

ИССЛЕДОВАНИЯ ВАЛОВОГО СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТАХ НА ОСНОВЕ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова, Л. Н. Скипин

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный
университет», Тюмень, Россия*

Ключевые слова: буровой шлам; валовое содержание тяжелых металлов; глауконит; диатомит; минералогический и гранулометрический составы.

Аннотация: Представлены исследования физико-химических показателей буровых отходов, влияющих на трансформацию валовых содержаний тяжелых металлов в техногенных грунтах на основе буровых шламов при внесении природных минеральных сорбентов. Анализ минералогического состава бурового шлама показывает высокое содержание кальцита, плагиоклаза, кварца и калийного полевого шпата. Отмечено, что отходы, образованные в процессе бурения нефтяных скважин с применением солевого раствора с добавлением биоразлагаемых полимеров, полимер-глинистого и ингибированного полимер-глинистого буровых растворов, относятся к суглинку среднему, буровые шламы с применением раствора на углеводородной основе – к глине тяжелой. Исследования валовых тяжелых металлов показали, что концентрации большинства изучаемых элементов в образцах буровых растворов не достигали нижних пределов диапазонов измерений используемых методик.

Введение

Процесс строительства нефтяных скважин сопровождается применением материалов и химических реагентов различной степени экологической опасности. При проводке скважин используются буровой раствор, необходимый для удаления продуктов разрушения проходимых пород с забоя, охлаждения породоразрушающего инструмента, предупреждения и ликвидации осложнений, вскрытия продуктивных пластов [1].

Гаевая Елена Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность»; Тарасова Светлана Сергеевна – ассистент кафедры «Техносферная безопасность», e-mail: tarasovass@tyuiu.ru; Скипин Леонид Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия.

В процессе бурения скважин происходит трансформация горной породы в отходы бурения. В результате образуются жидкая фаза отходов бурения – буровые сточные воды и отработанный буровой раствор, твердая фаза – буровой шлам [2].

Буровой раствор является поликомпонентной смесью веществ. В состав бурового раствора входят: глинопорошок бентонитовый модифицированный (ПБМА, ПБМВ) или палыгорскитовый (ППБ); сода каустическая (гидроокись натрия, едкий натр); низковязкая и высоковязкая полианионная целлюлоза (ПАЦ-Н, ПАЦ-В); низкомолекулярный (низковязкий) полиакриламид (ПАА-Н); высокомолекулярный (высоковязкий) полиакриламид (ПАА-В); понизитель вязкости; карбонат кальция (мраморная крошка); пеногаситель; органический разжижитель; биополимер; бактерицид; калий хлористый KCl; органический ингибитор глин; модифицированный крахмал; натрий хлористый NaCl; гипс; гидроокись кальция (известь); баритовый утяжелитель (сульфат бария) [3 – 5].

В составе отработанного бурового раствора, буровых сточных вод и бурового шлама отмечается повышенное содержание сложных органических веществ (в том числе углеводов нефти и нефтепродуктов, СПАВ и т.д.), легкорастворимых солей, а также ионов тяжелых металлов [6].

Буровые шламы представляют собой текучую пастообразную массу темно-серого цвета с металлическим оттенком, маслянистую на ощупь и имеющую запах нефти. Отходы бурения представляют собой коллоидный раствор частиц глины, песка, химических реагентов и нефти в воде [7].

Неорганическую часть бурового шлама составляют в основном окислы кремния и железа (песок, продукты коррозии), небольшие количества (менее 1 %) соединений алюминия, натрия, цинка и других металлов. Свойства образующегося бурового шлама обусловлены минералогическим составом выбуренной породы, пластовых флюидов и остатками бурового раствора. За счет адсорбции на поверхности частиц шлама химических реагентов, используемых для обработки буровых растворов, он проявляет ярко выраженные загрязняющие свойства [8, 9].

Воздействие отходов бурения на природные объекты не обязательно может проявляться в токсическом эффекте на биосферу, а способно выражаться в нарушении экологического равновесия биотопов различных трофических уровней при их взаимодействии с абиотической средой, носящей механизм функциональных повреждений экосистемы [10].

Химические исследования буровых шламов выявили в их составе повышенные, по сравнению с кларками элементов в земной коре, концентрации валового содержания марганца, железа, никеля, кобальта, меди, цинка и хрома, но экспериментально установлено, что концентрации подвижных форм этих элементов не выходят за пределы ПДК [11].

В настоящее время существуют технологии утилизации бурового шлама, позволяющие снижать валовое содержание тяжелых металлов, нефтепродукты, водорастворимые соли и т.д. [13, 14].

Цель исследования – изучение влияния физико-химических показателей буровых отходов (бурового шлама, бурового раствора) на трансформацию валовых содержаний тяжелых металлов в техногенных грунтах на основе буровых шламов при внесении природных минеральных сорбентов.

Задачи:

- исследовать минералогический и гранулометрический составы буровых шламов, выявить влияние на накопление валовых содержаний тяжелых металлов;
- изучить закономерности распределения валовых содержаний тяжелых металлов в зависимости от типа применяемого бурового раствора;
- исследовать способы снижения валового содержания тяжелых металлов в техногенных грунтах на основе буровых шламов с применением природных минеральных сорбентов.

Материал и методы исследований

Объектом исследования являются техногенные грунты на основе бурового шлама, не оказывающие негативного воздействия на компоненты природной среды.

Техногенный грунт – грунт, измененный, перемещенный или образованный в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека (улучшенные техногенно (переотложенные) грунты (антропогенно-образованные).

Отбор проб буровых шламов и буровых растворов проводился на лицензионных участках нефтяных месторождений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Исследования валового содержания тяжелых металлов (кадмия, марганца, свинца, кобальта, меди, никеля, цинка, мышьяка, ртути) в буровых шламах, буровых растворах и техногенных грунтах осуществлялись с помощью атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии (М-МВИ 80-2008), инверсионной вольтамперометрии (ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.48-06), атомно-абсорбционного метода (МИ 2878-2004). Рентгенофазовый анализ проводился на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 фирмы Shimadzu. Гранулометрический состав определялся методом лазерной дифракции на лазерном анализаторе частиц Analysette 22.

Используемые компоненты для создания техногенных грунтов: доломитовая мука (состоит из кристаллов (или их агрегатов) доломита, рыхлая или сыпучая масса); гипс (минерал из класса сульфатов, по составу гидрат сульфата кальция); глауконит (минерал, водный алюмосиликат железа, кремнезема и оксида калия непостоянного состава); диатомит (рыхлые или сцементированные кремнистые отложения, осадочная горная порода белого, светло-серого или желтоватого цвета, состоящая более чем на 50 % из панцирей диатомей).

Варианты компонентного состава техногенных грунтов:

- 1 – буровой шлам + доломитовая мука + диатомит;
- 2 – буровой шлам + гипс + глауконит.

Содержание компонентов, %, в обоих вариантах составило соответственно 80:10:10.

Результаты исследований и их обсуждение

Влияние на подвижность тяжелых металлов и их доступность растениям оказывают минералогический и гранулометрический составы буровых отходов, преимущественно твердая фаза – буровой шлам. Буровой

шлам содержит около 80 % выбуренной горной породы, а также высококоллоидные бентонитовые глины, входящие в состав буровых растворов. Степень влияния тяжелых металлов зависит от сорбционных свойств буровых шламов. Тяжелые по гранулометрическому составу буровые шламы, содержащие глинистые минералы, обладают высокой сорбционной способностью, поглощают значительную часть ксенобиотиков, которые становятся недоступными, а также безвредными для высших растений.

Рентгеноструктурный анализ минералогического состава бурового шлама показал высокое содержание кальцита, плагиоклаза, кварца и калийного полевого шпата (КПШ). Минералогический состав бурового шлама следующий, %: кварц – 18,2; КПШ – 13,6; плагиоклаз – 19,2; хлорит – 1,1; каолинит – 6,3; иллит – 3,3; смешанослойный минерал, представляющий чередующиеся слои гидрослюда и монтмориллонита – 2,6; кальцит – 31,9; доломит – 1,1; сидерит – 1,2; пирит – 1,5. Результаты исследования содержания глинистых минералов в составе пробы бурового шлама выявили, что наибольшую долю от общего содержания глинистых минералов (10 %) составляют каолинит, хлорит и гидрослюда.

Исследования гранулометрического состава буровых шламов указывают, что отходы, образованные в процессе бурения нефтяных скважин с применением солевого раствора с добавлением биоразлагаемых полимеров, полимер-глинистого и ингибированного полимер-глинистого буровых растворов, относились к суглинку среднему, с применением раствора на углеводородной основе – к глине тяжелой.

Буровой раствор содержит в большом количестве бентониты, которые влияют на гранулометрический состав ($< 0,001$) – увеличивают содержание физической глины. Илистая часть, благодаря своей гидрофильности и содержанию мелкодисперсных размеров частиц, образует с жидкой фазой отходов дисперсную систему, устойчивую длительное время при отсутствии внешних факторов воздействия. Высокое содержание физической глины в буровом шламе обуславливает отрицательные водно-физические и физико-химические (набухание, низкую фильтрацию) свойства буровых отходов.

По результатам гранулометрического состава твердой фазы бурового шлама можно сделать вывод, что содержание элементов гранулометрического состава зависит от выбуренной горной породы, пройденной в процессе бурения, и используемых компонентов при приготовлении бурового раствора.

Результаты гранулометрического состава образцов бурового шлама, образованных на разных типах бурового раствора, представлены в табл. 1.

Содержание твердой фазы в буровом растворе характеризует концентрация глины (3 – 15 %), при этом количество бентонитов в растворах может находиться в пределах 35...100 кг/м³. Для приготовления буровых растворов используются тонкодисперсные, пластические глины с минимальным содержанием песка (разновидности монтмориллонитовых (бентонитовых глин), глинопорошки). Концентрации мышьяка, ртути и валовых содержаний тяжелых металлов: кадмия, марганца, меди, никеля, свинца, цинка, кобальта в буровом растворе представлено в табл. 2.

Исследования валовых тяжелых металлов указывают, что концентрации большинства изучаемых элементов в образцах буровых растворов находилась ниже диапазона измерений используемых методик, мг/кг: кадмий $< 1,0$; медь < 20 ; никель < 50 ; ртуть $< 0,10$; кобальт $< 5,0$.

Таблица 1

Гранулометрический состав образцов буровых шламов

Диаметр частиц, мм	Буровые отходы, раствор			
	на углеводородной основе	солевой с добавлением биоразлагаемых полимеров	полимер-глинистый буровой	ингибированный полимер-глинистый буровой
1...0,25	0,2	4,59	2,29	0,12
0,25...0,05	0,72	1,19	3,38	10,05
0,05...0,01	2,02	57,78	58,92	51,68
0,01...0,005	0,01	0,01	0,22	12,85
0,005...0,001	11,29	17,97	19,8	21,62
< 0,001	85,76	18,46	15,39	3,68
< 0,01	97,06	36,44	35,41	38,15

Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов в буровом растворе

Показатель, мг/кг	Буровой раствор			
	на углеводородной основе	солевой с добавлением биоразлагаемых полимеров	полимер-глинистый	ингибированный полимер-глинистый
Кадмий	< 1,0			
Марганец	< 200,0	427,0 ± 107,0	530,0 ± 107,0	125,0 ± 31,0
Медь	< 20			
Мышьяк	1,90 ± 0,57	3,21 ± 0,96	2,21 ± 0,96	0,21 ± 0,05
Никель	< 50			
Ртуть	< 0,10			
Свинец	< 10	19,0 ± 5,7	20,0 ± 5,7	6,0 ± 1,5
Цинк	43,0 ± 13,0	43,0 ± 13,0	40,0 ± 10,0	12,0 ± 3,0
Кобальт	< 5,0			

Валовое содержание марганца в буровых растворах варьировало от 125 до 530 мг/кг. Значения мышьяка зависели от типа применяемого бурового раствора, наибольшая концентрация наблюдалась в солевом буровом растворе с добавлением биоразлагаемых полимеров и составила 3,21 мг/кг.

Содержание цинка варьировалось в пределах 12,0...43,0 мг/кг. Солевой буровой раствор с добавлением биоразлагаемых полимеров и полимер-глинистый буровой раствор в своем составе содержали наибольшую концентрацию свинца 19,0 и 20,0 мг/кг.

Содержание тяжелых металлов зависит не только от компонентов, входящих в состав бурового раствора, но и от свойств выбуренной горной породы. Тяжелые металлы в образцах буровых отходов находятся в труднорастворимой, недоступной форме, так как отходы содержат в своем составе глинистые минералы, и в таком виде не могут обладать токсичностью для живых организмов. Концентрации мышьяка, ртути и валовых содержаний тяжелых металлов в буровых шламах представлены в табл. 3.

Распределение валового содержания тяжелых металлов в буровых шламах по степени их убывания находилось в следующей последовательности: $Mn > Zn > Pb > Cu > Co > As$.

Концентрации кадмия и никеля в изучаемых образцах находились ниже порога чувствительности используемых методик измерений. Максимальное содержание наблюдалось по марганцу и составило 321...625 мг/кг. Содержание меди находилось от 11 до 23 мг/кг, при этом минимальное значение наблюдалось в буровых шламах с применением бурового полимер-глинистого раствора.

Валовое содержание мышьяка в изучаемых образцах составило 2,0...3,06 мг/кг. Концентрация ртути была обнаружена в буровых шламах с применением раствора на углеводородной основе и составила 0,24 мг/кг, в остальных пробах значения этого элемента были ниже предела обнаружения методики.

Исследования содержания свинца и кобальта показали, что изучаемые элементы обнаруживаются в буровых шламах с применением солевого раствора с добавлением биоразлагаемых полимеров, полимер-глинистого и ингибированного полимер-глинистого растворов. Концентрации цинка были определены во всех изучаемых пробах и варьировали от 29,0 до 45,0 мг/кг.

Таблица 3

Валовое содержание тяжелых металлов в буровых шламах

Показатель, мг/кг	Буровые отходы, раствор			
	на углеводородной основе	солевой с добавлением биоразлагаемых полимеров	полимер- глинистый буровой	ингибированный полимер- глинистый буровой
Кадмий	< 1,0			
Марганец	332,0 ± 83,0	625,0 ± 125,0	552,0 ± 125,0	321,0 ± 80,0
Медь	23,0 ± 7,0	21,0 ± 6,0	11,0 ± 4,0	20,0 ± 5,0
Мышьяк	2,87 ± 0,86	3,06 ± 0,92	2,01 ± 0,60	2,0 ± 0,5
Никель	< 50			
Ртуть	0,24	< 0,10		
Свинец	< 10	33,0 ± 10,0	32,0 ± 10,0	20,0 ± 5,0
Цинк	29,0 ± 9,0	41,0 ± 12,0	45,0 ± 13,0	32,0 ± 8,0
Кобальт	< 5,0	5,4 ± 1,8	6,8 ± 1,9	0,2 ± 0,05

В целях снижения фитотоксичности валовых содержаний тяжелых металлов можно применять природные минеральные сорбенты (диатомит, глауконит). Диатомит и глауконит обладают высокой сорбционной емкостью, а также могут выступать в качестве источника питания высших растений. Диатомит состоит на 80 – 90% из диоксида кремния и обладает высокой поглотительной способностью. Высокое содержание активного (подвижного) кремнезема и других макро- и микроэлементов, а также характер пористой структуры определяют высокую адсорбционную и каталитическую активность кремнистых пород по отношению к тяжелым металлам [15].

К разряду уникальных свойств глауконита можно отнести высокую физико-химическую активность, которая обеспечивается сложным по составу поглощающим комплексом и характеризуется большой емкостью поглощения [16].

Прочность связи глинистых минералов с тяжелыми металлами возрастает и зависит не только от особенностей глинистых минералов, но и от свойств самих тяжелых металлов. Результаты валового содержания тяжелых металлов, мышьяка и ртути в техногенных грунтах на основе буровых шламов на солевом растворе с добавлением биоразлагаемых полимеров представлены в табл. 4.

Валовое содержание марганца при внесении диатомита составило 192,0 мг/кг и гипса – 152,0 мг/кг при ПДК 1500 мг/кг, внесение сорбентов способствовало снижению этого элемента до 4 раз.

Содержание кадмия обнаружено в варианте (буровой шлам + гипс + глауконит) и составило 0,19 мг/кг. Концентрация никеля и ртути была менее порога чувствительности метода анализа в изучаемых вариантах. Концентрация кобальта в исходном образце бурового шлама составила 5,4 мг/кг, при внесении диатомита и глауконита в объемной доле 10 % происходило снижение содержания металла до 3,6 и 3,7 мг/кг.

Таблица 4

Валовое содержание тяжелых металлов в техногенных грунтах

Показатель, мг/кг	Буровой шлам + + доломитовая мука + + диатомит (%)	Буровой шлам + + гипс + + глауконит (%)	ПДК (ОДК)
Кадмий	< 0,1	0,19 ± 0,06	2,0
Кобальт	3,6 ± 1,1	3,7 ± 1,1	не нормируется
Марганец	192,0 ± 57,0	152,0 ± 46,0	1500,0
Медь	12,0 ± 72,0	11,0 ± 3,0	132,0
Мышьяк	1,49 ± 0,45	1,77 ± 0,53	10,0
Никель	< 50	< 50	80,0
Ртуть	< 0,025	< 0,025	2,1
Свинец	10,0 ± 3,0	16,0 ± 5,0	130,0
Цинк	49,0 ± 15,0	42,0 ± 13,0	220,0

Внесение природных минеральных сорбентов положительно сказывалось на снижении содержания меди, мышьяка и свинца. Концентрация цинка при добавлении диатомита и глауконита незначительно увеличивалась и составила 49,0 и 42,0 мг/кг.

Заключение

Минералогический и гранулометрический составы изученных образцов в большей степени указывают на сорбционные свойства буровых шламов по отношению к тяжелым металлам. Отмечается, что на содержание тяжелых металлов в буровом шламе влияет выбуренная горная порода, а также тип бурового раствора, применяемый при бурении нефтяных скважин.

Проведенные исследования показывают, что процесс утилизации буровых шламов путем внесения природных минеральных сорбентов в объемной доле 10 % (диатомит и глауконит), позволяет снижать валовое содержание тяжелых металлов.

Список литературы

1. Пичугин, Е. А. Закономерности получения стабилизированных геоэкологически устойчивых грунтовых смесей на основе буровых шламов : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.36 / Пичугин Евгений Александрович. – Пермь, 2019. – 183 с.
2. Бадовский, Н. А. Система сбора и хранения отходов при бурении / Н. А. Бадовский // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. – 1994. – № 6. – С. 33 – 39.
3. Балаба, В. И. Проблемы экологической безопасности использования веществ и материалов в бурении / В. И. Балаба, А. И. Колесов, Е. А. Коновалов. – М. : ИРЦ Газпром, 2001. – 76 с.
4. Белов, П. С. Экология производства химических продуктов из углеводородов нефти и газа : учеб. пособие / П. С. Белов, И. А. Голубева, С. А. Низова. – М. : Химия, 1991. – 256 с.
5. Булатов, А. И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Ю. Шеметов. – М. : Недра, 1997. – 483 с.
6. Состав и свойства буровых отходов Западной Сибири / Е. В. Голубев, А. В. Соромотин, Н. А. Вепренцева, Н. Б. Микушина // Мир науки, культуры, образования. – 2010. – № 6-2 (25). – С. 319–320.
7. Соромотин, А. В. Тяжелые металлы в донных отложениях шламовых амбаров геологоразведочных скважин Западной Сибири / А. В. Соромотин, Д. В. Пислегин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015. – № 6. – С. 514 – 520.
8. Светличная, Т. В. Оценка экологической опасности тонкодисперсных фракций бурового шлама и разработка методов обращения с отходами бурения при освоении месторождений нефти и газа Дагестанского участка Каспийского моря : дис. ... канд. геолог.-минер. наук : 25.00.36 / Светличная Татьяна Вячеславовна. – М., 2004. – 182 с.
9. Gaevaya, E. The Environmental Impact of Drilling Sludge and Ways of their Utilization / E. Gaevaya, S. Tarasova, A. Bytsko // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Vol. 20, No. 7. – P. 26 – 30. doi: 10.12911/22998993/109764
10. Тарасова, С. С. Экологическое воздействие буровых шламов на углеводородной основе и способы их утилизации / С. С. Тарасова, Е. В. Гаевая // Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 3 (73). – С. 48 – 55. doi: 10.17277/voprosy.2019.03.pp.048-055

11. Климова, А. А. Комплексная эколого-геохимическая оценка бурового шлама нефтяных и нефтегазоконденсатных месторождений Томской и Иркутской областей : автореф. ... канд. геолог.-минер. наук : 25.00.36 / А. А. Климова. – Томск, 2021. – 22 с.

12. Внедрение технологии переработки буровых шламов / Г. П. Дьяченко, А. Р. Арсланбеков, С. А. Дедовец, С. Н. Ушаков // Экология производства. – 2009. – № 8. – С. 64 – 68.

13. Косаревиц, И. В. Экология бурения / И. В. Косаревиц, В. Ю. Шеметов, А. П. Гончаренко. – Мн : Наука и техника, 1994. – 119 с.

14. Матвиенко, В. В. К вопросу о современных методах переработки и утилизации отходов бурения / В. В. Матвиенко, В. А. Кузнецов, М. В. Цеханский // Нефть и газ Сибири. – 2017. – № 3 (28). – С. 146 – 151.

15. Эффективный адсорбент на основе природных глауконитов в очистке воды от тяжелых металлов / А. А. Синельцев, Т. И. Губина, И. А. Антонова, В. Г. Сержантов // Химическая физика. – 2012. – Т. 31, № 10. – С. 29 – 32.

16. Никитин, Н. С. Влияние диатомита на содержание тяжелых металлов в почве и в зерне озимой пшеницы / Н. С. Никитин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 10. – С. 43 – 45.

References

1. Pichugin Ye.A. *PhD Dissertation (Technical)*, Perm, 2019, 183 p. (In Russ.)
2. Badovskiy N.A. [Waste collection and storage system during drilling], *Zashchita ot korrozii i okhrana okruzhayushchey sredy* [Corrosion protection and environmental protection], 1994, no. 6, pp. 33-39. (In Russ.)
3. Balaba V.I., Kolesov A.I., Konovalov Ye.A. *Problemy ekologicheskoy bezopasnosti ispol'zovaniya veshchestv i materialov v burenii* [Problems of ecological safety of the use of substances and materials in drilling], Moscow: IRTS Gazprom, 2001, 76 p. (In Russ.)
4. Belov P.S., Golubeva I.A., Nizova S.A. *Ekologiya proizvodstva khimicheskikh produktov iz uglevodorodov nefii i gaza: uchebnoye posobiye* [Ecology of the production of chemical products from oil and gas hydrocarbons: textbook], Moscow: Khimiya, 1991, 256 p. (In Russ.)
5. Bulatov A.I., Makarenko P.P., Shemetov V.Yu. *Okhrana okruzhayushchey sredy v neftegazovoy promyshlennosti* [Environmental protection in the oil and gas industry], Moscow: Nedra, 1997, 483 p. (In Russ.)
6. Golubev Ye.V., Soromotin A.V., Veprentseva N.A., Mikushina N.B. [Composition and properties of drilling waste from Western Siberia], *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The world of science, culture, education], 2010, no. 6-2 (25), pp. 319-320. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Soromotin A.V., Pislegin D.V. [Heavy metals in bottom sediments of sludge pits of exploration wells in Western Siberia], *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya* [Geoekologiya. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology], 2015, no. 6, pp. 514-520. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Svetlichnaya T.V. *PhD Dissertation (Geological and Mineralogical)*, Moscow, 2004, 182 p. (In Russ.)
9. Gaevaya E., Tarasova S., Bytsko A. The Environmental Impact of Drilling Sludge and Ways of their Utilization, *Journal of Ecological Engineering*, 2019, vol. 20, no. 7, pp. 26-30, doi: 10.12911/22998993/109764
10. Tarasova S.S., Gayevaya Ye.V. [Environmental impact of hydrocarbon-based drill cuttings and methods of their utilization], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2019, no. 3 (73), pp. 48-55, doi: 10.17277/voprosy.2019.03.pp.048-055 (In Russ., abstract in Eng.)

11. Klimova A.A. *Extended abstract of candidate's of geological and mineralogical sciences thesis*, Tomsk, 2021, 22 p. (In Russ.)
 12. D'yachenko G.P., Arslanbekov A.R., Dedovets S.A., Ushakov S.N. [Implementation of drilling cuttings processing technology], *Ekologiya proizvodstva* [Ecology of production], 2009, no. 8, pp. 64-68. (In Russ.)
 13. Kosarevich I.V., Shemetov V.Yu., Goncharenko A.P. *Ekologiya bureniya* [Ecology of drilling], Minsk: Nauka i tekhnika, 1994, 119 p. (In Russ.)
 14. Matviyenko V.V., Kuznetsov V.A., Tsekhanskiy M.V. [To the question of modern methods of processing and disposal of drilling waste], *Neft' i gaz Sibiri* [Oil and Gas of Siberia], 2017, no. 3 (28), pp. 146-151. (In Russ.)
 15. Sinel'tsev A.A., Gubina T.I., Antonova I.A., Serzhantov V.G. [Effective adsorbent based on natural glauconites in water purification from heavy metals], *Khimicheskaya fizika* [Chemical Physics], 2012, vol. 31, no. 10, pp. 29-32. (In Russ.)
 16. Nikitin N.S. [Influence of diatomite on the content of heavy metals in the soil and in the grain of winter wheat], *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of APK], 2015, vol. 29, no. 10, pp. 43-45. (In Russ., abstract in Eng.)
-

Investigations of the Total Content of Heavy Metals in Technogenic Soils Based on Drill Mud

E. V. Gaevaya, S. S. Tarasova, L. N. Skipin

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

Keywords: drill cuttings; gross content of heavy metals; glauconite; diatomite; mineralogical and granulometric compositions.

Abstract: The paper presents studies of the physicochemical parameters of drilling waste that affect the transformation of the gross content of heavy metals in technogenic soils based on drill cuttings when natural mineral sorbents are introduced. Analysis of the mineralogical composition of drill cuttings shows a high content of calcite, plagioclase, quartz and potassium feldspar. It is noted that the waste generated in the process of drilling oil wells using a salt solution with the addition of biodegradable polymers, polymer-clay and inhibited polymer-clay drilling fluids, refers to medium loam, drill cuttings using a hydrocarbon-based solution - to heavy clay. Studies of gross heavy metals showed that the concentrations of most of the studied elements in drilling fluid samples did not reach the lower limits of the measurement ranges of the methods used.

© E. В. Гаевая, С. С. Тарасова, Л. Н. Скипин, 2022