

## ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Грязнов О. Н.

Предложена типизация природных источников загрязнения природной и окружающей среды. Детально рассмотрены горные породы, руды и геохимические ореолы месторождений твердых полезных ископаемых в качестве существенных природных источников загрязнения.

*Ключевые слова:* природные источники загрязнения; природная, окружающая среда.

*Природная среда*, по В. Д. Ломтадзе, – сложившиеся как целостная система естественно-исторические условия рассматриваемой территории, обусловленные сочетанием растительного и животного мира, почвенного покрова, рельефа, геологического строения, распространения природных вод, атмосферных, гидрогеологических и геологических процессов и явлений и т. д. Природная среда – это «условия жизни и деятельности человека, общества» [1]. *Окружающая среда*, в понимании В. Д. Ломтадзе, это «природная среда с искусственно созданными материальными объектами, процессами и явлениями». Иными словами, это природная среда урбанизированных территорий.

При обсуждении вопросов химического и радиоактивного загрязнения природной среды в опубликованных работах и документах экологического содержания, как правило, рассматриваются техногенные источники. Вместе с тем огромное количество загрязнителей (по объему и массе) во все компоненты природной среды поступает от природных источников. Основные типы природных источников, их компоненты и состав загрязнителей отражены в табл. 1. Не комментируя содержания таблицы, остановимся на рассмотрении такого широко распространенного в природе и имеющего чрезвычайно важное значение источника как горные породы и руды месторождений твердых полезных ископаемых. Месторождения твердых полезных ископаемых сопровождаются геохимическими ореолами элементов-индикаторов. Наиболее контрастные ореолы свойственны эндогенным (магматогенным и метаморфогенным) месторождениям рудных полезных ископаемых. Вокруг рудных тел (РТ) таких месторождений формируются первичные эндогенные

литогеохимические ореолы, совмещенные, как правило, с ореолами гидротермально измененных околорудных пород (околорудных метасоматитов).

Околорудные изменения часто являются сложными многостадийными образованиями, развивающимися как до рудоотложения и одновременно с ним, так и после него. Происходящие при этом под действием гидротермальных растворов минеральные преобразования совершаются за счет привноса-выноса и перераспределения породообразующих химических элементов. Образование первичных эндогенных геохимических ореолов также может происходить многостадийно, однако преимущественно они формируются во время привноса и отложения рудного вещества в рудную стадию. Процесс образования сопряженных эндогенных геохимических ореолов, накладываясь на генетически связанные с ними метасоматически измененные породы, приводит к дальнейшему изменению химического и минерального составов этих пород.

Критериями генетической связи измененных горных пород, руд и геохимических ореолов являются [2, 3]: идентичные геологоструктурные условия образования; близкий возраст измененных пород, руд и сопряженных геохимических ореолов; пространственная связь ореолов метасоматитов, рудных тел и их геохимических ореолов; близкие РТ условия образования; металлогеническая специализация метасоматитов; сходство геохимических спектров метасоматитов, руд и их эндогенных ореолов.

Размеры первичных эндогенных ореолов обычно значительно превышают размеры рудных залежей. В общем случае устанавливается прямая зависимость: чем больше руд-

ные тела, тем больше их эндогенные ореолы; чем выше концентрация элемента в рудном теле, тем интенсивнее и шире его ореол. Отношение размеров эндогенных ореолов и рудных тел практически всегда больше 1. Обычно это отношение измеряется единицами,

но может достигать 10–15 и более. Размеры ореолов обычно зависят от структурно-текстурных особенностей рудных тел. Более широкие ореолы возникают вокруг прожилково-вкрапленных руд, чем вокруг жильных или линзообразных тел с контрастными рудами [2].

Таблица 1

**Природные источники загрязнения природной и окружающей среды**

Природные источники загрязнения	Компоненты источников загрязнения	Состав загрязнителей
Вулканическая деятельность: – извержения вулканов (особенно эксплозивные, эруптивные); – сольфатары, фумароллы	Выбросы пепла, пыли, обломков горных пород, лав, паров, газов  Парогазовые струи	Химические элементы горных пород, H <sub>2</sub> O (пары), газы: SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , HCl, Ar и др.  H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , HCl, F, Fe, Mn, Ti, V, Mo, Pb, Zn, S, Ge и др.
Горные породы, руды МПИ (твердых полезных ископаемых)	Рудовмещающие горные породы (в т. ч. околорудные метасоматиты), руды (балансовые, забалансовые)	Химические элементы первичных ореолов, вторичных ореолов рассеяния. Их состав определяется генетическим типом МПИ
Газы горных пород и подземных вод	Газы горных пород и подземных вод	He, Rn, Tn, Ar <sup>40</sup> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CnHn и др.
Газы рудных, угольных, нефтяных и газовых месторождений	Попутные газы руд, углей, нефтей; газовые и газоконденсатные месторождения	He, Rn, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , CnHn, пары Hg и др.
Газы болотные	Газы, образующиеся при разложении растительных остатков	CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
Пыльные бури, смерчи, торнадо	Почва, пыль, песчано-глинистые горные породы	Химические элементы почв, горных пород
Поверхностные и подземные воды аномального химического состава	Морские воды, речные, озерные воды аномального состава, воды минеральные, нефтяных и газовых месторождений	Химические элементы вод аномального состава при загрязнении питьевых подземных вод
Процессы испарения и инсоляции в аридной зоне	Засоление почв	Соли Na, K, Ca, Mg, Fe и др.
Космические источники	Метеориты (хондриты, сидериты, сидеролиты, аэролиты), метеоритная пыль	Fe, Ni, S, Pb и др., породообразующие химические элементы
Органические отходы жизнедеятельности животных и птиц	Экскременты	Сорг, типоморфные химические элементы ландшафтов (среды обитания)

Поскольку рудное тело и его ореол во вмещающих породах являются результатом единого процесса и имеют условную границу, проводимую по геолого-экономическим показателям, то суммарное количество металла, привнесенного в зону оруденения, складывается из запасов металла в рудном теле и эндогенном ореоле. Пропорциональности между этими величинами, по-видимому, не существует. Рудные тела, отложившиеся в открытых трещинных структурах, не сопровождаются сколько-нибудь значительными ореолами, в

то же время запасы металлов в ореолах некоторых гидротермально-метасоматических месторождений в несколько раз превышают их запасы, сосредоточенные в рудных телах [2].

При выходе в зону гипергенеза в корках выветривания и покровных отложениях по первичным эндогенным ореолам развиваются вторичные гипергенные (остаточные, наложенные) геохимические ореолы рассеяния в твердой, жидкой, газовой и биогенной фазах (лито-, гидро-, атмо- и биогеохимические ореолы) [2]. Занимая значительные площади,

такие ореолы представляют существенный природный источник геохимического загрязнения природной среды.

Геохимическая специализация рудоносных метасоматических формаций и связанных с ними рудных формаций, отражающая состав геохимических ореолов магматоген-

ных и метаморфогенных месторождений, приведена в табл. 2. Элементный состав первичных ореолов месторождений различных типов отражен в табл. 3.

По данным Л. Н. Овчинникова (1988), к концу третьей четверти XX столетия на Урале отработано свыше 200 рудных месторожде-

Таблица 2

**Геохимическая специализация рудоносных метасоматических формаций [2, 3]**

Формации (субформации, фации), T, °C	Ведущие минеральные ассоциации	Баланс вещества (+ привнос, – вынос)	Геохимическая специализация
<i>Плутоногенные формации</i>			
Магнезиальных скарнов (800–450)	Форстерит + пироксен + шпинель + флогопит + магнетит	+Fe, (±Mg, Si, Al) – K, Na	Fe, Mg( ?), B
Известковых скарнов (740–380)	Гранат + пироксен + скаполит + эпидот + магнетит	+Fe, (±Ca, Si, Al) – K, Na	Fe, Ca, Mn, Ti, V, Cu, Ni, Co; Mg, Au, Ag, Pb, Zn, W, Mo, Sn, Bi, U
Фенитовая (700–400)	Микроклин + альбит + нефелин + пироксен + амфибол	+ K, Na, Al – Si, Ca, Mg	Nb, Ta, Zr, Hf, TR, Y, Be, Ba, Sr, Th, U; Cr, Be
Полевошпатовых метасоматитов (600–400)	Микроклин + плагиоклаз (олигоклаз, альбит) + кварц + биотит + (мусковит)	+ K, Na, (Al, Si) – Fe, Mg, Ca	Ta, Nb, Sn, Be, Li, Rb, Cr, B, F
Альбитовая (апогранитная) (400–350)	Альбит + (микроклин + кварц + эгирин)	+ Na, (Al) – K, Si Fe, Ca, Mg,	Na, Ta, Nb, TR, Zr, Th, U, Be, Sn, Mo, W, (F, Li, Rb, Cs)
Щелочных полевошпатовых метасоматитов (500–400)	Микроклин + альбит + рибекит + эгирин	+ K, Na, (Al) – Si, Fe, Mg, Ca	K, Na, Rb, Ta, Nb, Zr, Hf, TR, U, (Be, Mo, Pb, Zn); Y, Cr, Ni, Co, Sr, Ba
Альбитовая (апомиаскитовая) (500–400; 330–300)	Альбит + эгирин + рибекит	+ Na, (Al) – Si, K, Fe, Mg, Ca	Na, Ta, Nb, Zr, TR
Грейзеновая Фации: – мусковит-полевошпатовая, мусковитовая, флюорит-мусковитовая (500–350) – кварц-мусковитовая (400–300) – мусковит-кварцевая (380–260) – слюдитовая (400–200)	Микроклин + мусковит, альбит + мусковит; мусковит; флюорит + мусковит, флюорит  Мусковит + кварц + (турмалин + флюорит)  Кварц + мусковит + (турмалин, топаз, флюорит)  Флогопит + (мусковит – маргарит)	+ Fe, Si, K, (Na) – Fe, Mg, Mn, Ca  + Fe, Si, K – Fe, Mg, Ca, Mn  + Fe, Si, K – Fe, Mg, Mn, Ca  + F, Si, K, Mg, Li, Be, Fe – Na, Ca; ± Al	F, K, Be, Sn, W, Mo, Rb, Cr  F, K, Si, Mo, Bi, W, Be, Sn, Rb, Y, Yb, Pb, Cu  F, Si, K, Mo, Sn, Be, Rb, Cu, Zn, Ag, Ba, Bi, Co, Ni  F, Si, K, Be, Li, Rb, Mo, B, Pb, Zn, Cu, Sn
Кварц-турмалин-хлоритовых метасоматитов (400–300)	Кварц + серицит + хлорит + турмалин	+ B, Al, Fe, Mg, Na – Ca, (±Si, K)	B, F, Cl, Sn, Mo, Cu, Au, As
Серпентинитовая (370–300)	Хризотил + хризотил-асбест + магнетит	± Si, Mg, Ca, Fe – K, Na, Ti, Mn	(?)
Уралитовая (800–650)	Роговая обманка + титаномагнетит; амфибол + биотит	+ Fe, Ti, (K, Na) – Si, Al, (±Mg, Ca)	Fe, Ti, V, Cr, Mn, Pt, Pd, Se, Ge, P, Au, Ag, Ni, Co, Cu

Формации (субформации, фации), T, °C	Ведущие минеральные ассоциации	Баланс вещества (+ привнос, – вынос)	Геохимическая специализация
<i>Плутоногенно-вулканогенные формации</i>			
Пропилитовая (?)	Эпидот + хлорит + альбит + карбонат + кварц + пирит; эпидот + хлорит + актинолит + кварц + магнетит; эпидот + хлорит + альбит + кварц → эпидот + кварц	+ Si, Na, (K) – Mg, Ca, (±Fe)	Na, Si, Cu, Zn, Pb, Ag, Sc, Mo, Ba, Sr, Be, Zr, Ti, Mn, V, Cr, Ni, Co, Ga; Fe; Au
Оксеталитовая (310–210)	Калишпат + кварц + турмалин + серицит + карбонат; калишпат + кварц + серицит; кварц + турмалин + серицит; кварц + серицит	+ Si, K – Na, Mg, Ca, (±Fe)	Si, K, Cu, Mo, Co, Ni, Ag, Au, Sn, Bi, Pb, Zn, Se, Te B; Ba, Zr, Y, Yb; Rb, As, Cd
Кварц-серицитовых метасоматитов (400–200)	Кварц + серицит + рутил + пирит	+ Si, K, S – Na, Ca, Mg	Pb, Zn, Ba, Ag, Cu, S, Au, Cd, Se, As, Sb, Ge
Лиственит-березитовая (390–210; 330–250)	Кварц + серицит + карбонат + пирит; кварц + карбонат + фуксит (серицит) + пирит	+ CO <sub>2</sub> , S, K (±Si) – Na, (±Mg, Ca, Fe, Cr)	CO <sub>2</sub> , K, Au, U, Cu, As; Zn, Pb, Sn, Mo, Bi; Mn, Ag, Sb; Co, Ni, W, Ba, Cd, Yb, Y
Гумбеитовая (360–275)	Ортоклаз + анкерит + пирит; калишпат + доломит + (кварц) + пирит	+ CO <sub>2</sub> , K, (±Al) – Si, Na, Ca, Mg, Fe	K, W, Mo, Bi, Sn, U, Cu, Zn, Pb, Au, Ag, V, As
Эйситовая (300–230)	Кварц + альбит + гематит; альбит + кальцит + гематит; кварц + хлорит + альбит; альбит + анкерит; альбит + апатит; кварц + альбит + карбонат + кимрит	+ CO <sub>2</sub> , Na, (Mg, Ba) – K, Ca, (±Si, Fe)	Na, CO <sub>2</sub> , Ba, Pb, Zn, Ag, Co, Ni, Cu, Mo, V, Mn, Ti; Mg, Fe, Au; U, P, Zr
Гидрослюдистых метасоматитов (300–100)	Гидрослюда + кварц; гидрослюда + хлорит; гидрослюда + карбонат	+ CO <sub>2</sub> , K, (Al), P – Fe, Ti, Mg, Ca, Mn	K, Si, (SO <sub>2</sub> ), U, Pb, Zn, Mo, Zr, Sn, Cu, Y, Yb, Be, La, Ba, Ag
Аргиллизитовая (≤ 150)	Кварц + гидрослюда + монтмориллонит + каолинит	+ Si, K, (Al), P – Na (±Fe, Mg, Ca), Mn	K, P, U, Mo, Be, Yb, Y, Zr, Pb; Au, Ag, Zn, Bi, Cu, Ni; V, Ba; Hg, Sb
Карбонатитовая (≤ 600)	Биотит + пироксен + амфибол + плагиоклаз + кальцит; кальцит + биотит + альбит; кальцит + полевые шпаты; кальцит	+ CO <sub>2</sub> , Ca, Mg, P, (Ti), (±Fe) – Si, Al, K, Na, Mn	Ca, Mg, CO <sub>2</sub> , P, Ba, Sr, Nb, Ta, TR, Zr, Th, U, Ti, V, Cr, Co, Mn; Mo, Cu, Zn
<i>Вулканогенные формации</i>			
Аргиллизитовая сольфаторно-фумарольная (275–100)	Монтмориллонит + каолинит + цеолиты + опал + халцедон + тримит + кристобалит	+ Si, Al, (Mg, Mn) – Fe, (±Ti, Ca)	Al, Sr, Mn, Mg
Вторичных кварцитов (500–250)	Кварц + серицит + алунит + пирофиллит + диаспор + андалузит + зуннит + корунд + топаз + рутил + пирит	+ S, Si, F, Cl, (Al, Ti, K) – Mg, Ca, Na, (±Fe), Mn	Al, Ti, K, S, F, Cl
Кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов (420–280; 230–140)	Серицит + хлорит + кварц + пирит	+ Si, S, (±Al), K – Ca, Mg, (±Na, Fe)	Si, S, K, Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mo, W, Ba
<i>Формации, связанные с плутонометаморфизмом и зональным региональным метаморфизмом</i>			
Мусковит-полевошпатовых метасоматитов (680–650)	Калишпат + плагиоклаз + кварц; мусковит	+ K, Na, Si* – Fe, Mg, Ca	K, Na, Si

Формации (субформации, фации), T, °C	Ведущие минеральные ассоциации	Баланс вещества (+ привнос, – вынос)	Геохимическая специализация
Гематит-магнетит-кварцевая (500–150)	Гематит + магнетит + кварц	+ Si, (Fe)* – K, Na, Ca + Si, (Al)* Fe, Mg, Mn, Ca	Fe, Si, Mg, Cr, Ni, Co, Au, Ag; Ti, S, P, V, Ba, Zn; Mn, Cu, Pb, Ce, Y, Yb
Кианит (силлиманит)-мусковит-кварцевая (520–390) Фации: – кварц-мусковитовая – кварц-кианитовая, кварц-силлиманитовая	Мусковит + кварц Кианит + кварц; силлиманит + кварц	+ Si, (K)* – Fe, Mg, Mn, Ca + Si, (Al)* Fe, Mg, Mn, Ca	Si, (K) Si, (Al)
Антофиллитовая (750–650)	Тальк + карбонат + антофиллит + антофиллит-асбест	+ Si* ±Mg, Fe	Si, (Mg, Fe)
Рутил-кварцевая (610–300)	Рутил + гранат + слюда; рутил + кварц	+ Si, (Ti)* K, Na, (Fe), Mg, Ca	Si, Ti
Родонитовая (510–300)	Родонит + бустам + тефроит + спессаргин; родохрозит; кварц	+ Si, (Mn)* – Fe, Ti, Al, Mg, Ca	Si, (Mn)
Тальк-магнезитовая (500–350)	Тальк + карбонат (магнезит); тальк	+ Si, (Mg)* Fe, Ti, Mn, Al	Si, Mg
Кварцево-жильная хрусталеносная (400–160)	Серицит + хлорит + альбит + кварц; монтмориллонит + гидрослюда + каолинит + кварц	+ Si, (K, Na) – Fe, Ti, Mg, Ca, Mn	Si, (K, Na)

*Формации, связанные с ультраметаморфизмом и гранитизацией в структурах щитов*

Магнезиальных скарнов Фации: – магматического замещения (850–650) – постмагматической стадии (600–450)	Пироксен + плагиоклаз + форстерит + шпинель + кальцит + доломит Пироксен + плагиоклаз + форстерит + шпинель + кальцит + доломит + ортоклаз + скаполит + паргасит + флогопит	+ Si, Al, Fe – CO <sub>2</sub> , Mg, Ca  + Si, Al, Fe – CO <sub>2</sub> , Mg, Ca	Fe, Mg  Fe, Na, B
Калиевых метасоматитов (микроклиновая) (600–450)	Микроклин + биотит	+ K, Al, Fe, F – Si, Na	K, F, U, Th, Mo, P, Zr, TR, Be, Sn, Zn, Pb, Li, Rb, Nb
Натриевых метасоматитов (альбитовая) (450–300)	Альбит + эгирин + рибекит + эпидот + хлорит + гематит	+ Na – Si, K	U, P, Zr, TR, Th
Калинагровых (кварц-альбит-микроклиновых) метасоматитов (квальмитов) (600–500)	Кварц + альбит + микроклин + лепидомелан + рибекит + эгирин	+ Na – Ca, Mg	Ta, Nb, F, Zr, Mo, TR, Y, Sn, Pb, U, Th

*Полигенные формации*

Железо-магнезиальных карбонатных метасоматитов (330–250)	Сидерит + доломит + магнезит	+ CO <sub>2</sub> , Fe, Mg – Si, Al, Ti, K, Na	Fe, Mg, CO <sub>2</sub> , Cu, Mn, Ba, Au, Pb, Ag
--	------------------------------	---	--

\* За счет перераспределения компонентов исходных горных пород, либо с частичным привнесом – выносом.

ний различных генетических типов. В. А. рождений твердых полезных ископаемых Прокин (2002) называет свыше 100 место- Уральской металлогенической провинции,

находящихся в разработке, либо законсервированных, либо находящихся в резерве геологоразведочных работ. Приведенные

цифры характеризуют весьма высокую минерагеническую продуктивность Уральского складчатого пояса на твердые полез-

Таблица 3

Элементный состав первичных ореолов различных месторождений [4]

Тип месторождений	Элементный состав*
Редкометалльные пегматиты	Li, Rb, Cs, Nb, Sn, Ta, W, Be, As, F, B
Медно-никелевые	Cu, Ni, Co, Ba, Pb, Zn, Ag, Bi, Sn, Be, W, I, Br
Медноколчеданные	Ba, Ag, Pb, Cd, Zn, Bi, Cu, Co, Mo, As, Hg, I, Br
Вольфрам-молибденовые в скарнах	Ba, Ag, Pb, Zn, Sn, Cu, W, Mo, Co, Ni, Be, W, B
Висмутовые в скарнах	As, Pb, Ag, Zn, Co, Cu, Bi, Ni, B
Оловорудные	Sn, Pb, As, Cu, Bi, Zn, Ag, Mo, Co, Ni, W, B, F, I
Полиметаллические в скарнах	Ba, As, Sb, Cd, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Ni, Co, Mo, Sn, W, Be, B, I
Золоторудные	Ba, Au, Sb, As, Ag, Pb, Zn, Mo, Cu, Bi, Co, Ni, W, Be, I
Медно-порфиновые	Ba, As, Sb, Ag, Pb, Zn, Au, Bi, Cu, Mo, Sn, Sn, Co, W, Be, I
Медные	Sr, Ba, As, Pb, Zn, Ag, Sn, Cu, Bi, Co, Ni, Mo, Hg, I
Медно-молибденовые	Cu, Mo, As, Ag, Pb, Zn, Bi, Co, Ni, Be, W
Полиметаллические	Cd, Ba, Sb, As, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Mo, Co, Sn, W, Sr, Hg, I
Урановые	U, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, Co, Ni, V, As
Стратиформные свинцово-цинковые	Ba, As, Cu, Ag, Pb, Zn, Co, Ni, Sn, Mo, W
Сурьмяно-ртутные	Ba, Sb, Hg, As, Cu, Ag, Pb, Zn, Be, Co, Ni, W, Sn
Ртутные	Sb, Hg, Ba, Ag, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Sn, Mo, W, As
Общий перечень элементов-индикаторов	Li, Pb, Cs, Hg, Au, U, Ta, Sn, W, Be, Ba, Cd, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, Co, Ni, As, Sb, Zr, Nb, V, Mn, Sr, F, B, I, Br

\* В рядах элементы перечислены в порядке уменьшения контрастности ореолов.

ные ископаемые различных геолого-промышленных типов. С учетом широкого генетического разнообразия свойственных

им геохимических ореолов, они представляют чрезвычайно существенный по масштабам природный источник химического

Таблица 4

Количество золота, серебра и сопутствующих химических элементов в отвалах забалансовых руд Воронцовского рудника (по материалам геологоразведочных работ)

Химические элементы	Окисленные гипергенные руды (5385,8 · 10 <sup>3</sup> т)		Первичные (скальные) руды (6265 · 10 <sup>3</sup> т)		Всего, т
	С, г/т	Р, т	С, г/т	Р, т	
Au	0,72	3,88	0,68	4,26	8,14
Ag	4,82	25,96	2,75	17,23	43,19
Zn	600	3231,5	300	1878,5	5111,0
Cu	200	1077,2	150	939,8	2016,8
Pb	200	1077,2	200	1253,0	2330,2
As	740	3985,5	505	3116,8	7149,3
Hg	1,0	5,39	1,0	6,27	11,66
Mn	9000	48472,2	4450	27879,3	76351,5
Ba	1100	5924,4	800	5012,0	10930,4
Sb	60	323,1	85	532,5	855,6
				Итого:	104813,8

и радиоактивного загрязнения природной среды.

Масштабы влияния природных источников загрязнения существенно возрастают при

разработке рудных месторождений. На активной стадии горнорудного техногенеза за счет складирования в отвалах рудовмещающих

горных пород и забалансовых руд накапливаются огромные количества «тяжелых» металлов, которые со временем в условиях дневной поверхности перейдут в подвижное состояние. В качестве примера приведем ориентировочные расчеты, отражающие количество

основных химических элементов из спектра руд, которые накопятся в отвалах горных пород и забалансовых руд после полной отработки Воронцовского полигенного месторождения золота (Северный Урал) открытым способом до глубины 250 м (табл. 4, 5).

Таблица 5

**Количество золота, серебра и сопутствующих химических элементов в отвалах вмещающих околорудных горных пород Воронцовского рудника (по материалам геологоразведочных работ)**

Химические элементы	Рыхлые породы (52616 × 10 <sup>3</sup> т)		Полускальные породы (40560,2 · 10 <sup>3</sup> т)		Скальные породы (25200,1 · 10 <sup>3</sup> т)		Всего, Р, т
	С, г/т	Р, т	С, г/т	Р, т	С, г/т	Р, т	
Au	0,35	18,40	0,31	12,57	0,26	6,55	37,52
Ag	1,12	58,90	1,97	79,90	2,83	71,32	210,12
Zn	300	15785,0	225	9126,0	150	3780,0	28691,0
Cu	300	15785,0	200	8112,0	100	6300,0	30197,0
Pb	300	15785,0	250	10140,0	200	5040,0	30965,0
As	400	21046,0	250	10140,0	105	2646,0	33832,0
Hg	1,0	52,6	1,0	40,56	1,0	26,2	118,36
Mn	4000	210464,0	3875	157170,0	3750,0	94500,0	462134,0
Ba	1300	68401,0	1000	40560,0	700,0	17640,1	126601,3
Sb	30,0	1578,0	30,5	1237,1	31,0	781,2	3596,3
<i>Итого</i>							716382,6

В совокупности в отвалах вмещающих околорудных горных пород и забалансовых руд Воронцовского месторождения после его отработки накопится 821196,4 т «тяжелых» металлов, в т. ч. 108208,52 т химических элементов 1 класса экологической опасности (Hg, As, Pb, Zn). Названные токсиканты находятся в горных породах в рассеянном состоянии, главным образом, в форме сульфидных минералов. С течением времени в условиях воздействия поверхностных факторов (H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, T<sup>0</sup>) произойдет их вскрытие, переход в подвижные сульфатные формы. Миграция токсикантов с подотвальными водами в по-

верхностные воды, почвы, породы зоны аэрации, подземные воды вызовет существенное загрязнение окружающей среды.

Рассмотренные в статье материалы, на наш взгляд, с достаточной убедительностью свидетельствуют о существенном значении природных источников загрязнения природной и окружающей среды, и в частности горных пород, руд, их первичных эндогенных ореолов и вторичных ореолов рассеяния химических элементов месторождений твердых полезных ископаемых. Это необходимо учитывать в процессе геоэкологической оценки территорий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ломтадзе В. Д. Словарь по инженерной геологии. СПб.: СПбГИ, 1999. 360 с.
2. Вершинин А. С., Грязнов О. Н., Чесноков В. И. Теоретические основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. 201 с.
3. Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов. М.: Недра, 1992. 256 с.
4. Инструкция по геохимическим методам поисков эндогенных рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 192 с.

Поступила в редакцию 23 апреля 2014 г.

**Грязнов Олег Николаевич** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.  
E-mail: Gryaznov.O@ursmu.ru