

Биогеохимическая характеристика мхов *Polytrichum commune* на территории Урского хвостохранилища в Кемеровской области¹

А.М. Межибор, доцент, канд. геол.-мин. наук

Л.П. Рихванов, профессор, д-р. геол.-мин. наук

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

e-mail: amezhibor@gmail.com

Ключевые слова:

мох *Polytrichum*, Ново-Урское месторождение, хвостохранилища, загрязнение окружающей среды, биомониторинг, контроль загрязнения, мониторинг.

Мхи различных видов являются доказанными биомониторами воздействия техногенной деятельности на окружающую среду. В данной работе приводятся данные о среднем содержании химических элементов (всего 62) в мхах вида *Polytrichum commune* на территории, прилегающей к Урскому хвостохранилищу (Кемеровская область). По результатам аналитических исследований и статистической обработки данных установлено, что мхи на данной территории характеризуются накоплением группы элементов: As, Se, Ag, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, Bi, концентрации которых превышает фоновые значения в 10 и более раз. Данный спектр химических элементов выделен как индикатор воздействия хвостохранилища на окружающую среду. Пространственное распределение данных химических элементов в изученных пробах мхов показало тенденцию к их накоплению преимущественно в северной и северо-восточной частях территории, прилегающей к хвостохранилищу, — в направлении преобладающих ветров в изучаемом районе.

1. Введение

В связи с высокими аккумулярующими свойствами мхи различных видов активно используются в биомониторинговых исследованиях. При этом разные виды мхов могут по-разному накапливать химические элементы [1]. Например, в литературе отмечено, что мхи видов *Sphagnum sp.*, *Hypnum cupressiforme*, *Pohlia nutans*, *Pleurozium schreberi* являются хорошими накопителями ионов металлов (Pb, Zn, Cd, Mn, Cu) [2]. Для мониторинговых исследований используют, как правило, наиболее распространенные виды мхов, например, *Pleurozium schreberi*, *Pylaisiella polyantha*, *Polytrichum commune* [1, 3, 4 и др.].

Важной особенностью мхов, благодаря которой они активно применяются в качестве аккумуляторов различных химических элементов, переносимых в составе пыли и разнообразных загрязнителей, является

отсутствие у них корневой системы. Вместо корней у мхов развиты ризоиды, выполняющие единственную функцию — прикрепление к субстрату. Поэтому большинство исследователей отмечают накопление химических элементов в мхах по безбарьерному типу [5–7]. Роль атмосферных аэрозолей в формировании геохимических особенностей биоты в целом значима [8]. В [9] было отмечено, что в пределах обрабатываемого медного месторождения в Турции концентрации Cu, Zn и Pb в мхах превышали содержания этих металлов в почве, что говорит о преобладающем поступлении металлов из атмосферы.

Эффективность использования мхов для оценки загрязнения окружающей среды при разработке месторождений полезных ископаемых показана во многих исследованиях. В окрестностях Холбинского рудника по добыче золота, расположенного на запад-

¹ Статья представлена членом-корреспондентом РАН, д-ром хим. наук, профессором Тарасовой Н.П.

ных отрогах Китойского хребта (Восточный Саян), в водных мхах коэффициент биологического поглощения золота достигал 1160 при природном значении 15–70. Во мхах была также отмечены высокие концентрации серебра, свинца, меди, цинка [10].

Данных о накоплении химических элементов во мхах на территориях, подверженных влиянию хвостохранилищ, крайне мало. Хвосто- и шламохранилища, как правило, представляют собой источники вторичного загрязнения атмосферы посредством ветровой эрозии, когда происходит вынос тонкодисперсной пыли, содержащей токсичные компоненты, за пределы территории расположения хвостохранилища.

Одной из работ по оценке загрязненности природных территорий, окружающих хвостохранилища, является мониторинг мохового покрова болота, прилегающего к отстойнику карьерных вод разрабатываемого Шанучского медно-никелевого месторождения (Камчатка) [11]. В состав компонентов, контролируемых при мониторинге окружающей среды в районе месторождения Шануч, входили Ni, Cu, Co, Cr, Mn, Zn, Pb, V. Для Ni и Cu в районе влияния рудника были отмечены высокие содержания в сфагновых мхах — с коэффициентами концентрации 2209 и 539 по отношению к фоновому значению. Для остальных исследуемых металлов концентрации превышали фоновые значения более чем в 20 раз. Данные исследования говорят о значительном воздействии хвостохранилищ на окружающую среду.

Цель данной работы — определить особенности накопления химических элементов в мхах *Polytrichum commune* (кукушкин лён) на территории, прилегающей к Урскому хвостохранилищу, и оценить степень воздействия хвостохранилища на окружающую среду на основе полученных данных.

2. Материалы и методы исследований

Ново-Урское месторождение, расположенное в Кемеровской области, является самым крупным среди Урской группы колчеданных медно-цинковых месторождений [12]. Месторождение было открыто в начале 1940-х годов и сразу стало разрабатываться [13]. Урское хвостохранилище расположено в логу рядом с пос. Урск и было сформировано более 50 лет назад. Хвостохранилище составляют отходы цианирования как первичных сульфидных руд (50–90% пирита), так и руд зоны окисления [14, 15]. Содержание золота в рудах достигало 4 г/т. Отработанный материал складировался в виде двух куч высотой 10–12 м, вещество отходов никак не закреплялось.

Пробы мхов были отобраны в прикорневой зоне деревьев согласно схеме, представленной на

рис. 1. Для отбора был выбран вид мхов «кукушкин лён» (*Polytrichum commune*). Для сравнительной характеристики результатов была отобрана проба мха *Polytrichum* в районе озера Урское в 4 км к юго-востоку от хвостохранилища вне источников прямого антропогенного воздействия. Для отбора проб использовались одноразовые резиновые перчатки, пробы были упакованы в гигроскопичные пакеты и транспортированы в лабораторию кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

Для исследований была использована верхняя зеленая часть мхов. В лаборатории пробы были очищены от посторонних примесей (хвои, листьев и пр.) и высушены до достижения постоянного веса. Сухие пробы перемалывались до пудры в электрической кофемолке с нержавеющей покрытием, исключающим попадание металлов в пробу. Измельчение проб позволяет достичь гомогенности пробы и оптимального распределения химических элементов в веществе.

Для проведения аналитических исследований были подготовлены навески проб по 100 мг. Определение химических элементов в мхах осуществлялось с использованием метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) в лаборатории аналитического центра «Плазма» (г. Томск) по аттестованным методикам. В каждой пробе было определено 62 химических элемента. Метод ИСП-МС характеризуется низкими пределами обнаружения, экспрессностью и возможностью определить широкий спектр химических элементов одновременно.

Обработка результатов проводилась с использованием компонента «Описательная статистика»

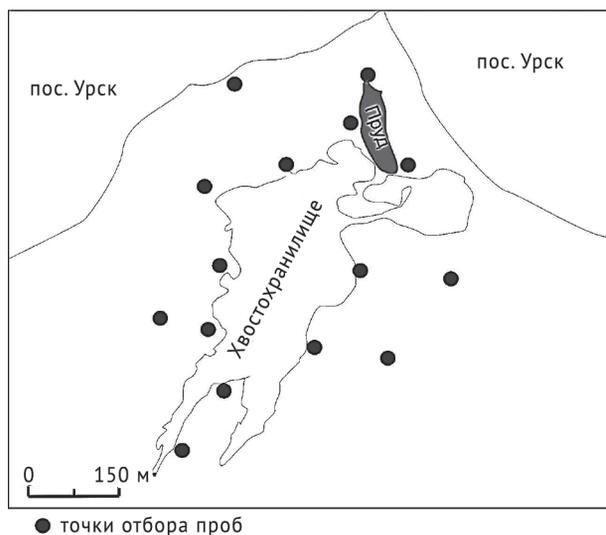


Рис. 1. Карта-схема отбора проб мхов на Урском хвостохранилище

Microsoft Excel; построение карт пространственного распределения осуществлялось с использованием программных продуктов Surfer и Corel Draw.

3. Результаты исследований и их обсуждение

Оценка средних содержаний химических элементов по результатам аналитических исследований приведена в табл. 1. Расчет коэффициентов концентрации химических элементов ($K_k = C / K_{zk}$) относительно среднего содержания в земной коре (кларка) показал, что $K_k > 1$ для таких элементов, как As, Se, Ag, Cd, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, Bi. Кроме того, достаточно высокий K_k для мхов установлен для марганца и меди. Следовательно, для этих химических элементов характерно более активное аккумулятивное поведение мхами ввиду наличия дополнительного источника поступления.

Для мхов в целом характерны значительно более низкие концентрации химических элементов, чем их средние содержания в земной коре [16], о чем можно судить по фоновой пробе. Для сфагновых мхов¹ северных районов Томской области [17], концентрации химических элементов в которых приближены к фоновым, отмечается близкая к содержанию в фоновой пробе концентрация. Данные по содержаниям металлов близки также к средним концентрациям металлов в мхах *Pleurozium Schreberi* из районов Западной Сибири, не подверженных прямому воздействию антропогенной деятельности [1].

Исходя из данных табл.1, средние содержания химических элементов в мхах на территории хвостохранилища превышают фоновые значения для большинства изученных элементов (количество раз): Nb, Sn, Th — 2, Ga, Zr — 2,2, Rb — 2,3, Hf — 2,4, Li, Al, Si, Ge, In — 2,5, Ce — 2,7, Sr, La, Pr, Eu, Ho — 3,1, Cu, Nd, Dy — 3,2, Y — 3,4, Gd, Lu — 3,5, Na, Zn, Tb, Er — 3,6, Yb, U — 3,7, Sm — 3,8, Tm — 4, W — 5,5, Tl — 5,8.

После статистической обработки результатов аналитического определения химических элементов в сухом веществе мхов была выделена группа химических элементов, концентрации которых превышают фоновое значение более чем в пять раз (табл. 2): Mn, Fe, As, Se, Ag, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, Bi. Из них уверенно аномальными значениями относительно фона ($\Phi + 3\sigma$) характеризуются Mn, Fe, Ba, Pb, близкими к аномальным — As.

Следует подчеркнуть, что для некоторых элементов из этой группы (As, Se, Ag, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, Bi) отмечены высокие значения коэффициента концентрации относительно кларка земной коры. Они же характеризуются превышением фонового содержания в десятки и более раз (для Se — 9,9), что позволяет сделать вывод о наличии антропогенного источника накопления данных химических элементов в исследуемых мхах. Выявленный спектр элементов весьма напоминает спектр химических элементов (Cu, Zn, Cd, Fe, As, Pb), накапливаемых мхами в повышенных концентрациях на территории воздей-

Таблица 1

Среднее содержание химических элементов в мхах, прилегающей к Урскому хвостохранилищу территории

Элемент	Среднее содержание (C _c), мг/кг; (n = 14)	Фон (Ф), мг/кг	Кларк в земной коре* (K _{zk}), мг/кг	$K_k = C_c / K_{zk}$	Элемент	Среднее содержание (C _c), мг/кг; (n = 14)	Фон (Ф), мг/кг	Кларк в земной коре* (K _{zk}), мг/кг	$K_k = C_c / K_{zk}$
Li	2,2 ± 0,3	0,89	20,00	0,11	In	0,012 ± 0,001	0,005	0,05	0,24
Be	0,15 ± 0,03	0,10	3,00	0,05	Sn	0,49 ± 0,08	0,24	5,5	0,09
B	2,8 ± 0,6	3,8	15,0	0,19	Sb	9,9 ± 2,9	0,31	0,20	49,49
Na	955,5 ± 137,5	268,3	28 900	0,03	Cs	0,40 ± 0,1	0,29	3,7	0,11
Mg	1659,7 ± 168,5	870,9	13 300	0,12	Ba	4895,1 ± 1320,2	113,2	550,0	8,90
Al	4978,9 ± 854,7	1974,2	80 400	0,06	La	2,5 ± 0,4	0,81	30,0	0,08
Si	16 588,2 ± 2559,8	6414,8	308 000	0,05	Ce	5,2 ± 1,0	1,9	64,0	0,08
P	1734,7 ± 109,7	1435,4	—	—	Pr	0,60 ± 0,12	0,19	7,1	0,08
K	5682,5 ± 213,4	3772,9	28 000	0,20	Nd	2,3 ± 0,5	0,73	26,0	0,09
Ca	8721,5 ± 1793,2	10576,2	30 000	0,29	Sm	0,55 ± 0,12	0,15	4,5	0,12
Sc	0,7 ± 0,2	0,05	11,00	0,07	Eu	0,09 ± 0,04	0,03	0,88	0,10
Ti	264,6 ± 39,5	149,6	3000	0,09	Gd	0,58 ± 0,14	0,17	3,8	0,15
V	6,5 ± 1,1	3,5	60,0	0,11	Tb	0,08 ± 0,02	0,02	0,64	0,13
Cr	15,9 ± 2,3	9,4	35,0	0,45	Dy	0,42 ± 0,09	0,13	3,5	0,12

¹ Сфагновые мхи (лат. Sphagnopsida) — класс растений отдела Моховидные (Bryophyta), ранее в ранге подкласса (Sphagnidae), используя русские названия Сфагниды либо Сфагновые мхи.

Элемент	Среднее содержание (С _с), мг/кг; (n = 14)	Фон (Ф), мг/кг	Кларк в земной коре* (К _{зк}), мг/кг	К _к = С _с / К _{зк}	Элемент	Среднее содержание (С _с), мг/кг; (n = 14)	Фон (Ф), мг/кг	Кларк в земной коре* (К _{зк}), мг/кг	К _к = С _с / К _{зк}
Mn	477,1 ± 77,2	54,3	600,0	0,80	Ho	0,08 ± 0,02	0,03	0,80	0,10
Fe	6660,0 ± 1059,9	1246,8	35 000	0,19	Er	0,25 ± 0,05	0,07	2,3	0,11
Co	2,0 ± 0,3	1,1	10,0	0,20	Tm	0,04 ± 0,01	0,009	0,33	0,11
Ni	2,4 ± 0,4	1,8	20,0	0,12	Yb	0,24 ± 0,05	0,06	2,2	0,11
Cu	20,7 ± 3,4	6,4	25,0	0,83	Lu	0,03 ± 0,01	0,010	0,32	0,10
Zn	165,0 ± 35,5	45,3	71,0	2,32	Hf	0,17 ± 0,03	0,07	5,8	0,03
Ga	1,5 ± 0,3	0,65	17,00	0,09	Ta	0,04 ± 0,01	0,02	2,2	0,02
Ge	0,2 ± 0,0	0,07	1,60	0,12	W	0,14 ± 0,03	0,03	2,0	0,07
As	13,6 ± 3,3	1,0	1,5	9,05	Pt	0,003 ± 0,001	0,0016	—	—
Se	6,9 ± 1,7	0,70	0,05	137,82	Au	0,02 ± 0,01	0,0004	0,002	13,26
Rb	11,4 ± 2,1	4,9	112,0	0,10	Hg	4,0 ± 1,3	0,05	0,06**	70,97
Sr	53,0 ± 5,5	16,9	350,0	0,15	Tl	0,16 ± 0,05	0,03	0,75	0,22
Y	2,3 ± 0,5	0,7	22,0	0,10	Pb	138,9 ± 40,3	8,7	20,0	6,95
Zr	8,6 ± 1,4	3,9	190,0	0,05	Bi	0,72 ± 0,19	0,06	0,13	5,63
Nb	0,70 ± 0,13	0,35	25,00	0,03	Th	0,48 ± 0,08	0,24	10,7	0,04
Mo	0,44 ± 0,07	0,29	1,50	0,29	U	0,30 ± 0,07	0,08	2,8	0,11
Ag	1,3 ± 0,3	0,05	0,05	25,83	La/Yb	10,6	12,6	13,6	
Cd	0,40 ± 0,04	0,22	0,098	4,05	Th/U	1,6	3,0	3,8	

Примечание. n – количество проб; * по Тейлору и Мак-Леннону, 1988; ** по Wedepohl, 1995 [18].

ствия хвостохранилищ сульфидных месторождений рудного узла Гиресун в Турции [19].

Коэффициент вариации (табл. 2), рассчитанный как отношение стандартного отклонения к среднему содержанию, характеризует величину относительного разброса данных. Для всех элементов из табл. 2 значения коэффициента вариации превышают 50, что свидетельствует о неравномерном накоплении элементов

Таблица 2

Содержание химических элементов в сухом веществе мхов в районе Урского хвостохранилища

Элемент	Содержание, мг/кг				Сс/Ф	Коэффициент вариации, %
	фоновое (Ф)	среднее (Сс)	min	max		
Mn	54	477,1 ± 77,2	40	1068,5	8,8	60,6
Fe	1247,0	6660 ± 1060	1494	14145	5,3	59,5
As	1,0	11,4 ± 2,1	1,9	40,0	13,4	91,3
Se	0,7	6,9 ± 1,7	0,65	19,7	9,9	91,3
Ag	0,48	1,29 ± 0,33	0,12	3,8	27,1	96,9
Sb	0,31	9,9 ± 2,9	0,7	30,6	32,0	110
Ba	113,0	4895 ± 1320	377	14975	43,2	101
Au	0,0004	0,02 ± 0,006	0,002	0,077	61,5	93,7
Hg	0,05	4,0 ± 1,3	0,25	16,5	77,6	123
Pb	8,9	138,9 ± 40,3	14,4	532	16,0	108
Bi	0,06	0,72 ± 0,19	0,09	2,4	11,5	98,8

в отдельных пробах. Для ртути отмечено максимальное превышение фонового содержания (77,6 раза). Принимая во внимание коэффициент вариации, ртуть в пробах мхов распределяется крайне неравномерно. Высокие содержания ртути в окружающей среде (почве) в целом характерно для территории хвостохранилища: в рудах Ново-Урского месторождения содержание Hg было достаточно высоким (в первичных ≈ 100 мг/г, в окисленных ≈ 20–30 мг/г), что сформировало ее повышенный местный фон в окружающей среде даже на удалении от месторождения [15, 20].

Накопление золота, мышьяка, сурьмы и серебра во мхах также связано с составом сульфидных руд месторождения. Содержание золота и серебра в рудах месторождения составляло 4 и 16 мг/кг соответственно; среднее содержание мышьяка в отходах — 180 мг/кг, сурьмы — 220 мг/кг [21]. Высокое содержание бария во мхах определяется наличием руд баритового состава Урского рудного узла [22, 23], его среднее содержание в отходах составило 0,051 мг/кг [21]. Свинец также связан с составом руд месторождения, где галенит (PbS) входит в состав основных минералов. Содержание свинца в отходах — 0,19 мг/кг [21].

Для таких элементов, как Fe и Mn, в целом характерно избирательное и более активное, по сравнению с сосудистыми растениями, накопление мхами разных

видов [19, 24–26]. Тем не менее поступление данных элементов с пылью от хвостохранилища не следует исключать, так как их концентрации в районе хвостохранилища значительно превышает фоновые значения. Среднее содержание железа в рудах месторождения составило 5,5% (55000 мг/кг), марганца — 78 мг/кг [21].

В литературе отмечено, что в результате окисления отходов сульфидсодержащих руд Ново-Урского месторождения формируются дренажные растворы с высокими концентрациями Cu, Pb, Fe, Cd [14], миграция которых приводит к их перераспределению в окружающей среде. Результаты аналитических ис-

следований показали, что кроме свинца и железа во мхах накапливаются и другие металлы в высоких концентрациях, что связано с их поступлением из атмосферы. В расположенном ниже от хвостохранилища торфянике, выступающем в качестве органоминерального барьера, накапливаются в виде различных соединений Zn, Pb, Cu, As, Au, Fe, Mn [21]. Полученные данные позволяют предположить, что основным источником поступления отмеченной выше группы элементов (As, Se, Ag, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, Bi) в мхи является атмосферный перенос пылевых частиц с хвостохранилища.

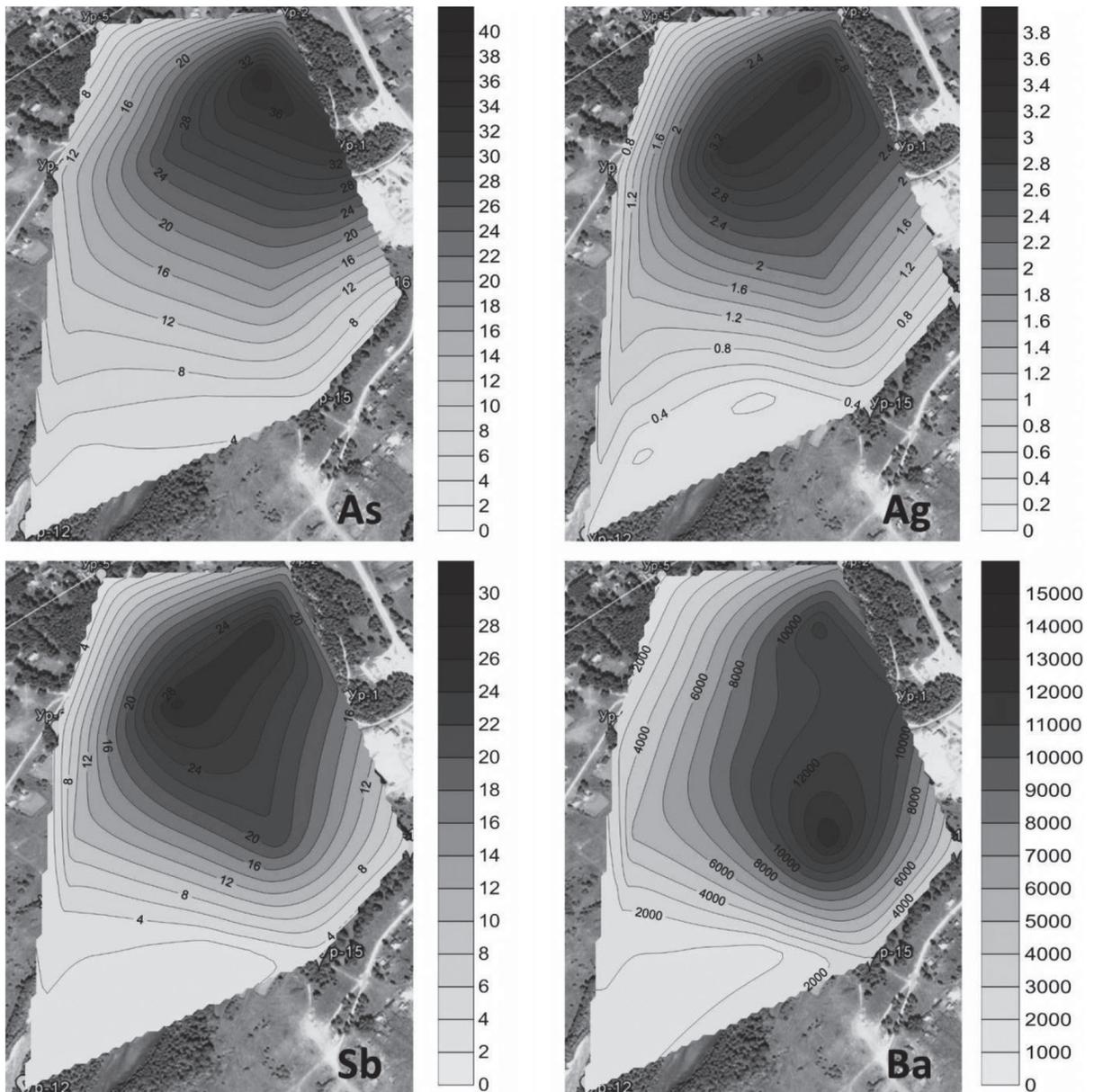


Рис. 2. Распределение As, Ag, Sb, Ba в моховом покрове территории Урского хвостохранилища (концентрация химических элементов приведена в мг/кг)

Для химических элементов с превышением фонового значения более 10 раз далее рассматриваются закономерности пространственного распределения на прилегающей к Урскому хвостохранилищу территории. Анализ характера пространственного распределения изученных химических элементов во мхах показывает, что для мышьяка и золота максимальные концентрации отмечаются к северо-востоку от хвостохранилища (рис. 2, 3). Накопление сурьмы и серебра происходит в северном и северо-восточном

направлениях от хвостохранилища (рис. 2). Максимальная концентрация бария выявлена в восточной части исследуемой территории (рис. 2), а ртути, свинца и висмута — в северной и северо-западной частях (рис. 3).

Пространственное распределение химических элементов в моховом покрове в окрестностях Урского хвостохранилища определяется направлением преобладающих ветров на данной территории — с юга и юга-запада.

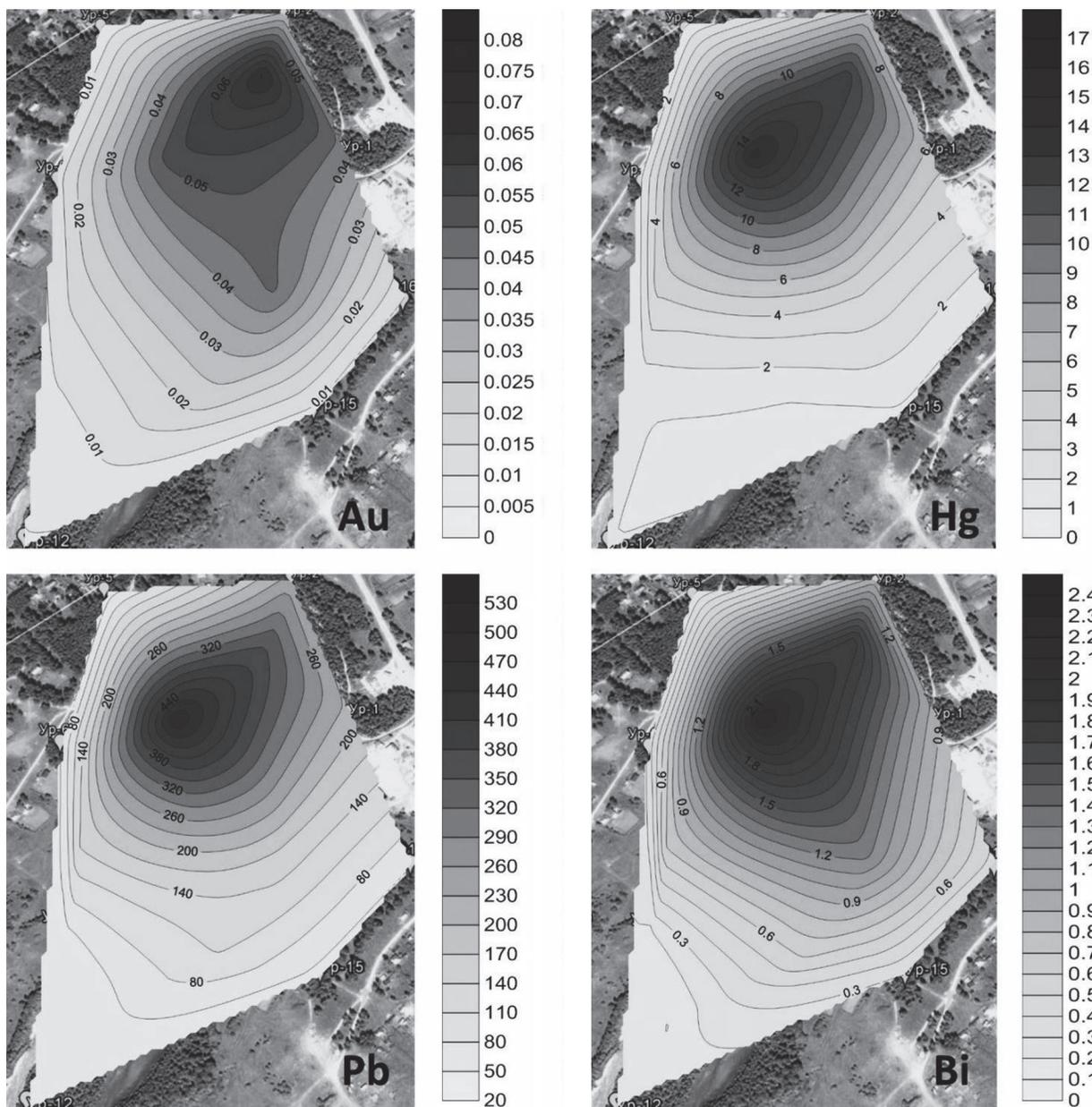


Рис. 3. Распределение Au, Hg, Pb, Bi в моховом покрове территории Урского хвостохранилища (концентрация химических элементов приведена в мг/кг)

4. Заключение

В моховом покрове территории расположения Урского хвостохранилища в Кемеровской области отмечены повышенные концентрации некоторых химических элементов, превышающая фоновые значения более чем в 5 раз: Mn, Fe, As, Se, Ag, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, Bi. Для некоторых из этих элементов отмечены высокие значения коэффициентов концентрации относительно кларка земной коры и превышение фоновых значений в 10 и более раз: As, Se, Ag, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, Bi. Можно отметить, что данный спектр химических элементов характеризует особенности воздействия

отходов Урского хвостохранилища на окружающую среду, что представляет определенную экологическую опасность для населения, проживающего в зоне влияния хвостохранилища. Формирование химического состава мхов происходит в результате поступления элементов с пылью при ветровом переносе и с атмосферными осадками. Накопление изученных химических элементов происходит преимущественно в северной и северо-восточной частях хвостохранилища в направлении преобладающих ветров.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 15-17-10011.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. — 2011. — Вып. 24. — № 1. — С. 79–83.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта. — М.: Мир, 1988. — 352 с.
3. Ашихмина Т.Я., Тимонюк В.М. Мох *Pleurozium Schreberi* как биоиндикатор загрязнения атмосферы // Естественные и гуманитарные науки: сб. научных трудов / Под ред. проф., д.м.н. Ильинских Н.Н. — 2008. — Т. 5 – вып. 1. — С. 112–113.
4. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г., Рогова Н.С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов // Оптика атмосферы и океана. — 2009. — Т. 22. — № 1. — С. 101–104.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. — М.: Мир, 1989. — 115 с.
6. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений. — Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1991. — 288 с.
7. Барсукова В.С. Физиолого-генетические аспекты устойчивости растений к тяжелым металлам. — Новосибирск, 1997. — 63 с.
8. Савченко Т.И., Чанкина О.В., Попова С.А., Куценогий К.П. Связь элементного состава атмосферных аэрозолей и компонентов биогеоценоза // Оптика атмосферы и океана. — 2010. — Т. 23. — № 7. — С. 620–625.
9. Koz B., Cevik U., Akbulut S. Heavy metal analysis around Murgul (Artvin) copper mining area of Turkey using moss and soil // Ecological Indicators. — 2012. — V. 20. — P. 17–23.
10. Иванова О.А., Иванова О.А., Рудский В.В. Влияние золотодобывающего рудника «Холбинский» на ландшафты Восточного Саяна // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13810> (дата обращения: 20.01.2016).
11. Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.В. Полибарьерность мхов при формировании техногенных биогеохимических аномалий // Вестник Краунц. Науки о Земле. — 2012. — № 2. — Вып. 20. — С. 38–47.
12. Ковалев К.Р., Гаськов И.В., Акимцев В.А. Колчеданное рудообразование древних вулканических областей и современных спрединговых зон. — Новосибирск, 1993. — 64 с.
13. Нестеренко Г.В., Осинцев С.Р., Портников Д.И. и др. Формирование и источники питания россыпей Северо-Восточного Салаира // Условия образования, принципы прогноза и поисков золоторудных месторождений: Тр. ИГиГ. — Вып. 533. — Новосибирск: Наука, 1983. — С. 166–194.
14. Щербакова И.Н., Густайтис М.А., Лазарева Е.В., Богуш А.А. Миграция тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn, Fe, Cd) в ореоле рассеяния Урского хвостохранилища (Кемеровская область) // Химия в интересах устойчивого развития. — 2010. — № 18. — С. 621–633.
15. Густайтис М.А., Мягкая И.Н., Щербов Б.Л., Лазарева Е.В. Миграция ртути в техногенных системах с экстремально высокими содержаниями ртути (Урское хвостохранилище, Кемеровская область) / Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геологии и минералогии им. В.С. Соболева. — [Электрон. ресурс: октябрь 2014]. — Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2014. — 759 с. — Режим доступа: <http://shakhov.igm.nsc.ru/pdf/> (дата обращения: 20.01.2016).
16. Reimann C., De Caritat P. Chemical elements in the environment: factsheets for the geochemist and environmental scientists. — Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. — 398 pp.
17. Межибор А.М., Большунова Т.С. Биогеохимическая характеристика сфагновых мхов и эпифитных лишайников в районах нефтегазодобывающего комплекса Томской области // Известия Томского политехнического университета. — 2014. — Т. 325. — № 1. — С. 205–213.
18. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. — 2003. — № 7. — С. 785–792.
19. Karakaya M.C., Karakaya N., K peli S., Karadağ M.M., Kırtaçı M. Potential Bioaccumulator mosses around

- massive sulfide deposits in the vicinity of the Giresun Area, Northeast Turkey // CLEAN — Soil, Air, Water. — 2015. — V. 43. — Issue 1. P. 27–37.
20. Густайтис М.А., Лазарева Е.В., Бозуш А.А., Шуваева О.В., Щербакова И.Н., Полякова Е.В., Бадмаева Ж.О., Аношин Г.Н. Распределение ртути и ее химических форм в зоне сульфидного хвостохранилища // Доклады Академии наук. — 2010. — Т. 432. — № 5. — С. 655–659.
21. Bogush A.A., Galkova O.G., Ishuk N.V. Geochemical barriers to elemental migration in sulfide-rich tailings: three case studies from Western Siberia // Mineralogical Magazine. — 2012. — Vol. 76. — № 7. — P. 2693–2707.
22. Болгов Г.П. Сульфиды Салаира. Урская группа полиметаллических месторождений // Известия Томского индустриального института. — 1937. — Т. 58. — С. 45–96.
23. Алямкин А.В. Июньское месторождение золота в коре выветривания (Восточный Салаир) // Вестник Томского государственного университета. — 2012. — № 355. — С. 144–147.
24. Биеньковски П., Титлянова А., Диттвалд Э., Шибарева С. Изменение элементного состава фитомассы сфагновых мхов в процессе торфообразования // Вестник ТГПУ. — 2008. — Вып. 4. — № 78. — С. 30–34.
25. Королева Ю.В. Биоиндикация атмосферных выпадений тяжелых металлов на территории Калининградской области // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. — 2010. — Вып. 7. — С. 39–44.
26. Анищенко Л.Н., Шанурко В.Н., Сафранкова Е.А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов растениями и лишайниками в условиях сочетанной антропогенной нагрузки // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 9–7. — С. 1527–1531.

REFERENCES

1. Rogova N.S., Ryzhakova N.K., Borisenko A.L., Merkulov V.G. Izuchenie akumuljacionnyh svojstv mhov, ispol'zuemyh pri monitoringe zagrjaznenija atmosfery [The study of accumulative properties of mosses using for the monitoring the atmospheric pollution]. *Optika atmosfery i okeana* [Atmospheric and ocean optics]. 2011, I. 24, No. 1, pp. 79–83. (in Russian)
2. *Bioindikacija zagrjaznenij nazemnyh jekosistem* [Bioindication of the Earth systems pollution]. Ed. by R. Shubert. Moscow, Mir, 1988. 352 p. (in Russian)
3. Ashihmina T.Ya., Timonyuk V.M. Moh Pleurozium Schreberi kak bioindikator zagrjaznenija atmosfery [Moss Pleurozium Schreberi as an indicator of atmospheric pollution]. *Estestvoznanie i gumanizm: Sb. nauchnyh trudov* [Natural science and humanism: Collection of scientific treatises]. 2008, V. 5, I. 1, pp. 112–113. (in Russian)
4. Ryzhakova N.K., Borisenko A.L., Merkulov V.G., Rogova N.S. Kontrol' sostojanija atmosfery s pomoshh'ju mhov-bioindikatorov [Control of the atmosphere condition]. *Optika atmosfery i okeana*. 2009, V. 22, No. 1, pp. 101–104. (in Russian)
5. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Mikrojelementy v pochvah i rastenijah* [Trace elements in soils and plants]. Moscow, Mir Publ., 1989. 115 p. (in Russian)
6. Kovalevskiy A.L. *Biogeochemija rastenij* [Biogeochemistry of plants]. Novosibirsk, Nauka Publ., Sibirskoe otdelenie, 1991. 288 p. (in Russian)
7. Barsukova V.S. *Fiziologo-geneticheskie aspekty ustojchivosti rastenij k tjazhelym metallam* [Physiological and genetic aspects of the plant tolerance to heavy metals]. Novosibirsk, 1997. 63 p. (in Russian)
8. Savchenko T.I., Chankina O.V., Popova S.A., Kucenogiy K.P. Svjaz' jelementnogo sostava atmosferynyh ajerozolej i komponentov biogeocenoza [Connection of the elemental composition of atmospheric aerosols with the biotic community]. *Optika atmosfery i okeana* [Atmospheric and ocean optics]. 2010, V. 23, I. 7, pp. 620–625. (in Russian)
9. Koz B., Cevik U., Akbulut S. Heavy metal analysis around Murgul (Artvin) copper mining area of Turkey using moss and soil. *Ecological Indicators*. 2012, V. 20, pp. 17–23.
10. Ivanova O.A., Ivanova O.A., Rudskiy V.V. Vlijanie zolotodobyvajushhego rudnika «Holbinskij» na landschafty Vostochnogo Sajana [Impact of the Holbinsk gold mine on the landscapes of the Eastern Sayan]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2014, I. 3. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13810>. (in Russian)
11. Litvinenko Ju.S., Zaharihina L.V. Polibar'ernost' mhov pri formirovanii tehnogennyh biogeochemicheskikh anomalij [Poly-barrier properties of mosses in the formation of biogeochemical anomalies]. *Vestnik Kraunc. Nauki o Zemle* [Bulletin KRASEC. Earth sciences]. 2012, I. 2, V. 20, pp. 38–47. (in Russian)
12. Kovalev K.R., Gas'kov I.V., Akimcev V.A. *Kolchedannoe rudoobrazovanie drevnih vulkanicheskikh oblastej i sovremennyh speredingovyh zon* [Sulfide ore formation of ancient volcanic fields and modern spreading zones]. Novosibirsk, 1993. 64 p. (in Russian)
13. Nesterenko G.V., Osincev S.R., Portnikov D.I. et al. Formirovanie i istochniki pitanija rossypej Severo-Vostochnogo Salaira [Formation and sources of placer deposits of the Northeastern Salair]. *Uslovija obrazovanija, principy prognoza i poiskov zolotorudnyh mestorozhdenij: Trudy IGI* [Conditions of the formation, prognosis and exploration principles of gold deposits]. V. 533. Novosibirsk: Nauka, 1983, pp. 166–194. (in Russian)
14. Shherbakova I.N., Gustaytis M.A., Lazareva E.V., A.A. Bogush. Migracija tjazhelyh metallov (Cu, Pb, Zn, Fe, Cd) v oreole rassejanija Urskogo hvostohranilishha (Kemerovskaja obalast') [Migration of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Fe, and Cd) in the dispersion halos of the Ursk tailings]. *Himija v interesah ustojchivogo razvitija* [Chemistry for sustainable development]. 2010, I. 18, pp. 621–633. (in Russian)

15. Gustaytis M.A., Myagkaja I.N., Shherbov B.L., Lazareva E.V. Migracija rtuti, v tehnogennyh sistemah s jekstremal'no vysokimi sodержanijami rtuti (Urskoe hvostohranilishhe, Kemerovskaja oblast') [Mercury migration in the technogenic systems with high mercury concentrations] *Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Materials of the all-Russian conference with international participation]. Novosibirsk, INGG SO RAN, 2014. Available at: <http://shakhov.igm.nsc.ru/pdf/>. (in Russian)
16. Reimann C., De Caritat P., Chemical elements in the environment: factsheets for the geochemist and environmental scientists. — Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 1998. 398 pp.
17. Mezhibor A.M., Bolshunova T.S. Biogeochemistry of Sphagnum moss and epiphytic lichens in oil and gas exploration areas of Tomsk region. *Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta* [Bulletin of Tomsk Polytechnic University], 2014, V. 325, I. 1, pp. 205–213. (in Russian)
18. Grigoriev N.A. Srednee sodержanie himicheskikh jelementov v gornyh porodah, slagajushhij verhnjuju chast' kontinental'noj kory [Mean contents of chemical elements in rocks of the upper part of the continental crust]. *Geohimija* [Geochemistry]. 2003, I. 7, pp. 785–792. (in Russian)
19. Karakaya M.S., Karakaya N., K peli S., Karadađ M.M., Kirmacı M. Potential Bioaccumulator mosses around massive sulfide deposits in the vicinity of the Giresun Area, Northeast Turkey. *CLEAN — Soil, Air, Water*. 2015, V. 43, I. 1, pp. 27–37.
20. Gustaytis M.A., Lazareva E.V., Bogush A.A., Shuvaeva O.V., Shherbakova I.N., Poljakova E.V., Badmaeva Zh.O., Anoshin G.N. Raspredelenie rtuti i ee himicheskikh form v zone sul'fidnogo hvostohranilishha [Distribution of mercury and its chemical forms in the zone of a sulphide tailings]. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences]. 2010, V. 432, I. 5, pp. 655–659. (in Russian)
21. Bogush A.A., Galkova O.G., Ishuk N.V. Geochemical barriers to elemental migration in sulfide-rich tailings: three case studies from Western Siberia. *Mineralogical Magazine*. 2012, V. 76, I. 7, pp. 2693–2707.
22. Bolgov G.P. Sul'fidy Salaira. Urskaja gruppa polimetallicheskih mestorozhdenij [Sulphides of the Salair. The Ursk group of polymetallic deposits]. *Izvestija Tomskogo industrial'nogo instituta* [Bulletin of Tomsk Industrial Institute]. 1937, V. 58, pp. 45–96. (in Russian)
23. Alyamkin A.V. Ijun'skoe mestorozhdenie zolota v kore vyvetrivaniya (Vostochnyj Salair) [The Iyuns gold deposit in the crust of weathering]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University]. 2012, I. 355, pp. 144–147. (in Russian)
24. Bienkovski P., Titlyanova A., Dittvald Je., Shibareva S. Izmenenie elementnogo sostava fitomassy sfagnovyh mhov v processe torfoobrazovaniya [Changes of the elemental composition of the phytomass of sphagnum mosses during the peat formation]. *Vestnik TGPU* [Bulletin of Tomsk Pedagogical University]. 2008, V. 4, 78, pp. 30–34. (in Russian)
25. Koroleva Yu.V. Bioindikacija atmosferyh vypadenij tjazhelyh metallov na territorii Kaliningradskoj oblasti [Bioindication of atmospheric depositions of heavy metals in Kaliningrad region]. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta* [Bulletin of Russian State University named after I. Kant]. 2010, V. 7, pp. 39–44. (in Russian)
26. Anishhenko L.N., Shapurko V.N., Safrankova E.A. Osobennosti akkumuljicii tjazhelyh metallov rastenijami i lishajnikami v uslovijah sochetannoj antropogennoj nagruzki [Features of the accumulation of heavy metals in plants and lichens under the complicated anthropogenic impact]. *Fundamental'nye issledovanija* [Fundamental research]. 2014, I. 9–7, pp. 1527–1531. (in Russian)

Biogeochemical Characteristics of Polytrichum Commune Mosses within the Ursk Tailing Dump Territory in Kemerovo Region

A.M. Mezhibor, Ph.D. of Geology and Mineralogy, Assistant Professor, National Research Tomsk Polytechnic University
L.P. Rikhvanov, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, National Research Tomsk Polytechnic University

Mosses of different species are proved biological monitors of the man-caused activity impact on the environment. This research represents data on the mean contents of chemical elements (about 62 ones) in the Polytrichum commune mosses in the territory adjacent to the Ursk tailing dump (Kemerovo region). According to analytical research and statistical data processing it has been proved that the mosses in this territory are characterized by accumulation a group of elements: As, Se, Ag, Sb, Ba, Au, Hg, Pb, and Bi with the concentrations of 10 and more times exceeding background values. This range of chemical elements has been emphasized as indicative index of the tailings dump impact on the environment. The space distribution of these chemical elements in the studied mosses samples has showed a tendency of their predominant accumulation in northern and northeastern parts of the territory adjacent to the tailing dump — in the direction of predominant winds in this region.

Keywords: Polytrichum moss, Novo-Ursk deposit, tailing dumps, environment pollution, biological monitoring, pollution control, monitoring.