

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие «РосРАО»

Всероссийское общество охраны природы

Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции

им. А.Н. Северцова РАН

**Экологический мониторинг опасных промышленных
объектов: современные достижения, перспективы
и обеспечение экологической безопасности населения**

Сборник научных трудов

Под редакцией д-ра биол. наук, профессора Е.И. Тихомировой

Саратов 2019

УДК 504.05:504.06

Э40

Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2019. Часть 1. 237 с.

Сборник научных статей составлен на основе материалов Всероссийской научно-практической конференции «Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения», которая проводилась в рамках I Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт» в СГТУ имени Гагарина Ю.А. совместно с ФГУП «РосРАО», Всероссийским обществом охраны природы и Саратовским филиалом ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН при поддержке профильных министерств Правительства Саратовской области 11-13 декабря 2019 г.

В сборнике представлены работы по следующим направлениям работы конференции: методологические аспекты экологического мониторинга опасных промышленных объектов и прогнозирование состояния антропогенно нарушенных территорий; современные информационные технологии в экологическом мониторинге опасных промышленных объектов; современные методы выявления экотоксикантов в объектах окружающей среды и оценка их воздействия на экосистемы и здоровье человека; разработка инновационных методов экологической реабилитации антропогенно нарушенных территорий; математическое моделирование оценки токсичности ксенобиотиков, рисков здоровью населения и эффективности технологических систем на производственно-технических комплексах по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности.

Были рассмотрены также вопросы экологических, экономических и социальных проблем загрязнения территорий опасными отходами; правовые и экономические аспекты экологической политики в сфере утилизации отходов и обеспечения экологической безопасности; обоснования рациональной системы мониторинговых наблюдений за состоянием окружающей среды производственно-технических комплексов по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов I и II классов опасности.

Предназначается для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области экологии и в сфере обращения с отходами.

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук, профессор Е.И. Тихомирова (отв. редактор);

доктор биологических наук О.В. Нечаева

кандидат биологических наук, доцент О.В. Абросимова

(зам. отв. редактора)

ISBN 978-5-00140-411-8

© СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2019

А.Ю. Опекунов, М.Г. Опекунова, С.Ю. Кукушкин, С.А. Лисенков

Санкт-Петербургский государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ОТХОДАМИ БУРЕНИЯ

Представлены результаты мониторинга загрязнения почв в результате воздействия отходов бурения за пределами промышленной площадки. На двух профилях изучена латеральная и вертикальная миграции химических элементов в почвах. Определено содержание металлов, а также основных катионов и анионов в генетических горизонтах почв, в почвенных и грунтовых водах. Показана интенсивность латеральной и радиальной миграции поллютантов в лесотундровых ландшафтах. Сделан вывод об относительно высокой устойчивости почвенного покрова изученных природно-территориальных комплексов к химическому загрязнению за счет интенсивной латеральной и относительно слабой радиальной миграции.

Ключевые слова: буровой шлам, почвы, почвенные и грунтовые воды, металлы, латеральная и радиальная миграция.

Основным источником загрязнения при освоении месторождений углеводородного сырья служат буровые отходы, складываемые в шламовые амбары. Разрушение амбаров, что нередко наблюдается на территории месторождений, сопровождается поступлением отходов на рельеф местности. Это приводит к загрязнению почв и грунтовых вод, деградации растительности. На состояние ацидофильной растительности природно-территориальных комплексов (ПТК) большое влияние оказывает щелочная реакция растворов. Именно этот фактор приводит к массовому развитию хлорозов и некрозов наземной биомассы, а также гибели большинства растений сразу после разлива отходов бурения. Целью мониторинга, который проводился в течение 3 лет, стала оценка уровня химического загрязнения и масштаб его распространения в почвах, почвенных и грунтовых водах. Исследования проведены в пределах двух лицензионных участков нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО. Почвы представлены элювиально-железистыми подбурами (пр. 105) и торфяно-глеевыми почвами (пр. 208). Они характеризуются низким содержанием химических веществ. Доля подвижных (сорбционно-карбонатных) форм металлов составляет 1-3% от валового содержания. Сравнение полученных результатов с региональным геохимическим фоном [1] показало, что концентрация металлов в почвах, даже в непосредственной близости к объектам промысла, невысока.

Исследования проводились на площадках, где произошел сброс буровых отходов. На основе катенарного принципа закладывались профили с четырьмя (105) и пятью (208) почвенными разрезами через 50 м. В каждом почвенном разрезе из разных генетических горизонтов отобраны по 3-4 пробы. В лаборатории образцы почв и буровых шламов подвергались

полному кислотному вскрытию. Определение металлов в почве, шламах и воде проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе «ELAN-6100 DRC»; анализ хлоридов, сульфатов, фосфатов и нитратов – методом ионной хроматографии.

Изучение химического состава буровых шламов и шламовых вод показало высокую степень изменчивости содержания веществ (табл. 1), что обусловлено разным составом применяемых буровых растворов. Наиболее выражено их загрязнение нефтяными углеводородами (НУ), Ba, Sr, PO₄³⁻, Cl⁻, SO₄²⁻. Отмечаются повышенные содержания Mn, Cu, Pb, Zn, фенолов, а также высокая щелочность. Наблюдаются высокие концентрации катионов (K⁺, Ca²⁺, Na⁺) и значительная минерализация воды. Шламовые воды соответствуют хлоридно-натриевому и хлоридно-кальциевому типам, что отвечает составу пластовых вод продуктивных горизонтов земной коры. Содержание отмеченных выше химических веществ в буровых шламах и в воде, меняется в зависимости от времени хранения отходов.

Таблица 1

Среднее значение величины рН и содержание химических веществ в жидкой и твердой фазах отходов бурения

Химические вещества и показатели	Шламовые воды (мг/л)	Буровой шлам (мг/кг)
рН	7,87-8,69	7,10-10,5
NO ₃	0,38-2,1	0,44-1,46
SO ₄ ²⁻	38-108	94-360
PO ₄ ³⁻	0,43-11,3	27- более 500
Cl	1100-3500	56-2000
K	75-2300	12000-16500
Ca	330-1460	3200-41300
Mg	2,5-11,3	н.д.
Na	600-2100	5500-10500
Cd	0,0001-0,0077	0,13-0,20
Ba	0,22-19	678-71900
Fe (общее)	1,32-10,4	17800-31000
Mn	0,055-0,46	248-411
Sr	н.д.	107-752
Cu	0,018-0,106	36,9-53,4
Cr	н.д.	119-303
Ni	0,022-0,039	19,1-50,3
Pb	0,0022-0,016	14,3-87
Zn	0,015-0,050	148-224
V	н.д.	49-119
Нефтяные углеводороды	0,78-44	10,0-880

В 2017 году сразу после аварийного разлива шламовых отходов в непосредственной близости к источнику на обоих участках было установлено увеличение в органогенном горизонте почв показателя рН до 5,8-6,6 и рост в 2-10 раз концентрации сульфатов, хлоридов, фосфатов, НУ,

а также небольшое повышение над фоном металлов. В 2018 г. загрязнение сместилось за счет радиальной и латеральной миграции, т.е. на второй год для большинства ТМ отмечается снижение концентрации в органогенном горизонте и небольшой рост в иллювиальном горизонте (ВН) почв. Однако в 2019 г. вновь наблюдается рост концентрации металлов в органогенных горизонтах. На пр. 105 в непосредственной близости к разливу это выражено для Ba, Mn, Zn, Cu, Cr, V, Na; на удалении 50 м такая тенденция проявляется для Fe, Sr, V, Na. Во всех случаях рост концентрации не превышает 1,5-2,0 раза. В нижних горизонтах и на расстоянии более 50 м каких-либо изменений в содержании металлов в почвенных разрезах не установлено. На пр. 208 латеральная миграция металлов происходит более активно. В 2019 г., по сравнению с 2018 г., в торфянистом и минеральном горизонтах рост содержания металлов фиксируется до 100 м от участка разлива. В наибольшей степени он типичен для Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Fe, V, Sr и составляет 2-5 раз.

Однако в наибольшей степени загрязнение буровыми отходами отразилось на химическом составе грунтовых и почвенных вод. Первые были отобраны на профиле 105, где залегают элювиально-железистые подбуры, вторые отжаты из верхнего горизонта торфяно-глеевых почв (пр. 208). Прослеживается общая тенденция снижения концентрации анионов и катионов по мере удаления от источника. Различия в концентрации веществ могут достигать 50 раз и более. Отмечается относительно небольшое изменение по годам: в 2019 г. по отношению к предшествующему году снизилось содержание Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} . Концентрация NH_4^+ , NO_3^- , K^+ , Cl^- сохранилась на прежнем уровне.

Элементный состав и физико-химические показатели грунтовых и почвенных вод приведены в табл. 2. Кислотно-щелочной показатель, минерализация и содержание в воде большинства металлов чутко реагируют на загрязнение буровыми шламами. Металлы характеризуются активной латеральной миграцией. Исключение составляют Cu, Cd и в грунтовых водах Pb, которые в основном ассоциированы в органоминеральные комплексы фульватного типа и повсеместно распространены в органическом горизонте почв [2]. Кроме того, они не относятся к индикаторам загрязнения буровыми отходами (см. табл. 1).

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Сброс буровых шламов на рельеф местности в условиях лесотундры приводит к загрязнению металлами, биогенными веществами, хлоридами и сульфатами, в первую очередь, почвенных и грунтовых вод, а также их подщелачиванию. Минеральная и органическая часть почв подвергается загрязнению в значительно меньшей степени.

Таблица 2

Показатели и элементный состав почвенных и грунтовых вод на изученных профилях при разном удалении от участков загрязнения буровыми шламами

Показатель	Почвенные воды (пр. 208)			Грунтовые воды (пр. 105)		
	0 м	50 м	200 м	0 м	50 м	250 м
рН, ед.	7,15	5,74	4,37	4,9	4,67	5,06
Минерализация, мг/л	2020	890	137	1750	233	124
Na, мг/л	525,2	274,0	23,8	136,1	13,7	13,2
K, мг/л	12,4	7,13	3,63	2,55	1,34	1,31
Ca, мг/л	4,62	2,10	0,478	71,7	7,64	2,89
Fe, мг/л	21,2	13,7	2,01	0,0158	0,130	0,219
V, мкг/л	94,2	44,9	6,91	0,3	0,25	0,24
Cr, мкг/л	23	16,6	8,05	1,38	1,19	0,87
Mn, мкг/л	206	104	27,1	3640	32,2	227
Co, мкг/л	11,5	4,9	1,75	47	1,85	1,86
Ni, мкг/л	32,9	15,3	4,29	194	22,7	24,2
Cu, мкг/л	28,7	42,5	10,3	2,68	4,62	0,94
Zn, мкг/л	99	74,7	39,1	56	46,1	18,5
Sr, мкг/л	1410	596	44,9	2360	268	150
Cd, мкг/л	0,63	0,6	0,32	2,43	0,3	0,46
Pb, мкг/л	25,8	20,1	3,78	0,5	0,83	0,42
Ba, мкг/л	1150	450	57	721	115	200

2. В целом кислые условия среды определяют активную латеральную миграцию перечисленных поллютантов и вынос их за пределы участка загрязнения. Радиальная миграция имеет значение только для хорошо растворимых анионов и катионов. Такой сценарий миграции определяет относительно высокую устойчивость почв изученных ПТК к химическому загрязнению, определяемую активным промывным режимом катенарной структуры ландшафтов, эффективным разбавлением потоков поллютантов низко минерализованными кислыми водами.

3. При мониторинге загрязнения в результате производства буровых работ на территории тундры и лесотундры наибольшую индикаторную значимость имеют грунтовые и особенно почвенные воды.

Литература

1. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Фоновое содержание химических элементов в почвах и донных осадках севера Западной Сибири. Почвоведение. 2019. № 4. С. 422-439. DOI: 10.1134/S0032180X19020114

2. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Арестова И.Ю. Оценка трансформации природной среды в районах разработки углеводородного сырья на севере Западной Сибири / Сибирский экологический журнал, № 1, 2018, с. 122–138. DOI: 10.15372/SEJ20180111.

Работа выполнена при поддержке гранта РГО-РФФИ № 17-05-41070.