

Дмитрий Валерьевич МОСКОВЧЕНКО<sup>1</sup>  
Андрей Александрович ЮРТАЕВ<sup>2</sup>  
Михаил Дмитриевич МОСКОВЧЕНКО<sup>3</sup>

УДК 631.41

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПИРОГЕННЫХ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ\*

<sup>1</sup> доктор географических наук, заведующий сектором геоэкологии,  
Тюменский научный центр СО РАН; ведущий научный сотрудник,  
Институт экологической и сельскохозяйственной биологии (Х-БИО),  
Тюменский государственный университет  
moskovchenko1965@gmail.com

<sup>2</sup> кандидат географических наук, доцент,  
Институт экологической и сельскохозяйственной биологии (Х-БИО),  
Тюменский государственный университет  
yurtaevgeo@yandex.ru

<sup>3</sup> студент, Институт наук о Земле,  
Тюменский государственный университет  
moskovchenkomd@yandex.ru

### Аннотация

В статье рассмотрен состав тундровых почв Пур-Тазовского междуречья на участках пожаров с разным сроком давности (2 года и 28 лет). Определение валового содержания химических элементов проведено с использованием метода спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP). Отмечено, что почвы отличаются низким содержанием практически всех элементов, в том числе физиологически

---

\* Работа выполнена по программе исследований РАН на 2018-2020 гг., проект № 0371-2018-0032 Тюменского научного центра и при поддержке РФФИ (грант 18-45-890002/18).

---

**Цитирование:** Московченко Д. В. Особенности элементного состава пирогенных тундровых почв Пур-Тазовского междуречья / Д. В. Московченко, А. А. Юртаев, М. Д. Московченко // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2018. Том 4. № 4. С. 22-32.  
DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-4-22-32

---

важных для растений Zn, Cu, Ni. Выявлено изменение состава пирогенных почв. Непосредственно после пожара в почву поступают элементы, накопленные растениями (цинк, фосфор, кадмий). Затем в ходе послепожарного восстановления элементы-биофилы интенсивно поглощаются растениями, что вызывает обеднение почв. По истечении 28 лет после пожара в поверхностном горелом горизонте значительно, почти вдвое по сравнению с ненарушенными почвами, снизилось содержание  $P_2O_5$ , Cd, S, Hg, Ag. Использование микроудобрений будет способствовать быстрейшему восстановлению растительного покрова на гаях и участках техногенных нарушений.

**Ключевые слова**

Западная Сибирь, торфяные пожары, пирогенные почвы, микроэлементы, биологическое накопление.

DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-4-22-32

**Введение**

Лесные и торфяные пожары являются одной из главных причин нарушения биогеоценозов на севере Западной Сибири. Анализ космоснимков показал, что гари здесь занимают значительные площади. В частности, на Уренгойском месторождении с 1978 по 2001 г. пожарами было нарушено 24% территории [6]. Наиболее подвержены пожарам растительные сообщества с доминированием лишайников, являющиеся ценными кормовыми угодьями северного оленя. Это усиливает проблему нехватки пастбищ в условиях современного роста поголовья. Однако, несмотря на актуальность проблемы, экологические последствия пожаров в тундре и лесотундре исследованы весьма слабо.

Одним из последствий пожаров является выброс загрязнителей и изменение химических свойств почв. Неоднократно отмечалось влияние пожаров на эмиссии парниковых газов [4,10]. Общеизвестно, что поступление полициклических ароматических углеводородов в окружающую среду происходит главным образом в результате процессов горения. Под влиянием пожаров происходит изменение химического состава болотных вод, физико-химических свойств торфяной золы [1]. Исследования физических и химических особенностей почв техногенных экотонов в Среднем Приобье, находящихся в процессе послепожарного восстановления, показали, что содержание зольных элементов в почве постепенно снижается, количество органики увеличивается [2]. Была отмечена пирогенная трансформация органического вещества почв лесных болот Средней Сибири [5]. Таким образом, загрязнение среды обитания в результате пожаров создает угрозу экологической безопасности населения и делает необходимым экологическую оценку процессов миграции и аккумуляции пирогенных поллютантов.

### Материалы и методы

Изучение химического состава пирогенных почв было проведено на двух участках в лесотундре Пур-Тазовского междуречья (рис. 1) с разным сроком давности пожаров.

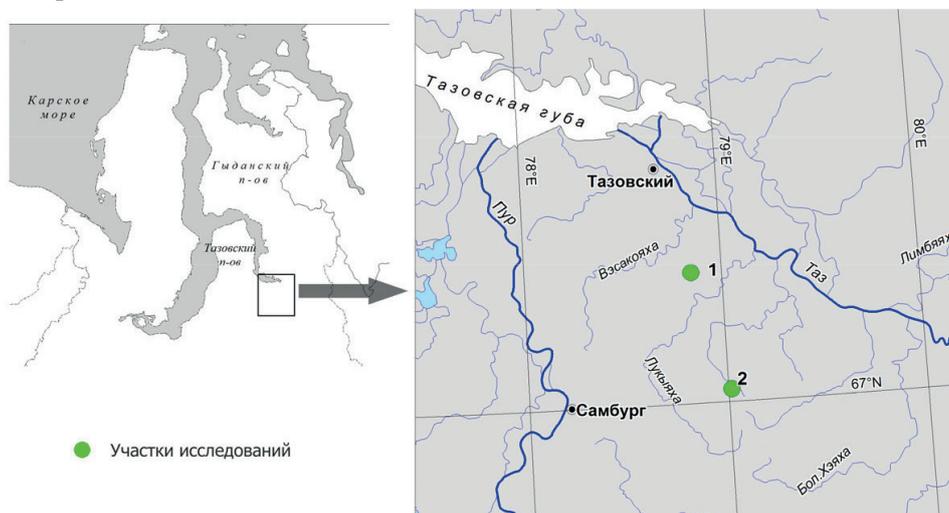


Рис. 1. Схема района работ

Fig. 1. The scheme of the research area

Первый участок представляет собой гарь возрастом 2 года (пожар 2016 г.) с почвами легкого механического состава. На втором участке пожар произошел в летний период 1990 г., давность формирования гари составила на момент исследований 28 лет. В структуре почвенного покрова преобладают суглинистые криоземы. На каждом из участков были заложены трансекты, охватывающие как гарь, так и неповрежденную территорию. Пробы были отобраны из пирогенного горизонта ( $A_{pyr}$ ) с глубины 0-3 см. На втором участке («старая гарь») в каждом пункте опробования также были отобраны пробы из минерального иллювиального горизонта (Bg) с глубины 30-40 см, чтобы оценить возможное проникновение загрязнителей вглубь почвенного профиля.

Пробы почв были высушены, просеяны через сито с диаметром ячеек 0,5 мм для удаления корней растений и растерты в агатовой ступке. Химический анализ проб был проведен в Аналитическом сертификационном испытательном центре ИПТМ РАН (г. Черноголовка). Содержание микро- и макроэлементов определяли с использованием методов атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Пределы определения составляли 40-80 мкг/г для макрокомпонентов и до 1 нг/г для редкоземельных элементов. Статистическая обработка результатов с вычислением среднего содержания ( $M$ ), стандартного отклонения ( $SD$ ), кларка концентрации ( $KK$ ), коэффициента концентрации ( $Kc$ ), представляющего собой отношение содержания элемента в пирогенной почве по отношению к ненарушенной, была проведена в программе Excel.

**Результаты и обсуждение**

Статистические показатели состава почв на гари возрастом 2 года представлены в таблице 1.

Таблица 1

Table 1

**Химический состав поверхностного горизонта почв на гари 2016 г. (возраст 2 года); содержание оксидов в %, микроэлементов в мг/кг**

**The chemical composition of the soil surface horizon for burning in 2016 (2 y. o.); the volume of oxides in %, trace elements in mg/kg**

Показатель	Пирогенные почвы (n = 7)		Ненарушенные почвы (n = 5)		Кс
	М	SD	М	SD	
1	2	3	4	5	6
MgO	0,27	0,11	0,32	0,13	0,8
Na <sub>2</sub> O	0,62	0,24	0,79	0,18	0,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,38	1,76	4,91	1,29	0,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,05	0,10	0,04	1,4
K <sub>2</sub> O	1,01	0,40	1,3	0,26	0,8
CaO	0,41	0,16	0,41	0,09	1,0
MnO	0,021	0,01	0,022	0,01	0,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,20	0,54	1,4	0,47	0,8
TiO <sub>2</sub>	0,33	0,13	0,35	0,08	0,9
S <sub>общ.</sub>	0,05	0,02	0,043	0,02	1,2
Li	5,72	1,45	6,2	2,43	0,9
Be	0,51	0,15	0,6	0,12	0,9
Sc	3,41	0,81	3,8	1,28	0,9
V	29,3	9,1	32,3	11,1	0,9
Cr	20,4	4,46	20,6	7,53	1,0
Co	3,60	1,26	4,1	1,27	0,9
Ni	9,47	2,88	9,9	3,59	1,0
Cu	6,36	0,80	6,1	1,92	1,0
Zn	28,3	12,9	21,5	5,07	1,3
Ga	4,33	0,92	4,6	1,24	0,9
As	1,66	0,86	2,1	1,33	0,8

Окончание таблицы 1

Table 1 (end)

1	2	3	4	5	6
Rb	28,1	5,87	34,8	7,20	0,8
Sr	84,8	10,4	98,5	15,4	0,9
Y	5,11	1,31	6,7	2,18	0,8
Zr	40,14	9,49	45,3	14,1	0,9
Nb	4,26	0,89	4,7	1,10	0,9
Mo	0,24	0,04	0,3	0,05	0,9
Ag	0,19	0,21	НП	НП	—
Cd	0,30	0,09	0,1	0,07	2,3
Sn	0,54	0,13	0,5	0,13	1,0
Sb	0,30	0,04	0,3	0,06	1,0
Cs	0,91	0,22	0,9	0,32	1,02
Ba	326	45,3	393	72,8	0,83
La	10,7	3,57	11,7	3,15	0,92
W	0,40	0,09	0,4	0,12	0,97
Hg	0,045	0,025	0,048	0,021	1,1
Tl	0,18	0,033	0,2	0,040	0,9
Pb	12,1	2,69	11,2	1,81	1,1
Bi	0,07	0,022	0,1	0,023	1,1
Th	2,27	0,60	2,6	0,72	0,9
U	0,61	0,14	0,7	0,18	0,9

Примечание: НП — содержание ниже порога обнаружения.

Note: НП — below detection limit.

Полученные результаты показывают, что обследованные почвы характеризуются низкими концентрациями макро- и микроэлементов. По сравнению с кларком литосферы как в фоновых почвах, так и в их пирогенных аналогах наблюдается отчетливо выраженный дефицит практически всех элементов, включая физиологически важные для растений Zn, Cu, Ni (КК = 0,14-0,34). Сходные значения кларков концентрации выявлены и для остальных элементов, за исключением Pb (КК = 0,7-0,8). Отмеченное многими авторами [7, 9] низкое содержание элементов в почвах южной тундры, лесотундры и северной тайги Западной Сибири связано с особенностями литологии почвообразующих пород.

Существенных различий элементного состава пирогенных почв и их ненарушенных аналогов не наблюдается. Наибольшие различия отмечены для Cd и Zn, т. е. халькофильных элементов с высокими коэффициентами биологического накопления, для которых величина Кс составляет 2,3 и 1,3 соответственно. Ранее отмечалось обогащение органогенных горизонтов почв и растений на севере Западной Сибири халькофильными элементами [7]. Очевидно, что пожар приводит к высвобождению этих элементов, закрепленных в живой фитомассе. Также для пирогенных почв характерен рост содержания валового фосфора (Кс = 1,4), относящегося, согласно А. И. Перельману [8], к элементам энергичного биологического поглощения. Таким образом, основным механизмом послепожарной трансформации элементного состава почв является поступление элементов-биофилов из сгоревшего напочвенного опада, торфа и растений.

Иные показатели состава почв наблюдаются на участке «старой» гари (таблица 2).

Таблица 2

Table 2

Химический состав почв на гари 1990 г. (возраст 28 лет); содержание оксидов в %, микроэлементов в мг/кг

The chemical composition of soils for burning in 1990 (28 y. o.); the volume of oxides in %, trace elements in mg/kg

Показатель	Пирогенные почвы				Ненарушенные почвы				Кс поверхности.	Кс минер.
	Поверхностн. пироген. горизонты (n = 8)		Минер. горизонты (n = 8)		Поверхностн. горизонты (n = 6)		Минер. горизонты (n = 6)			
	М	SD	М	SD	М	SD	М	SD		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MgO	1,0	0,08	1,0	0,09	0,8	0,2	1,1	0,12	1,2	1,0
Na <sub>2</sub> O	1,5	0,18	2,0	0,16	1,2	0,3	1,9	0,13	1,2	1,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,7	0,63	11,1	0,72	9,6	1,7	11,7	0,72	1,1	1,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,03	0,07	0,01	0,20	0,07	0,09	0,03	0,6	0,8
K <sub>2</sub> O	1,7	0,09	2,0	0,11	1,4	0,3	2,0	0,09	1,2	1,0
CaO	0,9	0,12	1,1	0,13	0,7	0,2	1,1	0,12	1,4	1,0
MnO	0,1	0,02	0,07	0,02	0,0	0,0	0,1	0,02	1,5	1,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,7	0,32	3,5	0,43	3,4	0,6	4,0	0,38	1,1	0,9
TiO <sub>2</sub>	0,7	0,05	0,9	0,04	0,6	0,1	0,9	0,05	1,2	1,0
S <sub>общ.</sub>	0,03	0,01	0,012	0,014	0,05	0,01	0,01	0,01	0,6	0,9
Li	18,1	1,52	18,5	1,9	15,0	2,8	19,5	1,92	1,2	0,9
Be	1,2	0,09	1,4	0,2	1,0	0,1	1,3	0,08	1,2	1,0

Окончание таблицы 2

Table 2 (end)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sc	11,0	0,94	11,0	1,0	9,6	1,5	11,5	1,04	1,1	1,0
V	90,8	8,1	90,6	7,2	81,4	13,6	96,9	6,94	1,1	0,9
Cr	61,6	5,23	61,7	5,4	54,1	8,8	66,6	6,45	1,1	0,9
Co	12,2	1,47	11,1	2,7	9,2	2,3	10,9	1,76	1,3	1,0
Ni	27,1	2,57	25,7	5,1	21,2	3,2	25,2	2,60	1,3	1,0
Cu	15,0	1,37	14,2	2,0	13,7	1,7	14,7	3,38	1,1	1,0
Zn	53,1	4,12	44,1	4,8	49,4	6,7	46,0	5,04	1,1	1,0
Ga	11,4	0,91	11,6	0,8	10,3	1,5	12,1	0,90	1,1	1,0
As	5,1	0,69	5,0	1,0	4,3	1,2	5,1	0,41	1,2	1,0
Rb	63,8	4,86	67,0	4,3	54,1	12,1	69,5	4,69	1,2	1,0
Sr	149,5	16,6	187,3	13,2	119,0	23,4	178	9,7	1,3	1,1
Y	14,8	1,61	16,6	2,5	10,5	1,7	15,7	1,54	1,4	1,1
Zr	109	9,96	134	9,6	90,9	17,0	129,7	8,73	1,2	1,0
Nb	10,3	0,56	12,1	0,8	8,5	1,4	11,9	0,55	1,2	1,0
Mo	0,6	0,18	0,4	0,1	0,7	0,3	0,5	0,09	0,9	0,9
Ag	0,1	0,02	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,14	0,6	1,7
Cd	0,2	0,06	0,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,02	0,6	0,9
Sn	1,4	0,14	1,3	0,1	1,3	0,1	1,4	0,09	1,1	1,0
Sb	0,8	0,19	0,8	0,2	0,6	0,1	0,6	0,06	1,4	1,2
Cs	2,7	0,32	2,4	0,3	2,5	0,2	2,6	0,35	1,1	0,9
Ba	433	31,4	521	22,3	357	53,5	510	14,2	1,2	1,0
La	24,1	2,26	27,2	2,4	18,9	3,3	27,7	2,34	1,3	1,0
W	1,1	0,06	1,2	0,1	0,9	0,1	1,2	0,05	1,2	1,0
Hg	0,036	0,009	0,011	0,004	0,058	0,018	0,017	0,007	0,6	0,6
Tl	0,4	0,03	0,4	0,0	0,3	0,0	0,4	0,02	1,1	1,0
Pb	17,6	1,60	15,4	1,0	17,3	2,5	15,4	0,52	1,0	1,0
Bi	0,2	0,02	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,01	1,0	0,9
Th	6,4	0,50	7,3	0,5	5,0	0,9	7,6	0,45	1,3	1,0
U	1,7	0,17	2,0	0,3	1,6	0,3	2,2	0,43	1,1	0,9

Как показали результаты анализов, с течением времени соотношения между элементами в пирогенных и ненарушенных почвах меняются. Если сразу после пожара в почве наблюдалось накопление биофильных цинка, кадмия и фосфора, то по истечении 28 лет в горелом горизонте концентрации  $P_2O_5$ , Cd, а также S, Hg, Ag существенно меньше, чем в ненарушенном аналоге ( $K_c = 0,6$ ). Характерно, что все перечисленные элементы относятся к халькофильным. Важно также отметить, что эти элементы отличаются высокими значениями коэффициентов биологического поглощения. Так,  $K_b$  для Hg = 7,58; Ag = 12,5; Cd = 4,4 [3]. Можно предположить, что удаление их из горелых горизонтов почв связано прежде всего с процессами биогеохимического круговорота, а именно с активным поглощением растениями в ходе послепожарных сукцессий. Подобно тому, как в таежных фитоценозах основная масса зольных элементов содержится в живой фитомассе, в тундрах происходит интенсивное послепожарное перемещение элементов-биофилов в органы и ткани растений, заселяющих нарушенные участки, что приводит к снижению содержания их в почве. Сходный процесс был описан в пирогенных почвах Среднего Приобья, где отмечено уменьшение содержания зольных элементов в процессе послепожарного восстановления [2]. Косвенным подтверждением ведущей роли биологического поглощения служит тот факт, что различия между поверхностными и иллювиальными горизонтами как пирогенных, так и ненарушенных почв проявляются слабо, не отмечено различий между составом минеральных горизонтов почв на горяч и ненарушенных участках. В иллювиальном горизонте, в отличие от поверхностного горелого, коэффициенты концентрации для всех элементов близки к 1. Таким образом, иллювиирование не играет существенной роли в перераспределении элементов.

### **Выводы**

Почвы обследованного района Пур-Тазовского междуречья отличаются резко выраженным дефицитом практически всех микро- и макроэлементов. В результате торфяных пожаров произошло поступление в почву элементов, которые интенсивно накапливались растениями (фосфора, цинка, кадмия). В ходе послепожарного восстановления растительности последовал обратный процесс интенсивного накопления биофильных элементов, в результате чего по истечении 28 лет после пожара в поверхностном горелом горизонте снизилось содержание  $P_2O_5$ , Cd, S, Hg, Ag. В условиях повсеместного дефицита физиологически важных микроэлементов использование микроудобрений будет способствовать быстрейшему восстановлению растительного покрова.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ахметьева Н. П. Естественное восстановление болот после пожаров / Н. П. Ахметьева, С. Э. Белова, Р. Г. Джамалов, И. С. Куличевская, Е. Е. Лапина, А. В. Михайлова // Водные ресурсы, 2014. Том 41. № 4. С. 343-354.  
DOI: 10.7868/S0321059614040026

2. Голубцова О. С. Физико-химические особенности почв техногенных экотонов при их послепожарном восстановлении в Среднем Приобье / О. С. Голубцова, А. Ю. Шилина // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: материалы V Международной научно-практической конференции (9-10 февраля 2016 г., Нижневартовск) / отв. ред. А. В. Коричко. Нижневартовск: Издательство Нижневартовского государственного университета, 2016. Ч. II. С. 10-13.
3. Добровольский В. В. Основы биогеохимии / В. В. Добровольский. М.: Академия, 2003. 400 с.
4. Елисеев А. В. Влияние низовых и торфяных пожаров на эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосферу / А. В. Елисеев, И. И. Мохов, А. В. Чернокульский // Доклады Академии наук, 2014. Том 459. № 4. С. 496-500. DOI: 10.7868/S0869565214340180
5. Ефремова Т. Т. Пирогенная трансформация органического вещества почв лесных болот / Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов // Почвоведение, 2006. № 12. С. 1441-1450.
6. Корниенко С. Г. Оценка влияния разработки Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения на состояние территории лесотундры по данным ИСЗ LANDSAT / С. Г. Корниенко // Исследование земли из космоса, 2009. № 4. С. 78-87.
7. Московченко Д. В. Экогеохимия нефтегазодобывающих районов Западной Сибири / Д. В. Московченко. Новосибирск: Гео, 2013. 259 с.
8. Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
9. Сорокина Е. П. Анализ регионального геохимического фона как основа эколого-геохимического картирования равнинных территорий: на примере северной части Западно-Сибирского региона / Е. П. Сорокина, Н. К. Дмитриева, Л. К. Карпов и др. // Прикладная геохимия. Экологическая геохимия. 2001. № 2. С. 316-338.
10. Rossi S. FAOSTAT Estimates of Greenhouse Gas Emissions from Biomass and Peat Fires / S. Rossi, F. N. Tubiello, P. Prosperi et al. // Climatic Change. 2016. Vol. 135. No 3-4. Pp. 699-711. DOI 10.1007/s10584-015-1584-y

**Dmitrii V. MOSKOVCHENKO<sup>1</sup>**  
**Andrey A. YURTAEV<sup>2</sup>**  
**Mikhail D. MOSKOVCHENKO<sup>3</sup>**

UDC 631.41

**PECULIARITIES OF ELEMENTAL COMPOSITION  
OF THE PYROGENIC TUNDRA SOILS IN PUR-TAZ WATERSHED\***

- <sup>1</sup> Dr. Sci. (Geogr.), Head of the Geoecology Sector, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Lead Research Associate, Institute of Environmental and Agricultural Biology (X-BIO), University of Tyumen  
moskovchenko1965@gmail.com
- <sup>2</sup> Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Institute of Environmental and Agricultural Biology (X-BIO), University of Tyumen  
yurtaevgeo@yandex.ru
- <sup>3</sup> Undergraduate Student, Institute of Earth Sciences, University of Tyumen  
moskovchenkomd@yandex.ru

**Abstract**

This article analyzes the composition of tundra soils of the Pur-Taz watershed in the areas of fires with different periods of limitation (2 and 28 years, respectively). Determination of the total content of chemical elements was performed using inductively coupled plasma (ICP) spectrometry. The authors note that the soils lack almost all the elements, in particular, such physiologically important for plants ones as Zn, Cu, and Ni.

The study has revealed a change in the composition of pyrogenic soils. Immediately after the fire, elements accumulated by plants (zinc, phosphorus, and cadmium) enter the soil. Then, in the course of post-fire recovery, elements-biofilms are intensively absorbed by plants,

---

\* This work was performed according to the research program of the Russian Academy of Sciences for 2018-2020, project No 0371-2018-0032 of the Tyumen Scientific Center with the support of the Russian Foundation for Basic Research (Grant 18-45-890002/18).

**Citation:** Moskovchenko D. V., Yurtaev A. A., Moskovchenko M. D. 2018. "Peculiarities of Elemental Composition of the Pyrogenic Tundra Soils in Pur-Taz Watershed". Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 4, no 4, pp. 22-32.  
DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-4-22-32

which causes depletion of soils. After 28 years, in the surface burned horizon, the content of  $P_2O_5$ , Cd, S, Hg, and Ag decreased significantly (almost twice compared to undisturbed soils). The use of micronutrients will contribute to the rapid restoration of vegetation cover in the fires and areas of technogenic disturbances.

### **Keywords**

Western Siberia, peat fires, pyrogenic soils, trace elements, biological accumulation.

**DOI: 10.21684/2411-7927-2018-4-4-22-32**

### **REFERENCES**

1. Akhmeteyeva N. P., Belova S. E., Dzhamalov R. G., Kulichevskaya I. S., Lapina Ye. Ye., Mikhaylova A. V. 2014. "Yestestvennoye vosstanovleniye bolot posle pozharov" [Natural Recovery of Wetlands after Fires]. *Vodnyye resursy*, vol. 41, no 4, pp. 343-354. DOI: 10.7868/S0321059614040026
2. Golubtsova O. S., Shilina A. Yu. 2016. "Fiziko-khimicheskiye osobennosti pochv tekhnogennykh ekotonov pri ikh poslepozharom vosstanovlenii v Srednem Priobye" [Physical and Chemical Features of the Soils of Technogenic Ecotones during Their Post-Fire Restoration in the Middle Ob]. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International research Conference "Kultura, nauka, obrazovaniye: problemy i perspektivy"* (9-10 February 2016, Nizhnevartovsk), vol. 2, pp. 10-13. Edited by A. V. Korichko.
3. Dobrovolskiy V. V. 2003. *Osnovy biogeokhimi [Basics of Biogeochemistry]*. Moscow: Akademiya.
4. Yeliseyev A. V., Mokhov I. I., Chernokulskiy A. V. 2014. "Vliyaniye nizovykh i torfyanykh pozharovna emissii  $SO_2$  v atmosferu" [Influence of Grassroots and Peat Fires  $CO_2$  Emissions into the Atmosphere]. *Doklady Akademii Nauk*, vol. 459, no 4, pp. 496-500. DOI: 10.7868/S0869565214340180
5. Yefremova T. T., Yefremov S. P. 2006. "Pirogennaya transformatsiya organicheskogo veshchestva pochv lesnykh bolot" [Pyrogenic Transformation of Organic Matter in the Soils of Forest Swamps]. *Pochvovedeniye*, no 12, pp. 1441-1450.
6. Korniyenko S. G. 2009. "Otsenka vliyaniya razrabotki Urengoyetskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya na sostoyaniye territorii lesotundry po dannym ISZ LANDSAT" [Assessing the Impact of the Development of the Urengoi Oil and Gas Condensate Field on the State of the Forest Tundra according to LANDSAT Satellite Data]. *Issledovaniye zemli iz kosmosa*, no 4, pp. 78-87.
7. Moskovchenko D. V. 2013. *Ekogeokhimiya neftegazodobyvayushchikh rayonov Zapadnoy Sibiri [Ecogeochemistry of the Oil and Gas Production Areas of Western Siberia]*. Novosibirsk: Geo.
8. Perelman A. I. 1989. *Geokhimiya [Geochemistry]*. Moscow: Vysshaya shkola.
9. Sorokina Ye. P., Dmitriyeva N. K., Karpov L. K. et al. 2001. "Analiz regionalnogo geokhimicheskogo fona kak osnova ekologo-geokhimicheskogo kartirovaniya ravninnykh territoriy: na primere severnoy chasti Zapadno-Sibirskogo regiona" [Analysis of the Regional Geochemical Background as the Basis of the Ecological and Geochemical Mapping of Lowland Territories: The Example of the Northern Part of the West Siberian Region]. *Prikladnaya geokhimiya. Ekologicheskaya geokhimiya*, no 2, pp. 316-338.
10. Rossi S., Tubiello F. N., Prospero P. et al. 2016. "FAOSTAT Estimates of Greenhouse Gas Emissions from Biomass and Peat Fires". *Climatic Change*, vol. 135, no 3-4, pp. 699-711. DOI 10.1007/s10584-015-1584-y