

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.И. ГЕРЦЕНА  
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ  
НОЦ «ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»  
ИНСТИТУТ ОЗЕРОВЕДЕНИЯ РАН  
РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

RUSSIAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY OF A.I. HERZEN  
FACULTY OF GEOGRAPHY  
REC «ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT»  
LIMNOLOGY INSTITUTE OF RAS  
RUSSIAN GEOGRAPHIC SOCIETY

**География:  
развитие науки и образования  
Geography: Development of  
Science and Education**

**II**

Коллективная монография  
по материалам ежегодной международной научно-практической  
конференции LXXIII Герценовские чтения 22-25 апреля 2020 года

Collective monograph  
on the materials of Scientific-Practical Conference  
LXXIII Herzen readings 22-25 April 2020

Санкт-Петербург  
2020

## Рецензенты:

*Д.В. Севастьянов, Ал.А. Григорьев*

## Ответственные редакторы:

*С.И. Богданов, Д.А. Субетто, А.Н. Паранина*

## Редакционная коллегия:

*Д.А. Гдалин, Ю.Н. Гладкий, С.В. Ильинский, В.Ф. Куликов, С.И. Махов, Л.Г. Мачавариани,  
В.Г. Мосин, Е.М. Нестеров, Л.А. Пестрякова, В.Д. Сухоруков*

## Техническое редактирование:

*А.С. Баранов, М.А. Бахир, В.В. Брылкин, И.М. Греков, А.А. Дмитриева, Ю.А. Кублицкий,  
М. Морозова, Р. Паранин, А.Н. Паранина*

**География: развитие науки и образования. Том II.** Коллективная монография по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIII Герценовские чтения, Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена, 22-25 апреля 2020 года / Отв. ред. С.И. Богданов, Д.А. Субетто, А.Н. Паранина. – СПб: Астерион, Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2020. – 526 с.

**Geography: development of science and education. Part II.** Collective monograph on materials of the scientific and practical conference LXXIII Gertsenovskiy readings, St. Petersburg, RSPU of A.I. Herzen, on April 22-25, 2020 / by ed. S.I. Bogdanov, D.A. Subetto, A.N. Paranina. – St. Petersburg: Asterion, Publ. house of Herzen State Pedagogical University of Russia, 2020. – 526 p.

Коллективная монография «География: развитие науки и образования» отражает результаты работы научно-практической конференции 73 Герценовские чтения, посвященной важной географической дате – 200-летию открытия Антарктиды экспедицией Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева, а также людям, связанным с историей герценовского университета:

150-летию со дня рождения Э.Ф. Лесгафта, 145-летию со дня рождения Г.Г. Шенберга, 140-летию со дня рождения В.Н. Сукачева; 130-летию со дня рождения Б.Н. Городкова, 130-летию со дня рождения В.Н. Васильева, 120-летию со дня рождения А.Д. Гожева, 110-летию со дня рождения А.В. Даринского, 110-летию со дня рождения В.Г. Махлаева, 105-летию со дня рождения П.Г. Сулягина, 100-летию со дня рождения Ю.Д. Дмитриевского, 90-летию со дня рождения Е.В. Максимова, 90-летию со дня рождения И.В. Игнатенко, 90-летие со дня рождения Д.П. Финарова.

Материалы монографии сгруппированы в два тома. Том I включает вступительную теоретическую главу и разделы: 1. физическая география: направления, методы и междисциплинарные исследования; 2. полярные исследования и пути освоения Арктики и Антарктики; 3. современные проблемы теоретической и прикладной лимнологии и гидрологии; 4. эволюционная и историческая география, ритмика процессов и явлений. Том II включает разделы: 1. геоэкология, природопользование и охрана окружающей среды; 2. социально-экономические системы и географические аспекты глобализации; 3. развитие географического образования; 4. регионоведение, краеведение, туризм, природное и культурное наследие.

*Материалы публикуются в авторской редакции*

ООО «Астерион»

ISBN 978-5-00045-867-9 (общий)

ISBN 978-5-00045-869-3 (2 том)

Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена

ISBN 978-5-8064-2885-2

© Издательство «Астерион», 2020

© Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2020

© Институт озероведения РАН, 2020

© РГО, 2020

© Авторы статей, 2020

рицательно сказаться на ситуации в сфере водоснабжения и экологической безопасности.

### **Благодарности**

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда – Грант № 19-77-10007.

### **Литература**

- [1] Воробьев Д.С., Попков В.К. Нефтепродукты в воде и донных отложениях бассейна реки Васюган // Изв. Томского политех. у-та, 2005, Т.308, №4, С. 48-50.
- [2] Гузеева С.А. Экологическое состояние поверхностных вод и донных отложений озер г. Тюмени // Вестник КрасГАУ, 2014, № 8, С. 134-139.
- [3] Даувальтер В.А. Геоэкология донных отложений озер / Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012, 242 с.
- [4] Паничева Л.П., Кремлева Т.А., Волкова С.С. Аккумуляция нефтепродуктов донными отложениями в фоновых водоемах Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета, 2013, №12, С. 204-211.
- [5] Слукровский З.И., Светов С.А. Геохимические индикаторы техногенного загрязнения донных отложений малых рек в урбанизированной среде // География и природные ресурсы, 2016, №1, С. 38-45.
- [6] Уварова В.И., Захарова Т.В. Оценка содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов в донных отложениях рек Пур И Надым // Вестник рыбохозяйственной науки, 2016, Т.3, №3 (11), С. 62-72.
- [7] Шахвердов В.А., Шахвердова М.В. Оценка современного геоэкологического состояния Кольского залива по геохимическим данным // Арктика: экология и экономика, №4 (24), 2016, С. 22-31.

**S u m m a r y.** The content of oil products in the bottom sediments of four lakes in the territory of Murmansk city was determined. An increased content of hydrocarbons was found, exceeding the regional background value by more than 30 times.

## **ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, С.Ю. Кукушкин, С.А. Лисенков  
*СПбГУ, г. Санкт-Петербург, m.opkunova@mail.ru, a\_opkunov@mail.ru,  
s.kukushkin@spbu.ru, serlisenkov@mail.ru*

## **ESTIMATION OF SOIL POLLUTION IN OIL AND GAS PRODUCTION AREAS OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA**

M.G. Opekunova, A.Yu., Opekunov, S.Yu. Kukushkin, S.A. Lisenkov  
*St. Petersburg State University, St. Petersburg*

**Аннотация.** Изучены особенности миграции и аккумуляции нефтяных углеводородов, полициклических ароматических углеводородов и тяжелых металлов в почвах районов нефтегазодобычи севера Западной Сибири. В качестве объекта исследований выбраны природные комплексы тундры и лесотундры Надым-Пур-Тазовского региона, подвергающиеся в насто-

ящее многостороннему воздействию в связи с интенсивным освоением месторождений углеводородов.

*Ключевые слова: север Западной Сибири, нефтегазодобыча, загрязнение, нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды, тяжелые металлы.*

## **Введение**

В последние годы большое внимание уделяется состоянию окружающей среды Арктики и, прежде всего, тех районов, где ведется активная добыча природных ресурсов. К их числу относятся тундры и лесотундры севера Западной Сибири, которые в настоящее время подвергаются многостороннему воздействию в связи с интенсивным освоением месторождений нефти и газа. Эти изменения проходят на фоне общего потепления климата, оказывающего существенное влияние на природу Арктики. В настоящее время при изучении термификации основное внимание уделяется эмиссии парниковых газов, изменению биогеохимического цикла органического углерода и видового состава растительности. Вместе с тем оттайка многолетнемерзлых пород сопровождается изменением миграции химических веществ в ландшафтах.

Многолетние исследования, проведенные на территории 40 лицензионных участков Надым-Пур-Тазовского региона Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), выявили активную латеральную и радиальную миграцию химических веществ в условиях интенсивного антропогенного загрязнения [3, 5]. Установлено усиление роли геохимических барьеров в почвенном профиле и на границе многолетнемерзлых пород и сезонно-талого слоя (СТС) в аккумуляции металлов. Целью проведенных в 2019 г. исследований стало углубленное изучение процессов в почвенно-геохимических катенах в связи с оценкой устойчивости почв к химическому загрязнению и определением потенциала самоочищения северных ландшафтов. Контрастность физико-географических условий севера Западной Сибири определяет многообразие природных процессов и высокую вариабельность содержания химических веществ в компонентах окружающей среды. Поэтому в основу проводимых работ положена сравнительная оценка изменения процессов миграции и аккумуляции веществ в почвенном покрове однотипных мезо- и микрокомплексов фоновых и нарушенных ландшафтов.

## **Регион исследований, объекты и методы**

Исследования проведены в лесотундре и тундре Западной Сибири на нескольких участках разливов буровых шламов. В настоящее время основным источником антропогенного загрязнения окружающей среды на эксплуатирующихся газовых и газоконденсатных месторождениях ЯНАО является поисково-оценочное и эксплуатационное бурение, в процессе которого возникают нештатные ситуации, приводящие к разливу буровых шламов на рельеф. Для определения последствий загрязнения почв шламовыми растворами заложено 4 профиля от площадки поисково-оценочной скважины с выходом на локальный фон. На каждой трансекте через 50 м изучено по 4-5 площадок (20x25 м) с закладкой почвенных разрезов, в которых из разных генетических горизонтов отобрано по 3-4 пробы почв и образцы почвенных и грунтовых вод. Кроме того, в комплекс геоэкологических исследований входило изучение водных и

наземных ПТК с отбором проб природных вод, донных отложений, снега, почв и растений. Базой сравнения служил региональный геохимический фон донных отложений и почв [6].

Анализ содержания металлов (Ba, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, Cr, Fe, V, Sr, Na, K, Ca, Sc, Zr, Al) в почвах проводился методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе «ELAN-6100 DRC» с полным кислотным разложением проб в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. Определение нефтяных углеводородов (НУ) осуществлялось флуориметрическим методом, а индивидуальный состав ПАУ определялся методом ВЭЖХ в лаборатории Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун»; содержание хлоридов, сульфатов, фосфатов и нитратов – методом ионной хроматографии в лаборатории Геоэкологического мониторинга СПбГУ.

### **Обсуждение результатов**

Аварийные разливы отходов бурения обуславливает существенную трансформацию физико-химических показателей почвенных вод. В естественных условиях природные воды севера Западной Сибири имеют гидрокарбонатно-кальциевый и гидрокарбонатно-натриевый состав [4]. Шламовые воды характеризуются хлоридно-кальциевым типом, типичным для глубинных пластовых вод. Из бурового шлама в окружающую среду поступает большое количество анионов ( $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и катионов ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ), что приводит к трансформации почвенных вод в хлоридно-кальциевый, а грунтовых вод – в хлоридно-магниевый (морской) типы.

Отходы бурения имеют нейтральную и щелочную реакцию, величина их рН изменяется в пределах 7.0-10.5, что приводит при их сбросе в тундру к подщелачиванию почв, почвенных и грунтовых вод, отмиранию олиготрофной и ацидофильной растительности. Так, например, на месте разлива буровых шламов рН почвенных вод поднимается до 7.15 и восстанавливается до фоновых значений (3.4-3.6) на расстоянии 100-150 м. Гибель растений при разливе шламов отмечается на расстоянии до 50 (75) м, до 100 (150) м фиксируются массовый хлороз и изменение видового состава растительных сообществ.

Высокая концентрация основных анионов и катионов в буровых растворах ведет к росту минерализации почвенных и грунтовых вод, имеющих в северных ландшафтах низкие фоновые значения (18-80 мг/л в зависимости от типа почв). TDS почвенных вод увеличивается до 2020 мг/л, грунтовых вод – до 1750 мг/л. По мере удаления от площадки бурения минерализация быстро снижается и уже на расстоянии 200 м имеет величину 137 и 124 мг/л соответственно, однако превышение над фоновыми значениями все же сохраняется.

Исследования показали, что концентрация щелочных металлов в воде шламовых амбаров достигает 1.5-3 г/л, а в твердых буровых отходах – 0.5-1.0%. Высокое содержание  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$  отмечено в почвенных и грунтовых водах вблизи разлива буровых шламов. В органометном горизонте торфяно-глеевых почв в месте сброса отходов бурения содержание Ca превосходит фон в 6-7 раз. При удалении от источника загрязнения концентрация его постепенно снижается. Однако содержание  $\text{Na}^+$  на расстоянии 200 м превышает фон в 12.5 раз.

В почвах вблизи разлива установлены повышенное содержание и активная латеральная миграция  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$ . Высокая концентрация их отмечается в почвенных водах; на расстоянии 150-200 м вниз по профилю уровень их снижается до фоновых значений. Концентрация  $\text{NH}_4^+$  повышается также в основном в почвенных водах, однако она на порядок ниже содержания нитратов.

Одним из обязательных компонентов буровых растворов, обеспечивающих высокое качество вскрытия продуктивных слоев, служит сырая нефть. В верхней части торфянистого горизонта почв вблизи разлива отработанного бурового раствора содержание НУ достигает 2400-91000 мг/кг.

Радиальная и латеральная миграция НУ выражена слабо. Нефтяное пятно медленно проникает вглубь почвенного профиля, задерживаясь буферным слоем торфа, и медленно растекается по поверхности. Так, например, на глубине 20 см в торфянистом горизонте почв концентрация их резко снижается (иногда на два порядка), но сохраняется на достаточно высоком уровне – 429-960 мг/кг. На расстоянии 50 м от промышленной площадки содержание НУ уменьшается до 1600 – 12000 мг/кг, а на удалении 100-150 м – до 27-110 (280) мг/кг.

Суммарное содержание 16 веществ группы ПАУ изменяется в широком диапазоне (от 5,3 до 22113 мкг/кг), что указывает на высокую индикаторную значимость этих соединений при оценке загрязнения почв шламовыми растворами. Наиболее показательными ПАУ в индивидуальном составе являются фенантрен, флуорантен, флуорен, пирен, индено(1,2,3-с,d)пирен и нафталин. К числу ПАУ, имеющих высокую корреляционную связь с содержанием НУ в почвах, относятся аценафтилен, бенз(а)антрацен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен и индено(1,2,3-с,d)пирен. Концентрация бенз(а)пирена, широко распространенного арена при техногенном загрязнении в большинстве изученных образцов почв составляет <1.2 мкг/кг и не связано с загрязнением от разлива шламовых амбаров ( $r=0.32$ ). Максимальное содержание его (250 мкг/кг) отмечено в пробе почв на старой вездеходной трассе, которая хорошо прослеживается в современной структуре мезо- и микрорельефа.

Большой интерес при оценке воздействия отходов бурения представляет миграция и концентрация микроэлементов. Источниками металлов (V, Ni, Co и Cu) выступают горные породы и сырая нефть. Кроме того, в виде различных соединений они входят в состав буровых растворов. Важнейшим компонентом является барит ( $\text{BaSO}_4$ ), который служит основным утяжелителем буровой жидкости. В барите в примеси, как правило, присутствуют Sr, Ca, Pb, Fe [2]. Концентрация микроэлементов в буровых шламах района исследований достигает: Ba – 5-7%, Sr – 750 мг/кг, Zn – 502 мг/кг, Cu – 261, Ni – 50, Co – 21, Cr – 303, Pb – 87, V – 119 мг/кг. Содержание Ba в воде шламовых амбаров – 19 мг/л.

В почвенных водах при загрязнении шламами содержание  $\text{Ba}^{2+}$  возрастает до 1,15 мг/л (при фоне 0,055 мг/л), а в грунтовых – до 0,72 мг/л. В верхних горизонтах почв концентрация Ba составляет 798 мг/кг (при фоновом значении 225 мг/кг [6]). Относительно высокая подвижность Sr предопределяет его активное поступление в компоненты окружающей среды: в месте сброса отходов в почвенных водах содержание его составляет 1,41 мг/л, в грунтовых – 2,36 мг/л. В

почвах Sr накапливается в торфянистом горизонте, где его концентрация равна 706 мг/кг (при фоновом содержании 21 мг/кг [6]). Загрязнение прослеживается более чем на 50 м от источника. В иллювиально-железистых подбурах количество Sr меньше, но латеральная миграция металла хорошо проявлена.

При воздействии буровых шламов отмечается загрязнение почвенных вод металлами, их концентрация выше фона и составляет: Zn – 99 мкг/л, Ni – 32,9, Co – 11,5, Cr – 23, Pb – 25,8, V – 94,2, Mn – 206, Fe – 2120 мкг/л. В грунтовых водах содержание их значительно ниже, за исключением Mn (3640 мкг/л), Co (47) и Ni (194 мкг/л). Характер распространения указанных выше металлов в почвенных водах позволяет выделить среди них три группы по склонности к миграции: повышенное содержание Co в растворе наблюдается до 50 м от источника загрязнения; Cr, Ni, Pb – до 100 м; V, Zn, Fe, Ba, Sr – до 150 м. Возможно, Ba и Sr могут мигрировать и на большие расстояния в составе техногенных ореолов.

Максимальное содержание металлов в органогенном горизонте почв превышает фоновые значения: Mn в 12,5 раз, Sr – 8,9, Cr – 6,1, Ba в 3,4 раза, Cu – 2,9, Ni – 2,6, Fe – 2,5, Co – 2,3, V в 1,8 раза. Латеральная миграция большинства металлов не превышает 50 м. Исключение составляют V, Sr, Ba, Cr, Mn, миграция которых прослеживается до 100 м. Расчет коэффициента радиальной дифференциации показал, что в условиях загрязнения в торфяном горизонте иллювиально-железистых подбуров преимущественно накапливаются: Ca ( $R=2,85$ ) > Cu (1,84) > Cr (1,53) > Zn (1,25); в торфяно-глеевых почвах: Sr ( $R=4,99$ ) > Ca (2,2) > Mn (1,25) > Zn (1,24) > Cu (1,12) > Na (1,07).

### **Выводы**

1. Показателем загрязнения почв при разливе шламовых амбаров служит высокая концентрация нефтепродуктов, Sr, Ba, Na, V, Cr и Fe. Кроме того, в первые годы после аварийного сброса отмечается значительное содержание  $Cl^-$  и  $NO_3^-$ , но в силу их высокой подвижности рассоление почв происходит в относительно короткий период времени [1].

2. В почвенном профиле поллютанты закрепляются в органогенном горизонте, их радиальная миграция выражена несущественно. Латеральная миграция металлов в целом сопровождается распространением вещества в радиусе 100-150 м от источников загрязнения, и она более активна в подбурах. В торфяно-глеевых почвах миграционная активность металлов снижается за счет высокой буферности торфяного горизонта.

3. Комплексный геохимический барьер (щелочной, биогеохимический и сорбционный), формирующийся в месте разлива шламового раствора подавляет латеральную миграцию катионогенных металлов, аккумулируя их в основном вблизи источника загрязнения. Криогенные условия минимизируют нисходящий поток вещества в радиальной дифференциации, провоцируя при сезонном таянии мерзлоты перенос поллютантов восходящими потоками воды к комплексному геохимическому барьеру.

### **Благодарности**

### Литература

- [1] Водяницкий Ю.Н., Аветов Н.А., Савичев А.Т., Трофимов С.Я., Шишконокова Е.А. Содержание химических элементов в торфяных почвах, засоленных буровыми сточными водами на участке добычи нефти в Среднем Приобье // *Агрохимия*, 2013, № 1, с. 75-84.
- [2] Губанов В.Н., Лопатин Д.В., Сычев В.С., Толстоухов А.А. Книга инженера по растворам / под ред. А.С. Добросмыслова. М.: Изд-во «Гарусс», 2006. 551 с.
- [3] Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С. Ю., Ганул А.Г. Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // *Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география*. 2012. Вып. 4. С. 86-100.
- [4] 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
- [5] Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Арестова И.Ю., Кукушкин С.Ю., Спасский В.В., Никитина М.А., Елсукова Е.Ю., Шейнерман Н.А., Недбаев И.С. Использование методов биоиндикации и биотестирования в оценке экологического состояния территории газоконденсатных месторождений севера Западной Сибири // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2018. Т. 63. Вып. 3. С. 326–344. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2018.305>
- [6] 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

**S u m m a r y.** The features of migration and accumulation of petroleum hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the soils of oil and gas production regions of the north of Western Siberia were studied. The natural complexes of the tundra and forest-tundra of the Nadym-Pur-Taz region, which are currently undergoing multilateral impact due to the intensive development of hydrocarbon deposits, were chosen as the object of research.

## МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА НАСЕЛЕНИЕ

В.В. Сазонова

*РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, г. Москва, vlada3303@yandex.ru*

## MEDICAL AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE IMPACT OF NATURAL FACTORS ON THE POPULATION

V.V. Sazonova

*Russian state geological prospecting university n.a. Sergo Ordzhonikidze, Moscow*

**Аннотация.** Работа основана на результатах медико-экологического мониторинга, проведенного с мая по август 2019 г. (г. Москва). Представлена оценка влияния природных факторов риска на психоэмоциональное состояние и физиологические характеристики участников мониторинга. Определена степень подверженности людей различных возрастных групп метеорологическим, гео- и гелиомагнитным условиям.