

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ОТХОДАМИ БУРОВЫХ РАБОТ НА ТЕРРИТОРИИ ЯНАО

Опекунов Анатолий Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Институт наук о Земле ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», *Россия*, г. Санкт-Петербург, a_opekunov@mail.ru

Опекунова Марина Германовна, доктор географических наук, доцент, Институт наук о Земле ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», *Россия*, г. Санкт-Петербург, m.opekunova@mail.ru

Кукушкин Степан Юрьевич, магистр, Институт наук о Земле ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», *Россия*, г. Санкт-Петербург, s.kukushkin@spbu.ru

Широков Михаил Юрьевич, бакалавр, магистрант, Институт наук о Земле ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет», *Россия*, г. Санкт-Петербург, kot102992@mail.ru

В статье представлены результаты оценки загрязнения почв отходами от проведения буровых работ, выделены основные загрязняющие вещества. Даны рекомендации по снижению риска загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: нефтегазодобыча, шламовые амбары, буровые отходы,

ASSESSMENT OF POLLUTION OF SOIL WASTES DRILLING OPERATIONS IN YANAO

Opekunov A.Y., Opekunova M.G., Kukushkin S.Y., Shirokov M.Y.

The article discusses the assessment of soil pollution from waste during drilling operations, highlights the main pollutants

Keywords: oil and gas production, sludge pits, drilling wastes

Огромный объем ежегодно образующихся отходов становится одной из наиболее острых экологических проблем как в мире, так и в Российской Федерации. Во многом это связано с развитием высокоотходных производств и низким уровнем использования отходов в качестве вторичного сырья.

Нефтегазовая промышленность является одним из источников образования отходов различного состава, происхождения и агрегатного состояния. Большая часть отходов в данной отрасли образуется при бурении разведочных и эксплуатационных скважин. Это сопровождается образованием высокотоннажных отходов – бурового шлама. В состав буровых растворов, используемых в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) для бурения глубоких скважин с высоким пластовым давлением, в качестве добавок входят утяжелители (барит, гематит), СПАВ (дисовлан, сульфанол), цемент (как носитель кальция), смазочные материалы (нефть, нефтепродукты, жирма, петролатум, СМАД, графит) [2]. Поэтому буровой шлам представлен поликомпонентной суспензией, в которой соотношение перечисленных веществ различно и определяется используемой технологией бурения. Отсюда и разный состав, и уровень опасности буровых шламов, образующихся при бурении скважин.

Низкая устойчивость северо-таежных и тундровых ландшафтов усиливает негативное воздействие на ландшафты, прилегающие к скважинам. В связи с этим особое внимание при оценке состояния окружающей среды в районах нефтегазодобычи уделяется мониторингу шламовых амбаров [1]. При этом необходимо осуществлять контроль за составом буровых шламов, их агрегатным состоянием, содержанием токсичных химических элементов, а также за способами его транспортировки и захоронения. Локальный экологический мониторинг окружающей среды предусматривает контроль химического состава почв на территории размещения шламовых амбаров, а также воды и донных осадков в близлежащих водных объектах.

Наиболее распространенным на сегодняшний день способом удаления бурового шлама при разработке газоконденсатных месторождений в ЯНАО является сброс в земляные отстойники (амбары), оборудованные на примыкающей к буровой установке площадке. Хранение буровых растворов в ходе строительства скважин производится в теле кустовой площадки (амбаре), территория которой изъята из природопользования на период эксплуатации месторождения. Загрязнение почвенного покрова происходит при разрушении обваловок шламовых амбаров или при их переполнении. Для исключения проникновения загрязняющих веществ из тела амбара в окружающую среду в настоящее время используется гидроизоляция стенок и дна шламовых амбаров и шламохранилищ. В качестве таких изоляционных материалов применяются геомембраны из ПВД и ПНД с добавлением стабилизаторов. Пленка геомембраны, устойчива к

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|----------|---------------|-----------|---------------|----------|-----------|-------|----------|---------------|----------|---------------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| pH | 4,1 | 4,0 | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 3,9 | 3,9 | 4,6 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 4,8 | 4,0 | 6,1 | 4,8 | 5,0 | 4,2 | 5,0 |
| Хлориды | 93 | 75 | 10 | 11 2 | 10 | 83 | 77 | 31 | 89 | 75 | 65 | 5 | 16 4,7 | 43, 1 | 83, 1 | 55, 5 | 82 | 10 |
| Азот общий | <2 50 | <2 50 | <2 50 | 40 3 | <2 50 | 33 0 | 81 0 | 250 | 59 0 | 11 30 | <2 50 | <2 50 | <2 50 | <2 50 | <2 50 | <2 50 | 72 5 | <2 50 |
| Нитраты | <2, 5 | <2, 5 | <2, 5 | <2, 5 | <2, 5 | <2, 5 | <2, 5 | <2,5 | <2, 5 | 11 | <2, 5 | <2, 5 | 4,4 | <2, 5 | 2,6 | <2, 5 | 11 | <2, 5 |
| Фосфор подвижны й | <1 | 1,6 | <1 | 3 | 4 | 6,7 | 8,1 | 4,1 | 14 | 8 | 31, 2 | 11 9 | 11, 9 | <1 0 | <1 0 | <1 0 | 34 | 10 4 |
| Сульфаты | 17 3 | 16 2 | <9 6 | 16 9 | <9 6 | 20 9 | 11 3 | <96 | 31 3 | 14 3 | 10 3 | <9 6 | 27, 2 | 11, 9 | 15, 5 | 11, 2 | 13 6 | 11 2 |
| АП АВ | 13, 6 | 16, 2 | 3,1 | 10, 8 | 4,3 | 12, 3 | 8,7 | 12,1 | 23 2 | 17 5 | 15 9 | 1,8 | н.д | н.д | 0,6 6 | 0,2 5 | 26, 7 | 4,9 |
| Нефте-про дукты | 10 98 | 15 77 | 32 | 15 67 | 24 9 | 35 25 | 16 33 | 86 | 12 67 | 15 90 | | <2 0 | 23 | 10 | 5,5 | <5 | 48 | 16 |
| Ba | 17 6 | 17 2 | 38 7 | 15 0 | 39 2 | 20 | 19 1 | 452 | 35 | 80 | 18 6 | 46 4 | 22 2 | 49 7 | 12 8 | 56 8 | 24 8 | 43 3 |
| Mn | 78 0 | 16 0 | 26 0 | 16 0 | 26 2 | 62 | 72 | 190 | 66 | 46 | 94 | 30 0 | 13 00 | 18 00 | 34 6 | 23 0 | 34 9 | 40 0 |
| Zn | 22 | 27 | 19 | 20 | 18 | 31 | 10 | 23 | 26 | 9 | 30 | 34 | 48 | 68 | 42 | 41 | 32 | 34 |
| Cu | 5 | 6 | 3 | 4 | 4 | 31 | 10 | 23 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 16 | 11 | 11 | 9 | 8 |
| Ni | 10 | 7 | 10 | 6 | 10 | 3 | 5 | 11 | 4 | 6 | 7 | 14 | 11 | 23 | 25 | 12 | 4 | 8 |
| Co | 6 | 2 | 5 | 2 | 5 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 6 | 15 | 31 | 3 | 7 | 6 | 13 |
| Pb | 10 | 22 | 9 | 14 | 10 | 8 | 5 | 13 | 7 | 3 | 15 | 13 | 18 | 11 | 18 | 11 | 12 | 8 |
| Cd | 0,2 2 | 0,5 | <0, 1 | 0,3 3 | <0, 1 | 0,3 7 | <0, 1 | 0,16 | 0, 35 | 0, 27 | 0, 51 | <0, 1 | <0, 1 | <0, 1 | 0,5 1 | 0,1 6 | 0,3 6 | 0,3 3 |
| Cr | 13 | 9 | 35 | 7 | 37 | 2 | 36 | 59 | 4 | 10 | 13 | 62 | 42 | 86 | 22 | 36 | 20 | 52 |
| Hg | 0,1 | н.д . | н.д . | 0,0 82 | 0,0 3 | н.д . | 0,0 58 | 0,027 | н. д. | 0, 06 7 | н. д. | 0,0 17 | 0,1 4 | 0,0 4 | 0,0 17 | 0,0 19 | 0,1 22 | 0,0 35 |
| Fe | 18 40 0 | 63 00 | 22 40 0 | 67 41 | 24 41 4 | 26 00 | 45 00 | 16000 | 35 85 | 80 00 | 44 00 | 34 70 0 | н.д . | н.д . | н.д . | н.д . | 11 30 0 | 28 25 0 |
| V | 20 | 11 | 51 | 8 | 52 | <3 | 35 | 80 | 4 | 9 | 14 | 70 | 57 | 12 9 | 13 | 61 | 23 | 69 |

Отсутствие превышений загрязняющих веществ в почвенном покрове вокруг других (действующих) шламовых амбаров, объясняется правильной гидроизоляцией дна и стенок амбара, расположением котлованов в тяжелых по механическому составу почвах. При визуальном обследовании территории этих шламовых амбаров можно отметить полноценную рекультивацию амбаров, отсутствие разрушения обваловки амбаров и обваловку всей производственной площадки.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что в случае расположения шламовых амбаров в тяжелых по механическому составу грунтах (средние и тяжелые суглинки), наличие естественной гидроизоляции тела амбара и расположение амбаров в заглублении практически полностью исключает поступление загрязняющих веществ в окружающую среду. Риск загрязнения при расположении шламовых амбаров в теле высоко отсыпанных площадок на поверхности торфяников увеличивается (рис 1).

Определение концентрации подвижных форм ТМ, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером с pH=4,8, позволяет охарактеризовать степень подвижности этих элементов и возможность транслокации в растениях.



Расположение шламового амбара в теле кустовой площадки. Отсыпанная площадка на торфянике.
Скв. 180 Пырейного ЛУ



Расположение шламового амбара в заглубление в тяжелых по механическому составу грунтах.
К-9 Берегового ЛУ

Рисунок 1 – Шламовые амбары исследованной территории.

По результатам анализа проб почв с площадок, расположенных вблизи шламовых амбаров, и пробы бурового шлама (таблица 2) на содержание подвижных форм ТМ не было выявлено превышений ПДК ни по одному из изученных элементов, за исключением повышенного содержания Mn в почве в районе К-10 и Ni в буровом шламе – 4,01 мг/кг.

Таблица 2 – Содержание подвижных форм ТМ в почвах исследованных участков, мг/кг

| ЛУ | Площадка | Почв. гор | Zn | Fe | Cr | Mn | Co | Cu | Ni | Pb | Cd |
|--------------------|-----------------------------|-----------------|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Пырейный ЛУ | К-10, фон | орган.гор | 3,6 | 130 | 0,53 | 150 | 0,53 | 0,09 | 0,67 | 2,10 | 0,13 |
| | | минер.гор | 1,5 | 680 | 1,26 | 15 | 0,62 | 0,10 | 0,91 | 1,41 | 0,12 |
| | К-10, контроль | орган.гор | 5,9 | 375 | 0,23 | 201 | 0,88 | 0,33 | 0,80 | 1,50 | 0,11 |
| | К-8, контроль | орган.гор | 5,3 | 77 | <0,05 | 34 | <0,05 | 1,40 | 0,13 | 2,34 | 0,29 |
| | | минер.гор | 0,7 | 381 | 1,03 | 4 | <0,05 | 0,78 | 0,43 | 1,34 | 0,02 |
| | К-10, амбар | шлам | 7,0 | 468 | 0,36 | 33 | 0,83 | 2,81 | 4,01 | 5,07 | 0,04 |
| Хадырь-яхинский ЛУ | скв180 контроль | орган.горТ О | 4,7 | 43 | <0,05 | 11 | <0,05 | 0,81 | <0,05 | 0,79 | 0,14 |
| | | орган.горТ Т | 0,23 | 49 | <0,05 | 1 | <0,05 | 1,05 | <0,05 | 0,26 | 0,03 |
| | Шламовый амбар №6, контроль | минер.гор | 0,6 | 244 | <0,05 | 2 | <0,05 | 1,19 | 0,20 | <0,05 | 0,09 |
| Береговой ЛУ | К-7, контроль | орган.гор | 5,2 | 82 | <0,05 | 9 | <0,05 | 1,42 | <0,05 | 1,83 | 0,16 |
| | | минер.гор | <0,05 | 176 | 0,41 | 1 | 0,37 | <0,05 | <0,05 | 1,13 | 0,001 |
| ПДК | | | 23 | | 6 | 80 | 5 | 3 | 4 | 6 | |

Изучение доли подвижных форм ТМ от валового содержания позволяет говорить о степени и темпах миграции или аккумуляции химических элементов в отдельных компонентах ландшафта. В целом процент подвижных форм выше в поверхностных горизонтах почв, представленных подстилкой низкой степени разложения и содержащей наиболее подвижные формы ТМ, сорбированные органическим веществом (рисунок 2). Максимальная доля подвижных форм от валового содержания характерна для Cd. Минимальная доля подвижных форм в органических горизонтах у Fe (около 1 %), где оно в основном находится в форме гидроксидов. Подвижность Fe увеличивается в восстановительных условиях минеральных горизонтов, что является характерным для тундровых почв.

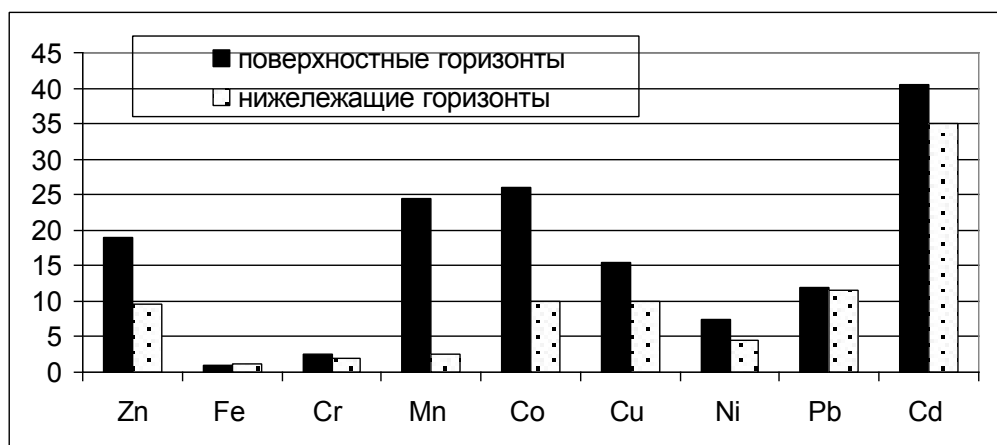


Рисунок 2 – Доля подвижных форм ТМ от их валового содержания в почвах, %

В целом стоит отметить высокую степень доступности всех ТМ в почвах Пырейного ЛУ (таблица 3). Несмотря на более низкое валовое содержание ТМ в почвах Пырейного ЛУ,

концентрации подвижных форм определены на значительно более высоком уровне, чем в почвах других ЛУ.

Таблица 3 – Доля подвижных форм ТМ от их валового содержания в почвах исследованных участков, %

| ЛУ | площадка | Почв. гор | pH | Zn | Fe | Cr | Mn | Co | Ni | Pb | Cd |
|--------------------|-----------------------------|-------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Пырейный ЛУ | К-10, фон | орган.гор | 4,6 | 26 | 1 | 5 | 30 | 12 | 7 | 17 | 74 |
| | | минер.гор | 5,0 | 11 | 3 | 3 | 11 | 14 | 8 | 16 | |
| | К-10 контроль | орган.гор | 4,1 | 26 | 2 | 2 | 26 | 16 | 8 | 16 | 50 |
| | К-8, контроль | орган.гор | 4,0 | 19 | 1 | <1 | 21 | 1 | 2 | 11 | 58 |
| | | минер.гор | 5,0 | 3 | 2 | 3 | 2 | <1 | 4 | 14 | |
| Хадырь-яхинский ЛУ | скв180 контроль | орган.горТО | 3,9 | 15 | 2 | 1 | 17 | 2 | 1 | 10 | 37 |
| | | орган.горТТ | 3,9 | 2 | 1 | <1 | 1 | 2 | <1 | 5 | |
| | шламовый амбар №6, контроль | минер.гор | 4,6 | 3 | 15 | <1 | 1 | 1 | 2 | <1 | 54 |
| Береговой ЛУ | К-7, контроль | орган.гор | 3,9 | 17 | 2 | <1 | 9 | 2 | <1 | 12 | 32 |
| | | минер.гор | 4,8 | <1 | 1 | 1 | <1 | 6 | <1 | 9 | |

Исследование водных объектов, расположенных вблизи отработанных и действующих амбаров, показало отсутствие загрязнения воды и донных осадков рассматриваемыми поллютантами. Это еще раз свидетельствует, что влияние буровых шламов в случае изоляции амбаров практически не выражено. При отсутствии изоляции постепенное вымывание загрязняющих веществ из буровых шламов при низкой интенсивности внутрпочвенной миграции в глинистых и суглинистых почвах также не приводит к заметному загрязнению водных объектов.

О низкой интенсивности миграции поллютантов свидетельствуют результаты изучения буровых шламов, образовавшихся при бурении разведочных и промысловых скважин и захороненных в шламовых амбарах без применения современных изоляционных материалов. С течением времени содержание тяжелых металлов (Pb, Ba, Cu, Ni, Co, V, Hg) и нефтяных углеводородов, первоначальные концентрации которых заметно превышали фоновые значения, характерные для залегающих на поверхности позднеплейстоценовых отложений, постепенно снижались, приближаясь к природным содержаниям (через 10-30 лет).

В ходе проведенных исследований почв в районах шламовых амбаров было выявлено, что перечень веществ, определяемых в обязательном порядке при проведении геоэкологического мониторинга в соответствии с Постановлением правительства ЯНАО (№ 56-П от 14.02.2013), не отражает эколого-геохимические последствия буровых работ. Так в данный список не включен Ba, являющийся индикатором загрязнения почвенного покрова буровыми растворами, и ванадий, который относится к типоморфным элементам загрязнения почв нефтяными углеводородами. Кроме того, определение только валового содержания ТМ в почвах не достаточно для определения потенциальной опасности их загрязнения.

Отдельно стоит выделить обязательное определение бенз(а)пирена в пробах почв, предписанное Постановлением. Проведенные исследования показали, что бенз(а)пирен не индицирует нефтяное загрязнение при добыче газа и газоконденсата. Его содержание чаще всего находится ниже предела обнаружения метода. Проведенные нами исследования в 2003-2005 гг., показали, что основным веществом, определяющим общее содержания ПАУ в почвах в районах нефтегазодобычи, служит нафталин (рисунок 3). В отдельных пробах почв вблизи скважин на долю нафталина приходится до 80–95 % от суммы содержания 16 полиаренов [3]. Это обусловлено тем, что нафталин содержится в большом количестве в пластовых водах нефтегазоконденсатных месторождений. Наряду с нафталином, они обогащены также фенантеном, пиреном и бенз/б/флуорантен [4].

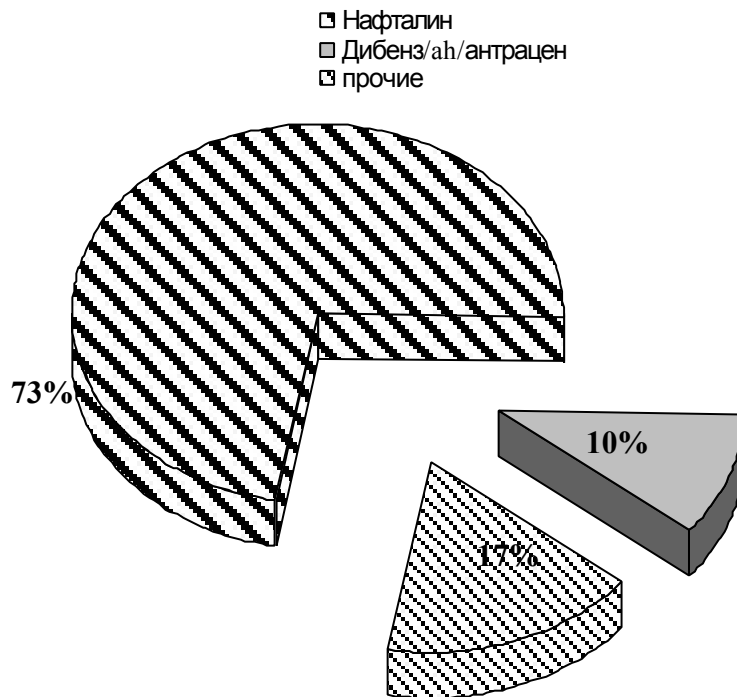


Рисунок 3 – Процентное содержание полиаренов в почвах района буровых работ

Таким образом, проведенные исследования содержания загрязняющих веществ в почвах позволяют сделать следующие выводы:

1. Для безопасного захоронения и временного размещения производственных отходов на территории ЛУ ЯНАО необходимо строго соблюдать проектные условия гидроизоляции дна и бортов шламовых амбаров. Максимально безопасным является размещение шламовых амбаров с заглублением в тяжелых по механическому составу грунтах.

2. При отсутствии изоляционных материалов организация шламовых амбаров в глинистых и суглинистых отложениях приводит к постепенному выносу поллютантов за пределы амбара, не вызывающему выраженного загрязнения компонентов ландшафта. Строительство амбаров в песчаных отложениях характеризуется повышенным риском загрязнения окружающей среды

3. Индикаторами загрязнения почв при проведении буровых работ служат валовые содержания Ва, V и нафталина, а также подвижные формы ТМ (Pb, Cu, Ni, Co, Zn).

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. ВРД 39-1.13-057-2002. Регламент организации работ по охране окружающей среды при строительстве скважин.

3. Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г., Кукушкин С. Ю., Ганул А. Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в Ямало-Ненецком автономном округе // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 2012. – Вып. 4. – С. 87–101.

4. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа М.: Изд-во ВНИРО. – 2001. - 247 с.