

---

---

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

---

---

УДК 502.5

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

© 2015 г. А. В. Соромотин, Д. В. Пислегин

*ФГБОУ ВПО Тюменский государственный университет,  
ул. Семакова 10, г. Тюмень, 625003 Россия.*

*E-mail: asoromotin@mail.ru, DimaPislegin@rambler.ru*

Поступила в редакцию 15.10. 2014 г.

Исследован геохимический состав донных отложений 81 шламового амбара геологоразведочных скважин, содержащих буровые отходы. Приводятся данные по концентрациям валовых форм тяжелых металлов: As, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sr, V и Zn. Установлены основные источники поступления тяжелых металлов в буровые шламы.

Привнос мышьяка, бериллия, ванадия, хрома, меди, никеля, стронция и, предположительно, цинка обусловлен природными агентами, такими как осадочные породы тяжелого механического состава и минерализованные пластовые воды. Техногенное поступление из компонентов бурового раствора характерно для бария, кадмия, ртути и, предположительно, свинца.

**Ключевые слова:** геологоразведочная скважина, шламовый амбар, буровой шлам, тяжелые металлы.

## ВВЕДЕНИЕ

Добыча и извлечение полезных ископаемых, включая углеводородное сырье, приводит к преобразованию литосферы и геохимическому изменению ландшафтов. На территории Западно-Сибирской равнины располагается крупнейший в мире Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн, включающий более 600 месторождений углеводородного сырья с суммарными запасами почти 60 млрд т условного топлива, освоение которого привело к значительной трансформации не только наземных и водных экосистем региона, но и геологической среды.

Начальный этап освоения месторождений – геологическая разведка: сейсморазведка и бурение (строительство) геологоразведочных скважин различного назначения. На территории Западной Сибири по приблизительным оценкам сооружено более 30 тыс. поисково-разведочных скважин, причем большая их часть бурена более 20 лет назад.

Наибольшую экологическую опасность при проведении буровых работ при строительстве геологоразведочных скважин представляет хи-

мическое загрязнение геологической среды, почвенного покрова, поверхностных и грунтовых вод буровыми растворами, химреагентами, буровыми отходами (БО) и продукцией скважин. Источники длительного загрязнения после проведения буровых работ – шламовые (буровые) амбары (ША), предназначенные для сброса буровых отходов и продукции скважин. ША представляет собой накопитель бурового шлама (БШ), буровых сточных вод и отработанного бурового раствора в виде “земляного” сооружения, расположенного на территории площадки бурения или рядом с ней. Обычно при проектировании предусматривается строительство следующих пяти типов амбаров с общим объемом около 1000 м<sup>3</sup>; для бурового шлама и отработанного бурового раствора (БР); для сбора буровых сточных вод; для сбора пластового флюида; для сбора хозяйственно-бытовых сточных вод; для отстоя воды у водозаборной скважины; горизонтального факельного устройства [11].

Строительство геологоразведочных скважин и обустройство буровой площадки в прошлые годы имели много технологических отличий от бурения эксплуатационных скважин, поэтому

геохимические исследования содержимого ША этих скважин представляет не только научный, но и практический интерес при составлении проектов переработки или захоронения отходов. В теоретическом аспекте геологической экологии интересен анализ эколого-геологических факторов формирования природно-техногенного геологического объекта – БШ вообще, так и генезис в нем тяжелых металлов в частности. Буровой шлам представляется авторами как самостоятельная природно-техническая эколого-геологическая система, в понимании В.Т. Трофимова [15], при изучении которой необходимо основываться на междисциплинарном подходе. Особенность этой системы – местоположение – углубление на поверхности (ША), а не геологическая среда.

В настоящее время имеются единичные публикации по изучению экологических последствий строительства геологоразведочных скважин. Определены фактические размеры нарушений растительности и почвенного покрова и выявлены основные негативные экологические последствия (нефтегазоводопроявления на устье скважины, нефтяные разливы, нерекультивированные шламовые амбары и пр.) [12]. Установлены состав и концентрации нефти и различных полиароматических углеводородов в донных отложениях ША [14]. Показано, что при соблюдении технологии буровых работ значительного химического загрязнения площадок разведочного бурения не происходит, содержания поллютантов в целом остаются на уровне кларков [4]. Предложена классификация геологоразведочных скважин по степени экологической опасности [8]. Однако детального анализа генезиса тяжелых металлов (ТМ) в буровых шламах геологоразведочных скважин ранее не проводилось.

Образующиеся при строительстве скважин БО представляют собой коллоидные растворы частиц глины, песка, химических реагентов и нефти в воде. В процессе бурения в скважину подается буровой раствор, который смазывает и охлаждает инструмент, выводит на поверхность выбуренную породу, компенсирует давление пластов и укрепляет стенки скважины. В результате на поверхность выносятся сточные буровые воды, отработанный буровой раствор, пластовые флюиды (вода, нефть и газ) и выбуренная порода. После сброса БО в ША происходит разделение массы отходов на твердую и жидкую фазы. В дальнейшем будем обозначать термином “буровой шлам” (БШ) твердую фазу отходов бурения, образующих донные отложения ША [13].

Помимо органических соединений нефтяного генезиса, донные отложения ША содержат и другие загрязняющие вещества, в том числе и ТМ. Благодаря процессам адсорбции на взвешенных частицах и последующей их седиментации, ТМ обладают активной способностью накапливаться в донных отложениях, вследствие чего содержание в них микроэлементов на несколько порядков превышает концентрацию в воде. Однако в определенных условиях (изменение pH и Eh, наличие разнообразных комплексообразующих веществ) происходят десорбция металлов и их переход в растворенном состоянии в толщу воды, т.е. донные отложения превращаются в источники вторичного загрязнения водных объектов [16].

ТМ могут поступать в ША как из БО и продукции скважин, так и мигрировать через дно и боковые стенки амбара из прилегающих почв и осадочных пород. Вопрос об источниках поступления различных ТМ в седименты ША остается неизученным не только для геологоразведочных скважин, но и для промысловых.

Химический состав БШ определяется как литологическим составом разбуриваемых пород, так и химическими реагентами, входящими в состав БР и промысловых жидкостей. При этом соотношение химических элементов в породе и шламе может существенно изменяться по мере углубления скважины [1]. Бурение скважин в Западной Сибири осуществляется в осадочных отложениях, сложенных на 65–80% глинистыми породами [3]. В среднем 85% объема шлама составляет выбуренная порода и 15% – буровой раствор [5]. Среди химических элементов в БШ преобладают: кислород, водород, алюминий, кремний, углерод, железо, кальций, магний, марганец, натрий, калий, хлор, бром, йод. В меньших количествах встречаются: кадмий, свинец, цинк, медь, кобальт, ртуть, мышьяк, бор, барий, фосфор, титан, хром, никель, вольфрам и другие. Среди химических соединений БШ содержит воду (20–50%), оксиды: кремния (40–60%), алюминия (10–20%), углерода (7–9%), железа (5–8%), кальция (2–5%), магния (1.5–3.0%), натрия (0.5–1.0%), калия (0.4–2.0%), бора (0.3–0.5%), фосфора (0.03–0.05%), марганца (0.03–0.80%) и других указанных выше элементов, их сульфаты и хлориды. В составе БО содержание нефти и нефтепродуктов достигает 5%, поверхностно-активных веществ (ПАВ) – 0.5%. Средние показатели для нефтяных углеводородов составляют от 50 до 100 мг/кг, для ПАВ от 1.0 до 10.0 мг/кг [10].

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение химического состава донных отложений ША геологоразведочных скважин проводилось в период 2004–2011 гг. в Нефтеюганском районе и Ханты-Мансийском районе ХМАО – Югры, Каргасогском районе Томской области и Тевризском районе Омской области. Также использовались фондовые материалы по Уватскому району Тюменской области.

В ходе работ обследовано 84 разведочные скважины и отобрано более 100 проб донных отложений из 81 амбара. Кроме этого отобраны 14 проб в различных подтипах подзолистых почв за пределами площадок разведочного бурения для определения фоновых концентраций органических веществ (ОВ) и ТМ.

Пробы отбирали почвенным пробоотборником фирмы Eijkaikamp. Образцы помещали в стеклянные бюксы с притертой крышкой и отправляли в лабораторию авиапочтой в Химико-аналитический Центр НПО “Тайфун” (г. Обнинск), где определяли валовое содержание тяжелых металлов – Al, As, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Sr, V, Zn. Определение концентраций проводилось с полным вскрытием силикатной матрицы смесью плавиковой, азотной и хлорной кислот. Измерение содержания Sr и Zn проводили атомно-абсорбционным методом в пламенном режиме на спектрофотометре фирмы Перкин Элмер модель В-3030 с дейтериевой коррекцией фона. Анализ проб на содержание остальных элементов проводили атомно-абсорбционным методом в режиме электротермической атомизации на спектрофотометре фирмы Perkin Elmer Z-3030 с графитовой печью HGA 600 и коррекцией фона на основе эффекта Зеемана. Барий анализировали методом атомной абсорбции в пламенном или термическом режиме в зависимости от содержания элемента в пробах (в анализе использовались лампы с полым катодом HCL фирмы Perkin Elmer); ртуть – методом “холодного пара” на ртутном анализаторе MHS-15. Определение валового содержания мышьяка проводили методом ААС в режиме электротермической атомизации. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы Statistica 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Отсутствие гидроизоляции стенок и дна ША геологоразведочных скважин предопределяет миграцию ТМ в прилегающие почвы. Подвижность ТМ в шламе и миграция за пределы амбара обусловлены переходом нерастворимых форм

растворимые. Интенсивность этого процесса во многом определяется кислотностью БШ. Анализы показали, что рН донных отложений ША разведочных скважин с экспозицией от 15 до 40 лет составляет в среднем 7.5 (от 6.6 до 7.9). В свежих БШ показатель рН составляет 8.5–10.5 [5]. Следовательно, можно говорить о том, что щелочная среда, особенно в первые годы нахождения БШ в амбарах, снижала подвижность ТМ и, как следствие, надолго консервировала ТМ в донных отложениях ША. Гидрогеохимические исследования на ряде месторождений Западно-Сибирского мегабассейна выявили повышенную щелочность (содержание гидрокарбонат-иона) в пластовых водах ниже-среднеюрских отложений. Показатель рН, как правило, соответствует щелочной среде и составляет от 8.5 до 10.5 [9].

Результаты количественных химических анализов содержания ТМ в донных отложениях ША геологоразведочных скважин таежной зоны Западной Сибири представлены в табл. 1.

Анализ корреляционной матрицы парного сравнения концентраций ТМ в донных отложениях ША, представленной в табл. 2, показал, что отдельные ингредиенты очень сильно взаимосвязаны, что может говорить о едином источнике и механизмах попадания этих элементов в седименты амбаров. Высокий уровень корреляционной связи ( $r > 0.7$ ) характерен для двух групп: Hg–Cd–Pb–Zn–Sr и Cu–Ni.

Взаимозависимость концентраций некоторых ТМ подтверждается кластерным анализом (рисунки). Дендрограммы кластерного анализа распределения ТМ в донных отложениях геологоразведочных ША позволяют сделать следующие выводы: первую группу элементов с наименьшей дистанцией связи образуют Cd и Hg (рис. А), затем к ним присоединяются Be и As. Далее, второй кластер образуют Cu и Ni, к которым присоединяется Pb. Третий кластер образуют Cr и V, к которым присоединяются Zn и Sr (рис. Б). Обращает на себя внимание место Ba, разделенного наибольшей дистанцией.

Установлено, что химический состав БШ определяется на 15% БР и на 85% выбуренной породой [5]. Следовательно, наличие ТМ в донных отложениях ША исходно будет обусловлено как техногенным агентом – отработанным буровым раствором, так и природными агентами – жидкими пластовыми флюидами (минерализованные пластовые воды и нефть) и выбуренной породой.

Буровой раствор – основной техногенный агент. При разведочном этапе в прошлые годы

**Таблица 1.** Содержание валовых форм тяжелых металлов в донных отложениях ША геологоразведочных скважин Западной Сибири, мг/кг

Элементы	Донные отложения ША (95 % confidence interval)					Почвообразующие породы и почвы Западной Сибири [14]	К/К [2]
	n	Mean	Min	Max	SD		
As	47	6.88	6.00	7.75	2.99	10	4.00
Ba	51	625.55	376.87	874.23	915.66	512	0.96
Be	47	0.43	0.40	0.47	0.12	2,1	0.11
Cd	51	0.19	0.11	0.26	0,27	–	1.44
Cr	51	87.33	78.66	96.01	23.63	79	0,67
Cu	51	31.63	26.38	36.88	18.23	30	1.05
Hg	51	0.05	0.04	0.07	0.06	–	0.60
Ni	51	41.48	35.93	47.02	17.31	42	0.71
Pb	51	25.54	17.37	33.72	30.22	16	1.59
Sr	47	150.89	115.89	185.89	119.19	325	0.44
V	51	82.43	70.62	94.23	38.33	85	0.92
Zn	51	106.63	85.18	128.09	78.84	62	1.25

Примечание. “–” элемент не определялся.

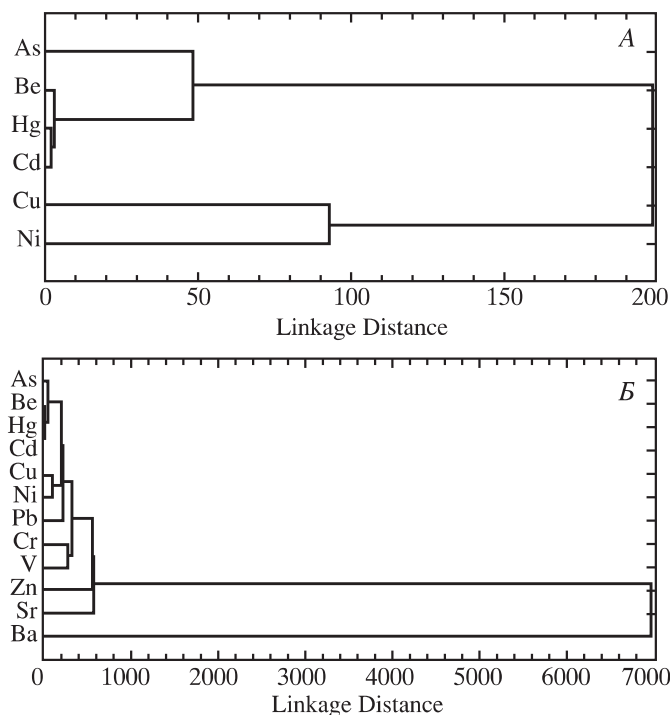
**Таблица 2.** Коэффициенты парной корреляции между химическими элементами и нефтепродуктами (ТРН анализ) в донных отложениях ША геологоразведочных скважин

Элементы	Be	Hg	Cd	Cu	Pb	Zn	Ba	Cr	Ni	V	Sr	ТРН
As	–	0.44	0.49	0.46	0.34	0.54	0.58	–	–	–	0.34	–
Be	1	–	–	0.50	–0.31	–	–	0.58	0.65	–	–	–
Hg	–	1	0.93	–	0.95	0.87	0.35	–0.29	–	–	0.91	0.34
Cd	–	0.3	1	0.33	0.88	0.90	0.49	–	–	–	0.89	0.44
Cu	0.50	–	0.33	1	–	0.57	0.43	0.53	0.81	0.34	–	0.32
Pb	–0.31	0.95	0.88	–	1	0.83	–	–	–	–	0.88	0.36
Zn	–	0.87	0.90	0.57	0.83	1	0.47	–	–	0.37	0.81	0.49
Ba	–	0.35	0.49	0.43	–	0.47	1	–	–	0.32	–	–
Cr	0.58	–0.29	–	0.53	–	–	–	1	0.67	–	–0.29	–
Ni	0.65	–	–	0.81	–	–	–	0.67	1	–	–	–
V	–	–	–	0.34	–	0.37	0.32	–	–	1	–	–
Sr	–	0.91	0.89	–	0.88	0.81	–	–0.29	–	–	1	0.34

Примечание. “–” – связь недостоверна (при  $P < 0.5$ ;  $n = 47$ ).

использовался БР на водной основе, в состав которого, без учета воды, входили портландцемент и тампонажный цемент (до 63%), бентонитовый глинопорошок (до 30%), сульфанол (менее 1%), хлористый кальций (менее 1%), нитрилтриметилфосфоновая кислота (1%), кальцинированная сода (менее 1%), карбоксиметилцеллюлоза (2%), кремнийорганическая жидкость (2%) и графит (до 3%). Иногда использовался баритовый утяжелитель (до 60%) с содержанием  $BaSO_4$  до 88.0%. Дисперсионная среда БР – вода, в объеме 60–70% общей массы. Принимая во внимание состав БР,

можно предположить, что основное количество ТМ, попавшее в донные отложения ША из техногенного агента, содержалось в цементе и бентоните. Использование барита приводило к значительному загрязнению БШ барием. Исследования химического поэлементного состава цементной пыли и цемента показали, что эти материалы содержат значительные количества ТМ, в большинстве случаев превышающие как их содержание в БШ амбаров, так и кларки концентраций. В табл. 3 представлены значения некоторых ТМ в цементной пыли двух заводов по производству



Дендрогаммы кластерного анализа содержания ТМ в донных отложениях ША геологоразведочных скважин Западной Сибири (А – длина связи элементов (Linkage Distance) от 0 до 200; Б – длина связи элементов (Linkage Distance) от 0 до 7000).

портландцемента (Бахчисарайском и Харьковском) и данные Технологического института UBA-Karlsruhe (Германия) [6, 17, 18].

Анализируя табл. 3, можно предположить, что уровень концентраций Cr, Cu, V и, вероятно, Ni в донных отложениях ША не связан с основным компонентом БР – цементом, т. к. содержа-

ние этих ТМ в цементе по сравнению с БШ либо ниже, либо незначительно выше. Цемент может являться источником поступления в БШ Cd, Hg и, вероятно, Pb. Единый источник поступления кадмия и ртути подтверждается кластерным и корреляционным анализами (см. рис. А, табл. 2).

Как указывалось выше, основная масса природных агентов в БШ представлена выбуренной породой тяжелого механического состава. Расчеты, выполненные А.И. Сысо [14], показали, что наибольшее влияние на концентрации ТМ в почвообразующих породах оказывает гранулометрический состав – значения коэффициентов корреляций между концентрациями элементов и содержанием физической глины максимальны. При этом отмечена достоверная связь средней силы между Cu и Ni для почв Западной Сибири.

Предположение о едином источнике поступления меди и никеля в БО подтверждается кластерным и корреляционным анализами (см. рис. А и табл. 2), которым может быть выбуренная осадочная порода.

Рассматривая другие природные агенты – нефть и минерализованные пластовые воды, необходимо отметить, что слабая, хотя в ряде случаев достоверная корреляция концентраций ТМ и нефтепродуктов (ТРН анализ, см. табл. 2) говорит о том, что нефть не может рассматриваться как основной источник поступления исследованных ТМ в амбары. Подтверждением этого вывода могут служить экспериментальные работы Л.А. Гуляевой, показавшие, что в диапазоне условий, наблюдавшихся в природе (рН, концентрации микроэлементов

**Таблица 3.** Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в портландцементе, кларком концентраций (К/К) и донных отложений шламовых амбаров (ША) геологоразведочных скважин

Элементы	Содержание, мг/кг [6]	Превышение, раз		Содержание, мг/кг [17]	Превышение, раз		Содержание, мг/кг [18]	Превышение, раз	
		К/К	ША		К/К	ША		К/К	ША
As	Не опр.	–	–	29.0	7.3	4	6.8	1.7	1.0
Ba	660.0	688	1,1	Не опр.	–	–	Не опр.	–	–
Cd	790.0	549	4157.9	51.0	35.4	268	0.4	–3.6*	2.1
Cr	14.5	22	–6.1*	10.0	14.9	–9*	40.0	59.7	–2.2*
Cu	Не опр.	–	–	58.0	55.2	2	25.0	23.8	–0.8*
Hg	9.5	16	190.0	Не опр.	–	–	Не опр.	–	–
Ni	Не опр.	–	–	4.5	6.3	9	24.0	33.8	–1.7*
Pb	Не опр.	–	–	500.0	314.5	20	27.0	17.0	1.1
V	Не опр.	–	–	Не опр.	–	–	56.0	60.9	–1.5*
Zn	327.0	262	3.1	209.0	167.2	2	140.0	112.0	1.3

Примечание. “Не опр.” – элемент не определялся.

\* Содержание элемента в донных отложениях ША превышает концентрацию в цементе.

и пр.), захвата некоторых ТМ (ванадия, никеля и цинка) готовой нефтью не происходит [3].

Минерализованные пластовые воды могут содержать значительные количества ТМ, на концентрацию которых влияет температура, как интегральный показатель геохимических преобразований, напрямую зависящая от глубины залегания. Значительные концентрации отмечаются для никеля (до 115.5 мг/л), меди (до 98.2 мг/л) и цинка (до 1060.0 мг/л). Установлена высокая степень связи между Cu и Ni ( $r = + 0.76$ ) для пластовых вод мезозойских отложений [7]. Следовательно, пластовые воды также могут рассматриваться как источник их поступления в буровые отходы.

### ВЫВОДЫ

Буровой шлам геологоразведочных скважин представляет собой самостоятельную природно-техническую эколого-геологическую систему, особенность которой – ее местоположение, а именно углубление на поверхности в виде шламового амбара.

Шламовые амбары геологоразведочных скважин, содержащие токсичные буровые отходы, становятся источниками вторичного загрязнения окружающей среды. Среди наиболее опасных загрязнителей отмечены тяжелые металлы.

Наличие конкретных тяжелых металлов обусловлено как природными, так и техногенными источниками. Природными агентами, такими как осадочные породы тяжелого механического состава и минерализованные пластовые воды, обусловлено наличие мышьяка, бериллия, ванадия, хрома, меди, никеля, стронция и, предположительно, цинка. Техногенное поступление из компонентов бурового раствора характерно для бария, кадмия, ртути и, предположительно, свинца.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балаба В.И. Обеспечение экологической безопасности строительства скважин на море // Бурение и нефть. 2004. № 1. С. 18–21.
2. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
3. Гуляева Л.А. Микроэлементы в геохимии нефти // Проблемы геологии нефти: Тр. ИГиРГИ, 1968. Вып.1. С. 163–177.
4. Дорожкуова С.Л., Янин Е.П. Пространственное распределение загрязняющих веществ на участках бурения разведочных скважин в Среднем Приобье // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2002. Вып. 3. С.174–181.
5. Инструкция по охране окружающей среды при бурении скважин на нефть и газ на суше (РД 39–133–94). М.: Роснефть, 1994.
6. Коломєєць М.І., Львов О.В., Севриков В.В. Дослідження хімічного складу пилу цементних виробництв // Оптимізація виробничих процесів: зб. наук. пр. Вип. 12. Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2010. С. 216–221.
7. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. М.: Недра, 1976. 149 с.
8. Пислегин Д.В., Соромотин А.В. Классификация площадок геологоразведочных скважин по степени опасности в Западной Сибири // Вестн. Тюменского гос. ун-та. 2014. № 47. С. 76–82.
9. Предтеченская Е.А., Шиганова О.В., Фомичев А.С. Катагенетические и гидрохимические аномалии в нижне-среднеюрских нефтегазоносных отложениях Западной Сибири как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений // Литосфера. 2009. № 6. С. 54–65.
10. Рядинский В.Ю., Соромотин А.В., Денек Ю.В. Состав и свойства буровых отходов Западной Сибири // Вестн. Тюменского гос. ун-та. 2004. № 3. С. 51–54.
11. Соромотин А.В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири: монография. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2010. 320 с.
12. Соромотин А.В. Оценка экологического состояния геологоразведочных скважин в Западной Сибири // Экология и промышленность России. 2006. № 2. С. 34–39.
13. Соромотин А.В., Самсонов Д.П., Гертер О.В., Пислегин Д.В. Методические подходы в отложениях старых шламовых амбаров геологоразведочных скважин // Вестн. Тюменского гос. ун-та. 2010. № 7. С. 210–216.
14. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
15. Трофимов В.Т. Эколого-геологические системы и новая структура экосистемы // Геология, география и глобальная энергия. 2010. № 1 (36). С. 6–26.
16. Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1980. 130 с.
17. Хоботова Э.Б., Уханёва М.И., Семенович Т.А., Махова О.Г., Пантелеева Н.М. Изучение распределения тяжёлых металлов по дисперсным фракциям цементной пыли // Вестник ХНАДУ. 2005. №29. URL: [http://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-raspredeleniya-tyazhyolyh-metallov-po-dispersnym-](http://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-raspredeleniya-tyazhyolyh-metallov-po-dispersnym)

- fraktsiyam-tsementnoy-pyli (дата обращения: 25.11.2012).
18. VDZ: "Umweltdaten der deutschen Zementindustrie" – First edition. 2000, Verein Deutscher Zementwerke e.V. Düsseldorf, 2000. Цит. по: Achternbosch M., Brautigam K.-R., Gleis M. et al. Heavy metals in cement and concrete resulting from the co-incineration of wastes in cement kilns with regard to the legitimacy of waste utilisation // Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe 2003. 187 p.

## HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF SLUDGE PITS IN EXPLORATION WELLS IN THE WESTERN SIBERIA

**A. V. Soromotin, D. V. Pislegin**

*Tyumen State University, ul. Semakova 10, Tyumen, 625003 Russia.*

*E-mail: asoromotin@mail.ru, DimaPislegin@rambler.ru*

The geochemical composition of bottom sediments was investigated in 81 sludge pits of exploration wells containing drilling waste. The concentrations of total forms of heavy metals (As, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sr, V and Zn) are reported. The main sources of heavy metals coming to drill sludge are established. The natural agents, such as sedimentary heavy-textured deposits and brine water, are the source of arsenic, beryllium, vanadium, chromium, copper, nickel, strontium, and presumably zinc. Drilling mud is the source of barium, cadmium, mercury and supposedly lead.

**Keywords:** *exploration wells, sludge pits, drill sludge, heavy metals.*