами. Последнее представляется важным фактором при засыпке амбаров с отвержденной массой и последующей рекультивацией, так как при этом создаются условия для безо-

пасного использования для этих целей необходимой транспортной техники.

Расходы вяжущего и сроки твердения ОБР и шлама существенно сокращаются в случае применения в качестве активирующей обезвреживающей добавки высокомолекулярных соединений на основе полиизоцианатов. При этом формируется эластичноподобная консолидированная масса, загрязняющие свойства которой значительно ниже загрязняющих свойств исходного ОБР и шлама. Вместе с тем водоустойчивость такой полимерглинистой массы намного меньше, чем на основе минерального вяжущего. Следует отметить также дефицитность полиизоцианатов и их высокую стоимость.

Указанных недостатков лишены быстротвердеющие составы на основе силиката натрия и цемента с добавками различных активных материалов (цеолит, фильтроперлит, доломитовая мука и др.). При обработке ОБР и шлама такими составами процесс твердения протекает в две стадии: на первой стадии происходит резкое загущение массы с выраженным процессом отверждения, на второй – подсыхание массы и дальнейший набор прочности. Результаты оценки эффективности быстротвердеющих составов свидетельствуют об их практической ценности и целесообразности широкого внедрения в промышленную практику.

Типы отверждающих составов и показатели технологических свойств отвержденных масс приведены в табл. 11.5. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что значения

Таблица 11.5
Результаты оценки технологических свойств отвержденных отходов бурения

Отвержденный состав	Водоустойчивость N	Прочность на сжатие $\sigma_{сж}$, МПа	Относительная линейная усадка l, %	Пористость K, %	Относительная влажность W, %	Модуль структурной деформации E, МПа/%	Модуль упругости G, МПа
Карбамидная смола + двойной суперфосфат	0,81	1,38	32	7,18	10,16	0,043	214
Магнезиальный цемент + карналлит	0,87	1,0	20	35,48	7,21	0,050	292
Портландцемент + лигнин	0,90	1,03	22	33,49	8,57	0,046	260
Фосфогипс полу-гидрат	0,98	1,06	10	27,01	2,53	0,096	280

указанных показателей находятся в допустимых пределах независимо от типа используемых отверждающих составов. Это дает основание считать, что такие технологические свойства отвержденных отходов бурения позволяют обеспечивать качественную засыпку и успешное проведение рекультивации амбаров с находящимися в них отвержденными отходами с использованием традиционной техники.

11.3. ЗАЩИТА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

Исследования, направленные на уменьшение отрицательного воздействия работ по освоению нефтегазовых месторождений на природную среду, указывают на необходимость осуществления мер по предотвращению загрязнения воздушного бассейна. Один из источников загрязнения атмосферы – выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. Для нефтегазовой отрасли снижение токсичности выхлопных газов имеет большое значение, так как в связи разбросанностью месторождений по территории и недостатком генерирующих мощностей электроэнергии основной объем буровых работ выполняется буровыми станками с дизельным приводом.

Химический анализ выхлопных газов показывает, что в них содержатся следующие виды и количества (в %, по массе) токсичных веществ: оксиды азота 0,2; оксиды серы 0,1; сажа 0,05; углеводороды 0,3; формальдегид 0,08. Анализ существующих способов очистки выхлопных и других отходящих газов позволил сделать вывод, что в отработанном буровом растворе имеются все необходимые компоненты для его использования в качестве реагента для очистки выхлопных газов дизелей, установленных на буровых.

Для проведения исследований был использован отработанный буровой раствор следующего состава (% , по массе)

Глинопорошок	27–30
Угщелочной реагент	1,5–4
Кальцинированная сода	0,25–0,5

Этот раствор характеризуется следующими параметрами.

Плотность, г/см ³	1,2
Условная вязкость, с	4 0
Водородный показатель, рН	7,5–10

Результаты исследований приведены в табл. 11.6. Разработанный способ очистки выхлопных газов ДВС обеспечивает высокую степень очистки и является дешевым.

Таблица 11.6

Результаты исследований по O_2 и CO_2 в выхлопных газах глинистым раствором

Водородный показатель раствора	Исследования	Массовая доля токсических веществ в выхлопных газах, %				
		Оксиды азота	Оксиды серы	Сажа	Углеродороды	Формальдегид
7,5	До очистки	0,2	0,1	0,005	0,3	0,08
	После очистки	0,08	0,02	0,003	0,012	0,002
	Степень очистки	60,0	80,0	95,0	96,0	97,0
9,0	До очистки	0,2	0,1	0,05	0,3	0,08
	После очистки	0,076	0,015	0,002	0,012	–
	Степень очистки	62,0	85,0	96,0	96,0	100
10,0	До очистки	0,2	0,1	0,05	0,3	0,08
	После очистки	0,07	0,01	0,001	0,006	0,001
	Степень очистки	65,0	90,0	98,0	98,0	99,0
	Степень очистки известными способами	70–80	80–95	50–70	50–70	95–100

Комплекс мероприятий по охране окружающей среды позволит решить сложные задачи по предотвращению загрязнения среды обитания живой природы. Опыт и технические решения осуществления этих мероприятий могут быть использованы при проектировании и обустройстве нефтяных газовых и газоконденсатных месторождений.