

АСПЕКТЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ В ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Е.И. Ковалева, М.В. Гучок, С.С. Ледовских, В.В. Демин

МГУ им. М.В. Ломоносова,

АНО "Экспертно-аналитический центр по проблемам окружающей среды "Экотерра""

Рассмотрены возможности вовлечение буровых шламов в процессы функционирования экосистемы в качестве почвообразующих пород и почвоподобных тел (органолитостраты, конструктороземы). Проведены модельные эксперименты с буровыми шламами и модельными смесями, в состав которых входил песок, кизельгур, торф, фосфогипс, цемент и нефтепродукты. Для оценки свойств смесей и их возможного воздействия на компоненты природной среды использовался водный миграционный показатель. Установлено, что оптимальным соотношением компонентов при конструировании почвоподобных тел является следующее: буровой шлам (не более 70 %), песок (не менее 20 %), кизельгур (не менее 4 %) при содержании нефтепродуктов не более 50 г/кг. Оптимизация свойств буровых шламов позволит конструировать почвоподобные тела, которые будут органично встраиваться и функционировать в экосистеме. Ограничениями в применении новообразуемых субстратов является содержание легкорастворимых солей — хлоридов, которые не поддаются регулированию и на сегодняшний день не нормируются в почвах и грунтах.

Ключевые слова: отходы бурения, буровой шлам, кизельгур, фосфогипс, утилизация (переработка) отходов, почвообразование, почвоподобные тела, органолитостраты, конструктороземы

Aspects of Drilling Waste Involvement in Soil Formation Process

E.I. Kovaleva, M.V. Guchok, S.S. Ledovskih, V.V. Demin

M.V. Lomonosov Moscow State University, 119991 Moscow, Russia,

ANO "Center Ecoterra", 119991 Moscow, Russia

Considered the possibilities of drill cuttings involvement in the processes of ecosystem functioning as parent material and soil-like materials (organolithostrates, constructozems). Model experiments were carried out with drilling waste and model mixtures that included sand, kieselgur, peat, phosphogypsum, cement and crude oil. To assess the properties of mixtures and their possible impact on the components of the environment, a water migration index was used. We revealed that optimal ratio of components in the construction design of soil-like materials was: drill cuttings (not more than 7 %), sand (not less than 20 %), kieselgur (not less than 4 %) with content of total petroleum hydrocarbon not more than 50 g/kg. Optimization of drill cutting properties let us design soil-like ground that could be organically integrate and function in the ecosystem. Restrictions on the use of newly formed substrates are the content of highly soluble salts – chlorides, which are not amenable to regulation and are not standardized in soils and grounds today.

Keywords: drilling waste, drill cuttings, kieselgur, phosphogypsum, waste treatment, soil formation, soil-like materials, organolithostrates, constructozems

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-08-20-25

Бурение скважин по добыче нефти и газа приводит к образованию значительного объема отходов бурения (ОБ), состоящих из веществ, состав которых сходен с составом земной коры, однако некоторые их свойства не допускают вторичного использования. В состав ОБ входят буровые шламы (БШ), твёрдый осадок отработанного бурового раствора (ОБР) и частично буровые сточные воды (БСВ). БШ, составляющий основную часть отхода, представляет собой смесь выбуренной горной породы с ОБР, тех-

ногенно-перемещенную на дневную поверхность земли, измененную механически в процессе кольматации горной породы, загрязненную химическими веществами ОБР и БСВ. БШ содержат тонкодисперсные частицы выбуренных пород и глинистые компоненты, на которых сорбируются загрязняющие вещества из выбуренной породы и ОБР.

Твердая фаза БШ сходна с природными глинистыми породами, что создает потенциальную возможность для использования их при конструировании почвоподобных объектов. Одна-

ко БШ обладают отрицательными водно-физическими (бесструктурность, слабая фильтрационная способность, сильная набухаемость при увлажнении) и химическими (рН, концентрация нефтепродуктов, хлоридов, тяжелых металлов) свойствами [1]. Кроме того, БШ содержат тонкодисперсные частицы выбуренных пород и глинистые компоненты, на которых сорбируются загрязняющие вещества из выбуренной породы и ОБР.

Вовлечение БШ в процессы функционирования экосистемы в качестве почвообразующих пород

и почв возможно только после оптимизации их химического состава и физических свойств. Преобразование свойств БШ возможно путем добавления:

1) структурирующих компонентов, снижающих влажность БШ, изменяющих гранулометрический состав, придающих благоприятные водно-физические свойства отходу и увеличивающих его порозность, водопроницаемость, а также снижающих концентрацию загрязняющих веществ за счет разбавления;

2) сорбирующих компонентов, уменьшающих подвижность загрязняющих веществ за счет различных механизмов связывания;

3) мелиорирующих компонентов, изменяющих реакцию среды отходов бурения и связывающих металлы путем их осаждения.

Таким образом, добавление определенных компонентов к отходам бурения позволяет формировать смеси в виде новых субстратов — конструкторземов [2].

Согласно [3], искусственные смеси органического и минерального материала формируют новые сконструированные субстраты, почвоподобные тела, которые после проведения рекультивационных работ классифицируются как органолиностраты. Сложившаяся система генетического почвоведения позволяет развивать новые направления, такие как формирование сконструированных почвоподобных тел, их функционирование с использованием методов моделирования. Примером развития этого направления может быть формирование субстратов (конструкторземов) из БШ путем оптимизации их свойств добавлением материалов — мелиорантов. Конечной целью таких образований является использование отходов, снижение их токсичных свойств, получение экологически безопасного субстрата (конструкторзема), органично встраивающегося в экосистемы и способного поддерживать экологические свойства с последующим формированием органолиностратов.

Органолиностраты (искусственные смеси), находясь на поверхности земли и функционируя в экосистеме, не являются почвами в докучаевском смысле этого понятия, поскольку в них

Характеристика бурового шлама и почв
Characteristics of drilling wastes and soil

Показатель	Значения		Стандартное отклонение	Кларк химического элемента в почвах*
	Интервал	Среднее		
Содержание, мг/кг:				
нефтепродуктов	70,6–21754,9	7697,5	7044,9	–
хлорид-ионов	525,1–25400,0	10755,8	8,34	–
кремния	197632,4–344540,0	263310,0	51456,8	330000
кальция	6541,0–506321,3	117114,4	173512	13700
калия	17707,1–54188,0	31707,4	14108,7	13600
железа	18733,9–36928,2	29771,5	5956,15	38000
алюминия	17687,0–46008,0	31227,3	9962,5	71300
магния	4299,4–9474,8	6073,7	2154,8	6300
серы	56,6–9651,8	3483,0	3118,5	800
натрия	426,3–7590,7	2529,1	2412,2	6300
бария	88,0–2858,8	559,5	1026,2	500
фосфора	249,5–851,0	522,9	229,5	800
марганца	400,6–669,5	520,9	86,3	850
цинка	41,0–220,0	93,9	62,4	50
ванадия	20,8–64,5	40,9	17,5	100
хрома	27,3–87,2	52,3	23,06	5
меди	20,1–39,3	28,0	8,25	20
никеля	19,5–40,5	29,2	7,5	40
бора	0,0–58,7	24,8	20,3	10
свинца	8,8–39,1	19,0	10,5	10
стронция	3,4–118,3	27,2	40,6	300
кобальта	6,5–11,3	8,8	1,9	8
мышьяк	2,6–10,1	5,8	2,8	5
молибдена	0–12,4	3,3	4,7	2
кадмия	0,2–1,3	0,45	0,41	0,5
pH, ед. pH	7,9–10,8	9,3	0,99	–
Сухой остаток, г/кг	1,0–51,4	26,9	17,0	–

*По данным А.П. Виноградова.

еще не сформировались генетические горизонты, для возникновения которых требуется время и ряд факторов [3]. В результате антропогенных преобразований и естественных факторов почвообразования профиль органолиностратов будет создавать систему горизонтов, характеризующихся собственным "характерным временем" формирования [4], не имеющих аналогов среди естественных почв, но в то же время выполняющих экологические функции, присущие естественным почвам [5].

Утилизация отходов путем изменения их свойств и формирования субстратов (конструкторземов), совместимых с биосферой, совпадает с приоритетными направлениями государственной политики в области обращения с отходами. Согласно Федеральному закону [6] утилизация отходов — использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказа-

ния услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация). Статья 3 Федерального закона [6] к приоритетным направлениям государственной политики в области обращения с отходами в Российской Федерации относит максимальное использование исходных сырья и материалов, предотвращение образования отходов, сокращение образования отходов и снижение класса опасности отходов в источниках их образования, обработка отходов, утилизация отходов, обезвреживание отходов. Целенаправленное конструирование субстратов — почвоподобных тел, вовлечение их в функционирование экосистем предотвратит нарушение, за-

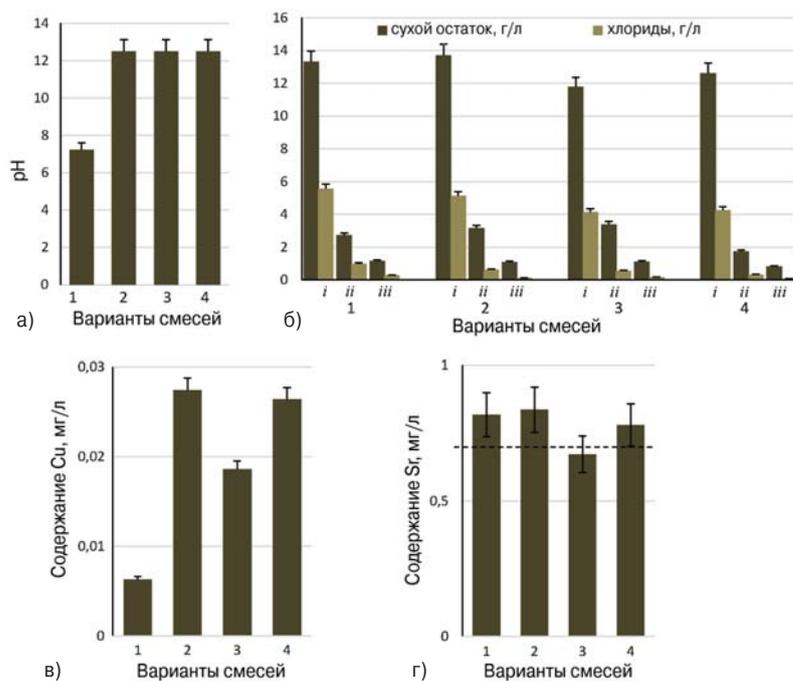


Рис. 1. Динамика химического состава фильтратов после обработки БШ и вариантов смесей на его основе, %:

1 – 100 БШ; 2 – 70 БШ + 18 песка + 10 Кг + 2 цемента; 3 – 60 БШ + 30 песка + 8 Кг + 2 цемента; 4 – 50 БШ + 42 песка + 6 Кг + 2 цемента; i, ii, iii – партии фильтрата

Fig. 1. Dynamics of the chemical composition of leachates after DW treatment and variants of mixtures based on it, %:

1 – 100 DW; 2 – 70 DW + 18 sand + 10 Kg + 2 cement; 3 – 60 DW + 30 sand + 8 Kg + 2 cement; 4 – 50 DW + 42 sand + 6 Kg + 2 cement; i, ii, iii – filtrate batches

хламление земельных участков БШ и сопредельных сред.

Ряд проблем связан с тем, что критерии и подходы к оценке уровня поступления содержания загрязняющих веществ в почвенный раствор отсутствуют, а нормативы для подземных вод, не используемых для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также грунтовых вод не устанавливаются [7].

Цель настоящей работы — оценить эффективность внесения добавок в разных соотношениях к БШ с целью формирования экологически безопасного субстрата (конструктозема), который мог бы классифицироваться как органолитострат и встраиваться в процессы функционирования экосистемы.

Объекты и методы

Объектами исследования послужили БШ, отобранные от текущего бурения на месторождениях добычи нефти ХМАО-Югры, а также модельные смеси, приготовленные из БШ. Отбор проб БШ был проведен в соответствии с ПНД Ф 12.1:2.2.2.3:3.2 "Методические

рекомендации по отбору проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления". В ходе исследований был определен количественный химический состав 15-ти проб буровых шламов (см. таблицу).

Эффект воздействия добавок на химический состав и свойства смесей рассматривали во временной динамике. Изучался чистый БШ, торф, песок и БШ в смеси с добавками в следующих соотношениях, объемные %: 50–75 буровой шлам; 18–47 песок; 0–13 торф; 0–2 фосфогипс; 0–2 цемент; 2–10 кизельгур. Содержание нефтепродуктов в смеси составляет 5,5–50 г/кг. В экспериментах в качестве добавок использованы: песок для разбавления концентрации загрязняющих веществ и улучшения физических свойств бурового шлама; кизельгур и торф в качестве сорбентов, фосфогипс — для стабилизации реакции среды и улучшения физических свойств; цемент как вяжущая добавка.

Торф природный слабой степени разложения, отобран с

территории ХМАО-Югры. Применялся для увеличения сорбционной способности бурового шлама, т.е. удержания загрязняющих веществ в сорбированном состоянии за счет высокого содержания органического вещества, а также для снижения влажности бурового шлама, увеличения его кислотности.

Кизельгур (Кг) — руда, состоящая из осадочной горной породы, основа которой — остатки диатомовых водорослей, характеризуется пористой структурой, малой плотностью и большой площадью поверхности [8]. Цемент использовался как компонент, способный к связыванию нефтепродуктов, хлоридов [9]. Фосфогипс (ФГ) — минеральный отход производства фосфорных удобрений, характеризуется кислой реакцией среды, пригоден для нейтрализации избыточной щелочности БШ.

Для оценки транслокации загрязняющих веществ из модельных смесей в водную среду был выполнен эксперимент с использованием водного миграционного показателя. Смеси укладывались в мешочки из сетчатого водонепроницаемого инертного материала и помещались в стеклянные сосуды объемом 3,5 л. В сосуд подавалась дехлорированная водопроводная вода в объеме, равном годовому количеству атмосферных осадков (547 мм), выпадающих в районах нефтедобычи Западной Сибири [10]. Объем воды был рассчитан исходя из площади модельного сосуда и модельной смеси, помещенной в него, и составил 4,5 л. Вода подавалась в сосуд порциями и сливалась из сосуда через 5 суток, а сосуд заполнялся новой порцией воды. В качестве контроля использовали дехлорированную воду. В каждой порции воды (далее по тексту фильтрат), собранной в эксперименте, определяли pH, сухой остаток, нефтепродукты, тяжелые металлы, марганец, стронций, барий, хлориды, сульфаты.

Содержание нефтепродуктов определялось методом газовой хроматографии в соответствии с ГОСТ 31953-2012; валовое содержание металлов — методом масс-спектрометрии с ионизацией в индуктивно связанной плазме в соответствии с ЦВ 3.18.05-2005 (ФР.1.31.2005.01714); содер-

жание сульфат-, хлорид-ионов — методом ионной хроматографии в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.4.132-98; определение pH и сухого остатка в пробах фильтрата — электрометрическим методом в соответствии с РД 52.24.495-2005.

Результаты и обсуждение

Химический состав БШ — исходного субстрата для модификации — представлен элементами, которые входят в состав минералов (алюминий, кремний, железо) в количестве 90 % и более и близок к составу почв (см. таблицу). Среди остальных элементов бурового шлама преобладают калий, натрий, кальций, магний, хлориды, сульфаты. Близкие данные по составу БШ приведены в работе [11].

Содержание тяжелых металлов, стронция, бария, ванадия варьирует и зависит от способа бурения и состава горных пород, но не превышает 0,5 % массы отхода; pH БШ характеризуется большим разбросом и зависит от способа бурения.

Фильтрат, полученный в эксперименте с чистым БШ, характеризовался нейтральными значениями pH ($7,24 \pm 0,3$); сухой остаток составлял 15,2 — 21,7 г/л обранного фильтрата при пропускании воды, равном годовому объему осадков (рис. 1).

Добавление 2 % цемента к смеси, приготовленной из БШ, песка, кизельгура в любых соотношениях, устойчиво сдвигало значения pH фильтрата в щелочные значения pH ($12,4 \pm 0,2$) (рис. 1, а). Сухой остаток в фильтратах смесей изменялся в диапазоне 15–18 г/л, третья часть которого приходилась на долю хлоридов (4,5–6 г/л). 90 % химических веществ, выделяющихся из смесей, поступало в первую партию фильтрата (рис. 1, б).

Содержание катионов меди в составе фильтрата из смесей с цементом увеличивалось до 6 раз по сравнению с фильтратом из БШ (рис. 1, в) несмотря на разбавление проб БШ песком и добавление сорбента. В присутствии сульфатов, карбонатов в щелочных условиях ($\text{pH} = 7,5 \div 9,5$) должны образовываться малоподвижные соединения меди и других металлов [12]. Од-

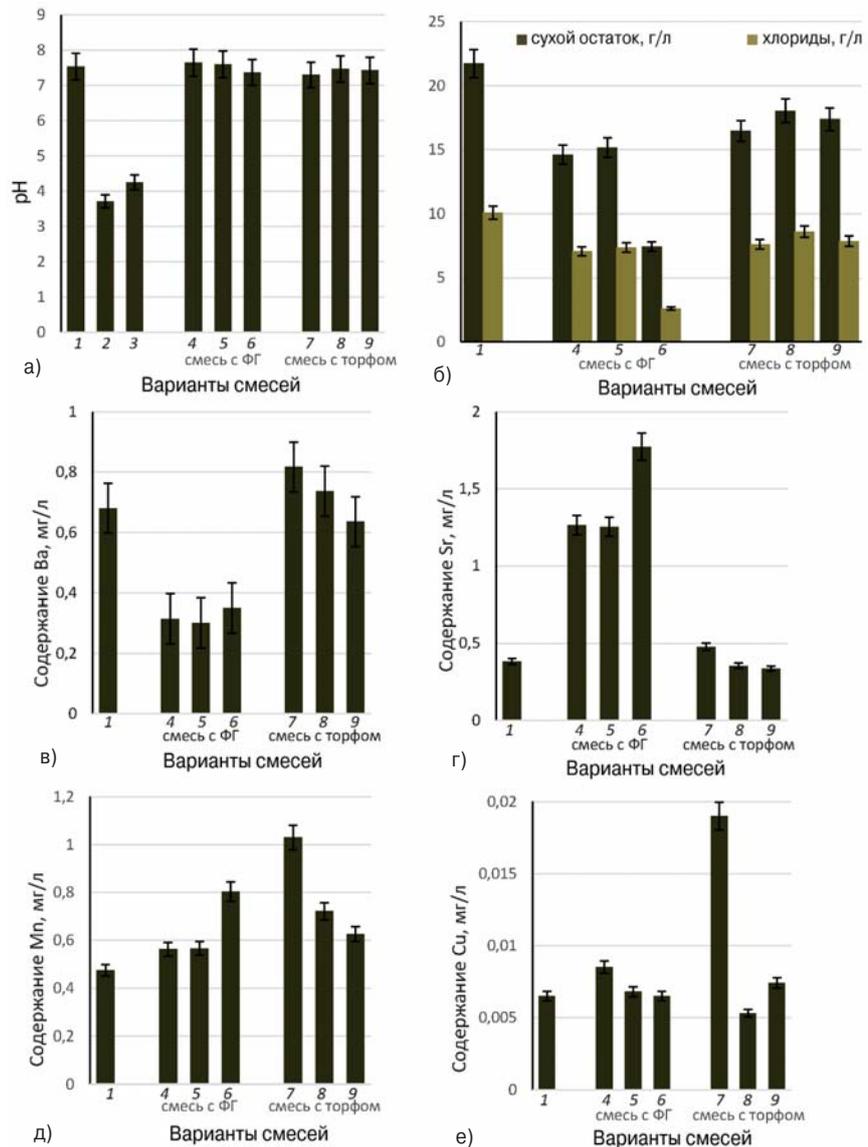


Рис. 2. Состав фильтратов из бурового шлама и варианты смесей с торфом и фосфогипсом, %:

1 – 100 БШ; 2 – 100 торфа; 3 – 100 ФГ; 4 – 50 БШ + 47 песка + 2 Кг + 1 ФГ; 5 – 60 БШ + 36 песка + 3 Кг + 1 ФГ; 6 – 70 БШ + 25 песка + 4 Кг + 1 ФГ; 7 – 60 БШ + 25 песка + 2 Кг + 13 торфа; 8 – 70 БШ + 20 песка + 3 Кг + 7 торфа; 9 – 75 БШ + 16 песка + 4 Кг + 5 торфа

Fig. 2. Composition of filtrates from drilling wastes and options for mixtures with peat and phosphogypsum, %:

1 – 100 DW; 2 – 100 peat; 3 – 100 DS; 4 – 50 DW + 47 sand + 2 Kg + 1 DS; 5 – 60 DW + 36 sand + 3 Kg + 1 DS; 6 – 70 DW + 25 sand + 4 Kg + 1 DS; 7 – 60 DW + 25 sand + 2 Kg + 13 peat; 8 – 70 DW + 20 sand + 3 Kg + 7 peat; 9 – 75 DS + 16 sand + 4 Kg + 5 peat

нако в наших экспериментах сильно щелочные значения $\text{pH} = 12 \div 13$ вызывают образование растворимых комплексов меди(II) типа $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и $\text{CuO}_2 \cdot 2$ [13], что резко увеличивает поступление меди в фильтрат из субстратов, содержащих цемент. Присутствие меди в виде отрицательно заряженных комплексных ионов снижает вероятность связывания ионов в результате сорбции на поверхности глинистых частиц субстрата.

В сильно щелочных условиях стронций ведет себя аналогично меди: подвижность стронция увеличивается в диапазоне $\text{pH} = 11,9 \div 12,7$ при добавлении цемента к БШ. Доля стронция в составе фильтратов из смесей была на уровне его содержания в фильтратах из БШ несмотря на разбавление бурового шлама песком при приготовлении смесей в два раза (рис. 1, г). В работе [14] показано, что максимальная сорбция стронция в почвах про-

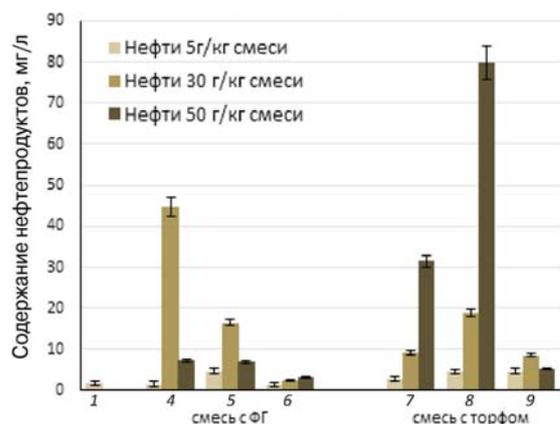


Рис. 3. Содержание нефтепродуктов в фильтра-тах из смесей на основе бурового шлама и кизельгура с различным исходным содержанием нефтепродуктов в БШ, %:

1 – 100 БШ; 4 – 50 БШ + 47 песка + 2 Кг + 1 ФГ; 5 – 60 БШ + 36 песка + 3 Кг + 1 ФГ; 6 – 70 БШ + 25 песка + 4 Кг + 1 ФГ; 7 – 60 БШ + 25 песка + 2 Кг + 13 торфа; 8 – 70 БШ + 20 песка + 3 Кг + 7 торфа; 9 – 75 БШ + 16 песка + 4 Кг + 5 торфа

Fig. 3. The content of petroleum products in the leachate of mixtures based on drilling wastes and diatomaceous earth with different initial content of petroleum products in the DW, %:

1 – 100 DW; 4 – 50 DS + 47 sand + 2 Kg + 1 DS; 5 – 60 DW + 36 sand + 3 Kg + 1 DS; 6 – 70 DW + 25 sand + 4 Kg + 1 DS; 7 – 60 DW + 25 sand + 2 Kg + 13 peat; 8 – 70 DW + 20 sand + 3 Kg + 7 peat; 9 – 75 DS + 16 sand + 4 Kg + 5 peat

исходит в области $pH = 10 \div 11$; при $pH < 2$ и $pH > 11$ степень поглощения резко снижается, что объясняет увеличение поступления стронция из смесей в фильтрат всех партий.

В работе [2] было обосновано добавление к БШ 20–30 % песка и 1–2 % фосфогипса для улучшения физических свойств буровых шламов, при котором водоудерживающая способность смесей закономерно падает, а водоотдача — возрастает, оптимизируются в сторону увеличения коэффициенты фильтрации. В наших исследованиях добавление фосфогипса (1 %) и торфа (5–13 %) без внесения цемента в смеси на основе БШ не приводило к сдвигу значений pH фильтрата (рис. 2, а). Наименьшими значениями pH характеризовалась смесь с добавлением 13 % торфа. Снижение значений сухого остатка в смесях происходило за счет разбавления БШ песком и добавками. Присутствие сорбента играло второстепенную роль и не влияло на снижение доли сухого остатка и хлоридов, поскольку соли представлены легкорастворимыми соединениями хлоридов (рис. 2, б).

Добавка к БШ фосфогипса и торфа — субстратов, создающих в растворах условия, близкие к слабокислым, — не приводит к значимым изменениям pH фильтратов, что указывает на значительную буферную емкость БШ. Добавление фосфогипса не снижает подвижность бария, но резко увеличивает содержание стронция в фильтрате, вероятно, из-за того что фосфогипс часто бывает обогащен этим элементом (рис. 2, б, в). В присутствии фосфогипса наблюдается небольшое увеличение подвижности марганца, в то время как подвижность меди практически не меняется (рис. 2, д, е).

Добавление в субстрат торфа в большинстве случаев (исключение стронций) вызывает увеличение подвижности металлов. Это, вероятно, можно объяснить наличием в торфе фульвокислот, которые в условиях реакции, близкой к нейтральной, могут формировать растворимые комплексы с ионами металлов [15, 16].

Результаты экспериментов показали, что присутствие кизельгура в искусственном субстрате снижает выход нефтепродуктов в фильтрат (рис. 3). При содержании нефтепродуктов в количестве 50 г/кг смеси добавка кизельгура в количестве 2, 3 и 4 объемных процентов приводила к снижению уровня содержания нефтепродуктов в растворе с 7,3, до 6,9 и 3,1 мг/л соответственно. Добавление к смеси торфа до 13 % при тех же концентрациях нефтепродуктов в субстрате приводила к резкому увеличению выхода нефтепродуктов в раствор несмотря на способность торфа связывать значительные количества углеводов. По нашим данным, разбавление БШ песком в количестве 20 % и более и добавление кизельгура давало наилучшие результаты. Сорбционные свойства кизельгура и его способность прочно удерживать нефтепродукты и металлы, вероятно, связана с его пористой структурой и, соответственно, большой площадью поверхности [6].

Заключение

Результаты модельных экспериментов показали, что добавление фосфогипса к БШ с целью формирования почвоподобных тел приводит к дополнительной

контаминации формируемого субстрата и, соответственно, к увеличению поступления загрязняющих веществ (меди, стронция) в омывающий субстрат раствор. В случае применения фосфогипса в рецептуре производства грунта следует контролировать водную вытяжку из грунта на содержание загрязняющих веществ и pH . Применение цемента даже в небольших количествах (1–2 %) приводит к сдвигу реакции среды в формируемом грунте в сильнощелочную область, что также сопровождается увеличением подвижности загрязняющих веществ. К увеличению подвижности ионов металлов может приводить и добавка в искусственный субстрат торфа из-за образования растворимых металл-органических комплексов.

Компонентом, улучшающим физические свойства БШ и разбавляющим и снижающим содержание загрязняющих веществ за счет разбавления, является песок. В качестве сорбента, удерживающего нефтепродукты и металлы, рекомендуется использовать кизельгур в количестве не менее 4 объемных процентов от доли бурового шлама в смеси. Уникальные сорбционные свойства кизельгура по отношению к нефтепродуктам позволяют перерабатывать БШ с высоким содержанием нефтепродуктов (до 50 г/кг грунта) и получать субстрат по экологической безопасности превосходящий субстраты, при конструировании которых использовались фосфогипс и торф. Моделирование смесей на основе БШ показало, что оптимальными компонентами при конструировании субстратов — почвоподобных тел — является БШ (не более 70 %), песок (не менее 20 %), кизельгур (не менее 4 %) при высоких концентрациях нефтепродуктов. Подобные почвоподобные тела смогут встраиваться в экосистему и в дальнейшем классифицироваться как органолитостраты. Ограничениями в применении новообразуемых субстратов является содержание легкорастворимых солей — хлоридов, которые не поддаются регулированию и не нормируются на сегодняшний день в почвах и грунтах.

Литература

1. Смагин А.В., Кольцов И.Н., Пепелов И.Л., Кириченко А.В., Садовникова Н.Б., Кинжаев Р.Р. Физическое состояние почвоподобных тонкодисперсных систем на примере буровых шламов. Почвоведение. 2011. № 2. С. 179–189.
2. Смагин А.В., Шоба С.А., Садовникова Н.Б. Методологические аспекты почвенного конструирования. Тр. IV Междунар. науч. экологической конференции "Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства". Краснодар, 2015. С. 7–17.
3. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва — память и почва — момент. Изучение и освоение природной среды. М., Наука, 1976. С. 150–164.
5. Добровольский Г. В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М., Наука, 1990. 262 с.
6. Федеральный закон от 24 июня 1998 № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления". [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения 05.06.2019).
7. Постановление Правительства РФ от 13 февраля 2019 № 149 "О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий". [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_318449/ (дата обращения 05.06.2019).
8. Taylor Jr., Harold A. Amer. Ceram. Soc. Bull. 1999. № 78 (8). P. 127–129.
9. Al-Ansary M.S., Al-Tabbaa A. Stabilisation/solidification of synthetic north sea drill cuttings. J Hazard Mater. 2007. № 141(2). P. 410–21.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Выпуск 17. Тюменская, Омская области. Санкт-Петербург, Гидрометиздат, 1998. 703 с.
11. Ягафарова Г.Г., Баракхниина В.Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов. М., Нефтегазовое дело, 2006. С. 45–50.
12. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М., Высшая школа, 1988. 328 с.
13. Амангусова Л.А., Захарова В.С., Калугин Ю.А. Изучение закономерностей извлечения меди и цинка из двухкомпонентных растворов. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6 (2). С. 277–281.
14. Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И. Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами. Свинец. Сер. Экология. Вып. 105. Новосибирск, ГПНТБ СО РАН, 2016. 123 с.
15. Мартынова М.В. Формы нахождения марганца, их содержание и трансформация в пресноводных отложениях (аналитический обзор). Экологическая химия. 2012. № 21(1). С. 38–52.
16. Дергачева М.И., Ковалева Е.И. Состав и свойства гуминовых кислот почв северной тайги Западной Сибири в пределах территории Сибирских Увалов. Матер. Третьего Междунар. полевого симпозиума Западно-Сибирских торфяников и цикл углерода: прошлое и настоящее, Ханты-Мансийск, 27 июня — 5 июля 2011. Ханты-Мансийск, 2011. С. 13–15.

References

1. Smagin A.V., Kol'tsov I.N., Pepelov I.L., Kirichenko A.V., Sadovnikova N.B., Kinzhaev R.R. Fizicheskoe sostoyanie pochvopodobnykh tonkodispersnykh sistem na primere buroyvkh shlamov. Pochvovedenie. 2011. № 2. S. 179–189.
2. Smagin A.V., Shoba S.A., Sadovnikova N.B. Metodologicheskie aspekty pochvennogo konstruirovaniya. Tr. IV Mezhdunar. nauch. ekologicheskoi konferentsii "Problemy rekultivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokozyaistvennogo proizvodstva". Krasnodar, 2015. S. 7–17.
3. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. Smolensk, Oikumena, 2004. 342 s.
4. Sokolov I.A., Targul'yan V.O. Vzaimodeistvie pochvy i sredy: pochva — pamyat' i pochva — moment. Izuchenie i osvoenie prirodnoi sredy. M., Nauka, 1976. S. 150–164.
5. Dobrovolskii G. V., Nikitin E.D. Funktsii pochv v biosfere i ekosistemakh (ekologicheskoe znachenie pochv). M., Nauka, 1990. 262 s.
6. Federal'nyi zakon ot 24 iyunya 1998 № 89-FZ "Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya". [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (data obrashcheniya 05.06.2019).
7. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 13 fevralya 2019 № 149 "O razrabotke, ustanovlenii i peresmotre normativov kachestva okruzhayushchei sredy dlya khimicheskikh i fizicheskikh pokazatelei sostoyaniya okruzhayushchei sredy, a takzhe ob utverzhdenii normativnykh dokumentov v oblasti okhrany okruzhayushchei sredy, ustanavlivayushchikh tekhnologicheskie pokazateli nailuchshikh dostupnykh tekhnologii". [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_318449/ (data obrashcheniya 05.06.2019).
8. Taylor Jr., Harold A. Amer. Ceram. Soc. Bull. 1999. № 78 (8). P. 127–129.
9. Al-Ansary M.S., Al-Tabbaa A. Stabilisation/solidification of synthetic north sea drill cuttings. J Hazard Mater. 2007. № 141(2). P. 410–21.
10. Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye. Vypusk 17. Tyumenskaya, Omskaya oblasti. Sankt-Peterburg, Gidrometizdat, 1998. 703 s.
11. Yagafarova G.G., Barakhniina V.B. Utilizatsiya ekologicheskii opasnykh buroyvkh otkhodov. M., Neftgazovoe delo, 2006. S. 45–50.
12. Glazovskaya M.A. Geokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh landshaftov. M., Vysshaya shkola, 1988. 328 s.
13. Amangusova L.A., Zakharova V.S., Kalugin Yu.A. Izuchenie zakonornostei izvlecheniya medi i tsinka iz dvukhkomponentnykh rastvorov. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2015. № 6 (2). S. 277–281.
14. Putilina V.S., Galitskaya I.V., Yuganova T.I. Sorbtionnye protsessy pri zagryaznenii podzemnykh vod tyazhelymi metallami i radioaktivnymi elementami. Svinets. Ser. Ekologiya. Vyp. 105. Novosibirsk, GPNTB SO RAN, 2016. 123 s.
15. Martynova M.V. Formy nakhozhdeniya margantsa, ikh sodержanie i transformatsiya v presnovodnykh otlozheniyakh (analiticheskii obzor). Ekologicheskaya khimiya. 2012. № 21(1). S. 38–52.
16. Dergacheva M.I., Kovaleva E.I. Sostav i svoystva guminyvkh kislot pochv severnoi taigi Zapadnoi Sibiri v predelakh territorii Sibirskikh Uvalov. Mater. Tret'ego Mezhdunar. polevogo simpoziuma Zapadno-Sibirskikh torfyanikov i tsikl ugleroda: proshloe i nastoyashchee, Khanty-Mansiisk, 27 iyunya — 5 iyulya 2011. Khanty-Mansiisk, 2011. S. 13–15.

Е.И. Ковалева — канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991 Россия, г. Москва, Ленинские горы 1, стр.12, e-mail: ekaterina.kovaleva@soil.msu.ru • М.В. Гучок — канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, e-mail: m_guchok@mail.ru • С.С. Ледовских — вед. специалист, АНО "Экспертно-аналитический центр по проблемам окружающей среды "Экотерра", 119899 Россия, г. Москва, Ленинские горы, Научный парк МГУ, вл. 1, стр. 77, офис 401-А, e-mail: stachers710@gmail.com • В.В. Демин — канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник, МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991 Россия, г. Москва, Ленинские горы 1, стр.12, e-mail: vvd.msu@gmail.com

E.I. Kovaleva — Cand. Sci. Biology, Senior Research Fellow, M.V. Lomonosov Moscow State University, 119991 Russia, Moscow, Leninsky Gory 1, bld. 1, e-mail Ekaterina.kovaleva@soil.msu.ru • M.V. Guchok — Cand. Sci. Biology, Senior Research Fellow, e-mail: m_guchok@mail.ru • S.S. Ledovskikh — Head Researcher, ANPO "Think Tank on the problems of environment "Ecoterra", 119991 Russia, Moscow, Leninsky Gory Scientific Park of MSU 1, bld. 77, office 401-A, e-mail: stachers710@gmail.com • V.V. Demin — Cand. Sci. Biology, Leading Research Fellow, M.V. Lomonosov Moscow State University, 1, build. 12 Leninsky Gory, Moscow, Russia, e-mail: vvd.msu@gmail.com