

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ТЕХНОГЕНЕЗА НА УРАЛЕ

О. Н. Грязнов, С. Н. Елохина

Geocological problems of mining technogenesis in the Urals

O. N. Gryaznov, S. N. Elokhina

The authors show representations of "geocology" as a part of geological science, mining industrial technogenesis of active and passive stages. The authors consider types of the technogenic and natural-technogenic geological processes and phenomena associated with the development of solid minerals deposits of the Urals by mining methods: technogenic landscapes and their degradation; subaerial, subaquatic and subterrestrial anthropogenic lithogenesis; hydrogenic processes - drainage of mining and quarry fields, full or partial self-sinking of mine workings, technogenic aeration zones, pouring of mine waters on the surface, flooding and bogging of territories, activation of geochemical and hydrochemical processes, pollution of surface and groundwater; geodynamic processes - landslides, avalanches, landslides in mine workings, activation of technogenic surface gravity-erosion processes; subterranean processes – mountain beats, shooting, destruction of excavations, zones of collapse, technogenic earthquakes, blowouts of groundwaters and quicksands, activation of karst and suffosion processes, underground explosions and fires. The article contains characteristics of the formation processes of technogenic hydro-mineral raw materials - drainage waters of coal and copper-pyrite deposits of the Urals with industrial contents of chalcophilic and lithophilic elements, including rare-earth elements. Authors show that the geocological problems of mining industrial technogenesis are due to the manifestation of dangerous geological processes specific for the active and passive stages of technogenic impact on the environment. Their identification, study, assessment by means of mapping and monitoring observations, and the development forecast will allow developing environmental measures and minimizing the damage caused.

Keywords: geocology; mining industrial technogenesis; active, passive stage; hydromineral resources; dangerous natural and natural-technogenic geological processes.

Приведены представления о «геоэкологии» как разделе геологической науки, горнопромышленном техногенезе активной и пассивной стадий. Рассмотрены типы техногенных и природно-техногенных геологических процессов и явлений, связанных с разработкой месторождений твердых полезных ископаемых Урала горными способами: техногенные ландшафты и их деградация; субаэриальный, субаквальный и субтерральный антропогенный литогенез; гидрогенные процессы – дренаж шахтных и карьерных полей, полное или частичное самозатопление горных выработок, техногенные зоны аэрации, излив шахтных вод на поверхность, подтопление и заболачивание территорий, активизация геохимических и гидрохимических процессов, загрязнение поверхностных и подземных вод; геодинамические процессы – оползни, обвалы, оползни в горных выработках, активизация техногенных поверхностных гравитационно-эрозионных процессов; субтерральный процесс – горные удары, стреляние, разрушение выработок, зоны обрушения, наведенные землетрясения, прорывы подземных вод и плывунов, активизация карстовых и суффозионных процессов, подземные взрывы и пожары. Охарактеризованы процессы формирования техногенного гидроминерального сырья – дренажных вод угольных и медноколчеданных месторождений Урала с промышленными содержаниями халькофильных и литофильных, в том числе редкоземельных элементов. Показано, что геоэкологические проблемы горнопромышленного техногенеза связаны с проявлением опасных геологических процессов, специфических для активной и пассивной стадий техногенного воздействия на окружающую среду. Их выявление, изучение, оценка средствами картографирования и мониторинговых наблюдений, прогноз развития позволяют минимизировать причиняемый ущерб и разрабатывать природоохранные мероприятия.

Ключевые слова: геоэкология; горнопромышленный техногенез; активная, пассивная стадии; гидроминеральные ресурсы; опасные природные и природно-техногенные геологические процессы.

Геоэкология – раздел геологической науки, изучающий экологические проблемы геологической среды и сопряженных с ней приземной атмосферы и поверхностной гидросферы в их взаимодействии. Важнейшая задача геоэкологии – оценка трансформации окружающей среды под воздействием природных и техногенных процессов с целью минимизации причиняемого ущерба и разработки природоохранных мероприятий [1]. В связи с этим знание проблем, связанных с горнопромышленным техногенезом, имеет важное научное и практическое значение. Горнопромышленный техногенез, по Н. И. Плотникову, – это комплекс техногенных и природно-техногенных процессов, связанных с разработкой месторождений твердых полезных ископаемых горными способами [2]. Для Урала они перечислены авторами в [таблице](#), опубликованной в материалах Международной конференции, прошедшей в Бишкеке

в сентябре 2016 г. [3]. Их краткая характеристика приводится в настоящей статье.

Горнопромышленный техногенез формируется в две стадии – активную и пассивную [4]. Стадия активного техногенеза охватывает период разработки месторождения горнодобывающим предприятием (ГДП). Пассивная стадия отвечает периоду прекращения добычных работ, закрытия ГДП и, как принято на Урале, самозатопления горных выработок. В первую стадию активно развиваются *техногенные* геологические процессы, а во вторую функционируют *природно-техногенные* процессы. Те и другие нередко именуют инженерно-геологическими, поскольку они обусловлены инженерной деятельностью человека.

Геоэкологические проблемы активной стадии горнопромышленного техногенеза связаны с формированием техногенного рельефа вследствие складирования вмещающих горных пород и забалансовых руд в отвалы с развитием антропогенного субаэриального литогенеза, карьерных выемок, дорожных насыпей, зон обрушения, карстово-суффозионных провалов; проявлением гидрогенных процессов, охватывающих образование техногенных зон аэрации вследствие дренажа шахтных и карьерных полей, подтопление и заболачивание территорий в связи со сбросом дренажных вод, активизацию геохимических процессов и загрязнение поверхностных и подземных вод; развитием геодинамических процессов (осыпей, обвалов, оползней) в открытых горных выработках и зонах обрушения; субтерральных процессов вследствие перераспределения напряженно-деформированного состояния скальных массивов и представленных горными ударами, стрелянием, разрушением горных выработок, техногенными землетрясениями; прорывами подземных вод и плывунов; активизацией карстовых и суффозионных процессов; взрывами газа и подземными пожарами. Примером проявления горнопромышленного техногенеза активной стадии может служить «Дегтярский техногенез» ([рис. 1](#)).

Особое место в горнопромышленном техногенезе активной стадии занимают процессы формирования техногенного гидроминерального сырья – дренажных вод угольных и медноколчеданных месторождений Урала с промышленными содержаниями ряда химических элементов. К сожалению, большая их часть не использовалась. В 1995 г. горнодобывающие предприятия Свердловской области сбрасывали в речную сеть свыше 80 % дренаж-

Техногенные и природно-техногенные геологические процессы при разработке месторождений твердых полезных ископаемых Урала.

Группы* и классы процессов	Виды процессов и их проявлений	
	Активная стадия горнопромышленного техногенеза (техногенные процессы)	Пассивная стадия горнопромышленного техногенеза (природно-техногенные процессы)
1. Ландшафты	Создание техногенного ландшафта	Деградация ранее образованных и создание новых элементов техногенного ландшафта (карьерные озера и пр.)
2. Антропогенный литогенез	При ведении горных работ	После закрытия предприятия
2.1. Субаэральный	Насыпные грунты: отвалы горных пород и забалансовых руд; при строительстве дорог, рекультивации карьерных выемок, провалов и зон обрушения; намывные грунты: хвосты обогащения	Деградация, физическое и химическое выветривание отвалов горных пород и забалансовых руд и других техногенных образований
2.2. Субаквальный	Техногенный аллювий	Вынос и осаждение взвешенных частиц при излияе шахтных вод и деградации техногенных грунтов
2.3. Субтерральный	Техногенное выветривание; погребенные технологические потери горных пород и руд	Деградация и размыв подземных техногенных полостей, подземная суффозия
3. Гидрогенная	Дренаж шахтных и карьерных полей	Подъем уровня подземных вод (полное или частичное самозатопление шахтных и карьерных полей)
3.1. Гидродинамический	Техногенные зоны аэрации, сброс дренажных вод с подтоплением и заболачиванием, эрозионным размывом	Изменение структуры фильтрационного потока подземных вод; излияние шахтных вод на поверхность земли, подтопление и заболачивание; в ряде случаев сохранение водоотлива (полностью или частично) и техногенной зоны аэрации
3.2. Геохимический	Активизация геохимических процессов	Активизация геохимических процессов: растворение вторичных минералообразований, смешение, разбавление, осаждение
3.3. Гидрохимический	Загрязнение поверхностных и подземных вод	Загрязнение поверхностных и подземных вод, в том числе на водозаборах
4. Геодинамическая	Оползни, обвалы, осыпи в открытых горных выработках и зонах обрушения	Активизация техногенных поверхностных гравитационно-эрозионных процессов
5. Субтерральная	При ведении подземных горных работ	После закрытия предприятия
5.1. Литодинамический	Деформационные процессы вследствие перераспределения напряженно-деформационного состояния массивов горных пород: горные удары, стреляние, разрушение горных выработок, техногенные землетрясения; зоны обрушения; вывалы, осыпание горных пород; пучение глинистых пород	Нарушение напряженно-деформационного состояния массивов горных пород при их вторичном замачивании: разжижение и снижение прочностных свойств горных пород; гравитационно-эрозионные процессы
5.2. Гидрогеодинамический	Прорывы подземных вод и плывунов	Прорывы подземных вод и плывунов из старых выработок в новые
5.3. Геодинамический	Активизация карстовых и суффозионных процессов	Активизация карстовых и суффозионно-карстовых процессов, техногенная механическая суффозия
5.4. Геотермический	Подземные пожары и взрывы газов	Формирование особого геотемпературного градиента

*Группы выделены жирным шрифтом.

ных вод, в Челябинской области – более 75 % [5]. Наиболее изученными объектами являлись Кизеловский угольный бассейн, Дегтярское и Левихинское медноколчеданные месторождения. Работы выполнены подразделениями Уральского ПГО с участием специалистов НИИ и вузов (А. Г. Вострокнутов, А. М. Катаев, Л. С. Табаксблат, А. П. Ощепкова и др.) [6].

В Кизеловском районе угленосными являются нижневизейские отложения, содержащие до 28 пластов. Работы 10 ГДП были сосредоточены на 4 пластах: 13, 11, 9 и 5. 41 % запасов приходилось на пласт 13. Угли высокозольные (28–31 %). Содержание серы в среднем составляло 5,5 %. На пиритную серу приходилось 59 %, органическую – 40 %, сульфатную – 1 %. Выход пирита при обогащении превышал 5 %.

Гидрогеологические условия бассейна определяются пластово-трещинными водами терригенных пород угленосной толщи и карстовыми водами надугольной и подугольной толщ известняков. Ведущую роль в обводнении месторождений играют карстовые воды. Среднегодовые водопритокки в период 1949–1958 гг. существенно варьировали от 32 до 199 м³/ч на шахте «Гремячинская», до 1720–2204 м³/ч на шахте «Капитальная». За пределами шахтных полей по химическому составу карстовые воды являлись гидрокарбонатными кальциевыми, близнеитральными (рН = 7,1–7,5), слабоминерализованными (сухой остаток

100–350 мг/л) при общей жесткости 2,5–5,35 мг-экв и карбонатной жесткости 1,43–3,21 мг-экв.

Исследования 1985–1991 гг. позволили получить интересную информацию о формировании техногенных гидроминеральных ресурсов. Объем дренажных вод колебался от 648 до 1480 м³/ч, составляя в среднем 834 м³/ч (20 тыс. м³/сут) на шахте «Широковская», 1006 м³/ч (24,1 тыс. м³/сут) на шахте «Ключевская». Суммарный водоприток превышал 63 тыс. м³/сут. Минерализация колебалась от 1810 до 10247 мг/л при концентрации SO₄⁻² 1498–7950 мг/л, рН = 2,3–2,7 и широком геохимическом спектре с преобладанием редкометалльно-редкоземельной промышленной специализации. Они представляли собой «жидкие руды» с высокими концентрациями Ве (коэффициент промышленной концентрации Кк = 2), Y (Кк = 6,3), Sm (2,89), Yb (5,2), Tb (4,4), Eu (1,7), Nd (3,7), Dr (4,6), чрезвычайно высоким содержанием Gd (Кк = 23,7), а также высокими концентрациями Fe (Кк = 8,99), Co (6,8), повышенными содержаниями Mn (1,08), Ni (0,9).

Дренажные воды Кизеловского бассейна не осваивались промышленностью. Они сбрасывались в малые реки бассейна р. Камы (ее притоки – реки Косьву, Губашку, Кизел, Полуденный Кизел), загрязняя их экологически опасными компонентами [7].

Дренажные воды колчеданных месторождений Урала на активной стадии горнопромышленного техногенеза ежегодно вы-

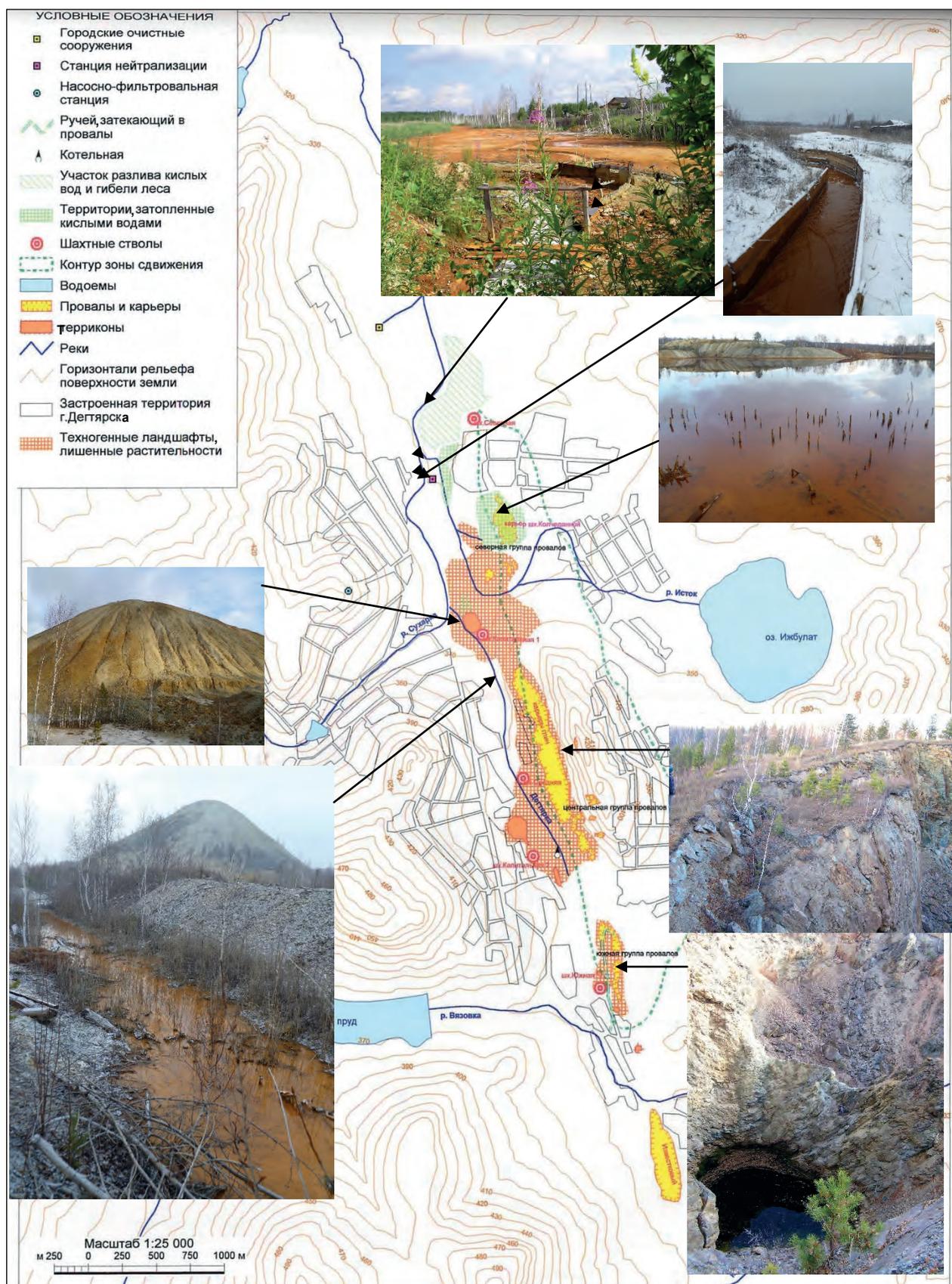


Рисунок 1. Схема расположения техногенных объектов на территории «Дегтярского техногенеза» [4].

носили в окружающую среду огромное количество халькофильных компонентов: Cu – от 90 кг (Турьинский рудник) до 44,15 т (Ломовский рудник) в пересчете на 1 км² ландшафта; Zn – от 56,61 т (Красногвардейское месторождение) до 123,17 т (Ломов-

ский рудник); SO₄⁻² от 419,2 т (Турьинский рудник) до 1808,1 т (Красногвардейское месторождение); самоизливающиеся шахтные воды отработанного Карпушихинского месторождения содержали меди в количестве 44 мг/л и цинка 64 мг/л [5, 6]. Рас-

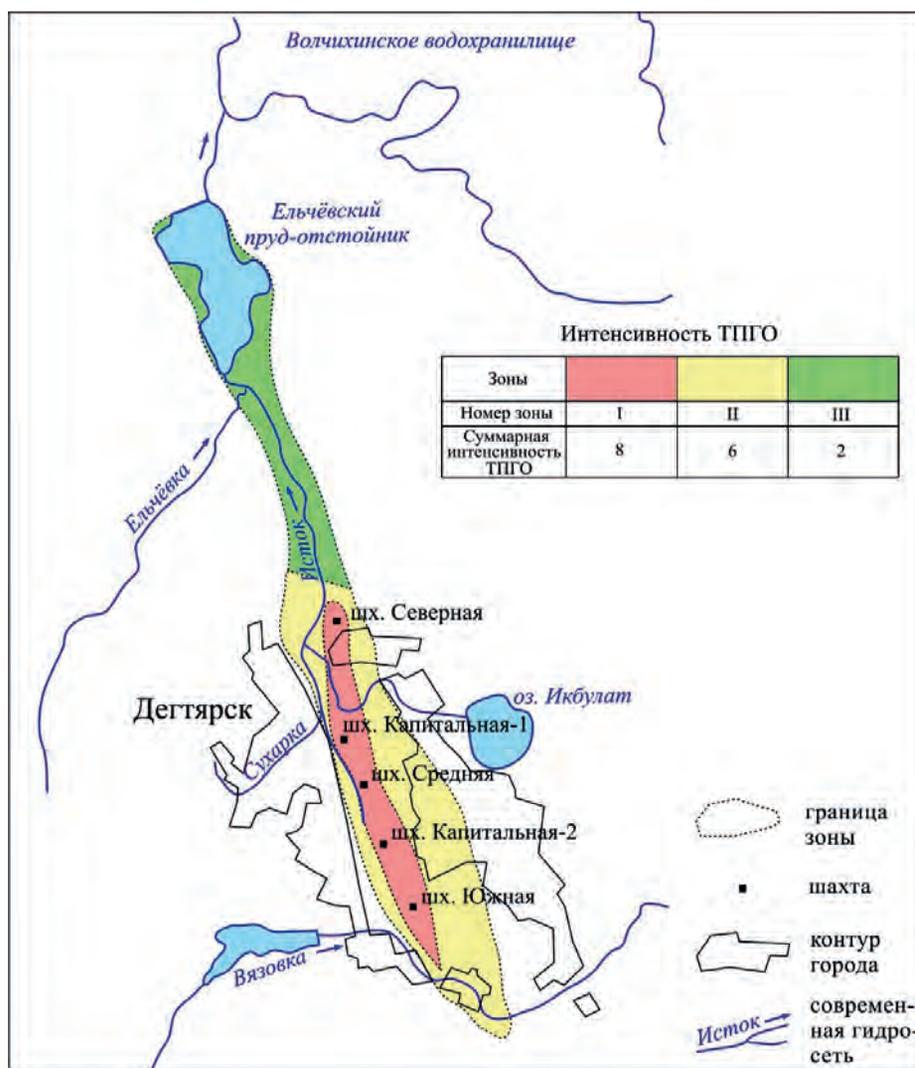


Рисунок 2. Зонирование территории Дегтярского техногенеза по интенсивности ТПО.

смотрим техногенные гидроминеральные ресурсы Дегтярского и Левихинского месторождений.

На Дегтярском медноколчеданном месторождении распространены грунтово-трещинные, трещинно-жильные, трещинно-карстовые подземные воды зон трещиноватости палеозойских пород. Депрессионная воронка, созданная многолетним шахтным водоотливом, имела форму овала, вытянутого меридионально на 6 км при ширине до 1,3 км. В 1948–1989 гг. среднемесячные водоприток в шахтах составляли 169–529 м³/ч, а среднегодовой суммарный водоприток 182–424 м³/ч. Химический состав шахтных вод формировался под влиянием активного окисления сульфидов и сернокислотного выщелачивания рудовмещающих пород. Дренажные воды рудника относились к сульфатным магниевое-кальциевое-железистым, кислым и ультракислым, солоноватым. Минерализация в шахтах «Капитальная-1» и «Капитальная-2» варьировала по средним значениям 2,8–7,8 г/л при изменении сухого остатка 3,3–8,5 г/л, рН = 2,54–3,58 и содержании взвешенных частиц 52–467 мг/л. Воды общешахтного водоотлива характеризовались широким геохимическим спектром. Повышенными значениями коэффициента промышленной концентрации (Кк) отличались: Cu (0,53–1,55), Zn (1,47–8,95), W (3,33–9,66), Nb (1,5–7,5), Zr (до 1,3), Au (1,3–3 г/т), La (до 3,6), Yb (до 7,8), Sm (0,7–3,5), Lu (0,5–2,5), Ce (до 2,8), Tb (до 1). Ежегодно с дренажными водами Дегтярского рудника, по приблизительной оценке А. Г. Вострокнутова (1989), выносилось 8,2 тыс. т сульфатов. По ориентировочным расчетам авторов статьи, водоотлив

шахты «Капитальная-2» ежегодно поставлял: Cu – 116,6 т, Zn – 652,5 т, W – 421 кг, Nb – 109 кг, Zr – 189 кг, Au – 4,64 кг, Ce – 696 кг, La – 421 кг, Sm – 102 кг, Yb – 57 кг, Lu – 7,25 кг.

Горные работы на руднике были остановлены в 1995 г. на глубине 610 м. После полного затопления выработанного пространства в 1999 г. химический состав рудничных вод на самоизливе оказался сопоставим с составом дренажного стока. Однако через 14 лет установлено снижение концентраций химических элементов на выходе рудничных вод на поверхность [4].

Левихинское медноколчеданное месторождение принадлежит к системе бассейнов подземных вод зон трещиноватости в породах палеозоя восточного склона Урала. Гидрогеологические условия простые. Водопритоки формируются за счет трещинных вод зоны региональной экзогенной трещиноватости коренных пород и трещинно-жильных вод тектонических нарушений и литологических контактов.

Среднегодовая величина откачки вод на Левихинском руднике за 26 лет изменилась от 134 м³/ч (в 1961 г.) до 343 м³/ч (в 1987 г.) при корреляции с количеством атмосферных осадков и величиной речного стока. Исследованиями Уралгидроэкспедиции 1986–1988 гг. установлены гарантированные величины водоотлива на шахте «Центральная» (95 % обеспеченности): среднегодовые – 148 м³/ч, среднемесячные – 130 м³/ч, минимальные среднегодовые – 122 м³/ч. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные магниевое-кальциевые, слабominерализованные (0,3 г/л). По мере разработки месторождения, разви-

тия процессов окисления сульфидов и сернокислотного выщелачивания пород на глубоких горизонтах, в зоне затрудненного водообмена, шахтные воды приобретали сульфатно-натриевый состав при pH = 2,35–2,48, высокой минерализации (до 36 г/л), обогащались сульфатами, Cu, Zn, Fe, Mn, редкоземельными элементами. Исследованиями Л. С. Табаксблата (1988) в шахтных водах отдельных горизонтов и общешахтного водоотлива установлены промышленные концентрации РЗЭ: Gd (Kк = 256–296), Tm (23–188), Yb (20,6), Tb (13,6), Sm (11,6), Eu, Lu, Ce, La (n,0). Для Mn, Cu и Zn Kк – в пределах первого порядка. Ориентировочные расчеты свидетельствуют, что шахтные воды Левихинского рудника выносили на поверхность в год значительное количество микрокомпонентов: Mn – 61,2 т, Cu – 199,6 т, Zn – 411,6 т, Ni – 298 кг, Cd – 1 т, Gd – 6,6 т, Ce – 563 кг, Sm – 302 кг, Eu – 129 кг, La – 108 кг, Tm – 60 кг, Yb – 55 кг, Lu – 22 кг, Tb – 17 кг.

Проведенные исследования позволяют сделать некоторые выводы. Дренажные воды угольных, медноколчеданных месторождений Среднего Урала характеризуются повышенными содержаниями ряда сидерофильных, халькофильных и литофильных (в том числе РЗЭ) химических элементов. Ежегодно они выносят в окружающую среду значительное количество загрязняющих, в том числе токсичных элементов и их соединений. Шахтные воды при разработке соответствующих технологий извлечения полезных компонентов могут являться важным источником попутного гидроминерального сырья. Затопленные рудники в ряде случаев сохраняют ресурсный потенциал как источники гидроминерального сырья [4].

Геозоологические проблемы *пассивной стадии* горнопромышленного техногенеза обусловлены деградацией техногенных ландшафтов активной стадии, созданием новых элементов техногенного ландшафта – карьерных озер, затопленных зон обрушения и др. При полном или частичном самозатоплении шахтных полей происходит излив шахтных вод на поверхность, подтопление и заболачивание территорий, что наблюдается, в частности, при ликвидации Дегтярского, Левихинского, Крылатовского рудников, отработавших одноименные месторождения. Активизация геохимических и гидрохимических процессов приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, в том числе на водозаборах (водозабор на отработанном Пышминско-Ключевском медно-кобальтовом месторождении). Природно-техногенные гравитационные и эрозионные процессы на отвалах горных пород, в бортах незатопленных карьеров и выемок обуславливают проявление осыпей, оползней, обрушений, размыв рыхлых отложений. Субтерральные процессы в затопленных выработках провоцируют гравитационно-эрозионные явления вследствие снижения прочностных свойств пород при их замачивании, вызывают прорывы подземных вод и пльвунов в ходе подъема уровня подземных вод и перераспределения напоров, активизируют карстовые, суффозионные процессы, формирование особого геотемпературного режима. Вследствие затопления горных выработок на пассивной стадии горнопромышленного техногенеза и развития специфических процессов формируются техноприродные геологические опасности (ТПГО), ответственные за негативную трансформацию геозоологических условий окружающей среды. Примером зонирования территорий по ТПГО может служить Дегтярский рудник (рис. 2).

Таким образом, геозоологические проблемы горнопромышленного техногенеза связаны с проявлением опасных геологических процессов, свойственных активной и пассивной стадиям техногенного воздействия на окружающую среду. Их выявление, изучение, оценка средствами картографирования и мониторинговых наблюдений, прогноз развития позволяют минимизировать причиняемый ущерб и разработать природоохранные мероприятия [8–15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Gryaznov O. N. Геологические аспекты экологической безопасности // Экологическая безопасность промышленных регионов: Материалы II Уральского междунар. экологич. конгресса. Екатеринбург: СОО ОО МАНЭБ, Ин-т экономики УрО РАН. 2011. С. 49–54.
2. Плотников Н. И. Техногенные изменения гидрогеологических условий. М.: Недра, 1989. 268 с.
3. Gryaznov O. N., Elokhina S. N. Горнопромышленный техногенез при разработке месторождений твердых полезных ископаемых Урала // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы XIV Междунар. конф. (Москва–Бишкек, 14–20 сент. 2015 г.). М.: Изд-во РУДН, 2015. С. 257–259.
4. Elokhina S. N. Гидрогеоэкологические последствия горного техногенеза на Урале / под ред. О. Н. Грязнова. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. 187 с.
5. Gryaznov O. N., Novikov V. P., Fel'dman A. L. Гидрогеологические и геозоологические аспекты разработки рудных месторождений Урала // Изв. вузов. Горный журнал. 1995. № 5. С. 95–101.
6. Gryaznov O. N., Palkin S. V., Novikov V. P., Vostroknutov A. G., Kataev A. M. Дренажные воды – источник техногенного гидроминерального сырья на Урале // Изв. вузов. Горный журнал. 1997. № 11/12. С. 58–65.
7. Gryaznov O. N., Elokhina S. N. Экологические проблемы горнодобывающих районов Урала // Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика) / под ред. И. И. Косиновой. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2015. С. 336–373.
8. Gryaznov O. N. Природно-технические системы – универсальные системы взаимодействия инженерных сооружений (объектов) и природной среды // Изв. УГГУ. 2015. Вып. 4(40). С. 5–10.
9. Островский А. А., Цыпина И. М. Методические рекомендации по проведению гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1 : 50 000 для целей промышленного и гражданского строительства. М.: ВСЕГИНГЕО, 1984. 103 с.
10. Голицын М. С., Островский В. Н., Островский Л. А. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 50 000–1 : 25 000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 127 с.
11. Gryaznov O. N., Brusnicyn V. D., Bordokova V. G. Методические основы геозоологического районирования урбанизированных территорий (на примере Воронцовского рудного поля. Сев. Урал) // Изв. УГГА. Сер. Геология и геофизика. 2002. Вып. 15. С. 243–252.
12. Осипов В. И., Бутова В. Н., Заиканов В. Г., Молодых И. И., Пырченко В. А. Карта крупномасштабного (детального) инженерно-геологического районирования территории г. Москвы // Геозология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2011. № 4. С. 306–318.
13. Осипов В. И., Кутепов В. М., Анисимова Н. Г., Кожевникова И. А., Козлякова И. В. Районирование геологической среды города Москвы для целей строительства объектов с заглубленными основаниями // Геозология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2011. № 3. С. 227–237.
14. Отчет по комплексной гидрогеологической, инженерно-геологической и геозоологической съемке М 1 : 50 000 листа Q-42-50-A (Салехард) / О. Н. Грязнов [и др.]. Екатеринбург, 2004.
15. Королев В. А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем. М.: КДУ, 2007. 416 с.

REFERENCES

1. Gryaznov O. N. 2011, *Geologicheskie aspekty ekologicheskoy bezopasnosti* [Geological Aspects of Ecological Safety]. *Ekologicheskaya bezopasnost' promyshlennykh regionov: Materialy II Ural'skogo mezhdunar. ekologich. kongressa* [Ecological safety of industrial regions: Materials of the II Ural international ecological congress], Ekaterinburg, pp. 49–54.
2. Plotnikov N. I. 1989, *Tekhnogennyye izmeneniya gidrogeologicheskikh usloviy* [Technogenic changes in hydrogeological conditions], Moscow, 268 p.
3. Gryaznov O. N., Elokhina S. N. 2015, *Gornopromyshlennyy tekhnogenez pri razrabotke mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh Urala* [Mining industrial technogenesis in the development of solid mineral deposits in the Urals]. *Resursovosproizvodyashchie, malootkhodnye i prirodookhrannyye tekhnologii osvoeniya nedr: Materialy XIV Mezhdunar. konf.* [Resource-reproducing, low-waste and nature protection technologies for subsoil development: Materials of the XIV international conference], Moscow, pp. 257–259.
4. Elokhina S. N. 2013, *Gidrogeoeologicheskie posledstviya gornogo tekhnogenez na Urale* [Hydrogeoeological consequences of mining technogenesis in the Urals], Ekaterinburg, 187 p.
5. Gryaznov O. N., Novikov V. P., Fel'dman A. L. 1995, *Gidrogeologicheskie i geozologicheskie aspekty razrabotki rudnykh mestorozhdeniy Urala* [Hydrogeological and geoeological aspects of the development of ore deposits in the Urals]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 5, pp. 95–101.
6. Gryaznov O. N., Palkin S. V., Novikov V. P., Vostroknutov A. G., Kataev A. M. 1997, *Drenazhnye vody – istochnik tekhnogennogo gidromineral'nogo syr'ya na Urale* [Drainage waters – the source of man-made hydro-mineral raw materials in the Urals]. *Izv. vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 11/12, pp. 58–65.
7. Gryaznov O. N., Elokhina S. N. 2015, *Ekologicheskie problemy gornodobyvayushchikh rayonov Urala* [Ecological problems of the mining regions of the Urals]. *Ekologicheskaya geologiya krupnykh gornodobyvayushchikh rayonov Severnoy Evrazii (teoriya i praktika)* [Ecological geology of large mining regions of Northern Eurasia (theory and practice)], Voronezh, pp. 336–373.

8. Gryaznov O. N. 2015, *Prirodno-tekhnicheskie sistemy – universal'nye sistemy vzaimodeystviya inzhenernykh sooruzheniy (ob'ektov) i prirodnoy sredy* [Natural-technical systems – universal systems of interaction of engineering structures (objects) and the natural environment]. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 4(40), pp. 5–10.
9. Ostrovskiy A. A., Tsykina I. M. 1984, *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu gidrogeologicheskoy i inzhenerno-geologicheskoy s'emki masshtaba 1: 50 000 dlya tseley promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva* [Methodological recommendations for hydrogeological and engineering-geological survey of scale 1: 50 000 for industrial and civil construction purposes], Moscow, 103 p.
10. Golitsyn M. S., Ostrovskiy V. N., Ostrovskiy L. A. 1990, *Trebovaniya k geologo-ekologicheskim issledovaniyam i kartografirovaniyu masshtaba 1 : 50 000–1 : 25 000* [Requirements for geological and ecological research and mapping at a scales of 1: 50 000–1: 25 000], Moscow, 127 p.
11. Gryaznov O. N., Brusnitsyn V. D., Bordokova V. G. 2002, *Metodicheskie osnovy geoekologicheskogo rayonirovaniya urbanizirovannykh territoriy (na primere Vorontsovskogo rudnogo polya. Sev. Ural)* [Methodical foundations of geoecological zoning of urbanized territories (on the example of the Vorontsov ore field, North Ural)]. *Izv. UGGA. Ser. Geologiya i geofizika* [News of the Ural State Mining University. Series geology and geophysics], no. 15, pp. 243–252.
12. Osipov V. I., Burova V. N., Zaikanov V. G., Molodykh I. I., Pyrchenko V. A. 2011, *Karta krupnomasshtabnogo (deta'nogo) inzhenerno-geologicheskogo rayonirovaniya territorii g. Moskvy* [Map of large-scale (detailed) engineering-geological zoning of the territory of Moscow]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* ["Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geokriologiya" (Environmental Geoscience) journal], no. 4, pp. 306–318.
13. Osipov V. I., Kutepov V. M., Anisimova N. G., Kozhevnikova I. A., Kozlyakova I. V. 2011, *Rayonirovanie geologicheskoy sredy goroda Moskvy dlya tseley stroitel'stva ob'ektov s zaglublennymi osnovaniyami* [Zoning of the geological environment of the city of Moscow for the purpose of constructing objects with buried bases]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* ["Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geokriologiya" (Environmental Geoscience) journal], no. 3, pp. 227–237.
14. O. N. Gryaznov et al. 2004, *Otchet po kompleksnoy gidrogeologicheskoy, inzhenerno-geologicheskoy i geoekologicheskoy s'emke M 1: 50 000 lista Q-42-50-A (Salekhard)* [Report on the integrated hydrogeological, geotechnical and geoecological survey for 1: 50 000 sheets K-42-50-A (Salekhard)], Ekaterinburg.
15. Korolev V. A. 2007, *Monitoring geologicheskikh, litotekhnicheskikh i ekologo-geologicheskikh sistem* [Monitoring of geological, lithotechnical and ecological-geological systems], Moscow, 416 p.

Олег Николаевич Грязнов,

Gryaznov.O@ursmu.ru

Светлана Николаевна Елохина

Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Oleg Nikolaevich Gryaznov,

Gryaznov.O@ursmu.ru

Svetlana Nikolaevna Elokhina

Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia