

УДК 504.064.47+504.054:622.816

Оценка технологического и геохимического состояния шламовых амбаров нефтегазового комплекса Западной Сибири с целью оптимизации их рекультивации

Л. А. ИГНАТЬЕВ¹, Л. Ф. ЖЕГАЛИНА²

¹Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН,
ул. Советская, 18, Новосибирск 630099 (Россия)

E-mail: ignatev37@ngs.ru

²ОАО НПЦ «Мониторинг» Ханты-Мансийского автономного округа,
ул. Студенческая, 2, Ханты-Мансийск 628012 (Россия)

E-mail: lije@mail.ru

(Поступила 11.02.11; после доработки 10.06.11)

Аннотация

Приведены сведения о содержании углеводородов в водной фазе и донных отложениях шламовых амбаров (отходов) при амбарной технологии бурения нефтегазовых скважин. Определены элементный и ионный состав водной фазы и донных отложений, а также концентрация радиоактивных элементов. Установлено, что высокая токсичность содержимого амбаров обусловлена главным образом наличием высокомолекулярных фракций углеводородов и ионов натрия, калия и хлора. При этом значительная часть содержимого амбаров слаботоксична или нетоксична, что подтверждается анализом биотестирования. Предложено использовать дифференцированный подход к утилизации этих отходов, направленный на снижение материально-энергетических затрат и повышение производительности труда.

Ключевые слова: отходы бурения, содержание высокомолекулярных углеводородов, ионный и элементный состав, биотестирование, токсичность

ВВЕДЕНИЕ

Основные отходы производства нефтегазового комплекса Западной Сибири в настоящее время представлены отходами бурения скважин, нефтешламами, продуктами аварийных разливов, содержащими углеводороды высокомолекулярного ряда (парафины, асфальтены и др.) после испарения легких фракций. При этом задачи рациональной нейтрализации токсичности отходов бурения или утилизации нефтяных углеводородов до сих пор не решены. Так, например, утилизация отходов при амбарной технологии бурения нефтегазовых скважин была и остается предметом пристального внимания исследователей на протяжении многих лет. Однако эффективные способы ее решения не по-

лучили широкого распространения, в результате чего на территории нефтегазового комплекса Западной Сибири остаются тысячи шламовых амбаров, подлежащих рекультивации.

Современный регламент рекультивации предполагает засыпку емкости амбаров любым грунтом, последующую планировку (технический этап) и культивирование занятой амбарами территории различными видами растений (биологический этап) [1, 2]. При этом, несмотря на трудоемкость данной технологии, задач действительного восстановления промышленно нарушенных природных экосистем она не решает, поскольку выполняет лишь функцию длительного захоронения возможных токсичных компонентов и не исключает их миграцию на прилегающие территории

каждого конкретного ландшафта, в том числе и водной его системы.

В практике известны и другие технологии рекультивации [3], в основном направленные на совершенствование технического этапа. Из способов биологической направленности, как менее затратных и высокопроизводительных, наибольший интерес представляет лесная рекультивация [4, 5]. Она предусматривает выполнение технического этапа, состоящего из подготовки условий для выращивания древесных и аборигенных видов травянистых растений, их роста и развития на рекультивируемой площади с целью постепенной нейтрализации возможных токсических компонентов и их транслокации в составляющие биосферы как глобальной экосистемы.

Одновременно остаются открытыми вопросы утилизации отходов при безамбарном бурении скважин. Известны два типа технологий утилизации отходов при таком способе бурения [6]. Один из них (*ex situ*) основан на транспортировке отходов и последующей их обработке на специально оборудованных полигонах, другой (*in situ*) – на утилизации отходов непосредственно на месте происхождения, например в границах кустовых площадок. Первый тип технологий, возможно, надежнее, но он чрезвычайно трудоемкий и поэтому сопряжен с низкой производительностью труда и большими материально-энергетическими затратами. Другой способ (*in situ*) менее затратный, но результаты его нельзя считать эффективными. По-видимому, это связано с недостаточным организационно-методологическим обоснованием предпринимаемых попыток разработки эффективных технологий.

В любом случае можно предположить, что степень токсичности отходов бурения будет варьировать в очень широких пределах. В свою очередь, это будет определять сложность рекультивационных мероприятий, т. е. уровень производительности труда и материально-энергетических затрат.

В этой связи цель данной работы – предварительная оценка технологического и геохимического состояния шламовых амбаров или “свежих” отходов при безамбарном бурении скважин.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объекта исследований выбраны 10 шламовых амбаров 25–29-летней давности, равномерно расположенных на повышенных элементах рельефа территории Мамонтовского месторождения нефти ОАО “РН-Юганскнефтегаз” в Нефтеюганском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Организация наблюдений состояла в прокладке трансект местоположения кустовых площадок относительно нулевого уровня, определения линейной и угловой конфигурации амбаров посредством навигатора системы GPS с целью определения орографического положения и площади территории, занятой амбарами. Далее проводилась оценка их технологического состояния по признакам обводненности и замазученности водной поверхности, ландшафтного состояния амбаров и прилегающей к ним территории. Отобраны образцы водной фазы и донных отложений содержимого амбаров, проведены их химический анализ, интегральная оценка токсичности и класса опасности посредством биотестирования. Химический анализ образцов включал определение содержания углеводородов (УВ), ионного и элементного состава водной фазы и донных отложений амбаров, концентрации радиоактивных элементов.

Общее содержание УВ определяли гравиметрическим методом гексановой экстракцией (ЕРА 1005, 1006). Очистку вытяжки от природных полярных веществ проводили на силикагеле. Ионный состав солей водной фазы и донных отложений шламовых амбаров, почв и природных вод определяли на ионном хроматографе Metrohm 761 Compact IC. Во всех образцах определены рН. Тяжелые металлы и некоторые другие элементы определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе Optima 2000 DV (Perkin Elmer Instruments, США). Радиоактивный фон донных отложений содержимого амбаров определяли на сцинтилляционных спектрометрах МКС-1315АТ, МКС-1309АТ γ -спектрометрическим методом. В качестве детектора γ -излучения использовался детектор с кристаллом натрий-

ТАБЛИЦА 1

Содержание нефтяных углеводородов в водной фазе и донных отложениях шламового амбара

Амбары	Содержание	
	Фон	Опыт
<i>Водная фаза, мг/л</i>		
8МА	0.6	1.4
83Б левый	0.9	3.2
83Б правый	0.9	1.6
<i>Донные отложения, мг/кг</i>		
8МА	0.7	3.5
60А	1.8	496
83Б левый	0.67	197
110 правый	1.3	95

Примечание. Под фоном понимаются пробы поверхностных вод, донных отложений и почв, отобранные на близлежащих относительно незагрязненных природных территориях, в естественных водоемах и водотоках.

йод с энергетическим разрешением для радионуклида ^{137}Cs , равным 661.6 кэВ. Погрешности определения концентрации радионуклидов составляли в среднем 20 %. Содержание радионуклидов (^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th) определяли по наиболее интенсивным линиям γ -излучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что технологическое состояние амбаров различно, но в основном характеризуется их высокой оводненностью и слабым зарастанием аборигенными видами растений. Это связано с высоким содержанием нефти на поверхности водной фазы, что препятствует естественному испарению влаги. Ситуация усугубляется региональными условиями гумидного климата средней тайги Западной Сибири.

Выявленное разнообразие прослеживается и по химическому составу водной среды и донных отложений. Так, в водной фазе концентрация УВ в 1.5–4 раза больше по сравнению с природными водами, а в отдельных случаях и гораздо выше (табл. 1). В донных отложениях шламовых амбаров содержание УВ по шкале Пиковского [7] соответствует уровню повышенного фонового содержания нефтепродуктов в почвах (100–500 мг/кг), однако существенно превышает предельно допустимый уровень (20 мг/кг) [8] для донных отложений естественных водных объектов, при котором происходит выраженное обеднение и угнетение донных экосистем.

ТАБЛИЦА 2

Ионный состав водной фазы и донных отложений шламовых амбаров

Амбары	Содержание			
	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	Ca^{2+}
<i>Водная фаза, мг/л</i>				
ЗМБ*	1.0	3.0	1.0	4.2
ЗМБ левый	17.7	6.0	9.7	16.5
ЗМБ правый	777	36.0	483	1.7
83Б*	7.6	0.4	4.7	3.8
83Б левый	43.8	3.2	37.2	8.4
83Б правый	16.2	1.7	15.1	5.5
<i>Донные отложения, мг/кг</i>				
ЗМБ*	19.2	8.6	18.8	19.1
ЗМБ левый	10.5	3.5	13.3	11.3
ЗМБ правый	65.3	15.8	47.0	17.0
83Б*	6.7	3.4	22.9	16.4
83Б левый	21.9	3.9	0.9	10.8
83Б правый	7.5	6.3	23.5	9.0

Примечание. Для амбаров ЗМБ, 83Б приведены фоновые значения, для остальных – полученные экспериментальным путем (опыт).

ТАБЛИЦА 3

Содержание отдельных тяжелых металлов
в донных отложениях шламовых амбаров, мг/кг

Амбары	Ni	Zn	Cu	V
ЗМБ	20/31	39/48	12.7/19	40/52
8МА	16.7/25	38/41	8.6/15.8	30/29
119	17.4/22	37/37	9.9/10.9	31/42

Примечание. Здесь и в табл. 4: первое значение – фон, второе – опыт.

Высокое содержание высокомолекулярных УВ в отдельных амбарах может быть обусловлено рядом причин. Так, до недавнего времени сырая нефть в объеме 1.5–2.0 % добавлялась в буровые растворы для облегчения процесса бурения скважин. Естественно, эта нефть попадала в отходы, где после испарения легких фракций на поверхности водной фазы оставались ее тяжелые фракции. Иногда нефть попадает в отходы и с подтоварными водами, которые используются при создании пластового давления. Кроме того, обычные амбары зачастую эксплуатируются в качестве технологических при капитальном ремонте скважин. Необходимо уточнить, что все эти источники УВ характерны только для шламовых амбаров многолетней давности. Новые амбары могут содержать нефть только в случае аварийных ситуаций.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что концентрация ионов в водной фазе, наоборот, в 1.5–3 раза превышает их концентрацию в донных отложениях. При этом различное содержание ионов наблюдалось для амбаров не только разных кустовых оснований, но и в пределах одной кустовой площадки. Необходимо отметить, что количественное содержание ионов в некоторой степени зависит от их природного фона, за исключением ионов Na, K, Cl, SO₄ и Ca. Заслуживает внимания факт повышенных концентраций ионов Na, K и Cl. Так, содержание ионов Cl в донных отложениях для амбаров разных кустовых площадок различается в 17 раз, ионов K – в 300 раз. Содержание ионов Cl в водной фазе для разных амбаров различается в 157 раз, по Na – в 32 раза. Даже в пределах одной кустовой площадки (амбар ЗМБ) содержание хлора в донных отложениях для двух амбаров

различается в 6 раз, а в водной фазе – в 44 раза по Cl, в 50 раз – по Na, с положительной корреляцией по содержанию других ионов (см. табл. 2). При этом повышенное содержание катионов служило причиной увеличения рН содержимого амбаров на 1–3 ед. Заметное увеличение содержания ионов Na и Cl отмечается иногда в почве и поверхностных водах на расстоянии до 20 м от обваловки амбаров. Несистемное (в пределах 10 %) повышенное содержание отдельных ионов, особенно хлоридов, может быть следствием аварий в процессе бурения на глубине сеноманских отложений или результатом засоления близлежащих территорий подтоварными водами.

Концентрация 15 исследуемых элементов в водной среде амбаров оказалась незначительной (табл. 3). Их валовое содержание в донных отложениях было на два порядка выше по сравнению с водной фазой, по видимому, из-за образования комплексов с компонентами илистой фракции отходов бурения [9]. Наше предположение о значительном увеличении содержания никеля и ванадия в донных отложениях вследствие их повышенного содержания в нефти (и, соответственно, в тяжелых фракциях) подтвердилось только для ванадия, причем в отдельных случаях. В целом валовое содержание исследуемых элементов было ниже ПДК и ОДК, принятых для усредненной почвы [10, 11].

Установлено, что практически для всех амбаров донные отложения по радиоактивности отдельных элементов сопоставимы с почвами (фон) территорий, расположенных в 100–150 м от обваловки амбаров (табл. 4). Исключение составляет кустовая площадка 8МА, где наблюдалось увеличение концентрации ⁴⁰K с 288 до 624 Бк/кг. Как следствие, общая радиоактивность донных отложений для этой площадки возросла в 1.5 раза по

ТАБЛИЦА 4

Содержание радиоактивных элементов
в донных отложениях амбаров, Бк/кг сырой массы

Амбары	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th	Общий фон
83Б правый	511/492	54/43	19/86	708/645
119	541/484	34/78	17/18	712/608
8МА правый	288/624	52/16	28/20	446/685

Примечание. См. табл. 3.

сравнению с фоном. При этом для некоторых амбаров наблюдалось увеличение радиоактивности относительно фона: по ^{232}Th более чем в 4 раза (амбар 83Б правый), по ^{232}Ra – в 2 раза (амбар 119) (см. табл. 4).

В целом из 10 обследованных объектов высокая токсичность (III класс опасности) выявлена только для двух амбаров. В случае амбара 3МБ (правый) она обусловлена наличием хлоридов, а в случае амбара 60А – высоким содержанием УВ, о чем свидетельствуют результаты биотестирования. Другие амбары по токсичности отнесены к IV (50 %) и нетоксичному V (30 %) классам опасности.

ВЫВОДЫ

1. Технологическое и геохимическое состояние содержимого исследуемых шламовых амбаров варьирует в широких пределах и, соответственно, характеризуется различной степенью токсической опасности, что подтверждается данными биотестирования.

2. Высокая токсичность водной фазы и донных отложений амбаров обусловлена преимущественно наличием нефтяных углеводородов и хлоридным засолением. Утилизация углеводородов – проблема чисто технического характера, а эффективная нейтрализация хлоридов пока остается прерогативой будущих научно-производственных исследований.

3. Предварительная оценка технологического и геохимического состояния шламовых амбаров позволяет выявить значительное число нетоксичных по своему содержимому амбаров (до 30 %). Их рекультивация может ограничиться вспомогательным возобновлением аборигенной растительности, т. е. биологическим этапом, а это позволяет уменьшить материально-энергетические затраты и ускорить реабилитацию промышленно нарушенных природных экосистем.

4. На основе детальной характеристики технологического и геохимического состояния

шламовых амбаров установлено, что до 50 % амбаров относится к IV классу токсической опасности. Это предопределяет возможность многовариантных способов их рекультивации.

Полученные результаты по токсическому разнообразию содержимого амбаров предопределяют дифференцированный подход к рекультивации шламовых амбаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Биотехнологические методы ликвидации загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами. Обзорная информация // Нефтяная и газовая промышленность. Сер. Защита от коррозии и охрана окружающей среды. М., 1993. 24 с.
- 2 Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем: Сб. науч. тр. М.: Наука, 1988. 253 с.
- 3 Маркина И. Г. Влияние буровых отходов нефтяных и газовых скважин на свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 1989. 24 с.
- 4 Баранник Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск: Наука, 1988. 85 с.
- 5 Методическое руководство по рекультивации шламовых амбаров без засыпки на территории лесного фонда Российской Федерации в средне-таежной подзоне Западной Сибири. Федеральное Агентство лесного хозяйства. М., 2005. 38 с.
- 6 Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами: Справочник / Международный научный центр новых технологий по промышленному развитию. М.: Изд-во РЕФИА и НИА – Природа, 183 с.
- 7 Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993.
- 8 Постановление Правительства Ханты-Мансийского АО – Югры от 10.11.2004 № 441-п “Предельно допустимый уровень (ПДУ) содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов на территории Ханты-Мансийского автономного округа”.
- 9 Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 226 с.
- 10 Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511–09 “Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве” (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 18.05.2009 г. № 32).
- 11 Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06 “Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве” (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19.01.2006 г.)