УДК 504.062.2

DOI: 10.25018/0236-1493-2021-2-0-5-21

ТЕХНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОСФЕРЫ И ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ОСВОЕНИЯ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Л.Т. Крупская^{1,2}, В.П. Зверева³, Г.Ф. Склярова⁴, А.М. Орлов²

¹ Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Хабаровск, Россия
 Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
 4 Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, Россия

Аннотация: Изложены результаты исследований проблемы, связанной с накоплением в прошлом веке отходов переработки минерального сырья, складированных в хвостохранилища (техногенные месторождения), негативно влияющих на экосферу. Обоснована возможность рационального решения этих вопросов, направленных на реализацию основ государственной политики в области экологического развития Дальневосточного федерального округа (ДФО). Значительные объемы измельченных сульфидных отходов при постоянном контакте с кислородом воздуха и водой на протяжении многих десятилетий (более 50-60 лет) продолжают стабильно продуцировать кислотные высокоминерализованные растворы, интенсивно загрязняя окружающую среду. В связи с этим цель исследования состояла в комплексной оценке воздействия техногенных месторождений на экосферу и обосновании возможности их освоения для обеспечения экологической безопасности в границах влияния техногенных систем закрытых горных предприятий «Хрустальненский ГОК» (Приморский край) и «Солнечный ГОК» (Хабаровский край). Использованы следующие методы: физико-химические, биологические, математического моделирования, систематизации, научного прогнозирования, ГИС-технологии и др. Дан обзор проблемы, посвященной исследованию и освоению техногенных месторождений, с учетом мирового опыта. Уточнено определение понятия «техногенное месторождение»: скопление измельченного ценного минерального материала на поверхности Земли, образованного в результате его переработки, представляющее собой отходы горно-перерабатывающего производства, складированные в хвостохранилища, занимающего значительные площади земельного фонда, и являющегося источником загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов и мышьяка. Проанализированы главные отличительные признаки техногенных месторождений исследуемого района, их особенности. Показано, что отходы хвостохранилищ закрытых ныне горных предприятий характеризуются экстремальными показателями физико-химических параметров и высокими концентрациями соединений тяжелых металлов и мышьяка. Дана комплексная оценка влияния техногенных месторождений на объекты окружающей среды. Например, выявлено превышение фоновых показателей в почвах от 2 до 39 раз, $\Pi \Pi K$ — от 1,5 до 45-200 и более раз. Доказана возможность народно-хозяйственного использования техногенных месторождений. В них накоплены промышленные запасы Sn, Cu, Pb, Zn, а также имеются In, Bi, Ag, Au. Разработаны предложения по обеспечению экологической безопасности техногенных месторождений.

Ключевые слова: техногенные месторождения, отходы переработки минерального сырья, хвостохранилище, токсичные отходы, рекультивация, биоремедиация, закрытое горное предприятие.

Благодарность: Публикация выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 15-17-10016) на базе Тихоокеанского государственного университета.

Для цитирования: Крупская Л. Т., Зверева В. П., Склярова Г. Ф., Орлов А. М. Техногенные поверхностные образования как источник загрязнения экосферы и обоснование возможности их освоения в Дальневосточном федеральном округе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2. – С. 5–21. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-2-0-5-21.

Aboveground mining waste storage as an ecosphere pollution source and waste exploitability in Russia's Far East

L.T. Krupskaya^{1,2}, V.P. Zvereva³, G.F. Sklyarova⁴, A.M. Orlov²

Pacific National University, Khabarovsk, Russia, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru
 Far Eastern Research Institute of Forestry, Khabarovsk, Russia
 Far Eastern Geological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok. Russia

⁴ Mining Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

Abstract: This research is connected with mineral processing waste accumulated in the last century, stored in tailings dumps (manmade deposits) and adversely affecting ecosphere. The article validates manageability of these challenges toward implementation of the national policy in the sphere of ecological improvement in the Far East district of the Russian Federation. Huge volumes of milled sulfide ore waste in permanent contact with atmospheric oxygen and with water for many decades (more than 50-60 years) persistently produce acid and highly saline solutions and heavily pollute environment. In this respect, the studies were aimed to assess integrated effect of manmade deposits on ecosphere and to validate their manageability to ensure environmental safety within the influence zone of such manmade objects in terms of closed Khrustalny Mining and Processing Plant in Primorye and Solnechny MPP in the Khabarovsk Krai. The research used physicochemical and biological methods, mathematical modeling, systematization, scientific prediction, GIS technologies, etc. The review of the problem connected with mine waste appraisal and treatment includes international experience. The notion of a manmade deposit is refined as accumulation of milled valuable mineral material resulted from mining and processing, stored on ground surface in dumps and tailings ponds occupying considerable land fund areas and being a source of environmental pollution with compounds of heavy metals and arsenic. The principal distinguishing features and peculiarities of the manmade deposits in the study region are analyzed. Waste in tailings dumps of the closed plants feature extreme physiochemical parameters and high concentrations of heavy metals and arsenic. The integrated assessment of the environmental impact of manmade deposits is given. Background and maximum allowable concentrations in soil are exceeded from 2 to 39 times and from 1.5 to 45-200 times and more. Practical usability of manmade deposits is proved. This waste contains commercial reserves of Sn, Cu, Pb and Zn, as well as holds In, Bi, Ag and Au. The propositions on ecological safety of manmade deposits are offered.

Key words: manmade deposits, mineral mining and processing waste, tailings dump, toxic waste, reclamation, bioremediation, closed mining and processing plant.

Acknowledgements: The study was carried out at the Pacific National University and supported by the Russian Science Foundation, Grant No. 15-17-10016.

For citation: Krupskaya L. T., Zvereva V. P., Sklyarova G. F., Orlov A. M. Aboveground mining waste storage as an ecosphere pollution source and waste exploitability in Russia's Far East. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2):5-21. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-2-0-5-21.

Введение

Согласно работе А.Б. Макарова и др. [1-3 и др.], за последнее столетие сформировалось огромное количество «техногенных образований» (техногенно-минеральных месторождений) на территории России (более 5 млрд т), в том числе в Дальневосточном федеральном округе (ДФО). Это экологический ущерб, накопленный в прошлом веке хозяйственной деятельностью закрытых в настоящее время горных предприятий [4]. К техногенным образованиям относятся отходы переработки минерального сырья, складированные в хвостохранилища, возникновение которых обусловлено несовершенством технологий обогашения полезных ископаемых и немедленным решением в прошлом веке задач обеспечения страны отдельными видами стратегического сырья [5].

В результате долговременной производственной деятельности горнодобывающих предприятий ДФО накоплено большое количество отходов не только в хвостохранилищах, но и отвалах горных пород и некондиционных руд, расположенных в непосредственной близости к населенным пунктам. Положение усугубилось в связи с тем, что, не справившись с экономическими трудностями переходного периода, многие из горных предприятий ДФО в годы перестройки были обанкрочены и закрыты. Консервация их не была проведена, техногенные образования остались бесконтрольными, и произошло ухудшение экологической ситуации в их границах влияния из-за высокого содержания в этих образованиях соединений тяжелых металлов и мышьяка [6, 7 и др.].

По мнению О.Л. Качор [4], высока опасность мышьяковистых техногенных образований (отходы переработки минерального сырья), которые могут очень долгое время оставаться активными, то есть способными к химическим прев-

ращениям и миграции под действием естественных природных условий. Они попадают в цепь жизнеобеспечения человека: пищу, воду и воздух. Мышьяковистые отходы относятся к опасным отходам, подлежащим регулированию на Федеральном уровне [8]. В настоящее время наиболее опасными в Дальневосточном федеральном округе являются закрытые комбинаты: «Солнечный ГОК» (Хабаровский край), «Хрустальненский ГОК» (Приморский край), «Хинганский ГОК» (Еврейская автономная область), «Карамкенский ГОК» (Магаданская область) и многие др., а также шахты. В последние годы особое внимание уделяется проблеме накопленного в прошлом веке экологического ущерба от хозяйственной деятельности (отходам переработки минерального сырья). Неслучайно в указе Президента Российской Федерации [9] «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» № 176 от 19.04.2017 г., подчеркивается, что ежегодно на территории РФ образуется порядка 5 млрд т отходов, из них лишь 40% перерабатывается, при этом более 30 млрд т отходов накоплено в результате прошлой хозяйственной деятельности. Проведенный в 2018 г. государственный мониторинг позволил выявить 1800 объектов накопленного вреда экосфере в 80 субъектах РФ. Причем общая площадь загрязненных земель составила 160 тыс. га, на которых складировано 260 млн т накопленных отходов, при этом численность проживающего здесь и подверженного негативному воздействию населения порядка 18 млн чел.

Согласно последним исследованиям Л.Т. Крупской [5, 6] и др. авторов [10], М. Peña-Ortega [11], Geraldo Wilson Fernandes [12] известно, что техногенно-минеральные месторождения, занимающие значительные площади продуктивных зе-

мель, с одной стороны, являются источником загрязнения экосферы, с другой они представлены скоплением ценных металлов и минералов. Об этом же свидетельствуют исследования А.Б. Макарова [1, 2], К.Н. Трубецкого [13, 14], Т.Н. Матвеевой [15], В.А. Чантурии [16], В.Л. Яковлева [3], Е.Г. Ожигиной [17] и др. Эти аспекты определяют необходимость скорейшей их переработки [18, 19].

Многими зарубежными исследователями, в частности Gotfrīds Noviks [20] и Asmelash Abay [21] признано, что техногенные месторождения, несомненно, являются значительным резервом минерально-сырьевой базы страны. Например, Devin Sapsford, Peter Cleall, Michael Harbottle [22] утверждают, что извлечение ценного продукта (металлов) из техногенных образований является новой технологической областью и требует дальнейших исследований по разработке различных физических, химических, биологических и биогеохимических инженерных технологий для обеспечения устойчивого развития территории. Зарубежными исследователями предложены различные технологии обеспечения экологической безопасности техногенных месторождений. L. José и др. [23], например, предлагают сухое закрытие хвостохранилища Алмагрера, Stavros Triantafyllidis и др. [24] разработаны мероприятия по реабилитации на основе геохимического моделирования для сульфидных хвостов закрытых горных предприятий. Ими предложена установка известковых свай для дальнейшего улучшения качества возможных загрязненных растворов, которые могут мигрировать в подземные водоносные горизонты.

В настоящее время особенно актуальной в Дальневосточном федеральном округе становится проблема их разработки [25, 26]. Поэтому цель иссле-

дования состояла в комплексной оценке влияния техногенных месторождений на экосферу и обосновании возможности их освоения для обеспечения экологической безопасности в ДФО. Исходя из цели исследования, определены следующие задачи:

- 1. Проанализировать и обобщить современное состояние названной проблемы в России и Дальневосточном федеральном округе (ДФО);
- 2. Уточнить определение понятия «техногенные месторождения»;
- 3. Выявить особенности техногенных месторождений в границах ДФО, изучить их вещественный состав;
- 4. Комплексно оценить влияние техногенных месторождений на объекты окружающей среды;
- 5. Разработать предложения по обеспечению экологической безопасности процессов освоения техногенных месторождений.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились природно-горнопромышленные техногенные системы. Методологической основой изучения проблемы послужило учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере (1978) [27] и основные положения Б.П. Колесникова и Л.В. Моториной (1978), изложенные в Программе и методике изучения техногенных биогеоценозов [28]. Для оценки состояния техногенных образований (отходы переработки минерального сырья, складированные в хвостохранилища) и их влияния на объекты окружающей среды проведены экспедиционные (полевые), аналитические и камеральные работы в течение 2010 – 2019 гг. В статье представлены результаты исследования, полученные в границах влияния техногенных систем, возникших в прошлом веке в результате деятельности закрытых в настоящее время горных предприятий: «Солнечного ГОКа» (Хабаровский край) и «Хрустальненского ГОКа» (Приморский край).

Для изучения геохимических особенностей поверхностного слоя техногенных месторождений в разных частях хвостохранилища были отобраны пробы отходов переработки минерального сырья. Опробование их поверхности проведено в течение 2010-2019 гг. в соответствии с общепринятой методикой [29] в 10 точках. Каждая проба была сформирована путем смешивания 5 точечных проб, послойно отобранных на глубину 0-10 см и 10-20 см. Схема точек пробоотбора представлена на рис. 1.

Проведен отбор образцов снежного покрова по методу В.Н. Василенко [30] для определения концентрации соединений тяжелых металлов (ТМ) и мышьяка, а также взвешенных веществ в атмосферном воздухе по методикам, изложенным в РД 52.04.186-89 и ГОСТ 17.2.4.02-81 «Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ» [31,

32]. Отбор техногенных почв осуществлен с учетом розы ветров по ГОСТ 17.4.3.01-2017 и ГОСТ 17.4.4.02-2017 [33, 34].

Для исследования накопления в растениях соединений токсичных тяжелых металлов по ГОСТ ISO 6497-2014 [35] отобраны образцы их преобладающих видов на тех же участках, где проведен отбор проб почв. Выполнено геоботаническое описание (общеизвестными методами), собран гербарий, изучено видовое разнообразие древесно-кустарниковой растительности и травяного покрова. Надземная часть трав была срезана ножницами (с исключением попадания почвы), уложена в матерчатые мешочки и сопровождена этикеткой. Для формирования суммарной пробы исследуемого насаждения листья деревьев были отобраны по окружности кроны на высоте около 1,5 м. Высушенные до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре (до 25 °C) и хорошей вентиляции пробы листьев деревьев измельчены с помощью электромельницы

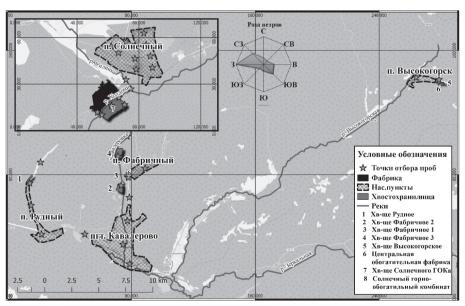


Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб в Кавалеровском и Солнечном районах Fig. 1. Map-diagram of sampling points in the Kavalerovsky and Solnechnyy regions

до размера частиц 1 мм. Полученная навеска была использована для определения в них соединений тяжелых металлов и мышьяка. Минерализация пробрастений осуществлена методом сухого озоления. Аналитические определения были выполнены в Институте тектоники и геофизики ДВО РАН в аттестованной лаборатории.

Для оценки экологического состояния почв рассчитаны следующие показатели [36]: коэффициент концентрации (K_c), суммарный показатель загрязнения (Z_c). В процессе исследований использован комплекс основных методов и методических приемов: обобщение и систематизация, научное прогнозирование, ГИС-технологии, моделирование, а также современные инструментальные и традиционные физико-химические, химические, биологические методы и методы статистической обработки.

Все результаты исследований обработаны в программе MS Excel. Рисунки обработаны с помощью программ Photoshop, MS Office Picture Manager, Paint, MS Visio.

Результаты и обсуждение

Человечество осуществляет грандиозное перемещение атомов химических элементов в биосфере, участвуя в процессе обмена вещества. Так, например, примерно 100 млрд т ежегодно механически перемещаемого людьми материала литосферы соизмеримо с денудационной работой всех рек Земли. Для характеристики этих процессов исследователями были предложены определенные термины и понятия, например, ноосфера, техногенез и др. По образному определению академика В.И. Вернадского (1978) «Ноосфера ... [27] есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей (мощнейшей) геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше». Термин «техногенез» предложен академиком А.Е. Ферсманом [37] для обозначения процесса перемещения (перераспределения) и концентрации химических элементов (их соединений), происходящих в результате технической (технологической) деятельности людей. С названными терминами связаны и другие, появившиеся в условиях ноосферы и техногенеза. Так, на общем фоне все обостряющейся в наше время угрозы глобального экологического кризиса очень важное место начинает занимать проблема разрушения почв в результате деятельности горнодобывающей и горно-перерабатыващей промышленности, образование на их месте техногенных поверхностных образований. Это скопление отходов на поверхности или в горных выработках Земли, в ее недрах, гидросфере, продуктов, созданных человеком, а также минеральных веществ, искусственно отделенных от природного массива или подвергшихся изменению непосредственно в массиве в результате деятельности человека.

Они давно стали частью окружающей среды. Поэтому решение их использования является задачей государственной программы рециклинга, а также рекультивации, входящей в систему рационального недро- и природопользования. Из-за богатейшей палитры полезных минеральных компонентов академик А.Е. Ферсман [37] считал их важным резервом пополнения объемов минерального сырья. Однако техногенные образования весьма агрессивно воздействуют на экосферу. Поэтому интерес к их переработке обусловлен не только коммерческим расчетом, но и возросшими экологическими требованиями.

К техногенным образованиям относятся:

- техногенные минеральные ресурсы (ТМР) как совокупность техногенного минерального сырья, содержащегося в отходах горно-обогатительного в пределах какого-либо региона и отрасли в целом;
- техногенные минеральные объекты (ТМО) как скопления минеральных образований на поверхности Земли или в местах ведения открытых горных работ, сформировавшиеся от складирования в виде отходов горного, обогатительного и химического производств;
- техногенные месторождения (ТМ) как техногенные образования, по количеству и качеству содержащегося минерального сырья пригодные для эффективного использования в сфере материального производства.

Необходимо иметь в виду, что в категорию техногенного месторождения техногенное образование может быть переведено только в случае его положи-

тельной технико-экономической оценки в результате специальных геологоразведочных работ и апробации запасов сырья территориальной комиссией по запасам (ТК3).

На основе обзора проблемы ввода техногенных месторождений в эксплуатацию в Дальневосточном федеральном округе уточнено определение понятия «техногенные месторождения»: скопление измельченного ценного минерального материала на поверхности Земли, образованного в результате его переработки, представляющее собой отходы горно-перерабатывающего производства, складированные в хвостохранилища, занимающие значительные площади земельного фонда, и являющиеся источником загрязнения окружающей среды соединениями тяжелых металлов и мышьяка.

В техногенных месторождениях закрытого горного предприятия «Солнечный ГОК» скопилось более 41 млн т отходов на площади 90,8 га, а объем отходов

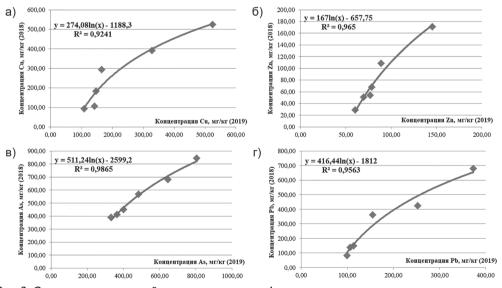


Рис. 2. Содержание соединений тяжелых металлов и As в отходах на поверхности хвостохранилища закрытого горного предприятия «Хрустальненский ГОК»: меди (a); цинка (б); мышьяка (в); свинца (Γ) Fig. 2. The content of compounds of heavy metals and As in the tails on the surface of the technogenic object: a-copper; b-zinc; c-arsenic; d-plumbum

Микроэлементный состав снежного покрова, отобранного на расстоянии 100 м от хвостохранилища «Солнечного ГОКа»

Microelements in snow cover sample taken 100 m away from the tailings dump of Solnechny MPP

	Pb	Cu	Zn	Mn	Cr
C_{cp} , мг/дм 3	0,034	0, 022	0,484	0,059	0,039
ПДК	0,006	0,001	0,005	0,01	0,02

в хвостохранилище закрытого горного предприятия «Хрустальненский ГОК» составляет около 35 млн т, расположенных на площади 15 га (рис. 1).

По фактическому содержанию (валовое содержание элементов в отходах) соединений химических элементов (As, Cu, Pb, Zn, Cu, Co, Sb и др.) отходы, складируемые в хвостохранилищах «Хрустальненского ГОКа» и «Солнечного ГОКа», относятся к высокотоксичным — ко 2 классу опасности (рис. 2).

Выявлено, что сульфидная их составляющая подвергается гипергенным и техногенным процессам, обусловленная реакциями окисления и гидролиза (рН от 2 до 9). Переход ионов токсичных элементов в подвижное состояние приводит к выносу соединений тяжелых металлов с дренажными водами в природную гидросеть до и после момента выпадения вторичных — гипергенных минералов, которые могут кристаллизоваться только из высококонцентрированных растворов. В результате происходит интенсивное загрязнение окружающей среды.

Изучение микроэлементного состава снежного покрова в границах, например, закрытого горного предприятия «Солнечный ГОК» свидельствует о высокой его степени загрязнения (таблица).

Исследования почвенного покрова показывают чрезвычайно высокий уро-

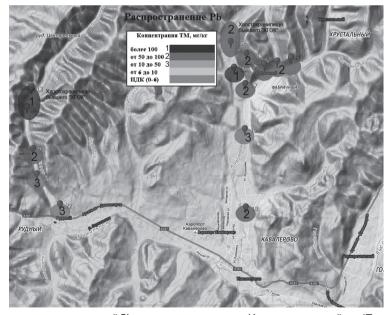


Рис. 3. Распространение соединений Pb в почвах на территории Кавалеровского района (Приморский край) Fig. 3. Distribution of Pb compounds in soils in the territory of the Kavalerovsky district (Primorsky Territory)

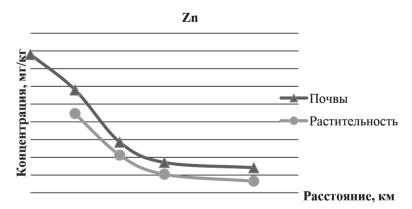
вень его загрязнения соединениями токсичных тяжелых металлов и мышьяка. В связи с миграцией ТМ и мышьяка от горнопромышленных отходов, в почвах экосистем, прилегающих к хвостохранилищам, выявлено превышение ПДК от 1,5 до 10-200 раз (рис. 3). Отсутствие естественного зарастания на поверхности хвостохранилищ в течение 1998 – 2019 гг. обусловлено неудовлетворительным экологическим его состоянием из-за чрезвычайно высокой токсичности слагающего его материала. Содержание соединений тяжелых металлов в растительности превышает фоновый показатель от 2 до 29 раз (рис. 4).

Суммарный показатель загрязнения в почвах (Z_c) составил 152. Коэффициент концентрации (K_c) в селитебной зоне, к сожалению, не соответствует допустимой категории загрязнения исследованных почв, отобранных вблизи хвостохранилищ. Этот показатель в границах влияния отходов переработки оловорудного сырья в исследуемом районе колеблется от 2 до 15 раз.

Необходимо отметить, что на протяжении более чем двадцати лет дамбы хвостохранилищ не укреплялись, в настоящее время отстойники размыты.

Поэтому хостохранилища закрытых горных предприятий постоянно способствуют загрязнению окружающей среды путем утечки загрязненных водных отходов через дамбу, основание, системы удержания или почву. В Дальневосточном регионе не исключены чрезвычайные ситуации, такие, как: наводнения, разрушительные муссонные ливневые дожди и др. В связи с этим возможен сход хвостохранилищ на расположенные ниже по склону поселки Рудный, Высокогорск, Фабричный и др. (Приморский край), п. Горный (Хабаровский край) и др.

Таким образом, отсутствие надлежащего контроля за состоянием хвостохранилищ, высокая активность гипергенных процессов в техногенных системах исследуемых районов уже привели к значительному загрязнению экосферы в целом. Экологическая ситуация в районе исследования оценена как критическая. Можно предположить, что в дальнейшем состояние объектов окружающей среды будет изменяться, главным образом, в негативную сторону, так как сульфиды окисляются на протяжении столетий. Необходимо отметить, что запасы коренных руд в районе ис-



Puc. 4. Зависимость концентрации соединений Zn в почвах и растительности на различном расстоянии от источника загрязнения

Fig. 4. Dependence of the concentration of Zn compounds in soils and vegetation at different distances from the source of pollution

следований полностью не отработаны, а хвостохранилища фактически представляют собой комплексные техногенные месторождения широкого спектра элементов — As, Sn, Pb, Zn, Cu, In и др.

Техногенные месторождения исследуемого района имеют следующие особенности:

- 1. Известная распространенность техногенных месторождений и отсутствие необходимости в проведении поисковых работ и сокращении до минимума расходов на геологоразведочные работы (ГРР);
- 2. Содержание в техногенных образованиях около 80 гипергенных и техногенных минералов, для 32 из которых определены Eh-pH параметры, температурный интервал формирования, ассоциация и др.;
- 3. Поверхностное залегание техногенных месторождений, раздробленность минерального сырья, его тонкодисперсное состояние, т.е. отсутствие необходимости в дроблении — наиболее дорогостоящей операции для оловянных руд). Кроме того, не требуется выемочное оборудование, создана необходимая инфраструктура (построены дороги, коммуникации и др.), довольно высокие содержания ценного компонента, экономически выгодно комплексное использование техногенного минерального сырья (получение нескольких продуктов с одного объекта). Утилизация отходов - очень важный процесс при комплексном освоении техногенных месторождений, существенно улучшающий экологическую ситуацию;
- 4. Социально-экономический эффект (возрастает занятость населения).

Очевидно, слабая геологическая изученность техногенных месторождений определяет необходимость их комплексной геолого-эколого-экономической оценки, что требует новых методических приемов и подходов. В Дальневосточном

федеральном округе эта проблема приобретает особое значение.

Освоение касситерит-силикатных и касситерит-сульфидных рудных месторождений Хрустальное, Силинское, Арсеньевское, Дубровское, Высокогорское, Верхнее, Искринское и др. ныне закрытым горным предприятием «Хрустальненский ГОК» в Кавалеровском районе Приморского края привело к накоплению большого количества вскрышных и рудовмещающих пород, некондиционных руд и хвостов обогащения. Наибольший интерес представляют отходы переработки оловорудного минерального сырья. Спектральные анализы (количественный и полуколичественный) этих образцов, отобранных на хвостохранилищах Кавалеровского района, показали, что содержание рудных элементов в хвостах обогащения изменяется в следующих пределах (%): Sn - 0.04 -0.10; Cu - 0.006 - 0.26; Pb - 0.004 -0.076; Zn -0.08-1.0; As -0.01-0.05; Ni - 0.001 - 0.003; Co - 0.0002 - 0.0009; Cr - 0.002 - 0.003; V - 0.004 - 0.01; Aq - 0.0003 - 0.003; Ga - 0.001 - 0.0016; Bi -0.0001-0.0003; Sr - до 0.01 [7]. Общий объем хвостов обогащения на январь 1989 г. оказался равным более 34 т с содержанием в них олова более 41 тыс. т.

Запасы олова и попутных компонентов на хвостохранилищах закрытого горного предприятия «Хрустальненский ГОК» на 1.01.2004 г. составили: Sn — 48897 т (при содержании 0,10-0,23%), Cu — 64829 т (0,04-0,18%), Pb — 32395 т (0,01-0,09%), Zn — 47950 т (0,05-0,13). В отходах обогащения обогатительной фабрики в п. Высокогорск обнаружено дополнительно Ag в количестве 16,3 т (18 г/т) и Au — 0,54 т (0,6 г/т).

В результате отработки месторождений оловянных и оловянно-полиметаллических руд и их переработки ныне

закрытого горного предприятия «Солнечный ГОК» в Солнечном районе Хабаровского края было сформировано 3 хвостохранилища: Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ), на ключе Долгом (хвосты СОФ) и по ключу Первый (хвосты СОФ). Суммарные запасы отходов составили более 30 млн т. Основную промышленную ценность в них представляют полезные компоненты (в тоннах, при среднем содержании): олово — 56 413,7 (0,181%); свинец — 56 005,7 (0,18%); медь - 102 768,4 (0,331%); цинк 49 762,8 (0,160%); вольфрам -8177,8(0,026%); висмут -7080,4(0,023%), a также серебро — 445,7 (от 14,4 до 23 г/т). Практический интерес может иметь сульфидный продукт, вследствие концентрации в нем Pb, Aq, Zn (и заключенных в продукте индия и кадмия), Си, Ві. Так, например, при разработке в 2017 г. м. Фестивальное в отходах обнаружено 0,6 т индия, 0,1 т ниобия и др.

Установлено, что в дальневосточных техногенных месторождениях запасы металлов (Sn, W, Cu, Pb, Zn, Sb, Bi) достаточно велики — тысячи тонн. Некоторые металлы (Ag, Cd, In, Sr и др.), присутствующие в виде изоморфной примеси в ряде минералов, содержатся в хвостохранилищах Кавалеровсого района Приморского края в количестве до сотен и десятков тонн [7, 38].

Разработаны способы снижения негативного воздействия техногенных образований на экосферу, суть которых изложена в Патентах РФ (2013, 2018) [39, 40], где подтверждена их новизна.

Заключение

В Дальневосточном федеральном округе России в результате интенсивного освоения оловорудного сырья в прошлом веке накоплены большие объемы техногенных образований (техногенных месторождений), токсичных отходов, складированных в хвостохранилища, являющихся одним из наиболее опасных видов техногенных нагрузок, негативно влияющих на состояние окружающей среды и здоровье населения. В них содержатся промышленные запасы ценных компонентов, и они рассматриваются как техногенные месторождения.

В статье представлен обзор проблемы исследования и освоения техногенных образований с учетом мирового опыта. Конкретизировано определение этого понятия и выявлены основные признаки и особенности техногенных месторождений.

Анализ результатов исследования проб отходов позволяет утверждать, что хвостохранилища закрытых горных предприятий «Солнечный ГОК» (Хабаровский край) и «Хрустальненский ГОК» (Приморский край) - это минеральные ресурсы. Они содержат широкий спектр полезных компонентов, представляющих промышленную ценность: Sn, Cu, Pb, W, Zn, Aq, Bi, In, Nb и др., извлечение и переработка которых крайне необходимы в ближайшие годы как с экологической (с учетом скорости окисления отходов), так и с экономической точек зрения. Положительный опыт переработки отходов (например, в Кавалеровском оловорудном районе) уже имеется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Макаров А. Б., Талалай А. Г., Хасанова Г. Г. Геолого-промышленные типы техногенных месторождений // Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2018. № 8 (284). С. 39 45. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-3-58-62.
- 2. *Макаров А. Б.*, *Талалай А. Г.* Техногенно-минеральные месторождения и их экологическая роль // Литосфера. -2012. № 1. С. 172 176.

- 3. Яковлев В.Л., Корнилков С.В., Лаптев Ю.В., Мамаев Ю.А., А.П. Ван-Ван-Е, Склярова Г.Ф. Систематизация условий размещения и освоения природных и техногенных объектов минерального сырья Уральского и Дальневосточного федеральных округов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № s4. С. 257 272.
- 4. *Качор О.Л.* Разработка модели миграции мышьяка по почвенному профилю из накопленных отходов горно-перерабатывающей промышленности // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2019. Т. 42. № 2. С. 144 150. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-144-150.
- 5. Krupskaya L.T., Zvereva V.P., Bubnova M.B. Wastes from the processing of tin ore as a potential source of pollution of ecosystems and a reduction in the risk of environmental disasters in the Primorsky krai // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. Article 012147. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012147.
- 6. Krupskaya L. T., Zvereva V. P., Golubev D. A., Bubnova M. B., Tagirova V. T. Problems of reducing environmental damage caused in the past century by mining facilities and ways of their solution in the Far Eastern Federal District // Russian Journal of General Chemistry. 2017. Vol. 87. No 13. Pp. 3087 3094. DOI: 10.1134/S1070363217130011.
- 7. Ханчук А. И., Зверева В. П., Кемкина Р. А., Кемкин И. В. Хвостохранилища Комсомольского оловорудного района: невостребованные минеральные ресурсы и угроза для экологической обстановки // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2011. № 3 (157). C. 77 82.
- 8. ГОСТ Р 54003-2010 Экологический менеджмент. Оценка прошлого накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Общие положения [Электронный ресурс]. М.: Стандартинформ, 2011. 30 с. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 9. *О Стратегии* экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]: указ: утвержден президентом РФ 19 апр. 2017 г. № 176. М.: Собрание законодательства Российской Федерации, 2017. № 17, ст. 2546. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 10. Rubinos D., Jerez Ó., Forghani G., Edraki M., Kelm U. Partitioning of potentially toxic elements and environmental risk assessment in copper tailings from Chile / 6th International Congress on Environment and Social Responsibility in Mining. Santiago, Chile, 2019.
- 11. Peña M.-Ortega, R. del Rio-Salas, Valencia J.-Sauceda, Mendívil H.-Quijada, Minjarez C.-Osorio, Molina F.-Freaner, M. de la O-Villanueva, Moreno V.-Rodríguez Environmental assessment and historic erosion calculation of abandoned mine tailings from a semi-arid zone of northwestern Mexico: insights from geochemistry and unmanned aerial vehicles // Environmental Science and Pollution Research. 2019. Vol. 26. No 10. Pp. 26203 26215. DOI: 10.1007/s11356-019-05849-w.
- 12. Fernandes G. W., Goulart F. F., Ranieri B. D., Coelho M. S., Dales K., Boesche N. K., Bustamante M., Carvalho F. A., Costa D. de Carvalho, Dirzo R., Fernandes S., etc. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil // Natureza & Conservação. 2016. Vol. 14. No. 2. Pp. 35 45. DOI: 10.1016/j.ncon.2016.10.003.
- 13. *Трубецкой К. Н., Захаров В. Н., Панфилов Е. И.* Актуальные проблемы состояния и перспективы развития минерально-промышленного комплекса России // Маркшейдерия и недропользование. 2017. № 1 (87). С. 17 19.
- 14. Трубецкой К. Н., Панфилов Е. И. Развитие методологии определения и учета потерь при освоении месторождений твердых полезных ископаемых // Рациональное освоение недр. 2016. \mathbb{N}^2 1. C. 28-40.
- 15. Matveeva T. N., Chanturia V.A., Gapchich A. O., Getman V. V. Application of new composition of reagents in flotation of silver-bearing tin ore // Journal of Mining Science. 2018. Vol. 54. No 1. Pp. 120 125. DOI: 10.1134/S1062739118013437.

- 16. Chanturia V.A., Ryazantseva M. V., Dvoichenkova G. P., Minenko V. G., Koporulina E. V. Surface modification of rock-forming minerals of diamond-bearing kimberlites under interaction with wastewater and electrochemically treated water // Journal of Mining Science. 2017. Vol. 53. No 1. Pp. 126 132. DOI: 10.1134/S1062739117011933.
- 17. Ожогина Е.Г. Современные проблемы и перспективы развития технологической минералогии // Разведка и охрана недр. 2018. \mathbb{N}^2 10. С. 3 6.
- 18. Голик В.И. Тезиев Т.М. Перспективы возрождения горного производства Северной Осетии // Актуальные вопросы современной науки. 2016. № 45. С. 110 121.
- 19. Чайников В.В., Крючкова Л.А. Практика использования техногенных ресурсов черной и цветной металлургии в России и за рубежом. М., 1994. 30 с.
- 20. Noviks G. Eco-innovative solutions for the processing of technogenic mineral resources // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. 2019. Vol. 1. Pp. 204 209. DOI: 10.17770/etr2019vol1.4050.
- 21. Abay A., Imbuga M., Malik Ch., Singh K., Borodin D.. Geo-Resources Recycling as the Way of Mining Wastes Disposing // International Innovative Mining Symposium. 2018. Vol. 41. Article 02010. DOI: 10.1051/e3sconf/20184102010.
- 22. Sapsford D., Cleall P., Harbottle M. In situ resource recovery from waste repositories: exploring the potential for mobilization and capture of metals from anthropogenic ores // Journal of Sustainable Metallurgy. 2017. Vol. 3. No. 2. Pp. 375 392.
- 23. Justo J. L., Morales A.-Esteban, Justo E., Jiménez F.A.-Cantizano, Durand P., Vázquez-Boza M. The dry closure of the Almagrera tailings dam: detailed modelling, monitoring results and environmental aspects // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2019. Vol. 78. No 5. Pp. 3175 3189. DOI: 10.1007/s10064-018-1342-2.
- 24. Triantafyllidis S., Loupasakis C., Tsangaratos P. Geochemical modeling-based rehabilitation proposal for abandoned sulfidic flotation mill tailings, Kirki, Thrace, NE Greece // Environmental Earth Sciences. 2016. Vol. 75. No 21. DOI: 10.1007/s12665-016-6213-1.
- 25. Litvintsev V. S., Sery R. S., Banshchikova T. S., Sas P. P. Appraisal and development of gold-containing mine waste in the Amur River Area // Journal of Mining Science. 2016. Vol. 52. No 2. Pp. 286 292.
- 26. *Грехнев Н.И.*, *Рассказов И.Ю.* Геохимическая трансформация отходов обогащения руд в горнопромышленных районах юга Дальнего Востока // Тихоокеанская геология. -2016. Т. 35. № 2. С. 107-113.
 - 27. *Вернадский В. И.* Живое вещество. М.: Наука, 1978. 357 с.
- 28. Колесников Б. П., Моторина Л. В. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ланд-шафтах/Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М., 1978. С. 5-12.
- 29. *Карпов Ю.А.*, *Савостин А.П.* Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. 243 с.
- 30. *Василенко В. Н.*, *Назаров И. М.*, *Фридман Ш. Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: ГИМИЗ, 1985. 182 с.
- 31. *Руководство* по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89 [Электронный ресурс]. М., 1991. 695 с. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 32. Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ ГОСТ 17.2.4.02-81 [Электронный ресурс]. М.: Стандартинформ, 1981. 2 с. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 33. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб ГОСТ 17.4.3.01-2017 [Электронный ресурс]. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 34. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа ГОСТ 17.4.4.02-2017 [Электронный ресурс]. М.: Стандартинформ, 2018. 10 с. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».

- 35. Корма. Отбор проб ГОСТ ISO 6497-2014 [Электронный ресурс]. М.: Стандарт-информ, 2016. 20 с. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 36. Черных Н. А., Сидоренко С. Н. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. Монография. М.: Изд-во РУДН, 2003. 430 с.
- 37. Φ ерсман А. Е. Геохимия России. Вып. 1. Петроград: Научное химико-техническое издательство, 1922. 229 с.
- 38. Склярова Г.Ф., Крупская Л.Т. К вопросу разработки рациональных технологий по переработке отходов обогатительных фабрик Солнечного ГОКа (Дальний Восток) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 5. С. 138—144.
- 39. Крупская Л.Т., Майорова Л.П., Орлов А.М., Зверева В.П., Изотов Д.В., Морин В.А., Леоненко А.В., Голубев Д.А. Патент РФ № 2486733, 10.07.2013 Способ рекультивации земель, нарушенных токсичными отходами, складированными в хвостохранилище, в условиях муссонного климата. 2011. Бюл. № 19.
- 40. *Крупская Л. Т., Растанина Н. К., Голубев Д. А., Филатова М. Ю.* Патент РФ № 2672453, 14.11.2018 Состав для пылеподавления для рекультивации поверхности хвостохранилища. 2017. Бюл. № 32. **IZAE**

REFERENCES

- 1. Makarov A. B., Talalay A. G., Khasanova G. G. Geological and industrial types of industrial deposits. *Vestnik Instituta geologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya RAN*. 2018, no 8 (284), pp. 39 45. [In Russ]. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-3-58-62.
- 2. Makarov A. B., Talalay A. G. Technogenic and mineral deposits and their environmental role. *Litosfera*. 2012, no 1, pp. 172 176. [In Russ].
- 3. Yakovlev V. L., Kornilkov S. V., Laptev Yu. V., Mamayev Yu. A., Van-Van-Ye A. P., Sklyarova G. F. Systematization of the conditions for the placement and development of natural and technogenic objects of mineral raw materials of the Ural and Far Eastern Federal Districts. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2013, no s4, pp. 257 272. [In Russ].
- 4. Kachor O.L. Development of a model for the migration of arsenic along the soil profile from accumulated waste from the mining industry. Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektsii nauk o Zemle Rossiyskoy akademii yestestvennykh nauk. *Geologiya, razvedka i razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh.* 2019, vol. 42, no 2, pp. 144–150. [In Russ]. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-144-150.
- 5. Krupskaya L.T., Zvereva V.P., Bubnova M.B. Wastes from the processing of tin ore as a potential source of pollution of ecosystems and a reduction in the risk of environmental disasters in the Primorsky krai. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 274. Article 012147. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012147.
- 6. Krupskaya L. T., Zvereva V. P., Golubev D. A., Bubnova M. B., Tagirova V. T. Problems of reducing environmental damage caused in the past century by mining facilities and ways of their solution in the Far Eastern Federal District. *Russian Journal of General Chemistry*. 2017. Vol. 87. No 13. Pp. 3087 3094. DOI: 10.1134/S1070363217130011.
- 7. Khanchuk A.I., Zvereva V.P., Kemkina R.A., Kemkin I.V. Tailings of the Komsomolsky tin ore region: unclaimed mineral resources and a threat to the environmental situation. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*. 2011, no 3 (157), pp. 77 82. [In Russ].
- 8. Ekologicheskiy menedzhment. Otsenka proshlogo nakoplennogo v mestakh dislokatsii organizatsiy ekologicheskogo ushcherba. Obshchiye polozheniya. GOST R 54003-2010 [Environmental management. Assessment of the past environmental damage accumulated in the locations of organizations. General Provisions. State Standart R 54003-2010], Moscow, Standardinform, 2011, 30 p.
- 9. O Strategii ekologicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda: ukaz: utverzhden prezidentom Rossiiskoi Federatsii ot 19.04.2017, № 176 [On the Environmental Security Strategy of the Russian Federation for the period until 2025]. Decree: approved by the President of the Russian Federation on 04.19.2017, No. 176. Moscow, 2017 [In Russ].

- 10. Rubinos D., Jerez Ó., Forghani G., Edraki M., Kelm U. Partitioning of potentially toxic elements and environmental risk assessment in copper tailings from Chile. *6th International Congress on Environment and Social Responsibility in Mining*. Santiago, Chile, 2019.
- 11. Peña M.-Ortega, R. del Rio-Salas, Valencia J.-Sauceda, Mendívil H.-Quijada, Minjarez C.-Osorio, Molina F.-Freaner, M. de la O-Villanueva, Moreno V.-Rodríguez Environmental assessment and historic erosion calculation of abandoned mine tailings from a semi-arid zone of northwestern Mexico: insights from geochemistry and unmanned aerial vehicles. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26. No 10. Pp. 26203 26215. DOI: 10.1007/s11356-019-05849-w.
- 12. Fernandes G. W., Goulart F. F., Ranieri B. D., Coelho M. S., Dales K., Boesche N. K., Bustamante M., Carvalho F.A., Costa D. de Carvalho, Dirzo R., Fernandes S., etc. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. *Natureza & Conservação*. 2016. Vol. 14. No. 2. Pp. 35 45. DOI: 10.1016/j.ncon.2016.10.003.
- 13. Trubetskoy K. N., Zakharov V. N., Panfilov E. I. Actual problems of the state and prospects of development of the mineral-industrial complex of Russia. *Marksheyderiya i nedropol'zovaniye*. 2017, no 1 (87), pp. 17 19.
- 14. Trubetskoy K. N., Panfilov E. I. Development of a methodology for determining and accounting for losses in the development of solid mineral deposits. *Ratsional'noye osvoyeniye nedr.* 2016, no 1, pp. 28 40.
- 15. Matveeva T. N., Chanturia V.A., Gapchich A. O., Getman V. V. Application of new composition of reagents in flotation of silver-bearing tin ore. *Journal of Mining Science*. 2018. Vol. 54. No 1. Pp. 120 125. DOI: 10.1134/S1062739118013437.
- 16. Chanturia V.A., Ryazantseva M.V., Dvoichenkova G.P., Minenko V.G., Koporulina E.V. Surface modification of rock-forming minerals of diamond-bearing kimberlites under interaction with wastewater and electrochemically treated water. *Journal of Mining Science*. 2017. Vol. 53. No 1. Pp. 126 132. DOI: 10.1134/S1062739117011933.
- 17. Ozhogina E.G. Modern problems and prospects for the development of technological mineralogy. *Razvedka i okhrana nedr.* 2018, no 10, pp. 3 6.
- 18. Golik V. I. Teziyev T. M. Prospects for the revival of mining in North Ossetia. *Aktual'nyye voprosy sovremennoy nauki*. 2016, no 45, pp. 110 121.
- 19. Chaynikov V. V., Kryuchkova L. A. *Praktika ispol'zovaniya tekhnogennykh resursov chernoy i tsvetnoy metallurgii v Rossii i za rubezhom* [The practice of using technogenic resources of ferrous and non-ferrous metallurgy in Russia and abroad], Moscow, 1994, 30 p.
- 20. Noviks G. Eco-innovative solutions for the processing of technogenic mineral resources. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference.* 2019. Vol. 1. Pp. 204 209. DOI: 10.17770/etr2019vol1.4050.
- 21. Abay A., Imbuga M., Malik Ch., Singh K., Borodin D.. Geo-Resources Recycling as the Way of Mining Wastes Disposing. *International Innovative Mining Symposium*. 2018. Vol. 41. Article 02010. DOI: 10.1051/e3sconf/20184102010.
- 22. Sapsford D., Cleall P., Harbottle M. In situ resource recovery from waste repositories: exploring the potential for mobilization and capture of metals from anthropogenic ores. *Journal of Sustainable Metallurgy*. 2017. Vol. 3. No. 2. Pp. 375 392.
- 23. Justo J. L., Morales A.-Esteban, Justo E., Jiménez F.A.-Cantizano, Durand P., Vázquez-Boza M. The dry closure of the Almagrera tailings dam: detailed modelling, monitoring results and environmental aspects. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2019. Vol. 78. No 5. Pp. 3175 3189. DOI: 10.1007/s10064-018-1342-2.
- 24. Triantafyllidis S., Loupasakis C., Tsangaratos P. Geochemical modeling-based rehabilitation proposal for abandoned sulfidic flotation mill tailings, Kirki, Thrace, NE Greece. *Environmental Earth Sciences*. 2016. Vol. 75. No 21. DOI: 10.1007/s12665-016-6213-1.
- 25. Litvintsev V.S., Sery R.S., Banshchikova T.S., Sas P.P. Appraisal and development of gold-containing mine waste in the Amur River Area. *Journal of Mining Science*. 2016. Vol. 52. No 2. Pp. 286 292.

- 26. Grekhnev N.I., Rasskazov I. Yu. Geochemical transformation of ore dressing waste in mining areas of the south of the Far East. Tikhookeanskaya geologiya. 2016, vol. 35, no 2, pp. 107 – 113.
- 27. Vernadskiy V.I. Biosfera i noosfera [Biosphere and noosphere], Moscow, Nauka, 1978, 357 p.
- 28. Kolesnikov B. P., Motorina L. V. Methods for studying biogeocenoses in technogenic landscapes. Programma i metodika izucheniya tekhnogennyh biogeocenozov [Program and methods of studying man-made ecosystems], Moscow, 1978, pp. 5-12.
- 29. Karpov Yu. A., Savostin A.P. Metody probootbora i probopodaotovki [Sampling and sample preparation methods], Moscow, BINOMIAL. Knowledge lab, 2003, 243 p.
- 30. Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman Sh. D. Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova [Snow pollution monitoring], Leningrad. GIMIZ, 1985, 182 p.
- 31. Rukovodstvo po kontrolvu zagrvazneniva atmosferv RD 52.04.186-89 [Guidelines for the control of air pollution 52.04.186-89], Moscow, 1991, 695 p. [In Russ].
- 32. Okhrana prirody. Atmosfera. Obshchiye trebovaniya k metodam opredeleniya zagryaznyayushchikh veshchestv GOST 17.2.4.02-81 [Protection of Nature. Atmosphere. General requirements for methods for the determination of pollutants. State Standart 17.2.4.02-81], Moscow, Standarty, 1981, 2 p.
- 33. Okhrana prirody. Pochvy. Obshchiye trebovaniya k otboru prob GOST 17.4.3.01-2017 [Protection of Nature. The soil. General requirements for sampling. State Standart 17.4.3.01-2017], Moscow, Standarty, 2018, 8 p.
- 34. Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza GOST 17.4.4.02-2017 [Protection of Nature. The soil. Methods of sampling and sample preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis. State Standart 17.4.4.02-2017], Moscow, Standarty, 2018, 10 p.
- 35. Korma. Otbor prob GOST ISO 6497-2014 [Stern. Sampling. State Standart 6497-2014], Moscow, Standarty, 2016, 20 p.
- 36. Chernykh N.A., Sidorenko S.N. Ekologicheskiy monitoring toksikantov v biosfere. Monografiya [Ecological monitoring of toxicants in the biosphere. Monograph], Moscow, Izd-vo RUDN, 2003, 430 p.
- 37. Fersman A.E. *Geokhimiya Rossii* [Geochemistry of Russia] Issue 1. Petrograd, 1922, 229 p.
- 38. Sklyarova G.F., Krupskaya L.T. On the issue of developing rational technologies for processing waste from enrichment plants of the Solnechny GOK (Far East). MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. 2013, no 5, pp. 138 – 144.
- 39. Krupskaya L.T., Mayorova L.P., Orlov A.M., Zvereva V.P., Izotov D.V., Morin V.A., Leonenko A. V., Golubev D. A. Patent RU 2486733, 10.07.2013.
- 40. Krupskaya L.T., Rastanina N.K., Golubev D.A., Filatova M.Yu. Patent RU 2672453, 14.11.2018.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Kрупская Людмила Тимофеевна¹ — д-р биол. наук, профессор,

Тихоокеанский государственный университет;

главный научный сотрудник, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,

Зверева Валентина Павловна — д-р геол.-минерал. наук, главный научный сотрудник, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,

Склярова Галина Федоровна — канд. геол.-минерал. наук,

старший научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН,

Орлов Алексей Михайлович 1 — канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник,

 1 Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства.

Для контактов: Крупская Л.Т., e-mail: ecologiya2010@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

L.T. Krupskaya¹, Dr. Sci. (Biol.), Professor,
Pacific National University, 680035, Khabarovsk, Russia;
Chief Researcher, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,
V.P. Zvereva, Dr. Sci. (Geol. Mineral.), Chief Researcher,
Far Eastern Geological Institute, Far Eastern Branch
of Russian Academy of Sciences, 690022, Vladivostok, Russia,
G.F. Sklyarova, Cand. Sci. (Geol. Mineral.), Senior Researcher,
Mining Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
680000, Khabarovsk, Russia,
A.M. Orlov¹, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher,
¹ Far Eastern Research Institute of Forestry, 680020, Khabarovsk, Russia.
Corresponding author: L.T. Krupskaya, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru.

Получена редакцией 30.01.2020; получена после рецензии 24.04.2020; принята к печати 10.01.2021. Received by the editors 30.01.2020; received after the review 24.04.2020; accepted for printing 10.01.2021.

 \triangle

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ГЕОРЕСУРСОВ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И СТРАН АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА-3

(2020, № 10, CB 35, 56 c.)

Коллектив авторов

Представлены результаты исследований по перспективам сотрудничества России и КНР в области подготовки кадров для горной промышленности. Предложена концепция повышения безопасности строительства и эксплуатации городской инфраструктуры, основанной на комплексном освоении подземного пространства под зданиями и сооружениями и создания системы геоконтроля состояния вмещающего массива. Изучен вещественный и минералогический состав типовых метасоматических пород и руд нижних горизонтов месторождения «Восток-2». Установлены факторы, затрудняющие обогащение шеелита, предложены технологические решения для повышения эффективности переработки шеелит-сульфидных руд. Проведен анализ угольных месторождений Приморского края по выявлению наиболее перспективных для применения технологии подземной газификации углей. Представлены результаты исследования полной диаграммы «напряжение-деформация» каменной соли из кернов разведочных скважин алмазоносных месторождений Якутии по рудникам «Интернациональному» и «Мир». Подведены итоги исследований в период с апреля 2018 г. по апрель 2020 г. по разработке органических удобрений-биостимуляторов, полученных на основе угля, торфа и других органических соединений, с применением ультразвуковых технологий, а также их испытаний на базе сельскохозяйственных предприятий Приморья.

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF GEO-RESOURCES OF THE RUSSIAN FAR EAST AND THE COUNTRIES OF THE ASIA-PACIFIC REGION-3

Team of authors

The results of research on the prospects of cooperation between Russia and China in the field of training personnel for the mining industry are presented. The concept of improving the safety of construction and operation of urban infrastructure, based on the integrated development of underground space under buildings and structures and the creation of a system of geocontrol of the state of the host array, is proposed. The material and mineralogical composition of typical metasomatic rocks and ores of the lower horizons of the Vostok-2 deposit has been studied. The factors that make it difficult to enrich scheelite are identified, and technological solutions are proposed to improve the efficiency of processing scheelite-sulfide ores. The analysis of coal deposits of Primorsky Krai is carried out to identify the most promising for the application of underground coal gasification technology. The results of the study of the complete stress-strain diagram of rock salt from the cores of exploration wells of the diamond-bearing deposits of Yakutia at the International and Mir mines are presented. The results of the research in the period from April 2018 to April 2020 are summarized on the development of organic fertilizers-biostimulants obtained on the basis of coal, peat and other organic compounds, using ultrasonic technologies, as well as their testing on the basis of agricultural enterprises of Primorye.