

УДК 502.36

Е.А. Пичугин

Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем, Пермь, Россия

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ БУРОВЫХ ШЛАМОВ, НА ПОЧВУ ХМАО – ЮГРЫ

Загрязнение окружающей природной среды производственно-технологическими отходами бурения (буровыми шламами) связано с ростом объема добычи нефти и газа в эксплуатационном бурении. При этом буровые шламы преимущественно размещаются в шламовых амбарах, которые могут стать источником поступления загрязняющих веществ в окружающую среду.

Токсические свойства буровых шламов связаны с химическим составом используемых при бурении промывочных жидкостей (буровых растворов). Назначение этих реагентов состоит в регулировании таких характеристик, как водоотдача, снижение коэффициента трения, пеногашение и т.п.

В связи с этим актуальными являются исследования бурового шлама на содержание в их составе тяжелых металлов и нефтепродуктов, которые в количестве, превышающем требуемые значения, могут оказывать отрицательное воздействие при размещении буровых шламов в объектах окружающей природной среды.

Проведена сравнительная оценка содержания компонентов, входящих в состав буровых шламов, с фоновыми и предельно допустимыми концентрациями (ориентировочно допустимыми концентрациями) аналогичных компонентов в пробах почв на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Экспериментальные исследования химического состава образцов бурового шлама выполнены с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии. По данным атомно-эмиссионной спектроскопии и проведенной сравнительной оценке установлено, что содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов во всех образцах бурового шлама превышает фоновые значения аналогичных компонентов в пробах почв на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. В среднем наблюдается превышение: по меди

в 5 раз, по никелю в 2,7 раза, по хрому в 3,1 раза, по железу в 3,3 раза; по марганцу в 3 раза; по цинку в 4,2 раза; по нефтепродуктам в 4,3 раза. При этом превышение валового содержания ПДК (ОДК) тяжелых металлов в образцах буровых шламов незначительно. Наибольшее превышение наблюдалось по цинку (1,25 ОДК).

Ключевые слова: буровой шлам, тяжелые металлы, нефтепродукты, сравнительная оценка, атомно-эмиссионная спектроскопия.

E.A. Pichugin

The Ural State Scientific Research Institute
of Regional Ecological Problems, Perm, Russian Federation

ESTIMATION OF INFLUENCE COMPONENTS INCLUDED IN THE DRILLING SLUDGE ON SOIL KHANTY-UGRA

Environmental pollution production and technological waste drilling (drill cuttings) is associated with an increase in volume of oil and gas drilling. At the same time drill cuttings are placed predominantly in sludge pits, which can be a source of receipts pollutants in components of the environment.

The toxic properties of drill cuttings associated with the chemical composition promyvochnyh liquids (drilling fluids) used in the drilling. Purpose of these reagents is to control the characteristics such as fluid loss, decrease in the coefficient of friction, defoaming, etc.

In this connection research of content in drill cuttings composition of heavy metals and oil products whose content in exceeding amounts required values can have a negative impact when placing drill cuttings in environmental objects are relevant.

In this work a comparative evaluation of components included in the drill cuttings to the background and the maximum permissible concentration (approximate permissible concentrations) similar components in soil samples in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra. Experimental studies of the chemical composition of samples drill cuttings are made by atomic emission spectroscopy. According to the atomic emission spectroscopy and comparative assessment established that the content of heavy metals and oil products in all samples drill cuttings exceeds the background values of similar components in soil samples in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra. On average, there is excess: for copper 5 times; for nickel 2.7 times; for chromium 3.1 times; for iron 3.3 times; for manganese 3 times; for zinc 4.2 times; for oil

products 4.3 times. At the same time exceeding the bulk content MPC (APC) of heavy metals in samples of drill cuttings are insignificant. Highest excess was observed for zinc (1.25 APC).

Keywords: *drill cuttings, heavy metals, petroleum products, comparative evaluation, emission spectrum.*

Основными полезными ископаемыми, добываемыми в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (далее ХМАО – Югра), являются нефть и газ. На долю ХМАО – Югры приходится 50,2 % общероссийской добычи. Только за 2012 год в автономном округе добыто 259 938 тыс. т нефти, 35,8 млрд м³ попутного нефтяного газа¹.

При этом образуется огромное количество отходов бурения (в том числе буровых шламов).

Согласно работе [1] для условий Западной Сибири на 1 м проходки в бурении в среднем образуется 0,4 м³ токсичных производственно-технологических отходов бурения, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Буровой шлам – водная суспензия, твердая часть которой состоит из продуктов разрушения горных пород забоя и стенок скважины, продуктов истирания бурового снаряда и обсадных труб, глинистых минералов (при промывке глинистым раствором) [2].

Горные породы, содержащиеся в буровых шламах, в зависимости от геологических условий могут быть представлены песчаниками, глинами, известняками и другим, т.е. малорастворимыми химическими соединениями, не обладающими сколько-нибудь выраженной токсичностью и поэтому не представляющими опасности для экологических систем.

Однако при бурении нефтяных и газовых скважин используются промывочные жидкости (буровые растворы), которые в процессе бурения выполняют целый ряд функций, включая передачу энергии буровому инструменту, компенсацию пластового давления, образование водонепроницаемой корки на поверхности скважины, вынос на поверхность измельченной горной породы, образующейся при проходке и т.д. [3].

В качестве промывочных жидкостей используются преимущественно суспензии глин с добавками ряда компонентов, обеспечивающих необходимый комплекс физико-механических характеристик бурового

¹ Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2012 году [Электронный ресурс]: доклад. URL: <http://www.ecology.admhmao.ru/wps/portal/eco/home/sostojanie-okruzhajushhejj-sredy> (дата обращения: 08.04.2015).

раствора. Так, в работе [4] перечислено почти 50 реагентов, которые можно условно разделить на растворимые неорганические соединения (гидроксиды и карбонаты натрия и калия, хлориды щелочных и щелочно-земельных элементов), используемые преимущественно для обеспечения стабильности дисперсной фазы, и органические вещества (нефть, флото-реагенты, дисперсии полимеров и т.д.). Назначение этих реагентов состоит в регулировании таких характеристик, как водоотдача, снижение коэффициента трения, пеногашение и т.п.

Использование данных реагентов, входящих в состав буровых растворов, приводит к загрязнению вырубленной при бурении горной породы, в результате чего на поверхности загрязненная порода представляет собой буровой шлам IV, V класса опасности.

Цель настоящей работы – провести сравнительную оценку содержания компонентов, входящих в состав буровых шламов, с фоновыми и предельно допустимыми концентрациями (ориентировочно допустимыми концентрациями) аналогичных компонентов в пробах почв на территории ХМАО – Югры.

В качестве объектов исследований были выбраны образцы бурового шлама Тайлаковского, Смотлорского и Приобского месторождений ХМАО – Югры. Для проведения оценки влияния компонентов, входящих в состав буровых шламов, были проведены исследования химического состава методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Исследования проводились в аттестованной лаборатории по методике, приведенной ниже², с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой серии Optima 7300V фирмы PerkinElmer. Экспериментальные исследования содержания нефтепродуктов в буровых шламах проводились по методике, приведенной ниже³, с использованием анализатора нефтепродуктов «Концентратомер КН-2М».

Результаты исследований химического состава образцов бурового шлама представлены в табл. 1.

² ПНД Ф 16.1:2.3:3.11–98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М., 1998.

³ ПНД Ф 16.1:2.2:22–98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии [Электронный ресурс] / Гос. комитет Рос. Федерации по охране окр. ср. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».

Таблица 1

Состав твердой фазы исследованных образцов буровых шламов

Наименование показателей состава	Ед-ца изм-я	Наименование образцов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Потери при прокаливании	%	12,4	3,29	8,15	12,1	8,24	3,75	8,65	4,32	9,5	4,03
Оксид кремния	%	53,7	74,8	59,4	53,1	59,3	76,8	58,3	71,8	55,4	71,0
Оксид алюминия	%	11,31	10,8	14,8	12,75	13,9	8,28	13,8	11,0	12,45	11,8
Оксид кальция	%	4,85	1,81	3,21	5,65	5,04	1,54	5,21	2,02	4,65	1,82
Оксид магния	%	1,36	1,00	1,73	1,44	1,93	1,48	1,98	1,18	1,55	1,28
Оксид натрия	%	2,48	2,98	1,92	2,36	2,66	3,34	2,40	2,59	2,24	3,00
Оксид калия	%	4,66	2,34	2,92	1,73	3,11	1,43	3,12	2,81	1,87	2,22
Медь	мг/кг	19,83	24,0	47,0	28,1	48,0	17,6	43,0	27,0	27,1	29,0
Никель	мг/кг	24,12	27,0	40,0	25,6	41,0	32,4	41,0	28,0	25,7	35,0
Хром	мг/кг	51,7	40,0	75,0	71,1	73,0	64,4	74,0	51,0	60,6	56,0
Железо	мг/кг	28 800	21 200	41 480	36 300	37 400	18 500	36 940	23 370	31 900	25 400
Марганец	мг/кг	742,0	580,0	825,0	569,0	740,0	320,0	480,0	530,0	503,0	690,0
Цинк	мг/кг	50,0	78,0	116,0	48,4	137,0	82,6	130,0	70,0	58,3	100,0
Нефтепродукты	мг/кг	5520,0	250,0	4600,0	2550,0	1450,0	897,4	1640,0	2270,0	3125,0	500,0

Из табл. 1 видно, что основным компонентом в исследованных образцах бурового шлама является оксид кремния. Также в значительных количествах содержится оксид алюминия. Данные элементы, а также оксиды кальция, магния, калия и натрия являются породообразующими компонентами в почве и не представляют опасность для окружающей природной среды.

Существенным фактором для оценки негативного воздействия буровых шламов на окружающую природную среду является содержание в их составе тяжелых металлов и нефтепродуктов.

В связи с этим на основании данных химического анализа буровых шламов (см. табл. 1) было проведено сопоставление полученных результатов с фоновыми значениями и допустимыми концентрациями (ПДК, ОДК) валового содержания тяжелых металлов в пробах почв на территориях лицензионных участков добычи нефти ХМАО – Югры. Результаты приведены в табл. 2.

Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов
в буровом шламе в долях от фона и ПДК (ОДК)

Наименование показателя состава	Фоновое значение в пробах почв (валовое содержание), мг/кг ⁴	Обозначение образцов									
	ПДК (ОДК), валовое содержание, мг/кг ⁵	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Медь	6,2	3,20	3,87	7,58	4,53	7,74	2,84	6,94	4,35	4,37	4,68
	(66)	0,30	0,36	0,71	0,43	0,73	0,27	0,65	0,41	0,41	0,44
Никель	11,7	2,06	2,31	3,42	2,19	3,50	2,77	3,50	2,39	2,20	2,99
	(40)	0,60	0,68	1,00	0,64	1,03	0,81	1,03	0,70	0,64	0,88
Хром	19,8	2,61	2,02	3,79	3,59	3,69	3,25	3,74	2,58	3,06	2,83
	(90)	0,57	0,44	0,83	0,79	0,81	0,72	0,82	0,57	0,67	0,62
Железо	9182,4	3,14	2,31	4,52	3,95	4,07	2,01	4,02	2,55	3,47	2,77
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Марганец	201,7	3,68	2,88	4,09	2,82	3,67	1,59	2,38	2,63	2,49	3,42
	1500	0,49	0,39	0,55	0,38	0,49	0,21	0,32	0,35	0,34	0,46
Цинк	20,8	2,40	3,75	5,58	2,33	6,59	3,97	6,25	3,37	2,80	4,81
	(110)	0,45	0,71	1,05	0,44	1,25	0,75	1,18	0,64	0,53	0,91
Нефтепродукты	525,9	10,50	0,48	8,75	4,85	2,76	1,71	3,12	4,32	5,94	0,95
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Как видно из табл. 2, содержание тяжелых металлов во всех образцах бурового шлама превышает фоновые значения аналогичных компонентов в пробах почв на территории ХМАО – Югры. В среднем наблюдается превышение: по меди в 5 раз, по никелю в 2,7 раза, по хрому в 3,1 раза, по железу в 3,3 раза; по марганцу в 3 раза, по цинку в 4,2 раза.

⁴ Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2010 году [Электронный ресурс]: доклад. URL: <http://www.ecology.admhmao.ru/wps/portal/eco/home/sostojanie-okruzhajushhejj-sredy> (дата обращения: 08.04.2015).

⁵ Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2010 году [Электронный ресурс]: доклад. URL: <http://www.ecology.admhmao.ru/wps/portal/eco/home/sostojanie-okruzhajushhejj-sredy> (дата обращения: 08.04.2015).

ГН 2.1.7.2511–09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. URL: <http://www.opengost.ru/iso/4515-gn-2.1.7.2511-09-orientirovochno-dopustimye-koncentracii-odk-himicheskikh-veschestv-v-pochve.html> (дата обращения 13.04.2015).

ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс] / Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».

При этом превышение валового содержания ПДК (ОДК) тяжелых металлов в образцах буровых шламов незначительно. Так, наблюдается небольшое превышение ОДК по никелю и цинку в образцах бурового шлама № 3, 5, 7. Наибольшее превышение (в 1,25 раз по цинку) наблюдалось для образца № 5. По остальным образцам превышение ПДК (ОДК) тяжелых металлов не зафиксировано. Это свидетельствует о том, что фоновые значения тяжелых металлов в почве ХМАО – Югры меньше установленных ПДК (ОДК).

Содержание нефтепродуктов в образцах бурового шлама находится в пределах от 250 до 5520 мг/кг. Наблюдается превышение фонового значения по нефтепродуктам (см. табл. 2) практически по всех образцах бурового шлама (за исключением образцов № 2, 10). Максимальное превышение фонового значения (в 10,5 раз) наблюдается для образца № 1. В среднем в образцах бурового шлама содержание нефтепродуктов превышает фоновое значение в пробах почв на территории лицензионных участков в 4,3 раза.

Фоновое значение железа (валовое содержание) в пробах почв на территории лицензионных участков составляет 9182,4 мг/кг. При этом видно (см. табл. 2), что во всех образцах бурового шлама содержание железа превышает фоновое значение. Максимальное превышение фонового значения (в 4,5 раза) наблюдается для образца № 3. Высокие значения по железу в образцах бурового шлама могут быть объяснены природными факторами (железо является типоморфным элементом для болотных ландшафтов Западной Сибири [5]). Так, валовое содержание железа в почвах Западной Сибири в зависимости от глубины изменяется от 4,74 до 6,29 % [6]. При этом доля силикатных и свободных форм соединений железа в почве распределена поровну.

Кроме того, возможные высокие значения железа в буровых шлаках могут быть объяснены возможным применением утяжелителей (гематит Fe_2O_3 и магнетит Fe_3O_4), добавляемых в буровые растворы при бурении скважин.

Проведенный сравнительный анализ показал, что непосредственное размещение бурового шлама в объекте окружающей среды, почве, может привести к загрязнению тяжелыми металлами и нефтепродуктами.

Для экологически безопасного размещения бурового шлама в объекте окружающей среды, почве, необходимо, чтобы содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов было ниже допустимых уровней.

Это может быть достигнуто при использовании бурового шлама для производства рекультивационных смесей в качестве компонента смеси с песком, торфом, вяжущими материалами и т.п.

Разбавление бурового шлама песком, торфом, вяжущими материалами позволит достигнуть требуемых значений ПДК (ОДК) тяжелых металлов в почве.

Кроме того, полученные смеси будут удовлетворять требованиям по содержанию нефтепродуктов в связи с тем, что на территории ХМАО действует Постановление о допустимом остаточном содержании нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ⁶. В зависимости от использования рекультивационных грунтов (лесохозяйственное, сельскохозяйственное) содержание нефтепродуктов в почве после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ может варьироваться от 1 до 30 г/кг.

Таким образом, полученные смеси позволят достигнуть требуемых допустимых уровней содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почве и получить экологически безопасную продукцию, пригодную для рекультивации нарушенных земель и в качестве подсыпки в нижние слои дорожного покрытия внутрипромысловых дорог.

Список литературы

1. Барахнина В.Б., Киреев И.Р., Свиарев В.В. Основы технологии очистки отходов нефтегазового комплекса и оценка ущерба окружающей среде: учеб. пособие. – Уфа, 2009. – 242 с.
2. Буровой шлам [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Буровой_шлам (дата обращения: 09.04.2015).
3. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин: учеб. для нач. проф. образ. – 4-е изд. – М.: Академия, 2008. – 352 с.
4. Иогансен К.В. Спутник буровика: справ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 303 с.
5. Перельман А.И., Касимови Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрей-2000, 1999. – 763 с.
6. Зонн С.В. Железо в почвах. – М.: Наука, 1982. – 203 с.

⁶ Об утверждении регионального норматива «Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства ХМАО – Югры от 10.12.2004 г. № 466-п. URL: <http://www.ecougra.ru/politic/base/summary/legal/protection/land/32> (дата обращения: 09.04.2015).

References

1. Barakhnin V.B., Kireev I.R., Svinarev V.V. *Osnovy tekhnologii ochistki otkhodov neftegazovogo kompleksa i otsenka uscherba okruzhayushey srede* [The basic technology of purification of waste oil and gas sector and assessment of environmental damage]. Ufa, 2009. 242 p.
2. Burovoy shlam [Drill cuttings], available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Burovoy_shlam (accessed 09 April 2015).
3. Vadetskiy Yu.V. *Burenie neftyanykh i gazovykh skvazhin* [Drilling oil and gas wells]. Moscow: Akademiya, 2008. 352 p.
4. Iogansen K.V. *Sputnik burovika* [Sputnik driller]. Moscow: Nedra, 1990. 303 p.
5. Perelman A.I., Kasimovi N.S. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of the landscape]. Moscow: Astreya 2000, 1999. 763 p.
6. Zonn S.V. *Zhelezo v pochvakh* [Iron in soils]. Moscow: Nauka, 1982. 203 p.

Об авторе

Пичугин Евгений Александрович (Пермь, Россия) – заместитель начальника отдела проблем охраны окружающей среды Уральского государственного научно-исследовательского института региональных экологических проблем (614039, Россия, Пермь, Комсомольский пр., 61а; e-mail: pich@ecology.perm.ru).

About the author

Evgeniy A. Pichugin (Perm, Russian Federation) – deputy head of the environmental problems, The Ural State Scientific Research Institute of Regional Ecological Problems (Komsomolsky av., 61a, Perm, 614039, Russian Federation; e-mail: pich@ecology.perm.ru).

Получено 20.02.2015