

УДК 504.1(571.55)

DOI: 10.21209/2074-9155-2018-12-2-90-95

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ АКАТУЕВСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

### DISTRIBUTION OF TOXIC ELEMENTS IN THE TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE AKATUEVSKY POLYMETALLIC DEPOSIT (EASTERN TRANSBAIKALIA)

*Рассмотрено распределение токсичных элементов в техногенных ландшафтах Акатуевского полиметаллического месторождения. Дана оценка опасности токсичных элементов антропогенных ландшафтов. Выявлены основные токсичные элементы, наиболее сильно загрязняющие почву и воду территорий антропогенных ландшафтов*

*The distribution of toxic elements in the technogenic landscape maps of the Akatuyevsky polymetallic deposit is considered. An assessment of the danger of toxic elements of anthropogenic landscapes is given. The main toxic elements that most strongly pollute soil and water of the territories of anthropogenic landscapes are revealed*

*Ключевые слова: полиметаллическое месторождение; хвостохранилище; тяжелые металлы; оценка; загрязнение окружающей среды; классы опасности*

*Key words: polymetallic deposit; tailing; heavy metals; assessment; environmental pollution; hazard classes*



Т. Г. Цыренов



Б. Н. Абрамов

**В**ведение. Акатуевское полиметаллическое месторождение открыто в 1815 г. Разработка месторождения в последние десятилетия (до 2002 г.) проводилась Нерчинским полиметаллическим комбинатом. Отработка месторождения осуществлялась подземным способом. За время разработки

добыто 64 402 т руды. В 2002 г. комбинат закрыт. В результате деятельности обогатительной фабрики образованы хвосты обогащения, находящиеся в непосредственной близости от пос. Новый Акатуй. Хвостохранилище рудника, являющееся основным источником загрязнения окружающей среды, не рекультивировалось. К тяжелым металлам относятся химические элементы с большим удельным весом (Pb, Zn, Cd и др.). Они, как правило, являются загрязнителями окружающей среды [2; 4].

В геологическом строении Акатуевского месторождения принимают участие эффузивные образования шадаронской серии ( $J_{2-3}$ ), осадочные отложения юрского и кембрийского возрастов, а также интрузивные образования мезозойского и палеозойского возрастов (рис. 1).

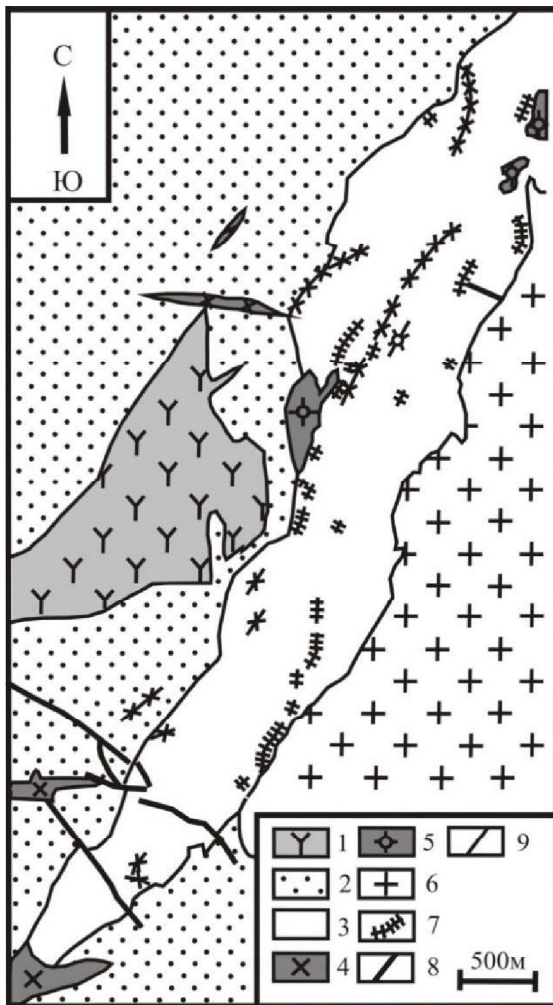


Рис. 1. Схема геологического строения Акатуевского полиметаллического месторождения:

- 1 – Шадаронская серия ( $J_{2,3}$ ), кварцевые латиты, трахилипариты и их туфы с маломощными прослоями туфопесчаников; 2 – таменгинская свита ( $J_1$ ), песчаники с прослоями алевролитов, углистых сланцев и конгломератов;
- 3 – Быстринская свита ( $E_1$ ), известняки, доломиты с прослоями сланцев; 4 – штоки, дайки диоритовых порфиритов ( $J_3$ ); 5 – штоки дайки сиенит-порфириров, кварцевых порфириров ( $J_3$ ); 6 – Ундинский интрузивный комплекс ( $PZ_3$ ), граниты лейкократовые, гранодиориты;
- 7 – сульфидные рудные тела; 8 – тектонические нарушения; 9 – геологические границы / Fig. 1. Scheme of geological structure of the Akatuyevskiy polymetallic field:
- 1 – Shadaron series ( $J_{2,3}$ ), quartz latites, trachiliparites and their tufts with low-power interlayers of tuff sandstones;
- 2 – Tamengh Formation ( $J_1$ ), sandstones with intercalations of aleurrolite, carbonaceous shale and conglomerates;
- 3 – Bystrinskaya suite ( $E_1$ ), limestone, dolomite with shale interlayers; 4 – stocks, dikes of diorite porphyrites ( $J_3$ );
- 5 – stocks of dykes of syenite-porphyrines, quartz porphyry ( $J_3$ );
- 6 – Undinsky intrusive complex ( $PZ_3$ ), leucocratic granites, granodiorites; 7 – sulphide ore bodies; 8 – tectonic disturbances; 9 – geological boundaries

Как правило, горнодобывающие предприятия ориентированы на извлечение одного-двух, редко трех-четырех компонентов. В результате в отвалах и хвостах скапливаются Pb, Zn, Cd, As, Mo и другие компоненты. Неизвлеченные в процессе обогащения компоненты в силу резкого изменения физико-химической обстановки становятся весьма подвижными и в результате воздействия водной и ветровой эрозии оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

*Задачей исследования* является эколого-геохимическая оценка потенциальной опасности техногенных образований, возникших при отработке Акатуевского месторождения.

*Методы исследования.* Для оценки потенциальной опасности использованы данные по содержаниям тяжелых металлов в рудных телах, хвостохранилище, почве, в водных объектах района ранее действовавшего полиметаллического рудника Акатуевского месторождения. Сведения по концентрациям элементов получены при проведении исследований по базовым проектам Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (г. Чита). Кроме того, учитывались опубликованные данные и сведения территориального геологического фонда по Забайкальскому краю (г. Чита). Для определения элементного состава в пробах использован рентгенофлуоресцентный метод исследования в аналитических лабораториях Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ). Часть анализов заимствована из опубликованных данных и материалов территориального геологического фонда (г. Чита).

*Результаты исследования.* Рельеф в районе месторождения представлен низкорными массивами с абсолютными отметками 1220,7...1270,3 м. Речная долина р. Акатуй расположена на уровне абсолютных отметок от 940...1000 м. Водоразделы и склоны среднегорья покрыты таежной растительностью. В низкорной части территории развиты лесостепные сообщества растений. Длина водотока реки составляет 15 км. В верховье р. Акатуй расположены объекты бывшего одноименного рудника: штольни, шахты, хвостохранилище (рис. 2). Произ-

водственные здания рудника находятся в разрушенном состоянии.

Объекты рудника Акатуй находятся в долине верховья долины одноименной реки. Хвостохранилище состоит из двух прудов-накопителей общей протяженностью 850 м

при максимальной ширине 250 м. Объем хвостохранилищ составляет 20 тыс. м<sup>3</sup>. Хвосты обогащения не затоплены, наблюдается интенсивное эоловое рассеивание и вынос хвостов по эрозионным промоинам. Высота дамбы нижнего пруда-накопителя — 7...9 м.



Рис. 2. Космоснимок Акатуевского полиметаллического месторождения: 1–2 – пруды-накопители; 3–4 – дамбы / Fig. 2. Space imagery of the Akatuyevsky polymetallic deposit: 1–2 – storage ponds; 3–4 – dams



Среднее содержание элементов в породах, рудах, технозомах, почве (г/т), водотоках (мг/л) Акатувеского месторождения / Average content of elements in rocks, ores, tailing, soil (g/t), water courses (mg/l) of the Akatuevsky deposit

Элементы / Elements	I					II					III				
	Hg	As	Pb	Zn	Cd	Co	Ni	Mo	Cu	Sn	Cr	Ba	V	W	Sr
x*	0,4	1	20	57	6,5	20	95	20	57	10	100	800	130	2	450
Свинцово-цинковые руды (n = 13) / Lead-zinc ore (n = 13)															
x	-	30575	62889	122265	1007	-	94	6	798	10	-	-	-	40000	35
s	-	46747	72289	136047	829	-	65	3	558	14	-	-	-	14142	22
x/x*	-	30575	3144	2145	155	-	0,99	0,3	14	1	-	-	-	2000	0,05
Технозем (n = 7) / Technozems (n = 7)															
x	0,15	2891	2155	9826	53	5	15	2	130	4	17	151	20	2	462
s	0,09	2556	1793	10977	48	3	9	1	91	3	21	221	25	1	368
x/x*	0,37	2891	108	172,4	155	0,25	0,16	20	2,3	0,4	0,17	0,19	0,15	1	1
Почва (n = 13) / Soil (n = 13)															
x	0,08	641	154	1148	7	12	26	3	55	4	44	663	83	3	254
s	0,05	1082	137	1892	14	4	7	1	93	2	20	249	22	1	120
x/x*	0,2	641	7,7	20,1	1,07	0,6	0,27	0,15	0,96	0,4	0,44	0,83	0,64	1,5	0,56
Породы, вмещающие оруденение (граниты, андезиты) (n=6) / Rocks that contain mineralization (granites, andesites) (n = 6)															
x	-	365	107,8	198,5	3	-	-	104	-	3,9	-	784	-	243	404
s	-	443	110,8	53,8	-	-	-	142	-	2,8	-	169	-	221	178
x/x*	-	365	5,4	3,5	0,5	-	-	1,1	-	0,4	-	1,0-	-	122	1,1
Водные потоки, мг/л. Сток из штольни [1] / Water flows, mg / l. Stock discharge [1]															
x	5×10-3	0,01	0,01	1,0	0,001	0,1	0,01	0,25	1,0	-	-	0,1	0,1	0,05	7,0
s	-	<0,52	0,16	20,7	8,58	0,54	-	-	8,28	-	2,13	-	-	-	-
Ниже Акатувеского хвостохранилища / Below Akatuevsky tailing															
x	-	56,5	0,14	18,8	8,82	0,21	10,2	-	3,02	-	0,42	-	-	-	-
ПДК (в почвах) [2; 4] / MPC (in soils) [2; 4]	2,1	2	32	23	-	5	4	-	3	-	6	-	150	-	-
ПДК (в воде) [2; 4] / MPC (in water) [2; 4]	5×10-4	0,01	0,01	1	0,001	0,1	0,02	0,07	1	-	0,05	0,7	0,1	0,05	7

Примечание: x\* — кларк концентраций элементов в земной коре [3]; x — среднее арифметическое; s — стандартное отклонение; n — число анализов; - нет данных / Note: x\* — clark concentrations of elements in the crust [3]; x — arithmetic average; s — standard deviation; n — number of analyzes; - no data

Основные виды воздействия на окружающую среду: изменение рельефа, загрязнения атмосферы, речного стока, почвенного покрова. Согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 по классу опасности химические элементы подразделяются на три класса: I класс – As, Cd, Hg, Pb, Zn; II класс – Co, Ni, Mo, Cu, Sn, Sb, Cr; III класс – Ba, V, W, Mn, Sr.

Для расчета концентраций в составляющих техногенного ландшафта Акатуевского месторождения мы рассчитали отношения содержаний элементов к средним значениям в земной коре, что представлено в таблице. Получены следующие результаты: превышение токсичных элементов I класса в почвах составляют As – 641 (ПДК – 2), Pb – 7,7 (ПДК – 6), Zn – 20,1 (ПДК – 23), Cd – 1,07 (ПДК – 7) [3].

Наиболее высокие содержания тяжелых элементов отмечаются в пределах хвостохранилища. В селитебной зоне п. Новый Акатуй концентрации элементов в почве достигают следующих концентраций, г/т: Pb – 500...200, As – 1000...2000, Cd – 5...20, что отражено в таблице.

*Заключение.* Таким образом, в селитебной зоне пос. Новый Акатуй, ранее являющейся градообразующей для полиметаллического комбината, отмечаются повышенные концентрации токсичных элементов в почве и в воде, на один-два порядка превышающие предельно допустимые концентрации. Территория промышленных зон рудников, включая и жилые районы пос. Новый Акатуй, находится в контуре очень сильного химического загрязнения почвы элементами I класса опасности: As, Pb, Zn.

## Список литературы

1. Замана Л. В., Чечель Л. П. Гидрогеохимические особенности зоны техногенеза полиметаллических месторождений Юго-Восточного Забайкалья // *Успехи современного естествознания*. 2015. № 1. С. 33–38.
2. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.document/901862249> (дата обращения: 23.06.2018).
3. Краткий справочник по геохимии / под ред. Г. В. Войткевич. М.: Недра. 1977. 184 с.
4. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»: от 30 марта 1999 г. № 52 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.document/cons\\_doc\\_LAW\\_22481/](http://www.document/cons_doc_LAW_22481/) (дата обращения: 14.05.2018).

## References

1. Zamana L. V., Chechel L. P. *Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya* (Successes of natural science), 2015, no. 1, pp. 33–38.
2. GN 2.1.5.1315-03. *Predelno dopustimye kontsentratsii (PDK) himicheskikh veshchestv v vode vodnykh obektov hozyaystvenno-pitievogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya* (GN 2.1.5.1315-03. Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the water of water bodies of domestic drinking and cultural-domestic water use). Available at: <http://www.document/901862249> (Date of access: 23.06.2018).
3. *Kratkiy spravochnik po geohimii* (Brief reference book on Geochemistry); ed. G. V. Voitkevich. Moscow: Nedra, 1977. 184 p.
4. *Federalny zakon "O sanitarno-epidemiologicheskom blagopoluchii naseleniya": ot 30 marta 1999 g. № 52* (Federal Law "On the sanitary-epidemiological well-being of the population": No. 52 of March 30, 1999). Available at: [http://www.document/cons\\_doc\\_LAW\\_22481/](http://www.document/cons_doc_LAW_22481/) (Date of access: 14.05.2018).

**Сведения об авторах**

---

*Цыренов Тимур Гармажапович*, аспирант, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия. Научные интересы: полиметаллические месторождения: рудообразование, геохимия, экология, геодинамика

*Абрамов Баир Намжилевич*, д-р геол.-минер. наук, ведущий научный сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия. Научные интересы: золоторудные месторождения: геохимия, геодинамика, рудообразование

**Information about the authors**

---

*Timur Tsyrenov*, postgraduate, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia. Scientific interests: polymetallic deposits: ore formation, geochemistry, ecology, geodynamics

*Bair Abramov*, doctor of geological and mineralogical sciences, leading researcher, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia. Scientific interests: gold deposits: geochemistry, geodynamics, ore formation

---