

УДК 550.553.571

DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-1-34-43

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ КАЛГУТИНСКОГО РУДНИКА (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)

GEOECOLOGICAL SITUATION IN THE AREA OF KALGUTY MINE (ALTAI REPUBLIC)



Ю. В. Робертус,
Институт водных и экологических
проблем СО РАН, г. Барнаул
ariecol@mail.gornyy.ru

Yu. Robertus,
Institute of Water and Environmental
Problems SB RAS, Barnaul



Л. П. Рихванов,
Инженерная школа природных
ресурсов Национального
исследовательского Томского
политехнического университета,
г. Томск
rikhvanov@tpu.ru

L. Rikhvanov,
Engineering School of Natural
Resources, National Research Tomsk
Polytechnic University, Tomsk

Приведены сведения об отработке Калгутинским рудником одноименного редкометалльного месторождения. Уточнены основные источники воздействия объектов рудника на компоненты природной среды. Выявлено техногенное загрязнение природных сред в виде наложенных ореолов и потоков рассеяния элементов перерабатываемых руд. Установлены очень высокие уровни их накопления в речных водах, высокие в почвах, средние и низкие уровни в донных отложениях рек. Выяснена ведущая роль хвостов обогащения руд как источника формирования аэрогенных очагов загрязнения снежного и почвенно-растительного покрова.

Выявлены три основных ассоциации химических элементов в загрязненных почвах: геохимически инертные сидерофильные (Fe, Ti, Cr, Mn, V, Co, Ni); слабо накапливающиеся лито- и халькофильные второстепенные элементы руд (Pb, Zn, Li, Be); интенсивно накапливающиеся рудные элементы (Mo, W, Cu, Bi). Установлена тенденция нарастания концентраций рудных элементов в ряду природных сред: снежный покров – почвы – донные осадки.

Рассчитаны средние темпы ежегодного накопления элементов руд в почвах (45 %) и в донных отложениях рек (30 %). Выявлен очаг загрязнения почв на участке обогатительной фабрики и гидро(лито)химические потоки загрязнителей в реках Левая Жумалы и Жумалы протяженностью до 5 км. Определены классы опасности для окружающей среды пород, отходов обогащения, сбросных вод. Рассчитан вклад элементов в их токсичность. Сделан вывод об условно благоприятной современной геоэкологической обстановке в районе рудника и ее малоблагоприятном уровне на участке хвостохранилища обогатительной фабрики

Ключевые слова: Калгутинский рудник; обогатительная фабрика; руды; хвосты; технологические воды; загрязнение; почвы; речные воды; донные отложения; экологическое состояние

Data on development by Kalguty mine of the same name rare-metal deposit is given. The main sources of mine facilities impact on the components of the natural environment have been clarified. Technogenic pollution of natural environments in the form of superimposed areas and scattering streams of elements of processed ores was revealed. Very high levels of their accumulation in river waters, high in soils, medium and low levels in bottom sediments of rivers have been established. The leading role of tailings of ore enrichment as a source of formation of aerogenic areas of pollution of snow and soil and vegetation cover has been clarified.

Three main associations of chemical elements in contaminated soils were identified: geochemically inert siderophilic (Fe, Ti, Cr, Mn, V, Co, Ni); weakly accumulating litho – and chalcophilic minor elements of ores (Pb, Zn, Li, Be); intensively accumulating ore elements (Mo, W, Cu, Bi). The tendency of increasing concentrations of ore elements in a number of natural environments: snow cover – soil – bottom sediments was established. The leading role of tailings of ore dressing in the formation of aerogenic pollution foci was revealed.

Average rates of annual elements accumulation in soils (45 %) and in bottom sediments of rivers (30 %) were calculated. The area of soil pollution at the site of the concentrator and hydro(lito)chemical flows of pollutants in

the rivers Levaya Zhumaly and Zhumaly up to 5 km long have been identified. Environmental hazard classes of rocks, enrichment waste and waste water have been identified. The contribution of the elements to their toxicity was calculated. The conclusion about conditionally favorable modern geoecological situation in the area of the mine and its unfavorable level on the site of the tailings of the concentrator is made

Key words: Kalgutinsky mine; concentrator; ores; tailings; process waters; pollution; soils; river waters; bottom sediments; ecological condition

Введение. Горнодобывающие предприятия являются одним из значимых источников загрязнения природной среды. Актуальным фактором их воздействия на геоэкологическую обстановку служат отходы добычи и переработки сырья, которые, как правило, размещаются в пределах промзон предприятий [5; 6].

Эпизодически разрабатываемое с 1940-х гг. старательским и промышленным способом Калгутинское редкометалльное месторождение является уникальным геологическим объектом со сложным составом руд (W, Mo, Be, Cu, Bi) и их значительными запасами [1; 4; 9; 10]. Специфичны и природные условия месторождения – краевая часть плато Укок (объект Всемирного наследия ЮНЕСКО) вблизи государственной границы РФ, Монголии и Китая (рис. 1).

Для района месторождения характерны: экзарационно-денудационный высокогорный рельеф (до 3100 м), развитие островной мерзлоты, ксерофитная степная растительность, маломощные горно-тундровые супесчаные почвы на моренных отложениях, развитие процессов эолово-метелевого переноса [7].

Объекты бывшего рудника расположены на двух промплощадках – около устья эксплуатационной штольни 18 и на участке обогатительной фабрики (УПО), близ устья рек Левая и Правая Жумалы (система р. Катунь), в 0,8 км к северо-востоку от радонового источника «Теплый Ключ» (см. рис. 1).

Всего на Калгутинском руднике добыто приблизительно 112 тыс. т жильных руд, при обогащении которых электромагнитной и магнитной сепарацией, гравитационным и флотационным способами получалась товарная продукция – вольфрамитовый, в меньшей степени молибденитовый и сульфидный, существенно-медный концентраты. На УПО ежегодно использовалось до 40 т различных химических веществ 2...4 классов опасности [7].

Хвостовое хозяйство УПО объединяло системы гидротранспорта, складирова-

ния хвостов и оборотного водоснабжения (около 1250 м³/сут). Хвосты в виде песчано-шламовой пульпы складировались в хвостохранилище, объединяющее три прудка-отстойника и аварийную емкость общим объемом 40 тыс. м³, и группировались в штабель как вторичное сырье для последующей переработки. В настоящее время хвосты выстилают сухое дно бывших прудков (рис. 2).

Основная цель статьи состоит в раскрытии геоэкологических аспектов воздействия на природную среду (предмет изучения) района Калгутинского рудника (объект изучения) в 2003–2015 гг., поскольку негативные последствия этого воздействия предположительно повторятся и будут усилены при намечаемом очередном этапе отработки месторождения.

При исследовании применялись геохимический, сравнительно-географический, картографический и статистический методы исследования.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате проведенных в 2003–2016 гг. работ Алтайского регионального института экологии установлено, что основными источниками воздействия Калгутинского рудника на природную среду являются: фильтрация, испарение и сбросы вод УПО (до 20...30 тыс. м³ за сезон), водный и ветровой перенос мелкой фракции хвостов обогащения руд и, в меньшей степени, водоотлив эксплуатационной штольни 18 (до 5 тыс. м³) [8].

Так, пылеаэрозольный и водный перенос материала хвостов УПО с аномально повышенными концентрациями рудных элементов и других экотоксикантов приводил к загрязнению снежного и почвенно-растительного покрова, а при их дальнейшей миграции – грунтовых, речных вод и донных отложений. Установлена тенденция нарастания концентраций рудных элементов в ряду природных сред: снежный покров – почвы – донные осадки [7].

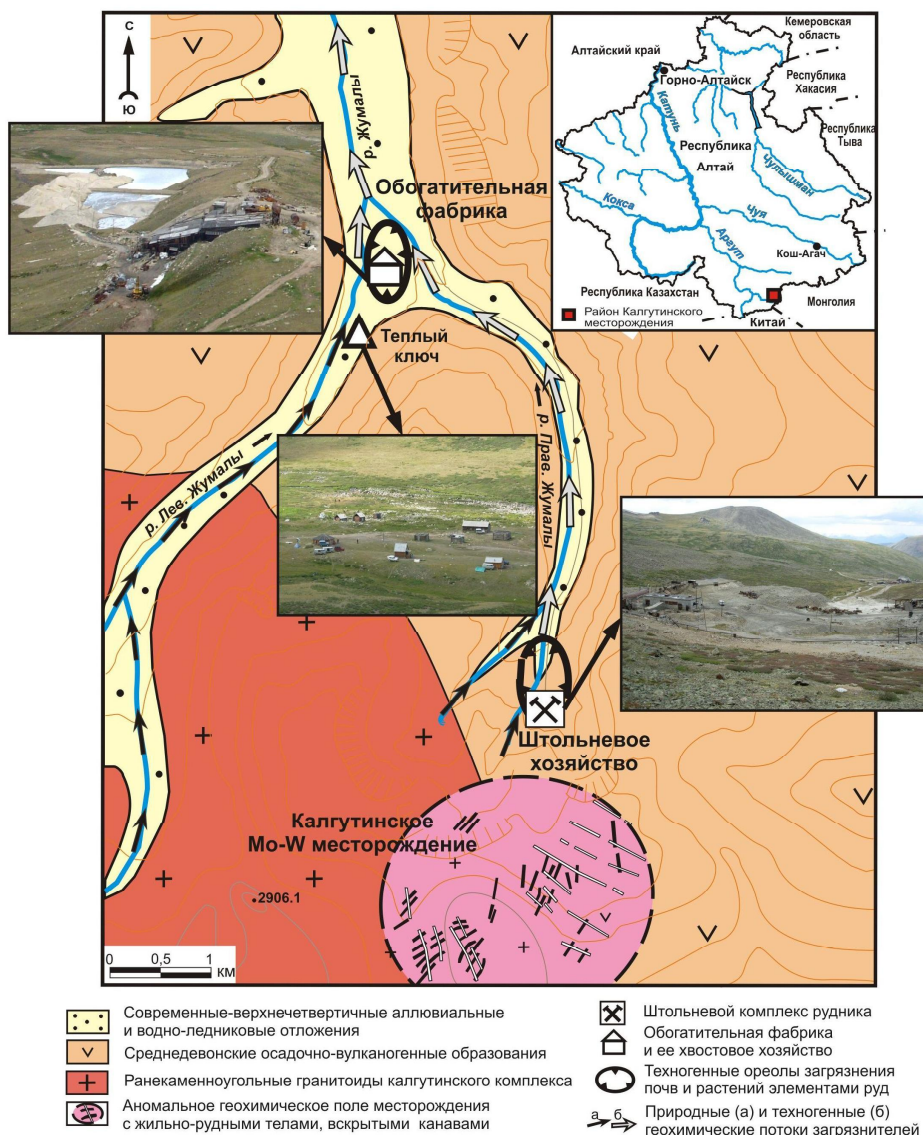


Рис. 1. Геоэкологическая обстановка в районе Калгутинского рудника / Fig. 1. Geoecological situation in the Kalguty mine area



Рис. 2. Схема водоснабжения и водотведения УПО (слева), общий вид хвостохранилища при работе УПО (в центре) и в настоящее время (справа) / Fig. 2. Scheme of water supply and drainage of the equipment of pre-treatment (EPT) (left), general view of the tailings at the EPT mine (center) and currently (right)

Размещение технологических вод и хвостов УПО приводило к формированию техногенного загрязнения в виде наложенных лито(сноу-, гидро-, био)геохимических вторичных ореолов и потоков рассеяния, которые в сочетании с природными ореолами рудных элементов месторождения создали сложную экогеохимическую обстановку в зонах влияния объектов рудника (см. рис. 1).

Во всех природных средах и минерально-сырьевых объектах ассоциация рудных

(Mo, W, Cu, Bi) и сопутствующих им элементов (Pb, Zn, Li, Be) довольно устойчива. Для них характерны очень высокие уровни накопления в речных водах ($K_c > 10$), высокие в почвах ($K_c = 5...10$), средние и низкие уровни в донных отложениях рек ($K_c = 1...5$). Их содержание в рудах, продуктах и отходах обогащения также находится на очень высоком ($K_k > 1000$) и реже – на высоком уровне ($K_k = 100...1000$) относительно кларка литосферы [8] (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Уровни накопления рудных элементов в минеральных объектах и природных средах /
Accumulation levels of ore elements in the mineral objects and natural environments

Уровень накопления / Level of accumulation	Минерально-сырьевые объекты / Mineral resources facilities				Природные среды / Natural environment			
	Кк, ед.** / Kk, un.**	Руды / Ores	Концентраты / Concentrates	Хвосты / Tailings	Кс, ед* / Kc, un.*	Почвы / Soils	Вода рек / River water	Донка / Sediments
Очень высокий / Very high	>1000	W, Mo, Bi	W, Mo, Bi	Mo, Bi	> 10	–	Mo, W, Cu Be, Li, Hg	–
Высокий / High	100...1000	Sb, Cu, Ag	Sb, Cu, Ag	W, Sb, Cu	5...10	Mo,Cu,W,Bi	–	–
Средний / Average	10...100	Be, As, Pb	Be, As, Pb, Zn	Ag, Be	3...5	Be	–	W, Be
Повышенный / Elevated	3...10	Li, Zn	Mn	Mn,Li,Pb,As	1,5...3	Li, Ag	Zn, Pb	Cu,Bi
Низкий / Low	1...3	Sn, Mn	Fe, Co, Sn	Zn, Sn	1...1,5	Zn	Fe	Mo,Li,Zn

Примечание: * – относительно местного фона, ** – относительно кларка литосферы /
Note: * – relative to the local background, ** – regarding the clark of the lithosphere

Снежный покров. Геохимическая формула накопления химических элементов в снеговой пыли – $W_{5000} [Bi, Mo]_{1000} Li_{800} Cu_{300} Zn_{170} Zr_{100} Sb_{50} [Be, Ag, Sn]_{20}$ – в пределах выявленных сноухимических ореолов сходна с вещественным составом руд месторождения и хвостов их обогащения, что указывает на их ведущую роль в формировании аэрогенных очагов загрязнения в зонах влияния промплощадок рудника. Выяснено, что дальность ветрового переноса пылевой фракции вскрышных пород и руд составляет в основном первые сотни метров, а материала сухих хвостов обогащения – до 0,5...1 км [3].

Почвенный покров. По уровню содержания и динамике поведения в почвах химические элементы делятся на три группы. Первая состоит в основном из геохимически

инертных сидерофильных тяжелых металлов (Fe, Ti, Cr, V, Co, Ni, Mn и др.). Вторая группа представлена слабо накапливающимися лито- и халькофильными сопутствующими элементами руд (Pb, Zn, Li, Be), третья – интенсивно депонируемыми в почвах рудными элементами (Mo, W, Cu, Bi) [7].

Во время отработки месторождения и консервации рудника (2003–2015) среднее содержание элементов первой и второй групп в почвах участка УПО увеличилось в 1,2...4,5 раза, а основных элементов руд (Mo, W, Cu, Bi) в 22,5...35 раз (табл. 2) и продолжало расти за счет ветрового переноса пылевой фракции хвостов УПО. Средние темпы их накопления составляли 45 % в год, что почти на порядок выше темпов накопления сопутствующих элементов руд [7].

Таблица 2 / Table 2

Тренды содержания ТМ в почвах участка ОФ в 2004–2015 гг., мг/кг /
Trends of HM content in soils of the site of the concentration plant (CP) in 2004–2015, mg/kg

Годы / Years	Cr	Mn	V	Ni	Co	Li	Pb	Zn	Be	Cu	W	Mo	Bi
Местный фон Local background	10	400	30	10	4	20	15	40	2,5	16	15	2	< 1
2004	24	700	80	18	7	35	16	45	3,0	20	20	2,5	0,9
2006	31	800	76	26	8	46	19	66	5,2	30	77	14	3,6
2008	31	975	79	30	8	48	22	84	7,9	165	165	36	15,1
2010	54	680	84	38	17	54	20	60	7,6	330	352	52	23,5
2015	40	600	75	40	18	75	18	55	8,5	360	375	70	25,0
2015, ед. фона 2015, unit background	4,0	1,5	2,5	4,0	4,5	3,8	1,2	1,4	3,4	22,5	25,0	35,0	> 25

За последний этап обработки месторождения заметно расширился очаг наложенного поверхностного (в основном в интервале 0...10 см) загрязнения рудными элементами почв «верхней» промплощадки вблизи портала эксплуатационной штольни 18 и сформировался новый крупный очаг загрязнения на участке хвостохранилища УПО. Этот очаг имеет форму субмеридионального эллипса с осями 500 × 800 м и площадью 30 га, в центре которого находится хвостохранилище УПО, что свидетельствует об образовании очага за счет воздушного переноса тонкого материала хвостов обогащения руд (см. рис. 1).

Растения. С отмеченными очагами загрязнения почв пространственно сопряжены аномально повышенные концентрации рудных элементов в травостое, изученные для местного эдификатора – овсяницы овечьей (*Festuca ovina*). Так, содержание молибдена в ней достигает 61 единицу, а меди – 12 единиц местного фона, что заметно выше ОДК для кормовых трав. Максимальные значения коэффициента биологического поглощения (КБП) молибдена и меди на участке УПО составляют 8,7 и 5 единиц фона соответственно (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Содержание ТМ в овсянице овечьей в районе Калгутинского рудника /
Content of HM in sheep fescue in the area of Kalguty mine

Место отбора / Place of sampling	Содержание металлов, мг/кг (КБП растениями, %) Metal content, mg/kg (coefficient of biological absorption by plants, %)		
	Cu	Mo	Li
Участок штольневое хозяйство / The site of tunnels	3,40 (3,4)	6,10 (30,5)	0,13 (0,26)
Участок обогатительной фабрики / The site of concentration plant	1,25 (4,5)	7,15 (35,8)	0,15 (0,30)
Зона влияния хвостохранилища УПО / The zone of the EPT tailings influence	0,42 (2,4)	0,85 (22,9)	0,04 (0,13)
Фоновый участок / Background site	0,28 (0,9)	0,10 (3,5)	0,02 (0,03)

Примечание: курсивом выделены аномально повышенное содержание элементов и значения КБП
Note: abnormally high content of elements and values of CBA are highlighted in italics

Поверхностные воды. Основное влияние на химический состав поверхностных вод района оказывают геохимические особенности Калгутинского рудного поля, с которого берут начало водотоки района. Инфраструктура рудника воздействует на речные воды и их донные отложения локально, главным образом, на участке штольневое хозяйство и в зоне влияния УПО [7].

В р. Жумалы и составляющих ее реках Левая и Правая Жумалы установлены три группы загрязнителей, основная из которых представлена элементами руд, вторая – нефтепродуктами, третья – флотореагентами и их компонентами.

В воде и в сопряженных донных отложениях этих рек выявлены два природно-техногенных гидро(лито)химических потока

загрязняющих веществ. Основной из них начинался в приустьевой части р. Левая Жумалы на участке УПО и протягивался вниз по р. Жумалы на расстояние более 5 км. Комплекс его экотоксикантов включал рудные элементы, сульфаты, соединения азота, флотореагенты, нефтепродукты, поступавшие при фильтрации и сбросах технологических вод из хвостохранилища УПО.

Другой второстепенный по спектру и интенсивности загрязнения поток начинался в районе штольни 18 и протягивался вниз по р. Правая Жумалы на расстояние 2...3 км (рис. 3). Он имел природно-техногенное происхождение, поскольку создавался отвалами штольни 18 и деятельностью добычного участка.

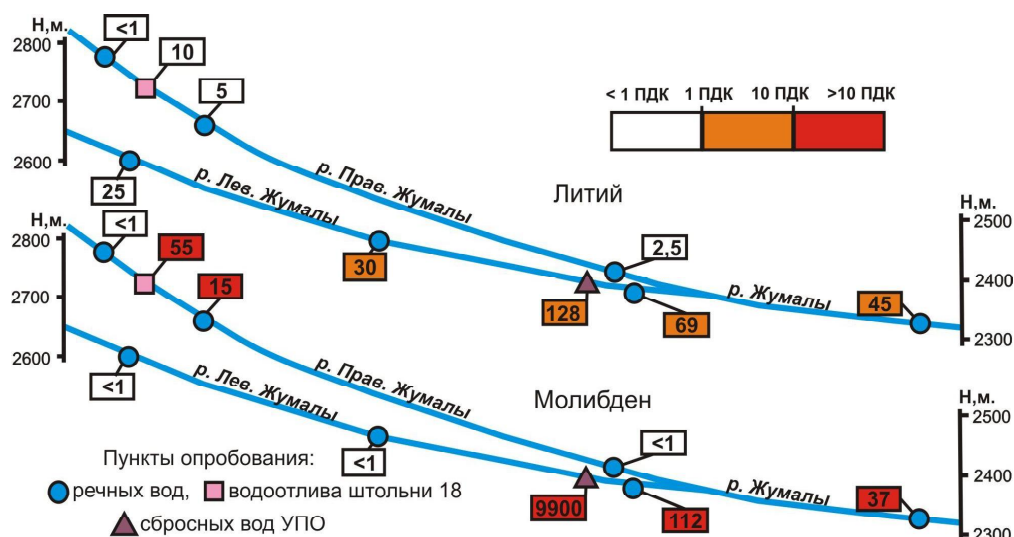


Рис. 3. Содержание Li и Mo в гидрохимических потоках рассеяния, мкг/дм³ /
Fig. 3. Li and Mo content in hydrochemical scattering streams, mcg/dm³

В период деятельности рудника в воде этих рек наблюдались anomalously повышенные (до 10 ПДК и более) концентрации элементов, присутствующих в перерабатываемых рудах: молибден до 469 мкг/дм³, вольфрам – 70, литий – 128, медь – 16,3, цинк – 59, ртуть – до 0,42 мкг/дм³. Максимальное содержание рудных и сопутствующих им элементов определено рядом с устьем р. Левая Жумалы и истоком р. Жумалы, куда поступали сбросные воды УПО (см. рис. 3).

В воде р. Левая Жумалы во время работы УПО отмечался устойчивый рост concentra-

ций аммония, нитритов, сульфатов, хлоридов и др., сопровождающийся трансформацией природного гидрохимического типа речной воды. После прекращения транзита фильтрационных потерь и сбросов фабрики произошло быстрое восстановление гидрохимических особенностей воды (рис. 4).

Донные отложения рек района являются чутким индикатором экологического состояния поверхностных вод и, в меньшей степени, почвенного покрова.

В настоящее время донные отложения рек относятся к категории умеренно загряз-

ненных, но из-за продолжающегося поступления в них материала хвостов ожидается их переход в группу сильно загрязненных сред. Содержания основных элементов перерабатываемых руд в них превышали в 2...5 раз фоновый уровень: медь в 4,8 раза, вольфрам – 4, молибден – 3,5, висмут – в 2,5 раза. Определено, что ежегодное увеличение содержания этих металлов в донных осадках составляет в среднем 30 % [8], что сопоставимо с темпами прироста загрязнения почвенного покрова и указывает на

единый источник поступления и общие тенденции поведения рудных элементов в депонирующих загрязнение средах.

Руды и отходы их обогащения. Редкометалльные руды Калгутинского месторождения представлены двумя основными типами – грейзеновыми и жильными. Отработанные рудные жилы характеризуются более высоким, чем грейзеновые руды, содержанием металлов, доля перехода которых в отходы обогащения составляет: вольфрам – 10 %, медь – 43, молибден – до 75 %.

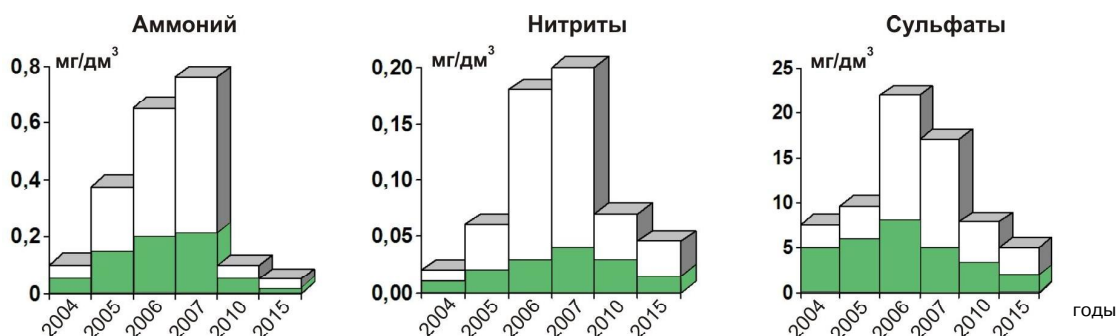


Рис. 4. Тренды состава воды р. Левая Жумалы (подкрашены значения местного фона) / Fig. 4. Trends in water composition of the river Levaya Zhumaly (tinted values of the local background)

Характерно, что второстепенные элементы руд – висмут и бериллий накапливаются в основном в хвостах УПО (табл. 4), которые являются ценным вторичным сырьем,

представляющим собой механически дезинтегрированные руды со сниженным уровнем содержания металлов, извлекаемых в товарные продукты обогатительной фабрики.

Таблица 4 / Table 4

Содержание ТМ в рудах, отходах обогащения и донных отложениях, г/т / Content of heavy metals in ores, enrichment waste and bottom sediments, g/t

Объекты / Objects	Cu	Zn	Pb	Li	Be	W	Mo	Bi	Hg
Грейзеновые руды / Greisen ores	1711	142	20	335	41	1093	3000	71	4
Жильные руды / Vein ores	5746	633	194	300	111	13000	7122	1570	10
Хвосты УПО / Tailings EPT	2450	110	93	93	233	1267	5333	2333	6
Донные осадки / Bottom sediment	150	62	20	50	20	600	200	15	1-2

Технологические воды УПО. Загрязнители технологических оборотных вод УПО представлены тремя основными группами, из которых наибольшую опасность для окружающей среды представляет ассоциация рудных элементов, в меньшей степени – применяемые на фабрике химические реагенты. Загрязнение технологических вод компонентами солевого состава в целом незначитель-

ное, кроме соединений минерального азота и сульфатов.

Распределение максимальных концентраций этих экотоксикантов в сбросных водах рудника и загрязненных ими речных водах района свидетельствует об их закономерном увеличении в ряду: р. Правая Жумалы – р. Левая Жумалы – водоотлив штольни 18 – хвостохранилище УПО, то есть в на-

правлении от реципиентов загрязнения к их источникам. При этом в сбросных водах концентрации большинства загрязнителей (в речных водах в основном рудных элементов)

на 1...3 порядка превышают ПДК для вод водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение, к каковым относится р. Жумалы (рис. 5).

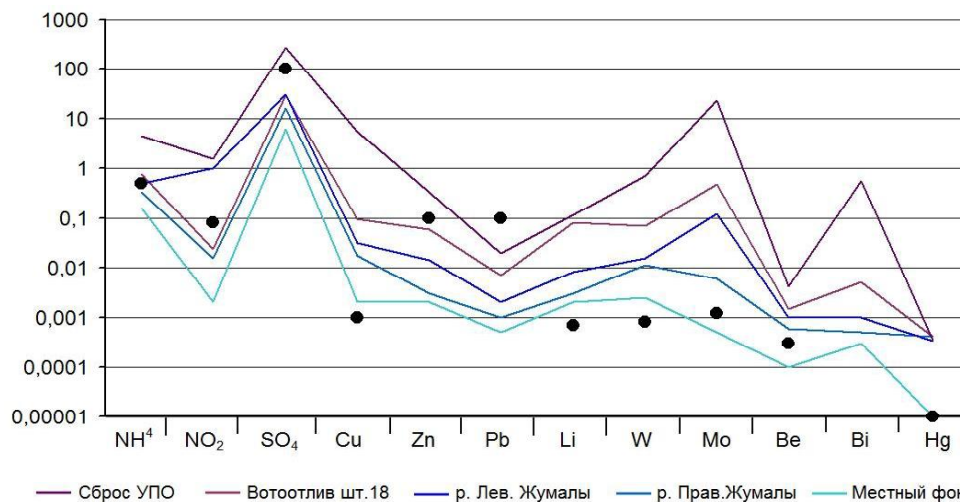


Рис. 5. Максимальные концентрации загрязнителей в сточных и речных водах (пуансонами показаны ПДК для вод водоемов рыбохозяйственного назначения), мг/дм³ / Fig. 5. Maximum concentrations of pollutants in wastewater and river water (punches are shown MPC for waters of reservoirs of fishery appointment), mg/dm³

Показатели опасности минеральных объектов и отходов. Установлено, что рудовмещающие породы Калгутинского месторождения практически не опасны для окружающей среды (5 класс), а хвосты обогащения руд относятся к малоопасным и реже – к умеренно опасным отходам – 3 и 4 классы опасности. Наибольший вклад в токсичность хвостов УПО вносят рудные элементы: молибден – 39 %, висмут – 24, бериллий – 15, медь – 10 % [9].

Технологические воды УПО относились к гипертотоксичным (1 и 2 классы) водам (безвредная кратность разбавления до 50120). Основной вклад в их биотоксичность также вносили элементы руд и химические реагенты [8].

Кроме охарактеризованного химического загрязнения компонентов природной среды, в районе Калгутинского рудника присутствует опасный радиационный фактор, представленный рядом непромышленных проявлений урана, тория и продуктов их распада, а также заметным накоплением радиоактивных элементов в продуктах обогащения редкометалльных руд [1].

Наиболее негативными в радиозоологическом плане являются чрезвычайно высокие концентрации радона в подземных горных выработках, в том числе в эксплуатационной

штольне 18 (до 19740 Бк/м³ в период консервации), на два порядка превышающие установленные санитарно-гигиенические нормы [2].

Заключение. Хозяйственная деятельность Калгутинского рудника оказала в целом умеренное воздействие на экологическое состояние компонентов окружающей среды района, но сформировала опасно повышенное загрязнение комплексом рудных и сопутствующих им элементов 1...3-го классов опасности депонирующих природных сред в зоне влияния хвостохранилища обогатительной фабрики.

Основным фактором негативного воздействия объектов рудника на природные среды являлись токсичные технологические и сбросные воды обогатительной фабрики и, в меньшей степени, хвосты обогащения руд.

Наложённое загрязнение природных сред проявилось в виде вторичных ореолов и потоков рассеяния, создавших сложноочаговую экогеохимическую обстановку в зонах влияния основных объектов инфраструктуры рудника.

Современная геоэкологическая обстановка в районе рудника находится в целом на условно благоприятном уровне, а на участке хвостохранилища УПО – на малоблагоприятном уровне для почв, речных вод и их донных отложений.

Список литературы

1. Бабкин Д. И., Поцелуев А. А., Котегов В. И. Экологически опасные элементы в геоэкологических образованиях Калгутинского Мо-W месторождения // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: сб. ст. Томск: ТПУ, 2003. С. 211–213.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2018 году. URL: https://www.mpr-ra.ru/docs/nedra-info/Doklad_2018.pdf (дата обращения: 02.11.2019). Текст: электронный.
3. Кац В. Е. Загрязнение приземной атмосферы в районе рудника Калгуты // Природные ресурсы Горного Алтая. 2004. № 1. С. 72–74.
4. Поцелуев А. А., Рихванов Л. П., Владимиров А. Г., Анникова И. Ю., Бабкин Д. И., Никифоров А. Ю., Котегов В. И. Калгутинское редкометалльное месторождение (Горный Алтай): магматизм и рудогенез. Томск: STT, 2008. 226 с.
5. Пузанов А. В., Бабоскина С. В., Робертус Ю. В., Горбачев И. В., Любимов Р. В. Формирование техногенных ландшафтов и загрязнение окружающей среды под влиянием горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий Алтая // Мир науки, культуры, образования. 2007. № 1. С. 5–10.
6. Пузанов А. В., Робертус Ю. В., Любимов Р. В., Киватцкая А. В., Павлова К. С. Обзор экологических проблем на территории Республики Алтай // Проблемы региональной экологии. 2015. № 2. С. 32–37.
7. Сакладов А. С. Характер и масштабы влияния на окружающую среду отходов горнодобывающих предприятий Республики Алтай: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук: 25.00.36. Томск: 2008. 22 с.
8. Сакладов А. С., Робертус Ю. В., Любимов Р. В. О влиянии Калгутинского рудника на экологическое состояние окружающей среды // Геоэкология Алтае-Саянской горной страны. 2007. № 1. С. 91–95.
9. Potseluev A. A., Babkin D. I., Kotegov V. I. The Kalguty complex deposit, the Gorny Altai: mineralogical and geochemical characteristics and fluid regime of ore formation // *Geology of Ore Deposits*. 2006. Vol. 48, No. 5. P. 384–401.
10. Annikova I. Yu., Borisenko A. S., Borovikov A. A., Goverdovskiy V. A., Kruk N. N., Naumov E. A., Obolenskiy A. A., Pavlova G. G., Travin A. V., Tretyakova I. G., Vladimirov A. G. The South-Chuya ridge and the Ukok plateau (Southern part of Gorny Altai) // *Metallogeny of the Southern Altai (Russia) and Northwestern Mongolia ore district, Permian-Triassic boundary: guidebook of field excursion*. London-Novosibirsk, 2007. P. 63–77.

References

1. Babkin D. I., Potseluev A. A., Kotegov V. I. *Problemy poiskovoy i ekologicheskoy geohimii Sibiri: sb. st.* (Problems of prospecting and ecological Geochemistry of Siberia: collected articles). Tomsk: TPU, 2003, pp. 211–213.
2. *Doklad o sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchey sredy Respubliki Altay v 2018 godu* (Report on the state and environmental protection of the Altai Republic in 2018). URL: https://www.mpr-ra.ru/docs/nedra-info/Doklad_2018.pdf (Date access: 02.11.2019). Text: electronic.
3. Kats V. E. *Prirodnye resursy Gornogo Altaya* (Natural resources of the Gorny Altai), 2004, no. 1, pp. 72–74.
4. Potseluev A. A., Pikhvanov L. P., Vladimirov A. G., Annikova I. Yu., Babkin D. I., Nikiforov A. Yu., Kotegov V. I. *Kalgutinskoe redkometallnoe mestorozhdenie (Gorny Altay): magmatizm i rudogenez* (Kalgutinskoye rare metal Deposit (Mountain Altai): magmatism and ore genesis). Tomsk: STT, 2008. 226 p.
5. Puzanov A. V., Baboshkina S. V., Robertus Yu. V., Gorbachev I. V., Lyubimov R. V. *Mir nauki, kultura, obrazovaniya* (World of science, culture, education), 2007, no. 1, pp. 5–10.
6. Puzanov A. V., Robertus Yu. V., Lyubimov R. V., Kivatckaya A. V., Pavlova K. S. *Problemy regionalnoy ekologii* (Problems of regional ecology), 2015, no. 2, pp. 32–37.
7. Sakladov A. S. *Harakter i masshtaby vliyaniya na okruzhayushchuyu sredyu othodov gornodobyvayushchih predpriyatiy Respubliki Altay: avtoref. dis. ... kand. geol.-miner. nauk: 25.00.36* (The nature and extent of environmental impact of waste from mining enterprises of the Altai Republic: abstract. dis. ... cand. geol.-miner. sciences: 25.00.36). Tomsk, 2008. 22 p.
8. Sakladov A. S., Robertus Yu. V., Lyubimov R. V. *Geoekologiya Altae-Sayanskoy gornoj strany* (Geoecology of the Altai-Sayan mountain country), 2007, no. 1, pp. 91–95.
9. Annikova I. Yu., Borisenko A. S., Borovikov A. A., Goverdovskiy V. A., Kruk N. N., Naumov E. A., Obolenskiy A. A., Pavlova G. G., Travin A. V., Tretyakova I. G., Vladimirov A. G. *The Metallogeny of the Southern Altai (Russia) and Northwestern Mongolia ore district, Permian-Triassic boundary: guidebook of field excursion* (The Metallogeny of the Southern Altai (Russia) and Northwestern Mongolia ore district, Permian-Triassic boundary: guidebook of field excursion). London-Novosibirsk, 2007, pp. 63–77.
10. Potseluev A. A., Babkin D. I., Kotegov V. I. *Geology of Ore Deposits* (Geology of Ore Deposits), 2006, vol. 48, no. 5, pp. 384–401.

Коротко об авторах

Робертус Юрий Владимирович, канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия. Сфера научных интересов: геология полезных ископаемых, геоэкология
ariocol@mail.gornyu.ru

Рихванов Леонид Петрович, д-р геол.-минер. наук, профессор отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия. Сфера научных интересов: геология полезных ископаемых, геоэкология
rikhvanov@tpu.ru

Briefly about the authors

Yuriy Robertus, candidate of geological and mineralogical sciences, leading researcher, Institute of Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia. Scientific interests: geology of mineral resources, geoecology

Leonid Rikhvanov, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, Geology department, Engineering School of Natural resources, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. Scientific interests: geology of mineral resources, geoecology

Образец цитирования

Робертус Ю. В., Рихванов Л. П. Геоэкологическая обстановка в районе Калгутинского рудника (Республика Алтай) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 1. С. 34–43. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-1-34-43.

Robertus Yu., Rikhvanov L. Geoecological situation in the area of Kalguty mine (Altai Republic) // Transbaikal State University Journal, 2020, vol. 26, no. 1, pp. 34–43. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-1-34-43.

Статья поступила в редакцию: 06.12.2019 г.

Статья принята к публикации: 14.01.2020 г.