

УДК 504.06(571.54/.55)

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
ХВОСТОХРАНИЛИЩ НЕКОТОРЫХ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ****Абрамов Б.Н., Цыренов Т.Г.***ФГУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН», Чита,
e-mail: b_abramov@mail.ru*

Для Балейского, Любавинского, Карийского, Ключевского, Илинского золоторудных месторождений, Акатуевского и Благодатского полиметаллических месторождений, Шахтаминского и Давендинского молибденовых месторождений Восточного Забайкалья рассчитаны значения их потенциальной опасности с использованием коэффициентов литотоксичности элементов по методике, предложенной ВИМС в 2001 г. Рассчитаны значения коэффициентов литотоксичности элементов в пробах, взятых из хвостохранилищ, а также из руд продуктивных стадий рудообразования. Установлено, что среди золоторудных, молибденовых и полиметаллических месторождений наибольшую экологическую опасность представляют хвостохранилища полиметаллических месторождений (ГЭр – 30978-48681), наименьшую – хвостохранилища молибденовых месторождений – (ГЭр – 1113-2379). Обнаружено, что с повышением в рудах концентраций токсичных элементов увеличивается экологическая опасность хвостохранилищ. На примере населенных пунктов Восточного Забайкалья показано, что заболеваемость жителей, находящихся в непосредственной близости от горнодобывающих предприятий, значительно выше, чем среди жителей населенных пунктов, удаленных от района добычи. Предоставлены данные по характеристике воздействия токсичных элементов на организм человека, имеющих наибольшее распространение в отвальных продуктах месторождений. На основе мирового опыта для техногенных образований предложен комплекс мероприятий организационно-хозяйственного, лесомелиоративного и агротехнического характера, направленный на уменьшение концентрации химических элементов 1 и 2 классов токсичности (As, Pb, Zn, Cd, Cu, Sn, Mo, Sb, Ba, Sr). Предложены следующие виды мероприятий: внесение в зараженные почвы биопрепаратов, структурообразователей, цеолитов, а также проведение микоризации для получения в техноземах необходимых для жизнеспособности почв органического углерода, азота, фосфора и влаги.

Ключевые слова: сульфидные месторождения, тяжелые металлы, хвостохранилище, расчет потенциальной опасности месторождений

**ENVIRONMENTAL HAZARD ASSESSMENT ON THE ENVIRONMENT
OF TAILINGS OF SOME SULFIDE DEPOSITS OF EASTERN TRANSBAIKALIA****Abramov B.N., Tsyrenov T.G.***Federal State Institution of Science Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,
Chita, e-mail: b_abramov@mail.ru*

For Baleysky, Lyubavichsky, Kariysky, Klyuchevskoi, Ilnskogo gold deposits, Akatuevsky and Blagodatsky polymetallic deposits, Shakhtaminsky and Davendinsky molybdenum deposits of Eastern Transbaikalia, the values of their potential hazard were calculated using the lithotoxicity coefficients of the elements according to the procedure proposed by WIMS in 2001. The values of the lithotoxicity coefficients of the elements in samples taken from the tailing dumps, as well as from the ores of the productive stages of ore formation are calculated. It has been established that among gold, molybdenum and polymetallic deposits the greatest environmental hazard is represented by tailings of polymetallic deposits (GER – 30978-48681), the smallest – tailings of molybdenum deposits – (GER – 1113-2379). It was revealed that with an increase in the concentrations of toxic elements in the ores, the ecological danger of tailings increases. On the example of settlements of Eastern Transbaikalia, it is shown that the incidence of residents who are in close proximity to mining companies is significantly higher than among residents of localities remote from the mining area. Provided data on the characteristics of the impact of toxic elements on the human body that are most common in dump products of deposits. On the basis of world experience for technogenic formations, a complex of organizational and economic, forest reclamation and agrotechnical measures aimed at reducing the concentration of chemical elements of classes 1 and 2 of toxicity has been proposed. The following types of measures have been proposed: introduction of biopreparations into contaminated soils, structure-forming agents, zeolites, as well as carrying out mycorrhization to obtain organic carbon, nitrogen, phosphorus and moisture necessary for soil viability.

Keywords: sulfide deposits, heavy metals, tailing, calculation of the potential hazard of deposits

Забайкальский край относится к числу старейших горнодобывающих регионов России. Рудные месторождения начали отработываться с 1879 г. небольшими рудниками [1]. На территории Забайкальского края известно более 1000 рудопроявлений и месторождений золота, молибдена, оло-

ва, редкометалльных и полиметаллических месторождений (рисунок). Сульфидные месторождения – это месторождения, руды которых состоят из сернистых соединений металлов (сульфидов); к ним относятся также селенистые, теллуристые, мышьяковистые и сурьмянистые соединения металлов.

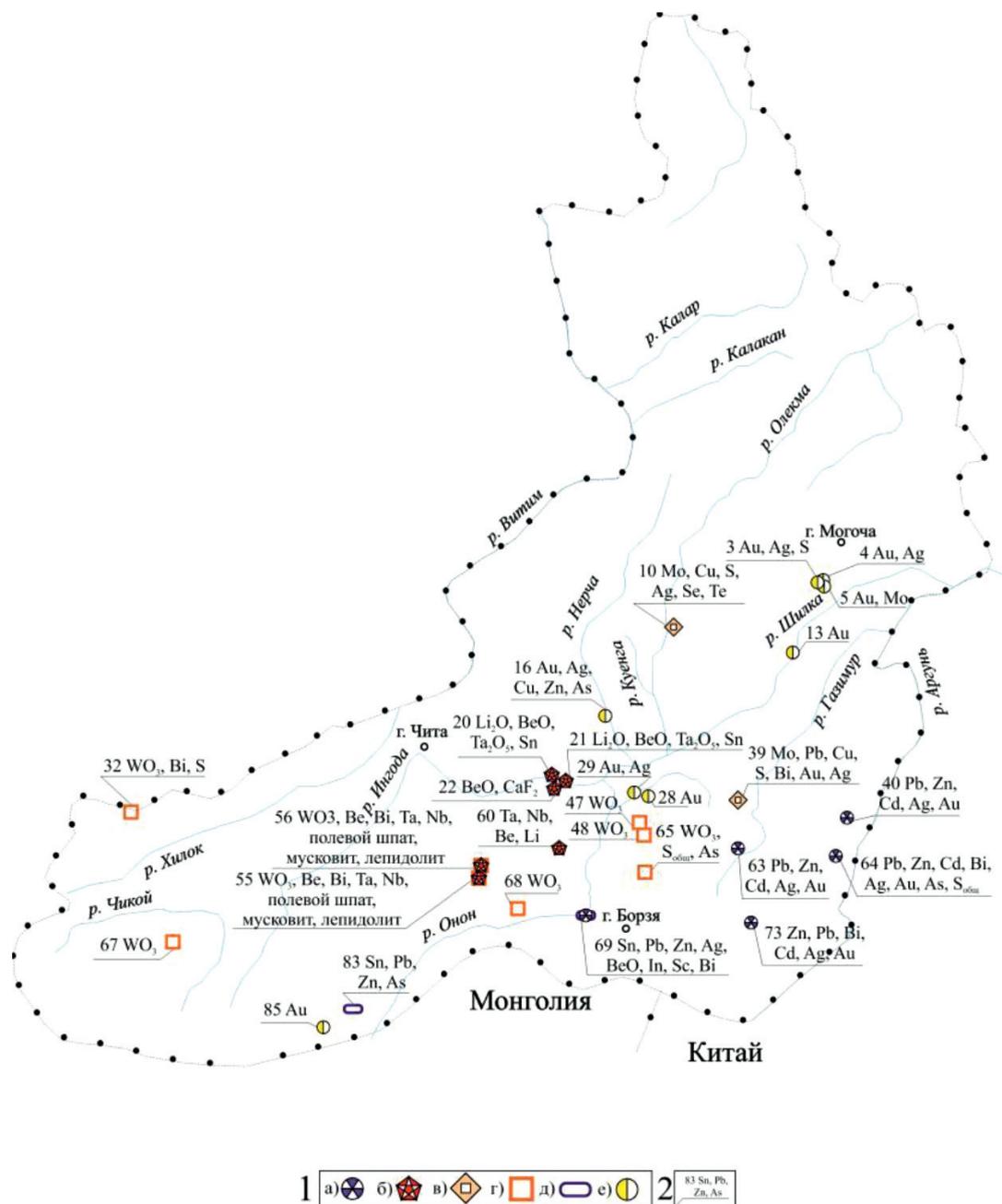


Схема размещения хвостохранилищ сульфидных месторождений Восточного Забайкалья:
 1 – Хвостохранилища сульфидных месторождений: а) полиметаллических месторождений; б) редкометалльных месторождений; в) молибденовых месторождений; г) вольфрамовых месторождений; д) оловорудных месторождений; е) золоторудных месторождений;
 2 – Порядковый номер хвостохранилища, основные полезные компоненты (по Ю.Ф. Харитонову), а также месторождения, создавшие объект: 3 – Ключевское золоторудное; 4–5 – Давендинское и Александровское золоторудные; 10 – Жирекенское молибденовое; 13 – Карийское золоторудное (уч. Новинка и Дмитриевский); 16 – Дарасунское золоторудное; 20–22 – Завитинское редкометалльное; 28 – Балейское золоторудное; 29 – Тасеевское золоторудное; 32 – Бом-Горхонское вольфрамовое; 39 – Шахтаминское молибденовое; 40 – Благодатское полиметаллическое; 47 – Белухинское вольфрамовое; 48 – Букукинское вольфрамовое; 55–56 – Орловское редкометалльное, Спокойнинское вольфрамовое; 60 – Мало-Кулиндинское редкометалльное; 63 – Акатуевское полиметаллическое; 64 – Кадаинское полиметаллическое; 65 – Антоновогорское вольфрамовое; 67 – Куналейское вольфрамовое; 68 – Ангатуйское вольфрамовое; 69 – Шервогорское олово-полиметаллическое; 73 – Савинское № 5 полиметаллическое

Цель исследования: эколого-геохимическая оценка потенциальной опасности техногенных образований, возникших при отработке сульфидных месторождений в Забайкальском крае.

Материалы и методы исследования

Сведения по концентрациям элементов в рудах получены при проведении исследований по базовым проектам Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН с 2000 г. по 2018 г. Кроме того, использованы опубликованные данные и сведения территориального геологического фонда по Забайкальскому краю (г. Чита).

В работе использованы данные по содержаниям химических элементов, в том числе токсичных, в рудных телах и в хвостохранилищах извлекательных фабрик. Аналитические исследования проведены в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ). Определение элементного состава пород проводилось РФА методом на спектрометре ЭДПС-1 (аналитик

Б.Ж. Жалсараев). Пороги определения элементов составляют 1–3 г/т.

Результаты исследования и их обсуждение

Химические элементы, в том числе и токсичные, могут поступать в окружающую среду двумя путями: из почвы и непосредственно из атмосферы. В малых количествах они входят в состав биологически активных веществ, регулирующих нормальный ход жизнедеятельности организмов, изменение же содержания этих металлов приводит к тяжелым последствиям (табл. 1).

Известно, что рекультивация отвалов и хвостохранилищ снижает экологическую нагрузку, но не обеспечивает их полную безопасность. Процесс окисления сульфидов может растягиваться на многие десятки лет, вследствие чего отвальные продукты представляют угрозу окружающей среде и после завершения эксплуатации месторождения и вывода техногенных объектов из эксплуатации.

Таблица 1

Характеристика воздействия токсичных элементов на организм человека [2]

Элемент	Воздействие на организм человека
Sn	Вызывает болезни органов пищеварения и поджелудочной железы, язву желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрит, дуоденит, психические расстройства, бронхит [2]
Zn	Вызывает нарушения в работе иммунной системы, наступает состояние отравления со всеми признаками интоксикации, появляется тошнота, слабость
Cu	Вызывает функциональные расстройства нервной системы (ухудшение памяти, депрессию, бессонницу) [2]
Pb	Поступление свинца в организм человека по пищевым цепям ведет к расстройству нервной системы. Блокируя деятельность некоторых ферментов, вызывает развитие анемии, поражение кроветворной системы, почек и мозга, снижение интеллекта (особенно у детей) [2]
As	Поступая в организм человека в повышенных количествах, мышьяк в первую очередь вызывает нарушение функций печени, аллергические реакции, изменения состояния кожи (гиперкератоз, дерматит), поражение сосудов, снижение слуха, повышенную возбудимость, раздражительность, головные боли, угнетение иммунитета [2]
Sb	Вызывает хроническую интоксикацию, приводит к изменению обмена веществ, к функциональным расстройствам нервной системы и патологическим изменениям миокарда [2]
Cd	Появляется невыносимая боль в мышцах, а также непровольные переломы костей (кадмий способен вымывать кальций из организма), деформация скелета, нарушения функций легких, почек и других органов. Излишек кадмия может вызывать злокачественные опухоли [2]
Mo	Вызывает желудочно-кишечные заболевания и эндемическую подагру – болезнь суставов, а также непостоянство кровяного давления
Ba	Избыток в почве и растениях приводит к нарушению обмена кальция и поражению костной ткани [3]
Sr	Является почти полным химическим подобием кальция, поэтому, проникая в организм, он откладывается во всех содержащих кальций тканях и жидкостях – в костях и зубах, обеспечивая эффективное радиационное поражение тканей организма изнутри [4]

Определение потенциальной опасности рудных месторождений рассчитывается разными способами. Один из них предложен коллективом авторов ВИМС [5]. Здесь учитываются кларки концентраций элементов, концентрации токсиканта в рудном месторождении. Оценка потенциальной экологической опасности месторождений производится авторами на основе литотоксичности (Тл) элементов, которые сгруппированы по нескольким классам, в зависимости от токсичности. Потенциальная токсичность месторождений (ГЭр) рассчитывается по сумме концентраций токсичных элементов. При расчете учитывается класс токсичности элементов и фоновые концентрации элементов окружающей среды. Оценка экологической опасности потенциально «токсичного рудного месторождения» производится авторами на основе литотоксичности (Тл). При этом коэффициенты литотоксичности (Тл) элементов сгруппированы авторами следующим образом: чрезвычайно опасные (супертоксичные) Тл = 15: Hg, Cd, Tl, Be, U, Ra, Rn; высокой опасности Тл = 10: Pb, Se, Te, As, Sb, V, F, Th, V, Cr, Ru, Co, Ni; средней опасности Тл = 5: Cu, Zn, S, Bi, Ag, Ba, Mo, In, Ge, Sr, W, Al, Li, Mn, Cs, Cl, Sn, P; незначительной опасности Тл = 1: Nb, Zr, Ti, Na, K, Ta, Ca, Si, Mg, Th [5].

Расчет «потенциальной токсичности рудного месторождения» рассчитывается по формуле

$$\text{ГЭр} = \sum_{i=1}^n (\text{Тл} \times \text{В})_i + \dots + (\text{Тл} \times \text{В})_n,$$

где ГЭр – потенциальная токсичность рудного месторождения; Тл – коэффициент литотоксичности элемента; $\text{В} = \text{X}/\text{Q}$, где X – концентрации элемента, Q – содержание элемента в окружающей среде. В нашем случае использованы средние содержания элементов в осадочных отложениях земной коры [5, 6].

Значения токсичности месторождений зависит от содержаний сульфидов в рудах, от концентраций в сульфидных минералах токсичных элементов. На месторождения, как правило, выделяются несколько рудных ассоциаций, характеризующиеся различным составом минералов с разными концентрациями токсичных элементов. Так, в рудах кварц-арсенопиритовой ассоциации Карийского месторождения содержание As составляет 140000 г/т [1], соответственно и в хвостохранилище будут отмечены высокие концентрации As.

Нами рассчитана оценка потенциальной опасности сульфидных месторождений Восточного Забайкалья (табл. 2).

В рудах и хвостохранилищах молибденовых и полиметаллических месторождений отмечены повышенные концентрации As, Pb, Zn, Mo и Sb, золоторудных месторождений – As, Ba, Sr. Схожая ситуация наблюдается среди месторождений Карачаево-Черкессии и Дагестана. Так, превышение концентраций по Cu, Zn, Pb, As наблюдается у Быковского колчеданного месторождения, а также у Эльбрусского свинцово-цинкового рудника (Республика Карачаево-Черкесия). На территории Дагестана превышение по Cu, Zn, Cd наблюдается на территории месторождения Кизил-Дере [10]. Расчеты показывают, что потенциальная токсичность руд Акагуевского и Благодарского полиметаллических месторождений соответствует показателям месторождений свинцово-цинковых руд, где ГЭр колеблется от 10^3 до 10^4 (табл. 1) [5].

В 1994–1996 гг. Восточно-Сибирский научный центр Российской академии медицинских наук (г. Иркутск) проводил исследования по воздействию техногенных образований рудника на здоровье жителей г. Балея. В результате работы было установлено, что уровень заболеваемости жителей г. Балея значительно превышает уровень заболеваемости жителей г. Нерчинск и Чита, где отсутствуют горнодобывающие предприятия. Среди жителей Балея чаще наблюдается склонность к рецидивам; часто отмечаются анемия, патологии органов слуха и зрения, как врожденные (нейросенсорная потеря слуха, афакия, катаракта), так и возникающие в более поздние сроки.

Мировой опыт по восстановлению экологического состояния окружающей среды хвостохранилищ показывает, что при рекультивации техногенных ландшафтов используется комплекс взаимосвязанных организационно-хозяйственных, лесомелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на нейтрализацию токсичных субстратов. Преимущественно для данных целей применяют методы экологического восстановления, фиторемедиации или биоремедиации [11].

Для техногенных образований месторождений Восточного Забайкалья необходимо применение такого комплекса мер, направленного на уменьшение концентрации химических элементов 1 и 2 классов токсичности, как внесение в зараженные грунты биопрепаратов, структурообразователей,

цеолитов, а также проведение микоризации для получения в техноземах необходимых для жизнеспособности почв органического углерода, азота, фосфора и влаги. Все это

позволяет создать устойчивую и взаимосвязанную систему биотопов и целенаправленно превратить техногенные земли в экологически целесообразные ландшафты [12].

Таблица 2

Средние содержания элементов в рудах и отвалах хвостохранилищ сульфидных месторождений Восточного Забайкалья, г/т

Элементы	As	Pb	Zn	Cd	Cu	Sn	Mo	Sb	Ba	Sr
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
x*[6]	1	20	57	6,5	57	10	20	0,23	800	450
Золоторудные месторождения										
<i>Балейское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 7) ГЭр = 48										
x	1,5	20	60	0,1	20	3	1	0,26	830	300
s	162	18	80	–	–	9	2	215	99	36
Отвалы золотоизвлекательной фабрики № 2 (n = 1) ГЭр = 9155										
x	201	7	49	–	–	11	1	328	70	21
s	868	750	10	–	25	3	4	102	–	–
<i>Любавинское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 10) ГЭр = 98977										
x	9831	110	141	0,6	39	7	8	27	214	104
s	10702	129	51	–	–	4	–	20	150	138
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 2) ГЭр = 18622										
x	1860	21	65	–	23	5	4	–	–	–
s	2107	8	8	–	3	2	3	–	–	–
<i>Карийское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 41) ГЭр = 250173										
x	24876	221	88	–	379	20	172	56	289	239
s	55485	333	66	–	305	23	525	70	446	250
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 7) ГЭр = 3891										
x	237	135	47	–	146	30	15	68	–	–
s	91	66	20	–	66	7	4	77	–	–
<i>Ключевское</i> Золотоносные кварцевые жилы (n = 7) ГЭр = 10424										
x	924	22	59	0,7	230	7	26	52	200	417
s	767	21	16	–	187	3	23	48	352	253
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 7) ГЭр = 3803										
x	286	26	45	–	107	3	7	42	–	–
s	59	4	9	–	30	1	2	3	–	–
<i>Илинское</i> Брекчии сульфидизированные (n = 8) ГЭр = 18047										
x	1711	23	43	–	–	6	7	42	381	160
s	1272	7	15	–	–	7	2	84	151	56
Отвалы золотоизвлекательной фабрики (n = 3) ГЭр = 9267										
x	946	18	30	–	13	5	1	7	–	–
s	267	4	5	–	9	1	1	1	–	–
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
Полиметаллические месторождения										
<i>Акатувское</i> Свинцово-цинковые руды (n = 13) ГЭр = 350460 [7]										
x	30575	62889	122265	1007	798	10	6	–	–	–
s	46747	72289	136047	829	558	14	3	–	–	–
Хвостохранилище (n = 7) ГЭр = 30978										
x	2891	2155	9826	53	798	10	2	–	151	17
s	2556	1793	10977	48	558	14	1	–	221	21

Окончание табл. 2										
<i>Благodatское</i> Хвостохранилище (n = 5) ГЭр = 48681										
x	4345	7143	16674	76	199	76	–	–	55	180
s	1612	2682	7388	38	80	27	–	–	29	19
Молибденовые месторождения <i>Шахтаминское</i> Кварц-молибденитовые руды (n = 9) ГЭр = 92289										
x	1230	8496	3060	51	7033	5	25722	3142	20	55
s	8143	16821	3623	74	8143	4	16016	8429	12	48
1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13
Хвостохранилище (n = 6) ГЭр = 2379 [8]										
x	133	1701	740	–	283	21	200	42	–	–
<i>Давендинское</i> Кварц-молибденитовые руды (n = 7) ГЭр = 3216										
x	13	97	10	1	11	11	11237	10	92	14
s	20	222	6	–	11	10	2486	8	171	10
Хвостохранилище (n = 45) ГЭр = 1113 [9]										
x	79	39	19	–	96	2	35	13	108	–
s	66	81	44	–	43	1	100	5	106	–

Примечания. x* – кларки концентраций элементов в породах кислого состава по [6]. x – среднее арифметическое, s – стандартное отклонение, n – число анализов. ** – среднее содержание золота в рудах и отвалах золотоизвлекательных фабрик по данным фондовых материалов. – нет данных.

Заключение

На основании произведенных расчётов потенциальной токсичности рудных месторождений выявлено, что среди рассматриваемых золоторудных месторождений наибольшей потенциальной токсичностью среди руд характеризуется Карийское месторождение, в то же время среди отвалов хвостохранилищ данное месторождение характеризуется наименьшей потенциальной токсичностью. Наибольшей потенциальной токсичностью среди отвалов хвостохранилищ характеризуется Любавинское месторождение. Наименьшей токсичностью среди руд характеризуется Бaleyское месторождение.

Среди руд полиметаллических и молибденовых месторождений наибольшей потенциальной токсичностью характеризуется Акатуевское полиметаллическое месторождение, а среди отвалов хвостохранилищ наибольшей потенциальной токсичностью характеризуется Благodatское полиметаллическое месторождение. Наименьшей потенциальной токсичностью, как по рудам, так и в хвостохранилищах, характеризуется Давендинское молибденовое месторождение.

В целом среди рассматриваемых сульфидных месторождений Восточного Забайкалья наиболее высоким потенциалом токсичности характеризуются полиметаллические месторождения, как по рудам, так и в хвостохранилищах.

Список литературы / References

1. Абрамов Б.Н. Особенности распределения элементов-примесей в рудах основных типов мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья // Доклады Академии Наук. 2014. Т. 455. № 6. С. 681–686. DOI: 10.7868/S0869565214120135.

Abramov B.N. Peculiarities of distribution of trace elements in the major ore types from the Mesozoic gold deposits of east Transbaikalia // Doklady Earth Sciences. 2014. V. 455. № 2. P. 469–474. DOI: 10.1134/S1028334X14060014.

2. Чикенева И.В. Последствия влияния тяжелых металлов на окружающую среду в зоне воздействия промышленных предприятий // Концепт. 2013. № 12. [Электронный ресурс]. URL: <http://ekoncept.ru/2013/13254.htm> (дата обращения: 19.03.2019).

Chikeneva I.V. Consequences of the impact of heavy metals on the environment in the zone of impact of industrial enterprises // Kontsept. 2013. № 12. [Electronic resource]. URL: <http://ekoncept.ru/2013/13254.htm> (date of access: 19.03.2019) (in Russian).

3. Кашин К.В. Барий в компонентах ландшафтов Западного Забайкалья // Почвоведение. 2015. № 10. С. 1242–1253. DOI: 10.7868/S0032180X15100044.

Kashin K.V. Barium in the landscape components of Western Transbaikalia // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48. № 10. P. 1120–1130. DOI: 10.1134/S106422931510004X.

4. Кныш Е.А., Матлахов А.А., Шмат Е.В. Пути миграции стронция-90 в окружающей среде и влияние его на животных // Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: Электронный сборник статей по материалам X студенческой международной заочной научно-практической конференции. 2016. № 7 (10). [Электронный ресурс]. URL: [https://sibac.info/archive/meghdis/7\(10\).pdf](https://sibac.info/archive/meghdis/7(10).pdf) (дата обращения: 19.03.2019).

Knysh E.A., Matlakhov A.A., Shmat E.V. Migration routes of strontium-90 in the environment and its impact on animals // The scientific community of students: Interdisciplinary research: Electronic compilation of articles on the materials of the X student international correspondence scientific-practical conference. 2016. № 7 (10). [Electronic resource]. URL: <https://sibac.info>

info/archive/meghdis/7(10).pdf (date of access: 19.03.2019) (in Russian).

5. Голева Р.В., Иванов В.В., Куприянова И.И., Маринов Б.Н., Новикова М.И., Шпанов Е.П., Шурига Т.Н. Экологическая оценка потенциальной токсичности рудных месторождений (методические рекомендации). М.: РИЦВИМС, 2001. 53 с.

Goleva R.V., Ivanov V.V., Kupriyanov I.I., Marinov B.N., Novikova M.I., Shpanov E.P., Shuriga T.N. Environmental assessment of the potential toxicity of ore deposits (methodical recommendations). M.: RICVIMS, 2001. 53 p. (in Russian).

6. Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977. 184 с.

Voytkevich G.V., Miroshnikov A.E., Cooked A.S., Prokhorov V.G. A brief guide to geochemistry. M.: Nedra, 1977. 184 p. (in Russian).

7. Цыренов Т.Г., Абрамов Б.Н. Распределение токсичных элементов в техногенных ландшафтах Акатуевского полиметаллического месторождения (Восточное Забайкалье) // Аспирант. 2018. № 2. С. 90–95.

Tsyrenov T.G., Abramov B.N. Distribution of toxic elements in the technogenic landscapes of the Acatuevsky polymetallic deposit (Eastern Transbaikalia) // Aspirant. 2018. № 2. P. 90–95 (in Russian).

8. Манзырев Д.В., Лавров А.Ю. Вещественный состав и строение лежалых хвостов обогащения руд месторождения Шахтаминское // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т. 22. № 1. С. 17–27.

Manzyrev D.V., Lavrov A.Yu. Composition and structure of stale tailings deposit ores of Shakhtama // Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. V. 22. № 1. P. 17–27 (in Russian).

9. Юргенсон Г.А., Смирнова О.К., Солодухина М.А., Филенко Р.А. Геохимические особенности руд и техноземов золото-молибденового рудника Давенда в Восточном Забайкалье // Литосфера. 2016. № 2. С. 91–106.

Yurgenson G.A., Smirnova O.K., Solodukhina M.A., Filenko R.A. Geochemical features of ores and technozems of the Davend gold-molybdenum mine in Eastern Transbaikalia // Litosfera. 2016. № 2. P. 91–106 (in Russian).

10. Богущ И.А., Черкашин В.И., Юсупов А.Р. Экологические риски горнорудного техногенеза Карачаево-Черкесии и Дагестана // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 66. С. 6–18.

Bogush I.A., Cherkashin V.I., Yusupov A.R. Environmental risks of mining technogenesis of Karachay-Cherkessia and Dagestan // Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN. 2016. № 66. P. 6–18 (in Russian).

11. Anup Kumar Gupta, Biswajit Paul. Ecorestoration of Coal Mine Overburden Dump to Prevent Environmental Degradation: A Review. Research Journal of Environmental Sciences. 2015. Vol. 9 (7). P. 307–319. DOI: 10.3923/rjes.2015.307.319.

12. Васильев С.Б., Родин А.Р. Теоретические и практические аспекты рекультивации техногенных ландшафтов // Лесной вестник. 2016. № 1. С. 118–122.

Vasiliev S.B., Rodin A.R. Theoretical and practical aspects technical landscape recultivation // Forestry Bulletin. 2016. № 1. P. 118–122 (in Russian).