

Техногенные месторождения и особенности их воздействия на природную окружающую среду

Макаров А. Б.¹, Талалай А. Г.^{1*}, Гуман О. М.¹, Хасанова Г. Г.¹

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: talalay58@bk.ru

Реферат

Введение. Рассмотрена роль техногенных месторождений как источника поступления веществ в окружающую среду и загрязнения атмосферы, почв, поверхностных, подземных вод. Исследования техногенных месторождений, которые представлены отвалами горнодобывающих предприятий, шламами обогажительных фабрик, отвалами металлургического, топливно-энергетического, химического и других производств, в настоящее время весьма актуальны, направлены на некоторое расширение минерально-сырьевой базы страны и улучшение экологического состояния горнодобывающих регионов.

Цель работы – изучение направления экологического воздействия техногенных месторождений, сформированных недействующими предприятиями, определение их влияния на загрязнение окружающей природной среды, а также рассмотрение их в качестве источников вторичного сырья.

Методология работы. Статья базируется преимущественно на данных, полученных в ходе исследования разнообразных техногенных месторождений, располагающихся в пределах Уральского региона. Для обобщения результатов полевых и аналитических исследований, в том числе выполненных авторами минералогических и петрографических, применялись теоретические методы, включающие анализ и синтез как собственных материалов, так и различных информационных источников по подобным объектам других регионов России.

Результаты. Рассмотрены особенности воздействия различных техногенных месторождений, находящихся в поверхностных условиях, на основные компоненты природной окружающей среды: атмосферу, почву и грунты, гидросферу и биосферу. Приведены основные показатели воздействия и концентрации тяжелых металлов в техногенных минеральных образованиях Уральского региона. Для эффективного управления подобными объектами предложено в первую очередь осуществлять переработку, а в последующую – рекультивацию месторождений такого типа.

Выводы. Техногенные минеральные месторождения оказывают комплексное негативное воздействие на все компоненты природной окружающей среды. Для оценки влияния техногенных месторождений необходимо ведение экологического мониторинга, учитывающего локальный характер распространения загрязнения. Негативное влияние этих объектов на природную окружающую среду минимизируется или значительно снижается при консервации, которая выполняется путем рекультивации поверхности, однако предпочтительной является полная переработка техногенных минеральных образований.

Ключевые слова: техногенные месторождения; окружающая среда; техногенно-минеральные образования; воздействие на природную среду; переработка; рекультивация.

Введение. Техногенным минеральным месторождениям в последние годы уделяется большое внимание, что связано с целым рядом факторов, важнейшим из которых является возможность расширения минерально-сырьевой базы регионов за счет использования техногенно-минерального сырья в различных направлениях

и решения проблем, связанных с напряженной экологической ситуацией в горно-промышленных регионах. Многообразие подобных объектов отражено в существующих классификациях техногенных месторождений [1], однако наибольшие объемы техногенно-минерального сырья сосредоточены в виде отходов горнодобывающего комплекса и связанных с ним перерабатывающих производств, которые занимают значительные площади и представляют определенную угрозу экологии прилегающих территорий. Согласно существующим представлениям [2, 3], к ним относятся отвалы добычи полезных ископаемых (некондиционные руды, вскрышные и вмещающие породы), отходы обогатительного (хвосты, шламы), металлургического (шлаки), топливно-энергетического (шлаки, золы), химического (шламы) и других производств. Для каждого типа объектов характерны свои условия образования, последующие эпигенетические изменения, а также особенности воздействия на природную окружающую среду.

В процессе длительного существования техногенных месторождений, которые подвергаются интенсивным процессам гипергенеза в результате окислительно-восстановительных реакций, происходит ухудшение качества техногенного сырья, переход металлов в растворимые формы и их миграция в прилегающие территории.

Определенные сложности в оценке воздействия месторождений на природную окружающую среду связаны с их преимущественным расположением в пределах горнопромышленных узлов и районов, что в значительной мере осложняет выделение влияния этих объектов на фоне общего негативного влияния горнопромышленных предприятий. Необходимо отметить, что имеющие разный временной отрезок существования техногенные месторождения обладают своими особенностями, связанными с процессами гипергенеза, особенно характерно достаточно скоротечное окисление и разрушение сульфидов в специальных отвалах некондиционных руд.

Различные аспекты решения этих проблем описаны в ряде работ [4–6], в то же время существует необходимость дальнейшего изучения прежде всего техногенных месторождений, сформированных уже недействующими предприятиями, и, как следствие, обобщения опыта подобных исследований.

Методика исследований определялась положениями «Методического руководства по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений» (М.: ГКЗ, 1994. 52 с.), где значительное место уделено оценке экологического состояния объектов и их воздействия на основные компоненты природной окружающей среды (почвы, поверхностные и подземные воды), а также «Требований к мониторингу месторождений твердых полезных ископаемых» (М.: МПР РФ, 2000. 31 с.) и других действующих нормативных документов. При составлении основных положений и выводов статьи учтены работы и других авторов по данной тематике [7–9].

Источники и механизм воздействия техногенных месторождений. В пределах Уральского региона самые крупные техногенные месторождения и состав слагающих их техногенно-минеральных образований определяются его горнопромышленной и металлургической спецификой, при этом формирование данных объектов происходит в разнообразных, преимущественно поверхностных условиях в рамках динамичных геотехнических систем [2]. Они располагаются преимущественно в областях интенсивного освоения минерального сырья, для которых характерно слияние отдельных промышленных центров в крупные районы и промышленные узлы, связанные транспортными, энергетическими, коммуникационными и информационными системами. Располагающиеся здесь техногенные месторождения в процессе как своего формирования, так и дальнейшего существования являются одним из источников загрязнения природной окружающей среды. Со временем они становятся

Таблица 1. Основные направления и характер воздействия техногенных месторождений на природную окружающую среду

Table 1. Main directions and character of anthropogenic deposits impact on the natural environment

| Тип техногенного месторождения | Атмосфера | Почвы и грунты | Гидросфера | Биосфера |
|--|--|---|--|--|
| <i>Горнодобывающая промышленность</i> | | | | |
| Отвалы вскрышных и вмещающих пород, некондиционных руд. Отвалы разработки месторождений меди – Яман-Касы, Маканского и др. | Загрязнение пылью в результате ветровой эрозии | Отчуждение земель из хозяйственного пользования, загрязнение тяжелыми металлами | Сток дренирующих отвалы вод, загрязнение поверхностных и подземных вод, локальное заболачивание вблизи отвалов | Угнетение растительного и животного мира |
| <i>Обогащительное производство</i> | | | | |
| Хвостохранилища Качканарского ГОКа, Бурибаевской ОФ, Турьинской ОФ и др.) | Интенсивное пыление с открытой поверхности шламо-хвостохранилищ | Отчуждение земель из хозяйственного пользования, загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами | Сброс дренажных вод, загрязненных взвешенными частицами, химическими веществами и тяжелыми металлами, загрязнение подземных вод за счет фильтрации, локальное заболачивание территорий | Смена растительности, изменение ее видового состава, ухудшение условий обитания водной фауны и флоры |
| <i>Металлургическое производство</i> | | | | |
| Шлаковые отвалы НТМК, ЧЭМК | Загрязнение пылью в результате ветровой эрозии (особенно отвалы ферросплавного производства) | Отчуждение земель, нарушение земель и рельефа, уничтожение плодородных почв и их химическое загрязнение | Загрязнение поверхностных и подземных вод | Ухудшение условий обитания наземной фауны и фауны |
| <i>Энергетическое производство</i> | | | | |
| Золоохранилища Рефтинской ГРЭС, Верхнегагильской ГРЭС | Загрязнение зольной пылью с пересыхающих частей золоотвалов | Отчуждение земель, загрязнение почв | Загрязнение поверхностных водотоков и подземных вод при донной фильтрации | Ухудшение условий обитания наземной фауны и флоры |
| <i>Химическое производство</i> | | | | |
| Шламоохранилища Богословского алюминиевого завода | Загрязнение (запыление и загазованность) | Отчуждение земель и химическое загрязнение почв | Загрязнение поверхностных водотоков и подземных вод | Ухудшение условий обитания наземной фауны и флоры |

частью геологической среды, которая, как и природные месторождения, является аномальной по содержанию многих тяжелых металлов.

Миграция тяжелых металлов происходит в виде атмосферных и гидрогенных потоков рассеяния, которые формируют техногенные ореолы и аномалии тяжелых металлов – источники уже вторичного загрязнения. При этом роль различных факторов (климатических, технологических, гидрологических, геологических и т. д.) в формировании подобных ореолов загрязнения в целом определяется вещественным составом, т. е. типом техногенного месторождения. Это определило необходимость детального изучения основных путей миграции тяжелых металлов и форм их нахождения в важнейших депонирующих средах – почвах и донных отложениях. В гораздо меньшей мере в настоящее время изучены вопросы, касающиеся как создания физико-механических моделей формирования техногенных месторождений, их последующих изменений при выветривании, так и научно-методических аспектов оценки воздействия на природную окружающую среду.

Основные источники воздействия на природную окружающую среду в горно-промышленных регионах (в том числе и техногенные месторождения) могут быть подразделены следующим образом: воздействие на почвы, недра, водные ресурсы и атмосферу, по видам воздействия: механическое, физико-механическое, геохимическое, биологическое и т. п. Начальным звеном в миграции элементов при формировании техногенных месторождений является добыча полезных ископаемых, вовлекающая в процессы рассеяния и концентрации значительные количества тяжелых металлов. Эти процессы протекают в масштабах геотехнических систем, формируя аномалии на различных видах геохимических барьеров на путях потоков миграции. В динамике эволюции геотехнической системы на регрессивной стадии техногенные образования претерпевают различные изменения и постепенно приходят в некоторое стационарное состояние.

В результате воздействия техногенных месторождений происходит ухудшение качества, нарушение и отчуждение земель, изменение состава и свойств геологической среды, загрязнение и истощение природных вод, загрязнение атмосферы, уничтожение или угнетение растительности и нарушение сложившегося гидробаланса на локальных территориях.

Особенности воздействия техногенных месторождений. Основные направления и характер воздействия техногенных месторождений на природную окружающую среду приведены в табл. 1. Воздействие по любому направлению характеризуется следующими основными показателями: видом, интенсивностью, характером (дискретный, непрерывный, разовый), периодом, масштабом (размерами и формой влияния).

Воздействие техногенных месторождений на почвы и грунты и в целом на земельные ресурсы может рассматриваться в двух аспектах [10–12].

Первый составляют нарушение поверхности земли, изъятие из хозяйственного оборота (отчуждение) ненарушенных территорий в связи со строительством хранилищ техногенных минеральных образований (отходов производства). Второй обусловлен переносом материала и миграцией тяжелых металлов, механическим и химическим загрязнением прилегающих к техногенным месторождениям территорий. Как следствие, происходит нарушение физико-механических свойств и состава почвенного покрова (изменение влажности, загрязнение минеральными частицами, тяжелыми металлами, изменением pH и т. п.). Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов приурочены к верхнему слою почв, что способствует их активному усвоению растениями.

Источники загрязнения – техногенно-минеральные образования – характеризуются значительными концентрациями тяжелых металлов, поэтому комплексное загрязнение тяжелыми металлами является главным видом воздействия техногенных месторождений на природную окружающую среду.

Состав и концентрации тяжелых металлов в техногенных образованиях напрямую зависят от типа техногенного месторождения, спектр главных элементов загрязнителей представлен в табл. 2, где их ранжирование приведено относительно ПДК для почв.

Таблица 2. Распределение химических элементов в техногенных минеральных образованиях Уральского региона [1, 3]

Table 2. Distribution of chemical elements in anthropogenic formations of the Ural region [1, 3]

| Техногенные минеральные образования | Ряды относительной концентрации | | |
|--|---------------------------------|----------------|--------------------|
| | Более 100 ПДК | 100–10 ПДК | 10–1 ПДК |
| <i>Горнодобывающая промышленность</i> | | | |
| Породы отвалов меднорудных месторождений | | Cu, Zn | Pb, Hg, Mo, Cd, As |
| <i>Обогащительное производство</i> | | | |
| Хвосты обогащения железных руд | | As | Co, Zn, Pb |
| Хвосты обогащения медных руд | | Cu, As, Cd, Sb | Zn, Ni, Co, Pb, Mn |
| <i>Металлургическое производство</i> | | | |
| Доменные шлаки | | Cr | Mn, V, Ni, Ti, Pb |
| Шлаки ферросплавов | Cr | Mo, W | Cu, Ni, V |
| Медеплавильные шлаки | Zn, Cu, As, Bi | Pb, Sn, Cd, Bi | Co, Ni, Mn, N |
| <i>Энергетическое производство</i> | | | |
| Золы | | | Ti, V, Zn, Cu, Co |
| <i>Химическое производство</i> | | | |
| Пиритные огарки | As | Cu, Zn, Pb | |
| Красные шламы | | | Sn, As, Bi, V |

Анализ приведенных спектров показывает, что наиболее высокое содержание тяжелых металлов характерно для шлака ферросплавов, медеплавильных шлаков и пиритных огарков.

Изъятие земель является объективной необходимостью, что обусловлено как добычей полезных ископаемых, так и их переработкой. Техногенные минеральные образования занимают значительные территории промышленных площадок.

Воздействие на атмосферу происходит вследствие пыления поверхности техногенных месторождений, что характерно как для отвалов, так и для сухих пляжей шламо- и хвостохранилищ, шлако- и золоотвалов. Наибольшую опасность в хвостах могут представлять прежде всего токсичные минералы (пирит, арсенопирит, блеклые руды, киноварь и др.). Обильное пылевыведение характерно для шлакоотвалов ферросплавного производства, содержащих распадающиеся шлаки низкоуглеродистого феррохрома. Содержание пылеватых частиц в воздухе зависит от скорости ветра, в то же время с увеличением влажности материала хвостов дефляция резко уменьшается, при скорости ветра менее 2,5 м/с процессы затухают. Выявление пылевой нагрузки и состояние атмосферы определяются в настоящее время с помощью контроля снежного покрова. Так, для шлакового отвала Нижнетагильского ме-

таллургического комбината (НТМК) выявлено, что пылевая нагрузка составляет от 69,2 кг/км² в сутки до 1544,7 кг/км² в сутки. При этом шлаковый отвал производит пыление на расстоянии 150–350 м, в основном по направлению преобладающих ветров [1, 12]. Изучение пылевых остатков дает возможность определения минерального состава выбросов. Интерес представляет и изучение распределения в них отдельных токсичных элементов, например ртути [13].

Воздействие техногенных месторождений на гидросферу определяется поступлением загрязненных вод в поверхностные водоемы и водотоки и подземные воды. При этом происходит загрязнение природных вод за счет техногенных минеральных образований, являющихся источниками тяжелых металлов [14, 15].

В целом для техногенных месторождений распространенность гидрохимических потоков происходит в направлении понижения рельефа. Они в значительной степени являются причиной трансформации свойств почв и в то же время способствуют активизации миграционных процессов – переводу в подвижные формы и интенсивному выносу за пределы месторождения химических элементов. Характер воздействия на поверхностные воды может быть как непрерывным в течение определенного периода (фильтрация через дамбы, сброс сточных вод хвостохранилищ и золоотвалов), так и дискретным (сток с отвалов после выпадения осадков и таяния снега). Наиболее опасными в отношении воздействия на гидросферу являются техногенные месторождения, сформированные предприятиями цветной металлургии. Механизм формирования и миграции тяжелых металлов, представленных отвалами медноколчеданных месторождений, достаточно детально рассмотрен Э. Ф. Емлинным [2]. Они характеризуются вторичным обводнением и оказывают влияние на гидродинамический режим: отвал аккумулирует практически всю влагу, поступающую с атмосферными осадками, а при уплотнении основания отвалов появляется их обводнение, выраженное как вторичное заболачивание (формирование приотвальных озер и болот).

Воздействие техногенных месторождений на подземную гидросферу определяется инфильтрацией загрязненных вод в подземные водоносные горизонты, поэтому для них характерно прежде всего химическое загрязнение. Подобные объекты, не оборудованные противofильтрационными экранами, образуют тесную гидравлическую связь с подземными водами.

При этом фильтрационный поток под дном хранилища формирует «бугор растекания» и смыкается с подземными водами, при этом процесс смыкания происходит очень быстро (максимум 1–2 года) [16, 17].

Интенсивность воздействия техногенных месторождений на подземные воды определяется в целом природно-климатическими условиями их расположения, а также наличием или отсутствием противofильтрационного экрана. Однако выделение их влияния на подземную гидросферу чаще всего весьма затруднительно, что связано с размещением объектов в пределах промышленных зон: изменение макрокомпонентного состава и загрязнение подземных вод тяжелыми металлами вызваны совокупностью воздействия как технологических процессов добычи и переработки минерального сырья, так и непосредственно техногенных месторождений [18, 19].

Воздействие на биосферу можно в целом определить как угнетение и ухудшение условий произрастания растений и условий обитания наземной фауны. Ранее авторами на примере анализа листьев ивы [1] было показано, что вблизи техногенных месторождений в зольных остатках фиксируются повышенные концентрации комплекса тяжелых металлов, характерных для изученных объектов. Данные

по биогеохимии растительного покрова подобных объектов Алтай свидетельствуют об аномально повышенных концентрациях рудных тяжелых металлов во всех видах древесных, кустарниковых и травянистых растениях. В урбанизированных условиях подобными индикаторами воздействиями на биосферу могут служить тополя [20].

Выводы. Техногенные минеральные месторождения оказывают комплексное негативное воздействие на все компоненты природной окружающей среды. Так, загрязнение атмосферы приводит к загрязнению почв, донных отложений, снижению качества поверхностных и подземных вод, угнетению растительности. Формирование крупных отвалов провоцирует возникновение приотвальных болот и озер, что влечет изменение гидрогеологических условий территории. Для оценки влияния техногенных месторождений необходимо ведение экологического мониторинга с учетом локального характера распространения загрязнения. Негативное влияние этих объектов на природную окружающую среду минимизируется или значительно снижается при консервации, которая выполняется путем рекультивации поверхности, однако предпочтительным в этом плане является полная переработка техногенных минеральных образований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика) / под ред. И. И. Косиновой. Воронеж: ВГУ, 2015. 576 с.
2. Емлин Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Уральский университет, 1991. 256 с.
3. Макаров А. Б., Талалай А. Г., Хасанова Г. Г. Геолого-промышленные типы техногенных месторождений // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 8. С. 39–45.
4. Макаров А. Б., Гуман О. М., Антонова И. А., Захаров А. В. Трансформация геологической среды при разработке медноколчеданных месторождений Урала // ГИАБ. 2018. № 6. С. 98–105.
5. Удачин В. Н., Аминов П. Г., Филиппова К. А. Геохимия горнопромышленного техногенеза Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2014. 252 с.
6. Макаров А. Б., Хасанова Г. Г., Талалай А. Г. Техногенные месторождения: особенности исследований // Известия УГГУ. 2019. Вып. 3(55). С. 58–62. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-3-58-62
7. Селезнев С. Г., Степанов Н. А. Отвалы Аллареченского сульфидного медно-никелевого месторождения как новый геолого-промышленный тип техногенных месторождений // Известия вузов. Горный журнал. 2011. № 5. С. 32–40.
8. Меньшикова Е. А., Караваева Т. И. Особенности оценки состояния грунтов в практике инженерно-экологических изысканий // Инженерные изыскания. 2019. Т. 13. № 4. С. 16–23. DOI: 10.25269/1997-8650-2019-13-4-16-23
9. Селезнев С. Г. Отвалы Аллареченского месторождения сульфидных медно-никелевых руд – специфика и проблемы освоения: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 2013. 22 с.
10. Антонинова Н. Ю. Отработка техногенных месторождений как фактор экологической безопасности окружающей среды // ГИАБ. 2010. № 12. С. 219–221.
11. Антонинова Н. Ю., Собенин А. В., Шубина Л. А. Оценка возможности использования промышленных отходов при формировании геохимических барьеров // ГИАБ. 2020. № 12. С. 78–88.
12. Zamotaev I. V., Ivanov I. V., Mikheev P. V., Belobrov V. P. Transformation and contamination of soils in iron ore mining areas (a review) // Eurasian Soil Science. 2017. No. 50. P. 359–372. DOI: 10.1134/S1064229317030127
13. Семячков А. И. Металлы в окружающей среде горно-металлургических комплексов Урала. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 320 с.
14. García-Giménez R., Jiménez-Ballesta R. Mine tailings influencing soil contamination by potentially toxic elements // Environmental Earth Sciences. 2017. Vol. 76. P. 51. DOI: 10.1007/s12665-016-6376-9
15. Karaca O., Cameselle C., Reddy K. R. Mine tailing disposal sites: contamination problems, remedial options and phytocaps for sustainable remediation // Reviews in Environmental Science and Biotechnology. 2018. No. 17(1). P. 205–228. DOI: 10.1007/s11157-017-9453-y
16. Menshikova E., Fetisov V., Karavaeva T., Blinov S., Belkin P., Vaganov S. Reducing the negative technogenic impact of the mining enterprise on the environment through management of the water balance // Minerals. 2020. No. 10(12). P. 1145. DOI: 10.3390/min10121145
17. Парфенова Л. П. Прогноз качества подземных вод в зонах влияния шламохранилищ медноплавильных комбинатов Среднего Урала: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 1997. 23 с.
18. Talovskaya A. V., Yazikov E. G., Osipova N. A., Lyapina E. E., Litay V. V., Metrevli G., Kim J. Mercury pollution Ensnow cover around thermal planets in cities (Omsk, Kemerovo, Tomsk Region, Russia) // Geography, Environment, Sustainability. 2020. Vol. 331. No. 1. P. 44–53.

19. Yusupov D. V., Lyapina E. E., Tursunaliyeva E. M., Osipova N. A., Baranovskaya N. V. Poplar tree (*Populus balsamifera* L.) as indicator of mercury emission from a point source // *Ghemosphere*. 2022. Vol. 287. P. 132–157.

20. Сакладов А. С. Характер и масштабы влияния на окружающую среду отходов горнодобывающих предприятий республики Алтай: автореф. дис. ... канд. геол.-минирал. наук. Томск, 2008. 22 с.

Поступила в редакцию 21 марта 2022 года

Сведения об авторах:

Макаров Анатолий Борисович – доктор геолого-минералогических наук, доцент, профессор кафедры месторождений твердых полезных ископаемых Уральского государственного горного университета. E-mail: fgg_gpr@m.ursmu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4843-3422>

Талалай Александр Григорьевич – доктор геолого-минералогических наук, доцент, декан факультета геологии и геофизики, заведующий кафедрой геофизики Уральского государственного горного университета. E-mail: groupnedra@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8986-1226>

Гуман Ольга Михайловна – доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета. E-mail: guman2007@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7078-6916>

Хасанова Гульнара Габдулбариевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии поисков и разведки месторождений полезных ископаемых Уральского государственного горного университета. E-mail: fgg_gpr@m.ursmu.ru

УДК 553.661.2+549.517

DOI: 10.21440/0536-1028-2022-3-120-129

Anthropogenic deposits and their impact on the natural environment

Anatolii B. Makarov¹, Aleksandr G. Talalai¹, Olga M. Guman¹, Gulnara G. Khasanova¹

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. This paper considers anthropogenic deposits as a source of environmental contaminants and a cause of air, soil, surface water and ground water pollution. Anthropogenic deposits are represented by dumps of mining enterprises, sludge from processing plants, dumps of metallurgical, fuel and energy, chemical and other industries. Their analysis is currently particularly relevant being aimed at national mineral resource base expansion and mining regions ecology improvement.

Research objective is to study the direction of the environmental impact created by anthropogenic deposits formed by inactive enterprises, determine their impact on environmental pollution, and consider them as sources of secondary raw materials.

Methods of research. The article is based mainly on the data obtained when studying anthropogenic deposits in the Urals. Theoretical research methods, including analysis and synthesis of data obtained by the authors and information sources on similar facilities in other Russian regions, were used to generalize the results of field and analytical studies, namely mineralogical and petrographic studies the authors performed.

Results. This paper studies how various anthropogenic deposits in surface conditions impact the main components of the natural environment, namely air, soil and ground, hydrosphere and biosphere. The main indicators of heavy metals impact and concentration in Ural anthropogenic mineral formations are given. To effectively manage such facilities, it is proposed, first of all, to process, and then reclaim such deposits.

Conclusions. Anthropogenic mineral deposits have an integrated negative effect on all components of the natural environment. Environmental monitoring that considers the local character of contamination dissipation is necessary to assess the impact of anthropogenic deposits. The negative environmental impact of these facilities is minimized or significantly reduced during conservation, which is carried out by surface reclamation. However, complete processing of anthropogenic mineral formations is preferable.

Keywords: anthropogenic deposits; environment; anthropogenic mineral formations; environmental impact; processing; reclamation.

REFERENCES

1. Kosinova I. I. (ed.) *Ecological geology of large mining regions of North Eurasia (theory and practice)*. Voronezh: VSU Publishing; 2015. (In Russ.)

2. Emlin E. F. *Technogenesis of Ural pyrite deposits*. Sverdlovsk: Uralskii universitet Publishing; 1991. (In Russ.)
3. Makarov A. B., Talalai A. G., Khasanova G. G. About geological-industrial types of technogenic deposits. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN = Vestnik of Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS*. 2018; 8: 39–45. (In Russ.)
4. Makarov A. B., Guman O. M., Antonova I. A., Zakharov A. V. Transformation of geological environment in copper pyrite mining in the Urals. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2018; 6: 98–105. (In Russ.)
5. Udachin V. N., Aminov P. G., Filippova K. A. *Geochemistry of mining-industrial technogenesis of the Southern Urals*. Ekaterinburg: UB RAS Publishing; 2014. (In Russ.)
6. Makarov A. B., Khasanova G. G., Talalai A. G. Technogenic deposits: research features. *Izvestiia Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta = News of the Ural State Mining University*. 2019; 3(55): 58–62. (In Russ.) Available from: doi: 10.21440/2307-2091-2019-3-58-62
7. Seleznev S. G., Stepanov N. A. Dumps of Allarechensky sulphide copper-nickel deposit as a new type of geological and industrial man-made deposits. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2011; 5: 32–40. (In Russ.)
8. Menshikova E. A., Karavaeva T. I. Features of soil condition assessment in the practice of engineering-ecological surveys. *Inzhenernye izyskaniia = Engineering Survey*. 2019; 13(4): 16–23. (In Russ.) Available from: doi: 10.25269/1997-8650-2019-13-4-16-23
9. Seleznev S. G. *Dumps of Allarechensky sulphide copper-nickel deposit. Particular characteristics and problems of development: PhD in Geology and Mineralogy abstract of diss.* Ekaterinburg; 2013. (In Russ.)
10. Antoninova N. Iu. Anthropogenic deposits development as a factor of ecological safety of the environment. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2010; 12: 219–221. (In Russ.)
11. Antoninova N. Iu., Sobenin A. V., Shubina L. A. Assessment of usability of industrial waste in construction of geochemical barriers. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2020; 12: 78–88. (In Russ.)
12. Zamotaev I. V., Ivanov I. V., Mikheev P. V., Belobrov V. P. Transformation and contamination of soils in iron ore mining areas (a review). *Eurasian Soil Science*. 2017; 50: 359–372. Available from: doi: 10.1134/S1064229317030127
13. Semiachkov A. I. *Metal in the environment of Ural mining and smelting enterprises*. Ekaterinburg: UrMU Publishing; 2001. (In Russ.)
14. García-Giménez R., Jiménez-Ballesta R. Mine tailings influencing soil contamination by potentially toxic elements. *Environmental Earth Sciences*. 2017; 76: 51. Available from: doi: 10.1007/s12665-016-6376-9
15. Karaca O., Cameselle C., Reddy K. R. Mine tailing disposal sites: contamination problems, remedial options and phytocaps for sustainable remediation. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 2018; 17(1): 205–228. Available from: doi: 10.1007/s11157-017-9453-y
16. Menshikova E., Fetisov V., Karavaeva T., Blinov S., Belkin P., Vaganov S. Reducing the negative technogenic impact of the mining enterprise on the environment through management of the water balance. *Minerals*. 2020; 10(12): 1145. Available from: doi: 10.3390/min10121145
17. Parfenova L. P. *Predicting ground water quality in the influence zones of sludgy dumps of copper smelting plants: PhD in Geology and Mineralogy abstract of diss.* Ekaterinburg; 1997. (In Russ.)
18. Talovskaya A. V., Yazikov E. G., Osipova N. A., Lyapina E. E., Litay V. V., Metreveli G., Kim J. Mercury pollution Ensnow cover around thermal planets in cities (Omsk, Kemerovo, Tomsk Region, Russia). *Geography, Environment, Sustainability*. 2020; 331(1): 44–53.
19. Yusupov D. V., Lyapina E. E., Tursunaliyeva E. M., Osipova N. A., Baranovskaya N. V. Poplar tree (*Populus balsamifera* L.) as indicator of mercury emission from a point source. *Ghemosphere*. 2022; 287: 132–157.
20. Sakladov A. S. *Character and scope of environmental impact of mine waste in the Republic of Altai: PhD in Geology and Mineralogy abstract of diss.* Tomsk; 2008. (In Russ.)

Received 21 March 2022

Information about the authors:

Anatolii B. Makarov – DSc (Geology and Mineralogy), Associate Professor, professor of the Department of Solid Mineral Deposits, Ural State Mineral University. E-mail: fgg_gpr@m.ursmu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4843-3422>

Aleksandr G. Talalai – DSc (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Dean of the Department of Geology and Geophysics, Ural State Mining University. E-mail: groupndra@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8986-1226>

Olga M. Guman – DSc (Geology and Mineralogy), Professor, professor of the Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Ural State Mining University. E-mail: guman2007@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7078-6916>

Gulnara G. Khasanova – PhD (Geology and Mineralogy), associate professor of the Department of Exploration Geology and Prospecting, Ural State Mining University. E-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru

Для цитирования: Макаров А. Б., Талалай А. Г., Гуман О. М., Хасанова Г. Г. Техногенные месторождения и особенности их воздействия на природную окружающую среду // Известия вузов. Горный журнал. 2022. № 3. С. 120–129. DOI: 10.21440/0536-1028-2022-3-120-129

For citation: Makarov A. B., Talalai A. G., Guman O. M., Khasanova G. G. Anthropogenic deposits and their impact on the natural environment. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2022; 3: 120–129 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2022-3-120-129