

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ ЛИЦЕНЗИОННЫХ УЧАСТКОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, С.Ю. Кукушкин,  
А.Г. Ганул, И.Ю. Арестова, М.А. Никитина**

Санкт-Петербургский государственный университет,  
199178, Санкт-Петербург, ВО 10 Линия 33/35. E-mail: m.opekunova@mail.ru

Нарастающие объемы производства отходов – объективная реальность и одна из наиболее острых проблем современного общества. Так, для удовлетворения потребностей одного человека во всем необходимом за год добывается от 20 до 45 т различного сырья. В готовую продукцию переходит лишь 1-6% сырья; остальное превращается в отходы. С течением времени и сам продукт становится отходом. В мире ежегодное производство отходов составляет 720 млрд т. В РФ на начало 2014 г. накоплено более 35 млрд т отходов.

Одним из важнейших источников отходов является горнодобывающая промышленность. По данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Ямало-Ненецкому автономному округу в 2016 году на территории автономного округа образовалось 921939,6 тонн отходов. Большая часть из них – это отходы, полученные при добыче сырой нефти и природного газа, а также в процессе предоставления услуг в области добычи полезных ископаемых –78,1 %.

В Региональном кадастре отходов производства и потребления ЯНАО учтено 823 объекта размещения отходов, в том числе 720 шламовых амбара, из которых в государственный реестр объектов размещения отходов (ГРОРО) включены 104 шламовых амбара.

Хорошо известно, что отходы оказывают всестороннее воздействие на окружающую среду. В наибольшей степени негативное влияние распространяется на почвенный покров, растительность и грунтовые воды, в некоторых случаях на поверхностные водные объекты [1]. Отрицательное воздействие также затрагивает и атмосферный воздух в виде выделяемых массой отходов летучих загрязняющих веществ, а также при их сжигании. Эти последствия особенно губительны для уязвимых экосистем тундры. Так, деградация растительности может распространяться на большие площади, прилегающие к территории складирования и захоронения отходов, за счет загрязнения грунтовых вод, самоочищающаяся способность которых крайне низка вследствие распространения многолетнемерзлых пород.

В 2017 г. проведено комплексное обследование девяти включенных в ГРОРО шламовых амбаров, находящихся на территории трех лицензионных участков в пределах ЯНАО.

Территория исследований располагается в подзоне северной тайги. Для нее характерно чередование лиственничных редколесий, редин и редкостойных лесов с крупнобугристыми торфяниками и осоково-сфагновыми болотами. Мерзлота в пределах района работ характеризуется сплошным распространением (более 95% территории) с мощностью от 200 до 400 м. Развита термоэрозийные и эрозийные процессы. Четвертичные отложения района в основном представлены монотонной толщей супесчано-суглинистых осадков и выглядят как чередование глин, хорошо отсортированных супесей и песков. Для исследованного района характерны резко континентальный климат, суровая и длительная зима, короткий световой год, низкие средние температуры воздуха, большие объемы снегопереноса. В соответствии с почвенно-географическим районированием [2] территория полигона расположена в пределах северо-таежной подзоны глеево-подзолистых почв Западно-Сибирской провинции глеево-слабоподзолистых и иллювиально-гумусовых почв. Недостаток термических ресурсов и избыточное увлажнение, малая продуктивность растительного покрова обуславливают заторможенность биологического круговорота в биогеоценозах. Почвообразование в районе исследований происходит на фоне недостатка положительных температур, замедленного биологического круговорота веществ, значительного снижения скорости минерализации и гумификации растительного опада, слабого химического изменения исходных минеральных субстратов. Результатом этого является господство кислых, выщелоченных ненасыщенных почв с торфянистыми и торфяными органомными горизонтами, со слабо измененной минеральной частью [3].

Бурение и складирование отходов в шламовые амбары проводилось в 2015-2017 гг. Согласно современной технологии захоронения отходов бурения шлама помещаются в герметичные изолированные геотекстилем отсеки, что исключает возможность латеральной и радиальной миграции растворов и загрязнения окружающей среды. При соблюдении этих условий загрязнения компонентов ландшафта на окружающей территории не отмечается.

Однако в действительности при аварийных ситуациях (например, сброс шлама при рекультивации мест размещения отходов) или размывов стенок амбаров в весенний период возрастает риск попадания шламовых отходов в компоненты окружающей среды. В связи с этим особый интерес представляет экологический мониторинг территории, прилегающей к объектам размещения буровых отходов.

В полевой перевод 2017 г. проведены комплексные геоэкологические исследования с отбором проб жидкой и твердой фаз отходов бурения из амбаров, а также отобраны образцы почв из поверхностного аккумулятивного (торфянистого) и иллювиального горизонтов почв и индикаторных видов растений. В полученных образцах воды, шламов и почв в аккредитованном центре «Эколаб» определены величина рН, анионно-катионный состав (хлориды, нитраты, сульфаты, фосфаты, натрий, калий и др.), содержание нефтяных углеводородов (НУ), фенолов и бенз(а)пирена по общепринятым методикам [3]. Анализ валового содержания тяжелых металлов (ТМ – Cu, Zn, Ni,

Co, Fe, Mn, Cr, V, Ba, Cd, Pb, Sr, Sc) осуществлен в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе «ELAN-6100 DRC» с полным кислотным разложением проб по ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98.

Результаты исследований показали (табл. 1, 2), что в твердой и жидкой фазах отработанных буровых растворов отмечается высокая концентрация хлоридов, сульфатов, фосфатов, натрия, нефтяных углеводородов, фенолов и Ва. Кроме того, в воде установлено значительное содержание Mn, а в шламе – Cu, Zn, Pb и Sr.

Таблица 1

**Статистические показатели содержания загрязняющих веществ и значения pH в шламовых амбарах и в почвах прилегающих участков, мг/кг**

Показатели	pH	СГ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	НУ	Фенолы	Бенз(а)пирен
Водная часть шлама								
Среднее (X)	<b>7,3</b>	<b>1878</b>	<b>1,0</b>	<b>21,4</b>	<b>3,7</b>	<b>0,27</b>	<b>0,128</b>	н/о
Минимальное (min)	5,8	15	0,10	0,09	0,02	0,01	0,007	
Максимальное (max)	8,7	6700	2,1	108,0	11,3	1	0,300	
Шлам								
Среднее (X)	<b>7,5</b>	<b>823</b>	<b>0,4</b>	<b>109</b>	<b>27</b>	<b>329</b>	<b>0,186</b>	<b>0,005</b>
Минимальное (min)	6,4	17	0,3	32	27	41	0,050	0,005
Максимальное (max)	8,7	2500	0,6	200	27	880	0,300	0,006
Почвы, аккумулятивный горизонт								
Среднее (X)	<b>5,2</b>	<b>3</b>	<b>6,0</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>46</b>	<0,05	<0,004
Минимальное (min)	3,7	1	2,0	1	2	13		0,005
Максимальное (max)	6,0	5	15,0	6	16	80		
Почвы, иллювиальный горизонт								
Среднее (X)	<b>5,0</b>	<b>3</b>	<b>5,6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>36</b>	<0,05	<0,004
Минимальное (min)	3,2	2	2,0	1	2	15		
Максимальное (max)	6,3	5	12,0	9	11	65		

Почвы вблизи шламовых амбаров загрязнены большинством ТМ, что связано со строительством скважин и проведением буровых работ. Однако показательно увеличение в почвах концентрации Ва и Sr, указывающее на влияние разливов шлама. Однако уровень загрязнения почв зависит от степени удаленности от разлива. На расстоянии нескольких десятков метров от границы разлива содержание металлов снижается до фоновых значений. В условиях промывного режима почв гумидного климата легкоподвижные соли металлов (хлориды, сульфаты), а также ионы натрия быстро выносятся за пределы почвенного профиля, поэтому в отобранных образцах не наблюдается существенного увеличения их содержания по сравнению с фоновыми участками. Более надежными индикаторами выступают BaSO<sub>4</sub> и SrSO<sub>4</sub>, входящие в состав буровых растворов и характеризующиеся низкой подвижностью.

Таблица 2

**Статистические показатели содержания ТМ в шламовых амбарах  
и компонентах прилегающих ПТК**

	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Fe	V	Sc	Sr
Водная часть шлама, мкг/л													
X	<b>3631</b>	<b>126</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<2	<5	<5	<0,5	<5	<b>2000</b>	н/о	н/о	н/о
min	66	4	1	7						650			
max	19000	260	26	56						39			
Шлам, мг/кг													
X	<b>17489</b>	<b>276</b>	<b>122</b>	<b>44</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>20</b>	<b>0,09</b>	<b>72</b>	<b>22089</b>	<b>53</b>	<b>6</b>	<b>287</b>
min	457	93	9	3	4	2	6	0,02	11	4410	17	2	85
max	71900	589	502	261	42	15	69	0,23	303	49210	109	10	752
Почвы, аккумулятивный горизонт, мг/кг													
X	<b>206</b>	<b>121</b>	<b>33</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>0,36</b>	<b>18</b>	<b>9966</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>54</b>
min	53	16	5	5	3	1	3	0,03	4	1750	3	0,4	14
max	520	271	98	21	24	16	24	0,92	51	24920	83	7	116
Почвы, иллювиальный горизонт, мг/кг													
X	<b>427</b>	<b>226</b>	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>0,05</b>	<b>40</b>	<b>17445</b>	<b>62</b>	<b>6</b>	<b>100</b>
min	285	75	8	3	3	2	6	0,02	10	4480	16	2	47
max	506	395	38	12,6	18,0	9,0	17,0	0,10	59	25270	91	9	140
<i>Ledum decumbens</i> , мг/кг сухого вещества													
X	<b>86</b>	<b>834</b>	<b>19</b>	<b>3,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,06</b>	<b>0,3</b>	<b>0,01</b>	<b>0,3</b>	<b>112</b>	<b>0,3</b>	<b>0,04</b>	<b>10</b>
min	46	487	15	1,9	0,5	0,03	0,1	0,01	0,1	48	0,1	0,01	5
max	113	1546	25	5,7	2,0	0,09	0,5	0,02	0,6	178	0,6	0,07	34
<i>Cladonia alpestris</i> , мг/кг сухого вещества													
X	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>13</b>	<b>1,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,22</b>	<b>1,1</b>	<b>0,06</b>	<b>1,4</b>	<b>455</b>	<b>1,6</b>	<b>0,19</b>	<b>6</b>
min	3	11	4	0,4	0,2	0,03	0,3	0,02	0,2	69	0,2	0,03	1
max	202	76	18	2,4	2,1	0,75	2,2	0,14	5,7	1666	6,5	0,65	24

Высокую индикаторную значимость при оценке воздействия шламовых амбаров имеют растения. Сравнительный анализ химического состава 9 различных видов, произрастающих на фоновых и техногенно загрязненных участках, показал, что наиболее чувствительными индикаторами к воздействию разливов отходов бурения являются лишайники *Cladonia alpestris* и *Cetraria delisei*, мох *Pleurozium schreberi* и листья карликовой березки *Betula nana* (табл. 3).

Кустарнички *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea* и *Empetrum nigrum* в силу своих биологических особенностей отличаются высоким содержанием Mn и обладают относительной устойчивостью к поглощению Cu, Zn, Sr и Ba. Это хорошо согласуется с известным положением об антагонизме аккумуляции Mn и Ni, Cu, Zn, Cr, Pb и др. в условиях загрязнения окружающей среды ТМ [6]. Исключение составляет багульник *Ledum decumbens*, отличающийся повышенной аккумуляцией всех ТМ в условиях техногенного воздействия [5].

Таблица 3

**Содержание ТМ в изученных объектах в районе шламового амбара  
куста скважин К-105, мг/кг**

Объект	Ba	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd	Cr	Fe	V	Sc	Sr
Водная часть шлама, мкг/л	1700	650	7,7	<5	250	56	<2	<5	<25	26	д/о	д/о	д/о
Шлам	2630	202	73	18	14	5	9	0,10	28	10150	34	4	137
Почва. аккумуля. гор.	520	178	36	9	14	5	17	0,47	36	14350	54	7	105
Почва. иллув. гор.	482	279	34	7	15	6	14	0,06	54	22540	82	9	124
<i>Betula nana</i> (ветки)	9	308	40	1	0,8	0,1	0,1	0,06	0,1	48	0,1	0,01	3
<i>Betula nana</i> (листья)	173	1459	803	19	5,2	0,9	4,6	1,64	2,4	737	2,2	0,24	67
<i>Cetraria delisei</i>	278	53	27	4	3,0	1,0	2,1	0,06	8,3	2330	8,7	0,93	25
<i>Empetrum nigrum</i>	94	537	17	6	2,7	0,3	0,7	0,02	2,3	638	2,4	0,24	14
<i>Ledum decumbens</i>	109	705	23	4	1,2	0,1	0,3	0,01	0,5	148	0,4	0,05	9
<i>Pleurozium schreberi</i>	635	189	27	8	7,8	2,6	4,8	0,09	19	5734	23	2,12	62
<i>Vaccinium uliginosum</i>	50	900	48	5	1,4	0,1	0,2	0,64	0,3	87	0,2	0,02	10
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	83	849	33	6	0,8	0,1	0,2	0,02	0,3	160	0,5	0,05	12
<i>Cladonia alpestris</i>	202	42	18	2	2,1	0,8	1,6	0,07	5,7	1666	6,5	0,63	24
<b>Фоновый участок</b>													
1а <sup>3</sup> III	317	114	10	3,2	3,8	2,0	6,7	0,03	13	7700	19	2,1	53
Почва. аккумуля. гор.	177	210	36	9	12	5	22	0,25	17	14300	25	3,1	48
Почва. иллув. гор.	454	340	31	8	15	7	14	0,05	51	34200	78	5,7	89
<i>Ledum decumbens</i>	90	1441	22	3	1,1	0,05	0,3	0,01	0,15	90	0,2	0,03	9
<i>Vaccinium uliginosum</i>	32	770	44	4,8	1	0,04	0,2	0,27	0,14	44	0,1	0,009	9
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	48	1107	35	4,5	0,7	0,05	0,2	0,13	0,09	50	0,1	0,010	14
<i>Empetrum nigrum</i>	29	879	12	4,2	1	0,06	0,2	0,01	0,16	78	0,2	0,023	6
<i>Pleurozium schreberi</i>	23	454	20	3,1	1,6	0,27	3	0,11	1,57	479	1,4	0,142	10
<i>Cladonia alpestris</i>	4	20	5	0,5	0,3	0,1	4	0,02	0,62	200	0,7	0,078	1

Примечание: д/о – данные отсутствуют.

Таким образом, при соблюдении технологии строительства и рекультивации шламовых амбаров выраженного воздействия на компоненты ландшафта не отмечается. Однако частые аварийные ситуации приводят к загрязнению почв, грунтовых вод и растений. Индикаторами загрязнения служат повышенные по сравнению с фоном концентрации Ba и Sr в почвах, воде и растениях. При этом отмечается локализация воздействия вокруг источника загрязнения и даже на удалении в несколько десятков метров концентрации поллютантов снижаются до фонового уровня. Наиболее надежными индикаторами загрязнения шламовыми отходами выступают лишайники *Cladonia alpestris* и *Cetraria delisei*, мох *Pleurozium schreberi* и листья карликовой

березки *Betula nana*. В целях оптимизации системы мониторинга мест размещения отходов на территории нефтегазовых месторождений целесообразно в обязательный перечень анализируемых ингредиентов включить Ва и Sr.

*Работа выполнена при поддержке гранта РГО-РФФИ № 17-05-41070 «Разработка инновационных решений по оптимизации и унификации экологического мониторинга нефтегазовых месторождений в северных регионах России».*

#### Литература

1. Арестова И.Ю., Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю. Эколого-геохимическая оценка состояния природной среды в районах нефтегазодобычи. Доклады Межд. научной конф. Москва 15-18 ноября 2006 г. Смоленск: Ойкумена, 2006. С. 41-42.
2. Атлас Ямало-Ненецкого Автономного Округа / под ред. С.И. Ларина. Омск, 2005. 304 с.
3. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. М., 1986.
4. Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю., Шейнерман Н.А. Методы физико-химического анализа почв и растений: учебно-методическое пособие. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2015. 86 с.
5. Опекунова М. Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: дисс. док. геогр. наук: 25.00.23: защищена 05.03.13: утв. 10.02.14 / М.Г. Опекунова. СПб, 2013. 422 с.
6. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. 548 p.

## ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ФИЛЬТРАТОВ СВАЛОК НА ПОВЕДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И ПОРОДАХ

**В.С. Путилина, И.В. Галицкая, Т.И. Юганова**

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН  
Уланский пер., 13, стр. 2, Москва, 101000, Россия. E-mail: vputilina@yandex.ru

Растворенное органическое вещество (РОВ) в фильтрате свалочных отходов представляет собой широкий набор природных и синтетических органических соединений и может существенно влиять на химические формы и миграцию тяжелых металлов. С одной стороны, подвижность тяжелых металлов может увеличиваться за счет образования металлоорганических соединений. С другой стороны, по мере «старения» свалки увеличивается рН фильтрата, содержание РОВ снижается, так как органическое вещество переходит в твердую фазу и формируется новая поглощающая поверхность, адсорбция металлов возрастает, тем самым уменьшается их подвижность.