

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА (НА ПРИМЕРЕ ХАПЧЕРАНГИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА, ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

М.А. Солодухина¹, Е.А. Бондаревич², Л.А. Михайлова², Ю.А. Витковский², Р.А. Филенко¹

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

²Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия



Представлены данные об уровне загрязнения почвенного покрова и техноземов в окрестностях Хапчерангинского горно-обогатительного комбината. Коэффициент суммарного загрязнения (Z_c) в районе хвостохранилища составил 269,6 единиц, в селитебной зоне – 75,6, на фоновом участке – 27,7. По величине индекса геоаккумуляции (I_{geo}) наиболее значимыми элементами в составе техноземов были As и Pb. Эти же элементы совместно с Sn имели критичные величины по величинам фактора обогащения почв (EF(Pb) = 68,3; EF(As) = 61,6; EF(Sn) = 32,4).

Ключевые слова: Хапчеранга, полизлементное загрязнение, индекс геоаккумуляции, индекс обогащения, техноземы.

Введение

Образование техногенных биогеохимических провинций в Забайкалье связано с интенсивной добычей полезных ископаемых. Одним из таких районов является Хапчерангинский рудный район, где в период с 1933 по 1975 г. разрабатывали одноименное месторождение и функционировал горно-обогатительный комбинат (ГОК), добывающий олово и концентрат полиметаллических руд [Михайлова и др., 2019]. Он расположен в Кыринском административном районе на юго-западе Забайкальского края, вблизи границы с Монголией. Результатом работы Хапчерангинского ГОКа было формирование значительных по объему хвостохранилищ, расположенных в непосредственной близости от жилой зоны с. Хапчеранга. После функционирования не была осуществлена рекультивация, и значительные количества пустой породы и техноземов оказались бесхозными. Они оказывают негативное действие на экологическую обстановку в сельском поселении и окрестных территориях и неблагоприятно влияют на здоровье жителей. Значительные объемы отходов (6,2 млн т) формируют потенциально опасный район загрязнения, влияющий на состояние экосистем значительной территории России и Монголии [Михайлова и др., 2019].

Целью работы было исследование почв и техноземов по содержанию химических элементов в районе деятельности Хапчерангинского ГОКа и выделение наиболее опасных экотоксикантов.

Материалы и методы

Материалами исследования были техноземы из хвостохранилища и дерново-аллювиальные почвы,

расположенные по его периферии, а также почва населенного пункта с. Хапчеранга, являющаяся производной длительно обрабатываемого мучнисто-карбонатного чернозема, формирующего почвенный покров подошв и склонов сопредельных сопок (рис. 1).

Для сравнения пробы почв отобраны возле сел Кыра (дерново-аллювиальные почвы поймы р. Кыра и чернозем мучнисто-карбонатный с южного склона сопки, обращенной к реке) (30 км западнее ГОКа) и Нарасун (темно-каштановые почвы из урочища «Глазной ключ» в 60 км к северо-востоку (фон)). Использована эколого-генетическая классификация почв [Самофалова, 2012].

Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Определение 53 химических элементов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Perkin Elmer NexION 300 D в аккредитованной лаборатории ЗАО «СЖС Восток Лимитед» (г. Чита).

Статистическая обработка проводилась в программе PAST 3.0 [Hammer et al., 2001] методами описательной статистики. Распределение концентраций загрязняющих веществ статистически значительно отличалось от нормального, в связи с чем, кроме значения величины среднего и ошибки среднего ($M \pm \sigma$), определялись медиана (Me) и интерквартильный размах ($Q_{25}-Q_{75}$). Использованы эколого-геохимические коэффициенты, для которых, согласно литературным данным, имеются четкие градации их показателей и уровня техногенного воздействия на почвенный покров.

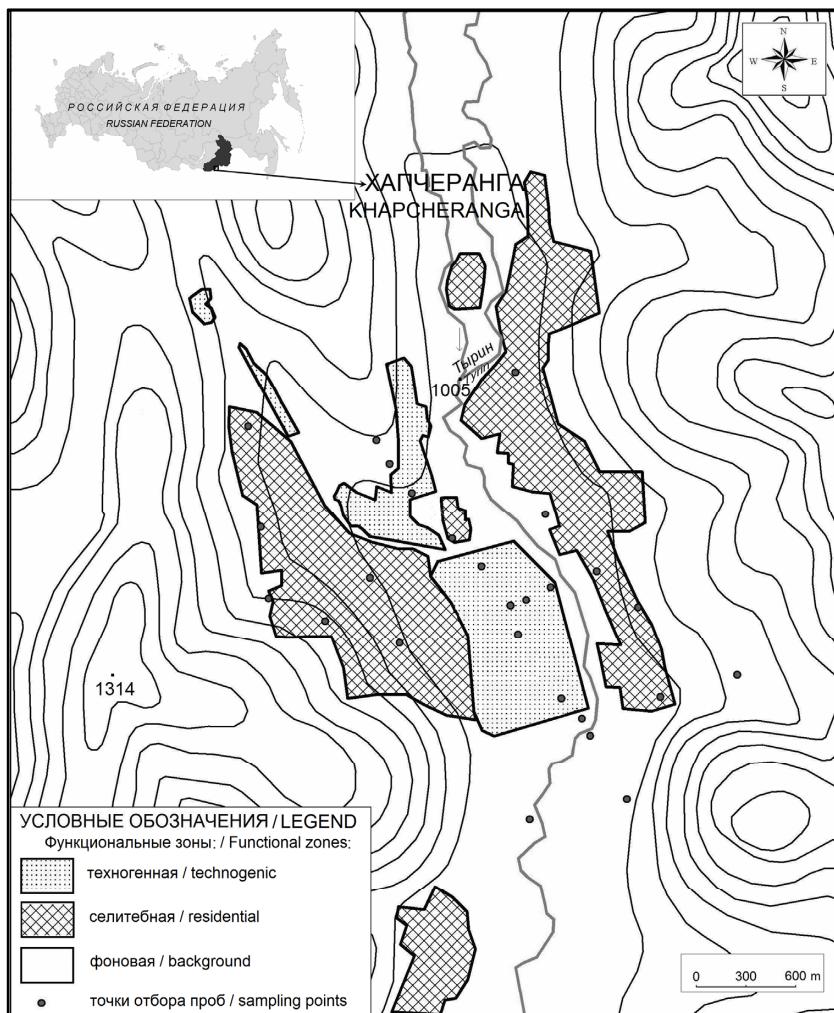


Рис. 1. Схема функциональных зон Хапчерангинского рудного района и точки отбора проб почв и техноземов

Fig. 1. Diagram of functional zones of the Khapcheranginsky ore district and processing plant and sampling points for soils and technozems

Индекс загрязнения или коэффициент техногенного загрязнения (K_c или PI):

$$(K_c) PI = \frac{C_{\text{пробы}}}{C_{\text{фон}}}, \quad (1)$$

суммарного показателя загрязнения:

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

где $K_c > 1$; n – число химических элементов. Значения индекса загрязнения подразделяются на четыре категории по интенсивности загрязнения: $PI < 1$ – низкое, $1 \leq PI \leq 3$ – умеренное, $3 \leq PI \leq 6$ – значительное, $PI > 6$ – сильное [Hakanson, 1980; Биогеохимический..., 2017]. Суммарный показатель загрязнения имеет следующую градацию критических значений: $Z_c < 16$ – допустимая, $16 < Z_c < 32$ – умеренно опасная, $32 < Z_c < 128$ – опасная, $128 < Z_c$ – чрезвычайно опасная категория загрязнения [Саэт и др., 1990].

Индекс геоаккумуляции (I_{geo}) [Muller, 1969; Биогеохимический..., 2017]:

$$I_{geo} = \log_2[C_m / 1,5 \times B_m], \quad (3)$$

где B_m – фоновая концентрация элемента в почве по А.П. Виноградову [Алексеенко, Алексеенко, 2013; Касимов, Власов, 2015]; C_m – измеренная концентрация химического элемента в почве; 1,5 – коэффициент коррекции, позволяет анализировать естественные отклонения в содержании элемента в природе и снижать антропогенное влияние. Градация интенсивности загрязнения в зависимости от значений индекса геоаккумуляции имеет следующие значения: < 0 – практически незагрязненная, $> 0-1$ – от незагрязненной до умеренной, $> 1-2$ – умеренная, $> 2-3$ – от умеренной до сильной, $> 3-4$ сильная, $> 4-5$ – от сильной до очень сильной, > 5 – очень сильная [Биогеохимический..., 2017].

Фактор обогащения (*enrichment factor – EF*) [Zoller et al., 1974; Биогеохимический..., 2017] рассчитывался по формуле

$$EF = \frac{(C_i/C_r)_{\text{обр.}}}{(C_i/C_r)_{\text{ср. содерж. в почве}}}, \quad (4)$$

где C_i – содержание рассматриваемого элемента; C_r – содержание элемента сравнения. В качестве элемента сравнения был выбран Sr за низкое антропогенное воздействие на его содержание. Данные о среднем содержании элементов в почве были взяты по А.П. Виноградову [Алексеенко, Алексеенко, 2013; Касимов, Власов, 2015]. EF менее 1 указывает на обеднение образца определяемым элементом, EF более 1 – на обогащение образца элементом.

Степень опасности загрязнения почв определялась в соответствии с ориентировочной оценочной шкалой опасности загрязнения почв МУ 2.1.7.730-99 «Почва. Очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Ги-

гиеническая оценка качества почвы населенных мест», ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».

Результаты и их обсуждение

Изучение химического состава почв и техноземов в окрестностях Хапчерангинского горно-обогатительного комбината позволило выявить, что ведущими неорганическими загрязнителями являются 17 элементов из 53 определяемых. Большинство исследованных проб характеризовались кларковым или около кларковым содержанием элементов либо были обеднены ими (табл. 1, 2).

Таблица 1

Среднее содержание элементов в почвах и техноземах

Table 1

The average content of elements in soils and technozems

Элемент	Функциональная зона			Кларк Медианный фон [Иванов, 2007]	Элемент	Функциональная зона			Кларк Медианный фон [Иванов, 2007]
	Техноген- ная	Селитебная	Фоновая			Техноген- ная	Селитебная	Фоновая	
Al	69 133,33	64 742,86	62 280,0	76 100,00	Mn	2 175,00	1 185,71	780,00	770,00 680,0
Ba	536,67	582,86	538,00	628,00 970,0	Mo	2,67	4,00	3,40	1,10 2,8
Be	< 5,00	< 5,00	< 5,00	6,00	Nb	9,00	9,00	9,20	12,00
Bi	1,22	0,83	0,40	0,23	Nd	25,15	23,16	24,10	29,00
Ca	23 000,00	15 285,71	21 400,0	25 660,00 31 940,0	Ni	28,83	26,14	21,40	50,00 26,0
Ce	58,27	54,49	58,86	63,00	P	1 200,00	1 842,86	980,00	690,00 630,0
Co	12,45	9,66	9,38	15,00 9,0	Pr	6,10	5,63	5,97	8,70
Cr	208,33	308,57	334,00	92,00 60,0	Rb	104,53	96,06	110,76	98,0
Cs	10,72	9,23	10,04	4,90	Sb	6,7	8,3	1,7	0,5
Dy	4,23	3,78	3,52	4,80	Sc	10,00	10,00	10,00	15,60
Er	2,51	2,24	2,02	2,70	Sm	4,98	4,47	4,52	5,70
Eu	1,03	0,93	0,89	1,30	Sr	250,00	245,71	324,00	270,00
Fe	45 983,33	29 342,86	25 600,0	40 600,00 44 590,0	Ta	0,72	0,67	0,74	1,40
Ga	18,00	15,86	15,40	1,90	Tb	0,75	0,66	0,61	0,89
Gd	4,57	4,12	3,95	0,64	Th	8,92	9,04	11,00	9,10
Ge	1,50	1,43	1,60	1,30	Ti	3 550,00	3 171,43	2 900,00	3 900,00 5 450,0
Hf	5,00	4,86	5,40	4,50	Tl	0,85	0,50	0,54	0,75
Ho	0,84	0,74	0,67	1,30	Tm	0,37	0,32	0,29	0,42
K	22 500,00	20 857,14	21 400,0	23 240,00 25 920,0	U	2,89	3,27	5,25	2,50
Li	73,32	55,71	60,00	30,00 23,0	V	75,50	62,86	54,20	106,00 95,0
La	28,50	26,94	28,86	32,00	W	5,8	6,6	4,4	1,3
Lu	0,38	0,34	0,34	0,48	Y	22,93	21,37	19,00	26,00
Mg	9 350,00	6 971,43	7 040,00	14 950,00 7 800,0	Yb	2,42	2,19	1,92	2,50

Таблица 2
Содержание основных загрязнителей в почвах и техноземах функциональных зон Ханчжаргинского рудного района, величины индексов загрязнения, геоаккумуляции и фактора обогащения для ведущих токсикантов

Table 2

The content of the main pollutants in the soils and technozems of the functional zones of the Khabicheranginsky ore district,
the values of the pollution, geo-accumulation and enrichment factors for leading toxicants

Основной показатель	Функциональная зона	As	Cd	Cu	In	Pb	Sb	Sn	W	Zn
$M \pm \sigma$	Техногенная	261,7 ± 99,6	11,3 ± 4,7	126,7 ± 29,7	1,6 ± 0,7	853,5 ± 309	6,7 ± 1,9	267,7 ± 111	5,8 ± 1,4	1875,0 ± 704,0
	250,0 (37,5-490)	7,75 (1,9-21,9)	110,0 (77,5-183)	1,1 (0,2-2,98)	895,5 (101-1545)	6,75 (2,4-10,8)	141,5 (53,8-599)	5,5 (2,8-8,8)	1571 (328-3370)	
$Me (Q_{25}-Q_{75})$	Селитебная	40,0 ± 4,4	1,8 ± 0,3	51,4 ± 8,0	0,21 ± 0,01	94,0 ± 17,1	8,3 ± 0,3	72,0 ± 11,4	6,6 ± 1,3	334,3 ± 43,7
	40 (30-50)	1,2 (1-2,5)	40 (40-70)	0,2	95,0 (50-129)	2,4 (2,2-3)	74 (50-103)	6 (4-11)	318 (259-325)	
Фоновая	26,0 ± 7,5	0,3 ± 0,03	22,0 ± 2,0	0,2 ± 0,001	24,0 ± 0,2	1,7 ± 0,2	7,0 ± 3,5	4,4 ± 1,6	90,6 ± 8,8	
	30 (10-40)	0,3 (0,25-0,35)	20	0,2	18 (14-37)	1,6 (1,3-2,3)	4 (3-12,5)	2 (2-8)	102 (69,5-106)	
Кларк	5,0	0,5	20,0	0,25	10,0	0,5	10,0	1,3	50,0	
Медианный фон	—	0,07	24	—	30,0	—	—	—	75,0	
Иванов, 2007]	ПДК (ГН 2.1.7.2041-06)	2,0	—	3,0	—	32,0	4,5	—	—	
ОДК (ГН 2.1.7.2511-09)	10,0*	2,0*	132*	—	130,0*	—	—	—	220,0*	
Индекс загрязнения (P_I)	Техногенная ($Z_C = 269,6$)	10,1	37,7	5,8	8,1	35,6	3,8	38,2	1,3	20,7
	Селитебная ($Z_C = 75,6$)	1,5	5,9	2,3	1,1	3,9	4,7	10,3	1,5	3,7
Индекс геоаккумуляции (I_{geo})	Техногенная	5,1	3,9	2,1	2,1	5,8	3,1	4,2	1,6	4,6
	Селитебная	2,4	1,2	0,8	0,6	2,6	1,8	2,3	1,8	2,2
Фактор обогащения по стронцию (EF)	Фоновая	1,8	-1,3	-0,5	-0,9	0,7	1,2	-1,1	1,2	0,3
	Техногенная	61,6	28,1	5,1	7,8	68,3	1,7	32,4	5,8	44,4
Селитебная	Селитебная	9,4	4,4	2,1	1,0	1,4	0,7	1,4	1,3	7,6
	Фоновая	4,7	0,6	0,7	0,7	1,5	0,3	0,7	3,4	1,7

Примечание. * – почвы, близкие к нейтральным,нейтральные (суглинистые и глинистые), pH (KCl) > 5,5; «» – значения отсутствуют.

Note. * – soils close to neutral, neutral (loamy and clayey), pH (KCl) > 5,5; «» – there are no values.

По абсолютному содержанию, особенно в техногенной функциональной зоне с. Хапчеранга, отмечалось значительное превышение нормативных и кларковых показателей чрезвычайно токсичных (As, Cd, Pb, Sb, Zn) и высокотоксичных (Cu, In, Li, Sn, W) элементов. В условиях техногенной зоны содержание мышьяка превышало ПДК в 130 раз (26-кратное превышение ОДК), кадмия – 5,7 ОДК, меди – 42 ПДК, свинца – 26,6 ПДК (6,6 ОДК), сурьмы – 1,7 ПДК, цинка – 81,5 ПДК (8,5 ОДК). Для селитебной зоны с. Хапчеранга отмечено превышение нормирующих показателей для следующих элементов: мышьяк – 20-кратное превышение ПДК (4 ОДК), медь – 17 ПДК, свинец – 3 ПДК, сурьма – 1,8 ПДК, цинк – 14,5 ПДК (1,5 ОДК) (см. табл. 2). Для фоновой территории отмечалось превышение ПДК по мышьяку (13-кратное) и цинку (4 ПДК), однако, вероятно, это связано с природными геохимическими особенностями данного района южного Забайкалья.

При сравнении полученных средних значений с кларками в почвах или в литосфере выявлено существенное превышение количества висмута (от 5,3-кратного в условиях техногенной зоны до 3,5 для селитебной и фоновой зон), хрома (от 2,3 в техногенной до 3,6 для фоновой зон), галлия (в техногенной зоне 9,5, фон – 8), лития (примерно 2-кратное превышение для всех зон), марганца (в 2,8 раза в условиях техногенеза), молибдена (примерно 3-кратное превышение), мышьяка (от 52,3 для техногенной до 5,2 для фоновой зон), кадмия (от 22,6-кратного для техногенной зоны), меди и индия (более 6-кратного для техногенной зоны), свинца (от 85,4 в техногенной до 2,4 в фоновой зонах), сурьмы (от 13,4 в техногенной до 3,4 раза в фоновой зонах), олова (26,7 раза для техноземов), цинка (от 37,5 в техногенной до 1,8 для фоновой зон) (см. табл. 1, 2). Медианный фон существенно повышен в техноземах по кадмию в 161 раз, меди – в 5,3, свинцу – в 28,5, цинку – в 25, хрому – в 3,5, литию и марганцу – более чем в 3 раза [Иванов, 2007].

Для анализа степени загрязненности субстратов в экогохимии предложено множество коэффициентов и индексов, позволяющих оценить опасность загрязнения, особенности накопления и миграции соединений различных элементов. Выбранные нами коэффициенты позволяют оценить роль наиболее важных токсичных элементов, участвующих в загрязнении территории с. Хапчеранга и формирующих биогеохимическую аномалию. Рассчитанный коэффициент техногенной концентрации (индекс загрязнения) выявил сильное загрязнение As, Cd, In, Pb, Sn и Zn техноземов и почв техногенной зоны, однако в селитебной зоне показатели индекса были гораздо меньшими и характеризовали загрязненность как умеренную или значительную (табл. 2). Сильное загрязнение техногенной зоны отмечалось по Cu и

Sb, умеренное – по Li и W. Для Sb и W отмечалось повышение коэффициента техногенной концентрации от техногенной к селитебной зонам, для остальных элементов происходило значительное снижение показателя.

Вычисленный на основе индекса загрязнения суммарный показатель Саета (Z_C) имел для техногенной зоны значение 269,6 единицы (по 21 элементу), для селитебной – 75,6 (по 20 элементам), для фоновой – 27,7 (по 21 элементу). Величина суммарного показателя загрязнения указывает на очень высокий уровень загрязнения почв техногенной зоны и на высокий уровень загрязнения для селитебной зоны, с тенденцией к снижению при уменьшении антропогенного воздействия для фоновой территории.

Аналогичную картину по ключевым токсикантам зафиксировали и при расчете индекса геоаккумуляции, величина которого имела максимумы для техногенной зоны по мышьяку и свинцу. Также индекс имел большие значения в этой зоне по кадмию, сурьме, олову и цинку. Остальные элементы характеризовали почвенный покров как имеющий умеренную интенсивность загрязнения. В селитебной зоне умеренное загрязнение связано с накоплением мышьяка, свинца, олова и цинка, по другим элементам почва характеризовалась как незагрязненная. В условиях фона для всех элементов отмечается отсутствие негативного влияния и избыточного накопления (табл. 2).

Для выявления уровня техногенного влияния на степень накопления соединений химических элементов в почвенном покрове рассчитывался фактор обогащения по стронцию. Токсичные микроэлементы имели следующую тенденцию в аккумуляции: в условиях хвостохранилища и по его периферии главным загрязнителем выступал свинец (68,28), мышьяк (61,59), цинк (44,44) и олово (32,44). Уровень влияния других элементов был гораздо меньшим. В условиях селитебной зоны по всем токсикантам наблюдалось значительное снижение показателей фактора обогащения, и максимумы отмечались по мышьяку и цинку. В условиях фона также отмечалось некоторое избыточное поступление мышьяка, что характеризует естественную загрязненность этим элементом природных ландшафтов Восточного Забайкалья, а также превышение по сравнению с селитебной зоной уровня накопления вольфрама. Для остальных элементов фактор имел минимальные значения (табл. 2).

Заключение

Изучение уровня загрязненности токсичными элементами техногенных ландшафтов Забайкалья имеет существенное значение для прогнозирования развития экологозависимых патологий. На террито-

рии с. Хапчеранга и его окрестностей имеется природная геохимическая аномалия с повышенным содержанием тяжелых металлов, сурьмы и мышьяка в горных породах. В результате промышленной добычи олова, цинка и золота в районе населенного пункта сформировались значительные объемы техноземов, которые в течение длительного времени являются источником токсичных элементов, поступающих в экосистемы и природные почвы, что приводит к интоксикации населения. Наиболее опасными являются соединения мышьяка, свинца, сурьмы, кадмия, цинка, обладающие высокой канцерогенной активностью, приводящие к тератогенным эффектам, отличающиеся иммуносупрессор-

ными свойствами, особенно при комплексном воздействии. Длительное воздействие избытка лития, индия, олова и вольфрама изучено мало, что также может приводить к усилению негативного техногенного воздействия на организм человека. Многие хронические заболевания имеют длительный латентный период между экспозицией и клинически выраженными проявлениями, что усложняет проблему установления связей между факторами окружающей среды и нарушениями в состоянии здоровья, поэтому увеличение распространенности какой-либо патологии в той или иной популяции может рассматриваться как показатель воздействия токсичных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеенко В.А., Алексеенко А.В.** Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д : Изд-во Южн. федер. ун-та, 2013. С. 86–89.
- Биогеохимический мониторинг** в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учетом микробиологических факторов трансформации минеральных компонентов / под ред. Л.П. Рихванова. Новосибирск : СО РАН, 2017. С. 142–144.
- Иванов Г.М.** Микроэлементы-биофильтры в ландшафтах Забайкалья. Улан-Удэ : БНЦ СО РАН, 2007. С. 215.
- Касимов Н.С., Власов Д.В.** Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.
- Михайлова Л.А., Солодухина М.А., Алексеева О.Г., Бурлака Н.М., Лапа С.Э.** Гигиеническая оценка содержания химических веществ в почве горнопромышленных районов Забайкальского края // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 4. С. 400–410.
- Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш.** Геохимия окружающей среды. М. : Недра, 1990. 335 с.
- Самофалова И.А.** Современные проблемы классификации почв : учеб. пособие. Пермь : Пермская ГСХА, 2012. 175 с.
- Hakanson L.** Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach // Water Research. 1980. V. 14. P. 975–1001.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D.** PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica. 2001. V. 4, No. 1. 9 p. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Muller G.** Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine river // Geo Jour. 1969. V. 2. P. 108–118.
- Zoller W.H., Gladney E.S., Duce R.A.** Atmosphere concentrations and sources of trace metals at the South Pole // Science. 1974. V. 183. P. 199–201.

Авторы:

- Солодухина Мария Анатольевна**, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, Россия.
E-mail: mabn@ya.ru
- Бондаревич Евгений Александрович**, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии и биохимии, Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия.
E-mail: bondarevich84@mail.ru
- Михайлова Лариса Альфредовна**, кандидат медицинских наук, заведующая кафедрой гигиены, Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия.
E-mail: mihailova-la@mail.ru
- Витковский Юрий Антонович**, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной физиологии, Читинская государственная медицинская академия, Чита, Россия.
E-mail: yuvitkovsky@rambler.ru
- Филенко Роман Андреевич**, научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, Россия.
E-mail: filrom@yandex.ru

Geosphere Research, 2021, 1, 87–93. DOI: 10.17223/25421379/18/7

M.A. Solodukhina¹, E.A. Bondarevich², L.A. Mikhailova², Yu.A. Vitkovsky², R.A. Filenko¹

¹*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Chita, Russia*

²*Chita State Medical Academy, Chita, Russia*

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF TOXIC ELEMENTS IN THE SOIL COVER IN THE IMPACT ZONE OF A MINING AND PROCESSING PLANT (USING THE EXAMPLE OF THE KHPCHERANGINSKY MINING AND PROCESSING PLANT (TRANSBAIKAL TERRITORY))

The paper presents data on the level of contamination of soil cover and technozems approximately the Khapcheranginsky mining and processing plant with 53 chemical elements. For more than 40 years, the enterprise has not been functioning, and processed rocks

are stored on the surface, causing powerful technogenic pollution of the area. Reclamation measures have not been carried out, and tailings are not being properly operated. When analyzing the level of pollution in the settlement, it was found that in the technogenic zone the arsenic content exceeded the Threshold Limit Value (TLV) by 130 times (26 times the excess of the Approximate allowable concentrations (AAC), cadmium – 5,7 AAC, copper - 42 TLV, lead – 26,6 TLV (6,6 AAC), antimony – 1,7 TLV, zinc – 81,5 TLV (8,5 AAC). For the residential zone, excess of standard values was noted for the following elements: arsenic – 20-fold excess of TLV (4 AAC), copper – 17 TLV, lead – 3 TLV, antimony – 1.8 TLV, zinc – 14,5 TLV (1,5 AAC)) For the background territory, an excess of Threshold Limit Value (TLV) for arsenic (13-fold) and zinc (4 TLV) was noted, but this is probably due to the natural geochemical features of this region of southern Transbaikalia. The total pollution by the value of the Saeta index (Zc) in the tailings area was 269,6 units, which characterizes the technogenic zone as extremely polluted, the residential zone had a coefficient value of 75,6, and the background zone – 27,7, which indicates a high level of soil contamination chemical elements, some of which are highly toxic. The main contribution to the total pollution index, according to the pollution index, belonged to the elements: As, Bi, Cd, Cu, In, Li, Pb, Sb, Sn, W, Zn, the contents of which in the conditions of the technogenic zone of the village of Khapcheranga are many times higher than the standard values. In terms of the geoaccumulation index (Igeo), the most significant toxic elements in the composition of technozems were arsenic and lead. The same elements together with tin had critical values in terms of the soil enrichment factor (EF (Pb) = 68,3, EF (As) = 61,6, EF (Sn) = 32,4), especially in the conditions of the technogenic zone. Thus, in the territory of the village of Khapcheranga and its environs, geochemical anomalies of natural and technogenic origin with an increased content of heavy metals (zinc, antimony, lead, cadmium) and arsenic, which have high carcinogenic activity, leading to teratogenic effects with immunosuppressive properties, were formed with complex exposure

Keywords: Khapcheranga, geoaccumulation index, enrichment index, technozems

References

- Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. *Himicheskie elementy v geohimicheskikh sistemah. Klarki pochv selitebnyh landshaftov* [Chemical elements in geochemical systems. The abundances in urban soils]. Rostov-on-Don: Southern Federal University Press, 2013. pp. 86–89. In Russian
- Biogeohimicheskij monitoring v rajonah hvostohranilishch gornodobyyayushchih predpriyatiy s uchayotom mikrobiologicheskikh faktorov transformacii mineral'nyh komponentov* [Biogeochemical monitoring of tailings of mining industry, taking into account microbiological factors of the mineral component transformation]. Editor Rihvanov L.P. Novosibirsk: SB RAS Press, 2017. pp. 142–143. In Russian
- Ivanov G.M. *Mikroelementy-biofily v landshaftah Zabajkal'ya* [Trace elements-biophiles in landscapes of Transbaikalia]. Ulan-Ude: Buryat Scientific Center SB RAS, 2007. p. 215. In Russian
- Kasimov N.S., Vlasov D.V. *Klarki himicheskikh elementov kak etalony sravneniya v ekogeohimii* [Clarkes of chemical elements as comparison standards in ecogeochimistry] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya, 2015 (2). pp. 7–17. In Russian
- Mikhailova L.A., Solodukhina M.A., Alekseeva O.G., Burlaka N.M., Lapa S.E. *Gigienicheskaya ocenka soderzhaniya himicheskikh veshchestv v pochve gornopromyshlennyh rajonov Zabajkal'skogo kraya* [Hygienic assessment if the content of chemicals in the soil of mining areas of the Trans-Baikal region] // Gigiena i Sanitaria. 2019. V. 98. No 4. pp. 400–410. In Russian doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-4-400-410
- Sayet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., Smirnova R.S., Basharkevich I.L., Onishchenko T.L., Pavlova L.N., Trefilova N.Ya., Achkasov A.I., Sarkisyan S.Sh. *Geohimiya okruzhayushchej sredy* [Geochemistry of the environment]. Moscow: Nedra, 1990. 335 p. In Russian
- Samofalova I.A. *Sovremennye problemy klassifikacii pochv: uchebnoe posobie* [Modern problems of soil classification]. Perm: Perm SAIA, 2012. 175 p. In Russian
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 2001. V. 4. No 1. 9 p. http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hakanson L. Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach // Water Research. 1980. V. 14. pp. 975–1001.
- Muller G. Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine river // Geo Journal. 1969. V. 2. pp. 108–118.
- Zoller W.H., Gladney E.S., Duce R.A. Atmosphere concentrations and sources of trace metals at the South Pole // Science. 1974. V. 183. pp. 199–201.

Author's:

- Solodukhina Maria A.**, Cand. Sci. (Geogr.), Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis Institute, Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Chita, Russia.
E-mail: mabn@ya.ru
- Bondarevich Evgeny A.**, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Chemistry and Biochemistry, Chita State Medical Academy, Chita, Russia
E-mail: bondarevich84@mail.ru
- Mikhailova Larisa A.**, Cand. Sci. (Medicine), Head of the Department of Hygiene, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.
E-mail: mihailova-la@mail.ru
- Vitkovsky Yuri A.**, MD, Professor, Head of the Chair of Normal Physiology, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.
E-mail: yuvitkovsky@rambler.ru
- Filenko Roman A.**, Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Chita, Russia.
E-mail: filrom@yandex.ru