

Экология и природопользование  
Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

**Корженевский Борис Игоревич**

кандидат геолого-минералогических наук,  
старший научный сотрудник, Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации имени А.Н.  
Костякова;  
Россия, 127550, г. Москва,  
ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2

e-mail: kolomiytsev@vniigim.ru

**Толкачёв Глеб Юрьевич**

кандидат географических наук, старший научный  
сотрудник, Всероссийский научно-  
исследовательский институт гидротехники и  
мелиорации имени А.Н. Костякова;  
Россия, 127550, г. Москва,  
ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2

**Boris I. Korzhenevskiy**

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,  
Senior Researcher, All-Russian Research Institute  
for Hydraulic Engineering and Land Reclamation;  
44, build. 2, Bolshaya Akademicheskaya st.,  
Moscow, 127550, Russia

**Gleb Yu. Tolkachev**

Candidate of Geographical Sciences, Senior  
Researcher, All-Russian Research Institute for  
Hydraulic Engineering and Land Reclamation;  
44, build. 2, Bolshaya Akademicheskaya st.,  
Moscow, 127550, Russia

**Гетьман Наталья Олеговна**

младший научный сотрудник, Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации имени А.Н.  
Костякова;  
Россия, 127550, г. Москва,  
ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2

e-mail: k-26@yandex.ru

**Natalia O. Getman**

Junior Researcher, All-Russian Research Institute for  
Hydraulic Engineering and Land Reclamation;  
44, build. 2, Bolshaya Akademicheskaya st.,  
Moscow, 127550, Russia

e-mail: jene.get@yandex.ru

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**  
*Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачёв Г.Ю., Гетьман Н.О.* Специальные наблюдения за  
загрязнением тяжелыми металлами донных отложений водных объектов в системе мониторинга /  
Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №1(52). С. 139–154. doi  
10.17072/2079-7877-2020-1-139-154.

**Please cite this article in English as:**

*Kolomiytsev N.V., Korzhenevskiy B.I., Tolkachev G. Yu., Get'man N.O.* Special monitoring of heavy metal  
pollution in the bottom sediments of water objects // Geographical bulletin. 2020. №1(52). P. 139–154.  
doi 10.17072/2079-7877-2020-1-139-154.

УДК 540.4.02

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-1-154-165

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХОВОГО ТИПА ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

**Роман Юрьевич Пожитков**

ORCID ID: 0000-0002-7957-1337, SPIN-код: 1488-6874, Author ID: 1027751

e-mail: pozhitkov-roma@yandex.ru

Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень



*Экология и природопользование*  
*Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.*

**Дмитрий Валерьевич Московченко**

ORCID ID: 0000-0001-6338-7669, SPIN-код: 1737-1501, Author ID: 100984

e-mail: moskovchenko@hotmail.ru

*Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень*

**Александр Анатольевич Тигеев**

ORCID ID: 0000-0001-5449-5086, Scopus ID: 57202682147, SPIN-код: 3978-3615,

Author ID: 124760

e-mail: ttrruubbaa@mail.ru

*Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень*

В условиях промышленного освоения и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса ранее нетронутые ландшафты Крайнего Севера подвергаются значительному негативному воздействию. В связи с этим необходимо проводить экологический мониторинг различных природных сред, данные которого, позволяют изучить масштабы антропогенного влияния и оценить экологическую обстановку полярных регионов. Цель работы заключается в определении интенсивности атмосферных выпадений микроэлементов и оценке экологической ситуации в Пур-Тазовском междуречье, на участках с различной техногенной нагрузкой (фоновая территория, пос. Тазовский, Заполярное газовое месторождение). Для экологической оценки атмосферных выпадений выполнен отбор проб торфяных отложений верхового типа. В пробах методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии (ААС) определено содержание микроэлементов (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Mn) и железа. Выявлены высокие значения показателя зольности, что свидетельствует о значительной пылевой нагрузке для обследуемой местности. В районе пос. Тазовский в отдельных пробах отмечено превышение содержания элементов-загрязнителей над фоновым уровнем в 2–5 раз, в районе Заполярного месторождения – в 3–7 раз. Средние значения коэффициента концентрации  $K_c < 1,5$  для всех элементов, кроме Cd, в связи с чем он считается приоритетным загрязнителем. По результатам подсчета суммарного показателя загрязнения  $Z_c$  на Заполярном месторождении отмечен один участок с умеренно опасным уровнем загрязнения, которое в целом в районе исследований носит умеренный характер.

**Ключевые слова:** Западная Сибирь, Пур-Тазовское междуречье, микроэлементы, торф, зольность, экологический мониторинг.

## **TRACE ELEMENTS IN PEAT FROM OMBROTROPHIC BOGS OF THE PUR-TAZ INTERFLUVE**

**Roman Yu. Pozhitkov**

ORCID ID: 0000-0002-7957-1337, SPIN-code: 1488-6874, Author ID: 1027751

e-mail: pozhitkov-roma@yandex.ru

*Tyumen scientific center SB RAS, Tyumen*

**Dmitriy V. Moskovchenko**

ORCID ID: 0000-0001-6338-7669, SPIN-code: 1737-1501, Author ID: 100984

e-mail: moskovchenko@hotmail.ru

*Tyumen scientific center SB RAS, Tyumen*

**Alexander A. Tigeev**

ORCID ID: 0000-0001-5449-5086, Scopus ID: 57202682147, SPIN-code: 3978-3615,

Author ID: 124760

e-mail: ttrruubbaa@mail.ru

*Tyumen scientific center SB RAS, Tyumen*

In the conditions of industrial development and operation of oil and gas facilities, previously untouched landscapes of the Far North, are subject to significant negative impact. In this regard, it is necessary to carry out environmental monitoring of various natural environments, the data of which are of scientific interest, allow to study the extent of anthropogenic influence and to assess the environmental situation of the polar regions. The aim of the work was to determine the intensity of trace elements and Fe deposition and assess the environmental situation. Chemical analyses of ombrotrophic peat samples from the Pur-Taz interfluve,

*Экология и природопользование*  
*Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.*

West Siberia, were done to determine the effect of atmospheric deposition of trace metals. Sites with different forms of anthropogenic impact were investigated (Tazovsky settlement, Zapolyarnoe gas field background area). Concentrations of Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Fe, Mn in peat were determined using AAS method. High values of ash content index were revealed, which indicates a significant dust load for the surveyed area. Trace metal concentrations were 3–7 times higher than the background level in the Zapolyarnoye field and 2–5 times higher in the Tazovskiy settlement. The results of our study have shown that Cd is the priority pollutant, as for the remaining elements the concentration coefficient ( $K_c$ ) < 1.5. According to the results of the total pollution index ( $Z_c$ ) calculations, a site with a «moderately dangerous» level of pollution at the Zapolyarnoe gas field was noted. In general, pollution in the study area is at «moderate» level.

**Key words:** Western Siberia, Pur-Taz interfluve, trace elements, peat, ash content, environmental monitoring.

### **Введение**

Торф верховых болот, обладающий высокой сорбционной способностью, часто используют при изучении атмосферных выпадений микроэлементов. В настоящее время загрязнение атмосферного воздуха является проблемой глобального масштаба. Установлено [6], что любой живой организм, не нанося себе вред, может переносить определенное количество загрязняющих веществ. При больших количествах проявляются негативные последствия, которые зависят как от концентрации веществ, так и от длительности воздействия. В связи этим основным объектом нашего исследования являются торфяные отложения верхового типа.

Насыщенность торфа большим количеством пор разного размера позволяет считать его естественным геосорбентом. Верховые торфяники, сформированные в тундровых территориях (пробы торфа отбирались в южной тундре), в условиях низких температур обладают низкой степенью разложения, следовательно, в них будет достаточно развита пористо-капиллярная структура, позволяющая ожидать, что данные торфяники будут иметь хороший отклик на сорбирование в своей толще тех загрязнителей, накопление которых происходит благодаря физической адсорбции. Широкому распространению верховых болот в полярных и бореальных районах посвящено значительное количество научных работ, в которых проанализированы закономерности формирования элементного состава торфа. Исследовано влияние атмосферных выпадений на состав торфа Норвегии [25; 26], Финляндии [27]. При исследовании торфов лесотундры Европейского северо-востока России было отмечено, что аэрогенное загрязнение приводит к накоплению Hg, Cd, Pb, Cu и других металлов [3]. Утверждалось, что поступление химических элементов (Fe, Ni, Co) в олиготрофные сфагновые торфа увеличивает производство  $CH_4$  болотным массивом, вызывая рост количества парниковых газов [23]. Учитывая современные климатические изменения, изучение элементного состава торфа является весьма актуальным.

В Западной Сибири регулярно проводится исследование атмосферных эмиссий различных загрязнителей, поступающих от объектов нефте- и газодобычи. Так, в Ямало-Ненецком автономном округе из 424,491 тонн загрязняющих веществ, выброшенных при добыче полезных ископаемых, 399,244 т выброшено именно в результате деятельности, связанной с добычей сырой нефти и природного газа [22]. В число загрязнителей атмосферы входят микроэлементы, в том числе экологически опасные свинец, медь, кадмий, которые способны накапливаться в растениях и торфе. Процесс загрязнения торфяных почв микроэлементами был рассмотрен для территории Среднего Приобья [5], юго-восточной части Западной Сибири [9], юга Тюменской области [13], определены основные биогеохимические особенности верховых болот [14], но при этом недостаточно освещен вопрос загрязнения торфяников для территорий Крайнего Севера.

Экология и природопользование  
 Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

Нами был проведен анализ состава торфяных отложений с участков южной тундры и лесотундры Пур-Тазовского междуречья. Был исследован состав торфа трех участков, отличающихся по типу и интенсивности техногенного воздействия: Заполярного газоконденсатного месторождения, поселка Тазовский и фоновых районов. Цель работы заключается в определении интенсивности выпадений микроэлементов и оценке экологической ситуации.

### Материалы и методы исследования

Пробы торфа были отобраны в августе 2017 г. Опробование проведено из поверхностного (0–5 см) слоя сфагнового слаборазложившегося торфа. Всего было отобрано 16 проб, из них 5 с условно фоновых участков, 4 с территории поселка Тазовский и 7 с территории Заполярного месторождения и вахтового поселка Новозаполярный (находится на территории месторождения). Следует отметить, что Заполярное нефтегазоконденсатное месторождение является одним из крупнейших по объему запасов и самым мощным по добыче газа в России. Промышленная эксплуатация Заполярного месторождения началась в 2001 г. с разработки сеноманской залежи. В 2004 г. его мощность достигла 100 млрд м<sup>3</sup> газа в год. Схема отбора проб представлена на рис. 1.

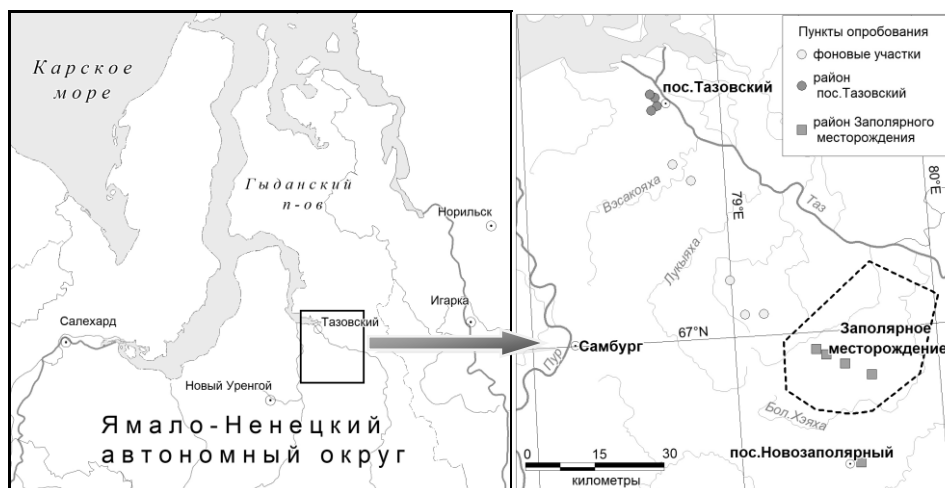


Рис. 1. Схема опробования  
 Fig. 1. Scheme of sampling

Для анализа использовался воздушно-сухой измельченный и гомогенизированный образец массой 3–5 г. Озольнение навески проводилось в 2 стадии: предварительное разрушение органической матрицы при  $t=400^{\circ}\text{C}$  (1 час) и минерализация ( $550^{\circ}\text{C}$ , 3 ч). После охлаждения тигля вычислялась зольность. Определение содержания микроэлементов в золе торфа методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии выполнялось в соответствии с работой [11]. Для приготовления исходных растворов металлов в 50 мл 5М азотной кислоты марки о.с.ч. использовалась навеска золы до 0,5 г, растворение производилось при интенсивном встряхивании на лабораторном роботе с подогревом  $95^{\circ}\text{C}$  в течение 2 ч. После остывания объем раствора доводился до 50 мл раствором 5М азотной кислоты; нерастворимый осадок отфильтровывался, и производилось разбавление раствора 1:5 бидистиллированной водой для определения концентрации элементов в растворе методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Каждое измерение концентрации элементов в пробах оценивалось на сходимость, воспроизводимость и среднее квадратичное отклонение на основе двух независимых испытаний, в случае неудовлетворительного результата производилось повторное измерение или выяснялась причина погрешности. За результат

*Экология и природопользование*  
*Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.*

принималось среднее двух параллельных определений с погрешностью, не превышающей 15–20 % (в большинстве случаев величины погрешности не превышали 10 %).

Для определения уровня техногенной нагрузки использовались стандартные для геоэкологических исследований подсчеты коэффициентов концентрации ( $K_c$ ) и суммарного загрязнения ( $Z_c$ ):

$$K_c = \frac{C}{C_{\phi}}, \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация металла в районе антропогенного воздействия и  $C_{\phi}$ , – концентрация металла на фоновом участке;

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1), \quad (2)$$

где  $n$  – число химических элементов с  $K_c < 1,5$

По достоверно найденной концентрации элемента в растворе рассчитывались массовые доли содержания элемента в золе и торфе (мг/кг), с вычетом содержания элементов в фоновом растворе азотной кислоты, с учетом всех произведенных разбавлений и взятых навесок торфа и золы для приготовления растворов согласно следующей формуле 3

$$\frac{(C_i - C_k) * V_p * 1000}{m_T} * \frac{m_3}{m_{31}}, \quad (3)$$

где  $C_i$  – определяемая концентрация элемента в растворе золы 5М  $HNO_3$  (мк/дм<sup>3</sup>),  $C_k$  – определяемая концентрация элемента в холостом растворе 5М  $HNO_3$  (мк/дм<sup>3</sup>),  $V_p$  – объем раствора 5М  $HNO_3$  для растворения золы (0,05 дм<sup>3</sup>),  $m_T$  – масса пробы воздушно-сухого торфа для озоления (г),  $m_{31}$  – масса золы для приготовления раствора (г),  $m_3$  – масса всей золы после термообработки (г).

Экологическая ситуация оценивалась в соответствии со шкалой оценки аэрогенных очагов загрязнения по величине  $Z_c$  [19].

### Результаты и их обсуждение

Содержание микроэлементов в верховых торфах Пур-Тазовского междуречья отличается высокой вариабельностью; разброс значений достигает двух математических порядков, в особенности на участках, подверженных антропогенному воздействию (табл. 1). Однако и на фоновой территории наблюдается значительный разброс значений концентрации Cr, Ni, Fe. Значительное варьирование элементного состава торфа типично для всей Западной Сибири [14]. Это является свидетельством различий в условиях поступления микроэлементов в торфяную залежь и разного ботанического состава торфа.

Средняя зольность торфа в Пур-Тазовском междуречье, по нашим данным, составила 16% на фоновой территории; 29,6 – в районе поселка Тазовский и 25,5% – на Заполярном месторождении. Такие высокие значения не характерны для торфов верхового типа, средняя зольность которых в Западной Сибири, по разным оценкам, составляет 1,6–3,0% [2] либо 4,3 % [14]. Выявленные нами повышенные значения зольности торфа в Пур-Тазовском междуречье могут быть связаны либо с высокой степенью разложения растительных остатков, либо с присутствием значительного количества минеральных примесей. Обогащенность торфов в тундровой зоне иловатыми и пылеватыми частицами отмечалась многими авторами [4; 8], повышенные значения зольности для участков нефтегазодобывающей промышленности также приведены в работе [5]. Зольность торфяного слоя в верхней части почвенного профиля субарктических тундр Ямала может достигать до 28% [7]. Поскольку нами были отобраны пробы торфа из поверхностного слоя, отличающегося слабой степенью разложения растительных остатков, повышенные значения зольности свидетельствуют о высокой пылевой нагрузке.

Экология и природопользование  
 Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

Таблица 1

Содержание металлов в торфяных отложениях верхового типа, мк/кг  
 The metals content in the peat sediments of the upper type, mk/kg

<i>Торф, мк/кг воздушно-сухого веса</i>					
Элемент	Фоновая территория	Посёлок Тазовский	Заполярное месторождение	Среднее для Западной Сибири [14]	Среднее для севера Западной Сибири [18]
<i>Cd</i>	<u>0,07–0,24</u> 0,12	<u>0,23–0,61</u> 0,34	<u>0,32–0,72</u> 0,49	0,04	0,28
<i>Cr</i>	<u>1,23–10,5</u> 3,8	<u>3,84–5,58</u> 4,5	<u>2,4–14,5</u> 6,0	19,5	10,4
<i>Cu</i>	<u>2,69–8,37</u> 4,7	<u>5,9–7,29</u> 6,6	<u>4,0–9,9</u> 6,5	4,9	7,25
<i>Fe</i>	<u>1397–9407</u> 4515	<u>1856–9728</u> 5576	<u>895–13336</u> 5595	5300	7649
<i>Mn</i>	<u>147–486</u> 269,9	<u>13,2–1406</u> 392,1	<u>25,9–1920</u> 400,2	184	96
<i>Ni</i>	<u>2,19–10,9</u> 5,2	<u>3,82–12,4</u> 7,3	<u>2,9–15,0</u> 7,2	6,8	7,19
<i>Pb</i>	<u>0,87–3,76</u> 2,4	<u>2,43–3,45</u> 3,1	<u>1,0–5,0</u> 3,1	4,8	5,48
<i>Zn</i>	<u>18,1–81,9</u> 43,7	<u>11,4–67,5</u> 33,6	<u>5,2–122,2</u> 43,8	17,8	19,9
% зольности	<u>3,67–48,2</u> 16	<u>19,7–41,0</u> 29,6	<u>3,2–58,21</u> 25,5	4,3	-

Примечание: в числителе указан диапазон варьирования; в знаменателе среднее арифметическое

Для всех участков опробования концентрация элементов убывает в ряду Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Pb, Cd. Наименьшие значения содержания элементов, за исключением Zn, отмечены для фонового участка, наибольшие – для проб, отобранных вблизи объектов газодобывающей промышленности (месторождения Заполярное). Почти идентичный ряд убывания концентраций элементов показан в работе [14], однако по сравнению с указанной работой содержание Zn, Cd, Mn в Пур-Тазовском междуречье значительно выше. В ряде работ [9; 14; 16; 17; 19] утверждается, что повышенные концентрации Mn в почвах – это геохимическая особенность территории Западной Сибири (по результатам нашего исследования данный тезис подтвердился).

Сопоставление с данными о фоновом содержании микроэлементов в торфяных почвах севера Западной Сибири [18] показывает, что на обследованной территории наблюдается повышенное содержание Mn, Zn и сниженное Cr, Cu, Fe, Pb. Необходимо отметить, что Mn и Zn отличаются очень высокими значениями коэффициентов биологического накопления и активно накапливаются растениями типичных и кустарниковых тундр, в особенности карликовой березкой и кустарниковой ивой, цинк интенсивно накапливается лишайниками [21]. В составе багульника и пушицы происходит накопление Mn, Cu, Pb, Zn [15]. Таким образом, отмеченные различия вызваны, очевидно, различиями ботанического состава торфа, большим участием в его составе остатков карликовой березки (ерника), кустарниковой ивы, багульника и меньшим – сфагновых мхов.

Техногенное загрязнение при освоении месторождений углеводородного сырья сопровождается увеличением концентрации широкого круга тяжелых металлов [18]. Вычисление коэффициентов концентрации, определяющих превышение содержания на участках техногенеза над фоновыми параметрами, показало, что в ассоциацию элементов загрязнителей как на газовом месторождении, так и вблизи пос. Тазовский наиболее часто

Экология и природопользование  
 Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

входят Cd и Cu (табл. 2). Также в число элементов – загрязнителей входят Fe, Mn, Ni, Zn, на месторождении к ним добавляются Pb, Cr, Ni. На территории пос. Тазовский отмечено превышение над фоновыми значениями в 2–5 раз, на территории Новозаполярного месторождения – в 3–7 раз.

Таблица 2

Ассоциации элементов-загрязнителей и уровни загрязнения для проб торфяных отложений  
 The Association of elements-pollutants and pollution levels for samples of peat sediments

Пункт опробования	Ассоциация элементов загрязнителей	Zc	Уровень загрязнения
T <sub>1</sub>	Mn <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> Zn <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub> Ni <sub>2</sub> Cd <sub>2</sub>	12	Допустимый
T <sub>2</sub>	Cd <sub>2</sub>	9	Допустимый
T <sub>3</sub>	Cd <sub>5</sub>	11	Допустимый
T <sub>4</sub>	Cu <sub>2</sub> Cd <sub>2</sub>	7	Допустимый
Z <sub>1</sub>	Mn <sub>7</sub> Cd <sub>5</sub> Cr <sub>4</sub> Fe <sub>3</sub> Zn <sub>3</sub> Ni <sub>3</sub> Pb <sub>2</sub> Cu <sub>2</sub>	21	Умеренно опасный
Z <sub>2</sub>	Cd <sub>5</sub> Cu <sub>2</sub> Pb <sub>2</sub>	13	Допустимый
Z <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> Cd <sub>3</sub> Cu <sub>2</sub> Pb <sub>2</sub> Ni <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub>	10	Допустимый
Z <sub>4</sub>	Cd <sub>6</sub>	10	Допустимый
Z <sub>5</sub>	Cd <sub>3</sub>	6	Допустимый
Z <sub>6</sub>	Cd <sub>3</sub> Cu <sub>2</sub> Ni <sub>2</sub>	10	Допустимый
Z <sub>7</sub>	Cd <sub>3</sub>	9	Допустимый

Примечание: T<sub>1-5</sub>–пункты опробования в районе пос.Тазовский; Z<sub>1-7</sub> – в районе Заполярного месторождения

При изучении состава тундровых почв Ямала Cd и Pb были отнесены к металлам, которые поступают от антропогенных источников и накапливаются в органогенных горизонтах почв [24]. В лесотундре Европейского Северо-Востока России отмечено накопление Hg, Cd, Pb, Cu в торфе в результате атмосферных выпадений и биоаккумуляции [3]. Накопление Hg, Cd в торфяниках на севере Западной Сибири было выявлено М.Г. Опекуновой с соавторами [18]. Примечательно, что в качестве индикаторов техногенного воздействия выступают халькофильные элементы – Cd, Cu, Pb.

Средние значения коэффициента концентрации металлов в торфе невелики, обычно Kc<1,5 (рис. 2). Исключением является кадмий, средние значения Kc которого равны 2,8 для территории пос. Тазовский и 4,1 для Заполярного месторождения. При подсчете показателей аэротехногенного загрязнения учитываются элементы с Kc>1,5 [10]. Таким образом, приоритетным загрязнителем на обследованной территории является кадмий, загрязнение остальными элементами проявляется слабо. Тем не менее, в двух пробах было отмечено существенное превышение фонового содержания марганца (в 5–7 раз), в 6 пробах выявлено двукратное превышение концентрации Cu. Роль кадмия как загрязнителя торфа в северных районах Cd совпадает с результатами других исследований [3; 18].

Подсчитанные значения суммарного показателя загрязнения (Zc) (табл. 2) позволили установить отсутствие загрязнения какого-либо опасного уровня почти для всех проб, исключение составляет точка Z<sub>1</sub>, для которой отмечено загрязнение «умеренно опасного» уровня. Данная проба была отобрана в северной части поселка Новозаполярный, в максимальном приближении от УКПГ (установка комплексной подготовки газа). Согласно [12], УКПГ являются одними из основных прямых источников загрязнения при освоении нефтегазоконденсатных месторождений (этим можно объяснить выявленное загрязнение). Отсутствие загрязнения для остальных опробованных точек можно объяснить относительно низким количеством атмосферных эмиссий металлов. Кроме того, отметим, что для территории Пур-Тазовского междуречья установлены высокие значения содержания некоторых микроэлементов (Cd, Zn, Mn) и в пробах, которые было принято считать за условно фоновые, и пробах с техногенной нагрузкой. Сходные результаты были получены в

*Экология и природопользование*  
*Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.*

результате изучения эколого-геохимического статуса населенных пунктов ЯНАО, где выявлено преобладание низкого уровня загрязнения [1].



Рис. 2. Средние значения коэффициентов концентрации (Кс) для пос. Тазовский и Заполярного месторождения  
 Fig. 2. Average values of the concentration factors (KS) for Tazovskiy settlement and Zapolyarnoe field

### Выводы

Аэротехногенное загрязнение торфяных почв микроэлементами и железом носит слабовыраженный характер, уровень загрязнения является допустимым за исключением одного пункта опробования, где уровень загрязнения оценен как «умеренно опасный». Относительно слабое загрязнение связано с отсутствием источников сильных антропогенных эмиссий металлов. Индикатором антропогенного воздействия является Cd, концентрация которого в торфе на Заполярном месторождении в 4,1 раза выше, чем на фоновой территории.

Отмеченные повышенные значения зольности (для фонового участка превышение в 4 раза, по сравнению со средними данными по Западной Сибири, для пос. Тазовского и Заполярного месторождения в 8–10 раз) объясняются высокой пылевой нагрузкой для обследованной местности, в связи, с чем в торфяниках накапливается значительное количество минеральных примесей, плохо поддающихся озолению.

Причину выявленных различий в содержании микроэлементов с фоновой территории по сравнению с данными, которые приводятся в работах других авторов, можно объяснить различием ботанического состава торфа. В нашем случае в торфяных отложениях верхового типа района Пур-Тазовского междуречья в ботаническом составе отмечено преобладание остатков кустарничковой растительности.

Вычисление коэффициентов концентрации показало, что в ассоциацию элементов загрязнителей наиболее часто входят Cd и Cu, которые принято считать индикаторами техногенного воздействия на территорию.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке Российской академии наук: Программа фундаментальных исследований СО РАН на 2017–2020 гг. (Проект АААА-А17-117050400146-5) и при поддержке РФФИ (Проект № 19-05-50062\19).

**Acknowledgements.** This work was supported by the Russian Academy of Sciences, Basic Research Program SB RAS 2017–2020 (Project АААА-А17-117050400146-5) and by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 19-05-50062\19).

### Библиографический список

1. Абакумов Е.В., Алексеев И.И., Шамилишвили Г.А. Состояние почвенного покрова ЯНАО: разнообразие, морфология, химизм и антропогенная трансформация // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2017. № 3(96). С. 4–7.
2. Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. №4. С. 9–16.



Экология и природопользование  
Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

3. Василевич Р.С. Макро- и микроэлементный состав мерзлотных бугристых торфяников лесотундры европейского северо-востока России // Геохимия. 2018. №12. С. 1158–1172. DOI: 10.1134/S0016752518100126
4. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 286 с.
5. Водяницкий Ю.Н., Аветов Н.А., Савичев А.Т., Трофимов С.Я. Характеристика техногеохимических аномалий торфяных почв, загрязненных шламами в районе нефтедобычи в Среднем Приобье // Агрохимия. 2012. №11. С. 82–90.
6. Вологжина С.Ж., Сафонова Е.В. Оценка загрязнения атмосферного воздуха Южного Прибайкалья выбросами промышленных предприятий // Географический вестник. 2018. №2(45). С. 128–138. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-2-128-138.
7. Дедков В.С. Почвенный покров водоразделов // Природа Ямала. Екатеринбург: УИФ Наука, 1995. С. 109–121.
8. Игнатенко И.В., Друзин А.В. Физико-химическая характеристика почв лесотундрового стационара. Почвы и растительность восточноевропейской лесотундры / отв. ред. Б.Н. Норин. Л.: Наука, 1972. С. 30–64.
9. Инешева Л.И., Цыбукова Т.Н. Эколого-геохимическая оценка торфов юго-востока Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 1999. №1. С. 45–51.
10. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в восточном округе Москвы // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. №4. С. 14–24.
11. Кузнецов А.В., Фесюн А.П., Самохвалов С.Г., Махонько Э.П. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992.
12. Кукушкин С.Ю. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири: дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2016. С. 42–43.
13. Ларина Н.С., Ларин С.И., Меркушина Г.А. Накопление химических элементов в верховых торфяниках подтаежного Зауралья в голоцене // Почвоведение. 2014. №7. С. 812–823.
14. Московченко Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2006. №1. С. 63–70.
15. Московченко Д.В., Моисеева И.Н., Хозяинова Н.В. Элементный состав растений Уренгойских тундр // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2012. №12. С. 130–136.
16. Нечаева Е.Г. Геохимические закономерности торфообразования на Западно-Сибирской равнине // География и природные ресурсы. 1992. №3. С. 21–28.
17. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимический анализ динамики таёжных геосистем. Иркутск: изд-во Ин-та географии СО АН СССР, 1985. 210 с.
18. 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.
19. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 341 с.
20. Саит Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
21. Цибульский В.Р., Валеева Э.И., Арефьев С.П. и др. Природная среда Ямала. Т.2 / отв. ред. В.Р. Цибульский. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 1995. 104 с.
22. Ямало-Ненецкий автономный округ: официальный сайт органов власти (2018). Доклад об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2017 году [Электронный ресурс]. URL: <http://правительство.янао.рф/region/ecology> (дата обращения: 30.04.2019).
23. Basiliko N., Yavitt J.B. Influence of Ni, Co, Fe, and Na additions on methane production in Sphagnum-dominated Northern American peatlands // Biogeochemistry. 2001. Vol. 52. Pp. 133–153.
24. Ji X., Abakumov V., Antcibor I., Tomashunas V., Knoblauch C., Zubzycki S., Pfeiffer E. Influence of anthropogenic activities on metals in arctic permafrost: a characterization of benchmark soils on the Yamal and Gydan peninsulas in Russia // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2019a. Vol. 76. No. 4. Pp. 540–553. DOI: 10.1007/s00244-019-00607-y.

Экология и природопользование  
Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

25. Steinnes E. Trace element profiles in ombrogenous peat cores from Norway: Evidence of long range atmospheric transport // *Water, Air, and Soil Pollution*. 1997. Vol. 100. Pp. 405–413.
26. Steinnes E., Njastad O. Ombotrophic peat bogs as monitors of trends in atmospheric deposition of pollutant: role of neutron activation analysis in studies of peat samples // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 1995. Vol. 192. No. 2. Pp. 205–213.
27. Ukonmaanaho L., Nieminen T.M., Rausch N., Shotyk W. Heavy metal and arsenic profiles in ombrogenous peat cores from four differently loaded areas in Finland // *Water, Air, and Soil Pollution*. 2004. Vol. 158. Pp. 277–294.

### References

1. Abakumov E.V., Alekseev I.I. and Shamilishvili G.A. (2017), “State of the soil cover of YANAO: diversity, morphology, chemistry and anthropogenic transformation”, *Nauchnyj vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga*, no. 3 (96), pp. 4–7.
2. Arhipov V.S. and Maslov S.G. (1998), “Composition and properties of typical types of peat in the Central part of Western Siberia”, *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, no. 4, pp. 9–16.
3. Vasilevich R.S. (2018), “Macro- and microelement composition of permafrost, hilly peatlands of the forest-tundra of the European North-East of Russia”, *Geohimiya*, no. 12, pp. 1158-1172. DOI: 10.1134/S0016752518100126
4. Vasil'evskaya V.D., Ivanov V.V and Bogatyrev L.G. (1986), *Pochvy severa Zapadnoj Sibiri* [Soils of the north of Western Siberia], Publishing Moscow University, Moscow, Russia.
5. Vodyanickij YU.N., Avetov N.A., Savichev A.T. and Trofimov S.YA. (2012), “Characteristics of technogeochemical anomalies of peat soils contaminated with sludge in the area of oil production in the Middle Ob”, *Agrochemistry*, no. 11, pp. 82–90.
6. Vologzhina S.ZH., Safonova E.V. (2018), “The assessment of air pollution of the Southern Baikal area by emissions of industrial enterprises”, *Geographical bulletin*, no. 2(45), pp. 128-138. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-2-128-138
7. Dedkov V.S. (1995) The soil cover of the watershed, in *Priroda Yamala* [The Nature Of Yamal], UIF Nauka, Ekaterinburg, Russia, pp. 109–121.
8. Ignatenko I.V. and Druzin A.V. (1972), *Fiziko-himicheskaya harakteristika pochv lesotundrovogo stacionara. Pochvy i rastitel'nost' vostochnoevropskoj lesotundry* [Physico-chemical characteristics of soils of forest-tundra hospital. Soils and vegetation of the Eastern European forest tundra], in Norin B.N. (ed.), Nauka, Leningrad, Russia.
9. Inisheva L.I. and Cybukova T.N. (1999), “Ecological and geochemical assessment of peat of the South-East of the West Siberian plain”, *Geography and natural resources*, no. 1, pp. 45–51.
10. Kasimov N.C., Kosheleva N.E., Vlasov D.V. and Terskaya E.V. (2012), “Geochemistry of snow cover in the Eastern district of Moscow” *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*. no. 4, pp. 14–24.
11. Kuznecov A.V., Fesyun A.P., Samohvalov S.G. and Mahon'ko E.P. (1992), *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelyh metallov v pochvah sel'hozugodij i produkcii rastenievodstva* [Guidelines for the determination of heavy metals in soils of farmland and crop production], CINAО, Moscow, Russia.
12. Kukushkin S.Yu. (2016), “Indicators of anthropogenic load on natural-territorial complexes in the development of oil and gas condensate fields in the North of Western Siberia”, Abstract of Ph.D., Geoecology, Russian state hydrometeorological University, SPb., 2016, Russia.
13. Larina N.S., Larin S.I., Merkushina G.A. (2014), “Accumulation of chemical elements in the upper peat bogs of the TRANS-Urals in the Holocene”, *Pochvovedenie*, no. 7, pp. 812–823.
14. Moskovchenko D.V. (2006), “Biogeochemical characteristics of peat bogs in Western Siberia”, *Geography and natural resources*, no. 1, pp. 63–70.
15. Moskovchenko D.V., Moiseeva I.N. and Hozyainova N.V. (2012), “Elemental composition of plants of Urengoy tundra”, *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*, no.12, pp. 130–136.
16. Nechaeva E.G. (1992), “Geochemical regularities of peat formation on the West Siberian plain”, *Geography and natural resources*, no. 3, pp. 21–28.

Экология и природопользование  
 Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

17. Nechaeva E.G. (1985), *Landshaftno-geohimicheskij analiz dinamiki tayozhnyh geosistem* [Landscape-geochemical analysis of the dynamics of taiga geosystems], In-t geografii SO AN SSSR, Irkutsk, Russia.
18. Opekunova M.G., Opekunov A.Yu., Kukushkin S.Yu. and Ganul A.G. (2019), “Background content of chemical elements in soils and bottom sediments of the North of Western Siberia”, *Pochvovedenie*, no. 4, pp. 422–439. DOI: 10.1134/S0032180X19020114
19. Perel'man A.I. (1975), *Geohimiya landshafta* [Geochemistry of landscape], Vysshaya shkola, Moscow, Russia.
20. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. et al. (1990), *Geohimiya okruzhayushchej sredy* [Geochemistry of the environment], Nedra, Moscow, Russia.
21. Tcibul'skij V.R., Valeeva E.I., Aref'ev S.P. et al. (1995), *Prirodnaya sreda Yamala*, [The natural environment of the Yamal], in Tcibul'skij V.R. (ed.), Izd-vo IPOS SO RAN, Tyumen, Russia.
22. Official website of the Authorities of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (2018), “Reports on the environmental situation in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug for 2017”, available at: <http://правительство.янао.рф/region/ecology> (Accessed 30 April 2019).
23. Basiliko N. and Yavitt J.B. (2001), “Influence of Ni, Co, Fe, and Na additions on methane production in Sphagnum-dominated Northern American peatlands”, *Biogeochemistry*, vol. 52, pp. 133–153.
24. Ji X., Abakumov V., Antcibor I., Tomashunas V., Knoblauch C., Zubzycki S. and Pfeiffer E. (2019), “Influence of anthropogenic activities on metals in arctic permafrost: a characterization of benchmark soils on the Yamal and Gydan peninsulas in Russia”, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 76, no. 4, pp.540–553. DOI: 10.1007/s00244-019-00607-y
25. Steinnes E. (1997) “Trace element profiles in ombrogenous peat cores from Norway: Evidence of long range atmospheric transport”, *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 100, pp. 405–413.
26. Steinnes E. and Njastad O. (1995) “Ombotrophic peat bogs as monitors of trends in atmospheric deposition of pollutant: role of neutron activation analysis in studies of peat samples”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 192, no. 2, pp. 205–213.
27. Ukonmaanaho L., Nieminen T.M., Rausch N. and Shotyck W. (2004) “Heavy metal and arsenic profiles in ombrogenous peat cores from four differently loaded areas in Finland”, *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 158, pp. 277–294.

Поступила в редакцию: 07.06.2019

#### Сведения об авторах

##### Роман Юрьевич Пожитков

младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук; 625026, Россия, Тюмень, ул. Малыгина, 86

e-mail: pozhitkov-roma@yandex.ru

##### Дмитрий Валерьевич Московченко

доктор географических наук, заведующий сектором геоэкологии, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук; Россия, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86

e-mail: moskovchenko@hotmail.ru

##### Александр Анатольевич Тигеев

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук; Россия, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86

e-mail: ttrruubbaa@mail.ru

#### About the authors

##### Roman Yu. Pozhitkov

Junior Researcher, Federal Research Center Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; 86, Malygina St., Tyumen, 625026, Russia

##### Dmitriy V. Moskovchenko

Doctor of Geographical Sciences, Head of Geocology sector, Federal Research Center Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; 86, Malygina St., Tyumen, 625026, Russia

##### Alexander A. Tigeev

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Federal Research Center Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; 86, Malygina St., Tyumen, 625026, Russia

---

*Экология и природопользование*  
*Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.*

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**  
*Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.* Элементный состав торфяных отложений верхового типа Пур-Тазовского междуречья // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №1(52). С. 154–165. doi 10.17072/2079-7877-2020-1-154-165.

**Please cite this article in English as:**

*Pozhitkov R.Yu., Moskovchenko D.V., Tigeev A.A.* Trace elements in peat from ombrotrophic bogs of the Pur-Taz interfluve // Geographical bulletin. 2020. №1(52). P. 154–165. doi 10.17072/2079-7877-2020-1-154-165.