УДК 622.458+
622.882

Л.Т. Крупская, Р.Г. Мелконян, Л.П. Майорова, Д.А. Голубев

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ОБЪЕКТОВ НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА (ХВОСТОХРАНИЛИЩ) В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОШЛОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БЫВШИХ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ (ДФО)*

Специфика добычи и обогащения оловянной руды на предприятиях ДВФО заключалась в извлечении и переработке огромного объема горной массы. Использовали небольшую часть извлекаемой горной породы, а оставшаяся доля накапливалась в виде «хвостов». Выявлены критерии и обоснованы принципы формирования перечня мероприятий, включающие принципы экологической реабилитации, обеспечивающие соответствие Российскому законодательству, согласно которому Комплексные схемы реабилитации территорий и технические регламенты должны быть разработаны и приняты на региональном уровне в качестве нормативных актов (законов), направленные на экологическую безопасность и охрану среды обитания и здоровье населения, а также рационального использования земельных ресурсов и градостроительного развития территории.
Ключевые слова: отходы, экологическая реабилитация, накопленный экологический ущерб, техногенное загрязнение, хвостохранилища, отходы переработки, среда обитания, рекультивация.

* Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 15-17-10016), ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет».

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 4. С. 5–15.
© 2017. Л.Т. Крупская, Р.Г. Мелконян, Л.П. Майорова, Д.А. Голубев.

Введение

Воздействие на экосферу процессов освоения минерального сырья в прошлом веке, привело к накоплению в огромном количестве горнопромышленных отходов и нарушению экологического равновесия. Известно [1–10], что из всего добываемого в мире минерального сырья в качестве общественного продукта используются только 10%, остальные 90% выбрасываются в виде отходов [1–10] в хвостохранилища.

Согласно Концепции устойчивого развития техносферы (2012), целесообразно использовать отходы горнопромышленного комплекса в различных отраслях народного хозяйствая [19], рекультивировать нарушенные горными работами земли для предотвращения экологического ущерба прошлой хозяйственной деятельности бывших горных предприятий. В связи с этим целью исследований является обоснование необходимости реабилитация горнопромышленных территорий, сформировавшихся в прошлом веке, путем проведения рекультивации с использованием потенциала биологических систем (методов биоремедиации). Для этого необходимо решить следующие задачи: проанализировать, обобщить и систематизировать литературные данные по названной проблеме; дать оценку современного состояния хвостохранилищ и определить масштабы разрушения экосистем под воздействием горного производства; использовать инновационный подход в решении проблемы экологической реабилитации территорий, подвергшихся негативному воздействию объектов накопленного в прошлом веке экологического ущерба в результате хозяйственной деятельности бывших горных предприятий в ДФО.

Объекты и методы исследования

Методологической основой послужили «Основные положения, изложенные в Программе и методике изучения техногенных биогеоценозов [12], а также работы К.Н. Трубецкого, Ю.П. Галченко [1–6], Л.Т. Крупской и др. [13–15], Н.Ю. Антонионова и др., [16–18] и др. Объектом исследования являются горнопромышленные отходы (отходы переработки оловорудного сырья, складированные в хвостохранилище).

Результаты и обсуждение

Аналитический обзор литературных источников показал, что в научных публикациях не уделяется должного внимания проблеме управления риском деятельности бывших горнопромыш-

ленных предприятий, которые в прошлом веке не справились с трудностями переходного периода и были обанкрочены [5]. Наши исследования показали, что отсутствуют теоретические подходы к решению проблемы реабилитации горнопромышленных территорий, не разработаны критерии и ее принципы.

Исследование экологической ситуации на хвостотохранилищ бывших горных предприятий Солнечного ГОКа и Хрустальненского ГОКа свидетельствует о том, что эти горнотехнические сооружения находятся в аварийном состоянии. Уровень безопасности здесь – опасный. Выявлены нарушения положений федеральных законов «Об охране окружающей среды», «О безопасности ГТС», «Об охране атмосферного воздуха» и др. На бывших ГОКах предписания надзорных органов по устранению нарушений требований технологической и экологической безопасности не выполнялись. Ремонт ограждающей дамбы хвостохранилища не сделан. Пульповоды, водоводы оборотной воды и оборудование станции оборотной воды демонтированы и происходит самопроизвольный сток и смыв загрязняющих веществ в речную сеть. Мониторинг безопасности хвостохранилища в соответствии с нормативными требованиями не проводится.

После осушения ГТС произошло интенсивное пылевое загрязнение среды обитания [13–15], потому что не выполнялись меры по снижению пыления поверхности хвостохранилища и загрязнения атмосферного воздуха путем рекультивации поверхности хвостохранилища. Установлено, что мелкодисперсная пыль поднимается в воздух, образуя вихревые потоки, а затем осаждается на поверхности почвы. Выявлено, что атмосферные осадки, растворяя в себе большое количество токсических веществ и образуя техногенные потоки, являются также негативным фактором для почвенно-растительного покрова.

Определен объем накопленного экологического ущерба, всего и по классам опасности в границах влияния бывших горных предприятий «Хрустальненский и Солнечный ГОКи». Класс опасности отходов переработки оловорудного сырья 2 (высокоопасные) [13]. Степень вредного воздействия техногенных объектов оценивается как «высокая». Дана характеристика природно-горнопромышленной техногенной системы, расположенной в основном в бассейне рр. Холдоми-Силинка (Солнечный район Хабаровского края) и Зеркальной (Кавалеровский район Приморского края), объектами которой являются токсичные отходы переработки оловорудного сырья, складируемые в хвостохранилища бывшего «Хрустальненского ГОКА» и «Солнеч-

ного ГОКА», карьеры, отвалы, штольни, шахты, рассматриваемые нами как экологический ущерб прошлой хозяйственной деятельности.

В Солнечном районе в прошлом веке было накоплено более 70 млн т отходов переработки оловорудного сырья, расположенных на площади около 50 га. Хрустальненский комбинат начал свое существование в 1941 г. Остальные рудники и вторая фабрика вступили в строй в 60–70-х гг. В Кавалеровском оловорудном районе вся долина р. Зеркальная (пос. Фабричный, Кавалеровский район), в которой находится большой и сложный комплекс сооружений второй фабрики и три огромных хвостохранилища, несет соответствующую техногенную нагрузку. Общий объем хвостов обогащения здесь составляет около 60 млн т, под ними занято свыше 40 га.

Хвосты (отходы) этих хвостохранилищ представлены тонкодисперсной массой серого цвета, иногда окрашены в коричневые цвета (видимо, гидроксиды железа, которые образуются за счет окисления сульфидов. Они состоят, по данным наших исследований [13–15], из пирита, пирротина, галенита, сфалерита, арсенопирита, халькопирита, кварца, турмалина и других минералов. Изучены общие и специфические характеристики отходов («хвостов») как субстрата для последующей рекультивации поверхности хвостохранилищ.

Полученные авторами результаты показывают, что отходы необходимо отнести к самому высокому классу токсичности. Проведенное биотестирование субстрата (хвостов из хвостохранилища) по проросткам семян горчицы позволило сделать вывод о чрезвычайной токсичности верхнего слоя намывных отложений (хвостов) [15]. Практически ни в одной чашке Петри они даже не проклюнулись. В контрольном же варианте (субстрат-вода) были получены хорошие результаты.

Газовая съемка по секущим профилям в границах влияния хвостохранилища (пгт. Солнечный и Фабричный) свидетельствует об интенсивности протекания в теле хвостохранилища экзотермического процесса окисления сульфидов. В непосредственной близости от хвостохранилищ чувствуется сильный запах сернистых газов, что обусловлено выбросом в атмосферу летучих соединений серы с такими соединениями токсичных элементов, таких, как (в %): As – 94, Pb – 64, Cr – 58, Mn – 52, Cd – 37, Cu – 36, Hg – 31 и др.

Обнаружено в пробах воздуха довольно высокое содержание взвешенных веществ, аэрозолей сульфатов, диоксида серы и

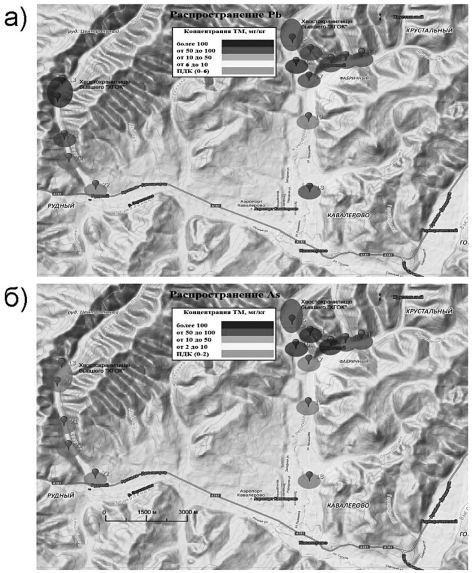

Рис. 1. Содержание соединений Pb (а) и As (б) в техногенных почвах в зоне влияния хвостохранилища бывшего Хрустальненского ГОКа

сероводорода. На всей территории исследуемых объектов средняя концентрация превышала норму в 46 раз. Наибольшее количество канцерогенных элементов, содержащихся в пыли, обнаружено в районе колодцев, прудка и пляжа хвостохранилища, а также в жилом массиве поселков Солнечный и Фабричный. Коэффициент степени опасности для окружающей природной среды (*W*) = 2154,435 для Солнечного района и 2102,435 – Кавалеровского района.

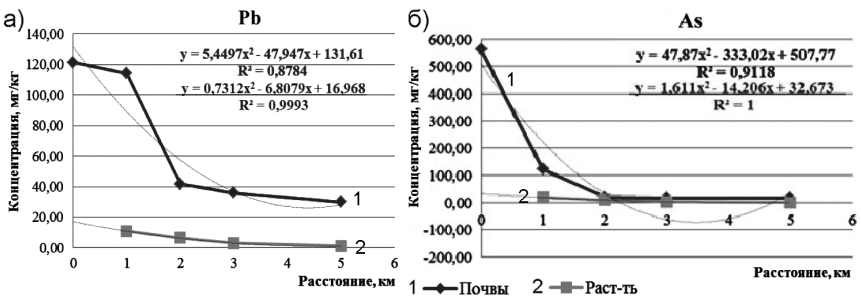

Рис. 2. Зависимость концентрации Pb (а) и As (b) в почвах и растительности на различном расстоянии от хвостохранилища бывшего горного предприятия «Хрустальненского ГОКа»

Итак, хвостохранилища бывших горных предприятий «Солнечный и Хрустальненский ГОКи» находятся в стадии активного формирования и, видимо, интенсивного воздействия на объекты окружающей среды, потому что в них накоплено огромное количество токсичных химических элементов. Они, несомненно оказывает негативное влияние на все компоненты биосферы. Картографические модели загрязнения почв в границах влияния бывших горных предприятий представлены на рис. 1. Зависимость концентрации соединений тяжелых металлов (ТМ) и мышьяка в почвах и растительности показана на рис. 2.

Использование биологических показателей (в том числе тест-система «Стерильность пыльцы» и «Ростовой тест», а также состояние микрофлоры, лишайников), диагностирующих состояние среды обитания в границах влияния техногенной системы [13–15], позволило оценить состояние экосистем территории горнопромышленного освоения как: критическое, катастрофическое, неудовлетворительное и удовлетворительное. Здесь формируются экологообусловленные заболевания населения горняцкого поселка. Итак, большую угрозу для биоты, всех природных систем и здоровья человека в районе исследования представляют отходы переработки минерального сырья.

Анализ экологической ситуации в границах влияния бывших горных предприятий и зонально-географических особенностей региона свидетельствует о том, что в условиях Дальневосточного федерального округа необходимо создавать новые комплексные технологии ликвидации накопленного экологического ущерба прошлой хозяйственной деятельности оловорудной промышленности для экологической реабилитации нарушенных территорий, которая должна оцениваться индивидуально.

В рамках реализации данного направления в ДФО разработаны следующие принципы реализации экологической реабилитации техногенно загрязненных горнопромышленных территорий: рациональное использование природных ресурсов и соответствие Российскому законодательству; учет уровня экологического риска и экологической безопасности для среды обитания и человека; использование новых технологий комплексной переработки минерального сырья; возможность использования рекультивированных площадей в рекреационных целях; градостроительное развитие территории.

Проведенные исследования позволили выявить критерии для реализации проекта экологической реабилитации горнопромышленных территорий: высокий класс опасности отходов хво-

стохранилищ, их площадь, уровень ее техногенного загрязнения (с учетом показателей ПДК и фонового загрязнения экосферы, способности к миграции соединений тяжелых металлов и накоплении в трофических цепях); степень загрязнения водных объектов, которая являются источником водозабора; наличие на исследуемой сопредельной территории ООПТ (в том числе федерального / регионального уровня); исследование возможности очистки почв, сточных промышленных вод и донных отложений.

Таким образом, решение проблемы экологической реабилитации заключаются в рациональном использовании природных, в том числе минерально-сырьевых ресурсов.

Предложено три этапа реализации Программы экологической реабилитации горнопромышленной территории: 1 Этап «Изучить и оценить масштаб накопленного экологического ущерба (2015–2018 годы)»; 2 Этап «Разработать и оценить первоочередной проект и создать условия для внедрения разработанной технологии по реабилитации горнопромышленной территории (2019–2022 годы)»; 3 Этап «Провести работы по дальнейшей ликвидации накопленного экологического ущерба на основе разработанных и апробированных новых технологий (2022–2025 годы)».

Исследования свидетельствуют о том, что при разработке комплексной схемы реабилитации горнопромышленных территорий необходимо предусмотреть технические регламенты на уровне законов или нормативных актов, в которых рассматривается комплексная рекультивация или рекультивация природной среды, предполагающая восстановление гидрогеологической ситуации района исследования, использование потенциала биологических систем и учитывающей весь объем накопленных отходов не только бывших горных предприятий, но и других отраслей народного хозяйства Дальневосточного федерального округа (в том числе лесопромышленного комплекса). Полученные результаты позволили сделать предварительный вывод о том, что на рекультивируемых площадях необходимо создавать сложные фитоценозы с участием травяного покрова, состоящего в основном из бобово-злаковых видов. Нами разработаны следующие способы реабилитации и рекультивации поверхности хвостохранилищ, новизна которых подтверждена Патентами РФ: Патентом РФ № 2275779 от 14 ноября 2008 г. по рекультивации нарушенных земель с использованием гуминовых препаратов, Патентом 2486733 от 10 июля 2013 г. По рекультивации поверхности хвостохрани-

лища с применением смешанного корокомпоста, Патентом РФ № 2504519 от 20 января 2014 г. по очистке сточных промышленных вод с использованием гидрофитов и Патентом РФ № 2569582 по способу рекультивации поверхности хвостостохранилища, содержащего токсичные отходы, с использованием фототрофных бактерий ФТБ)» от 19 октября 2015 г.

Заключение

Обоснована экологическая реабилитация горнопромышленных территорий, сформировавшихся в прошлом веке в результате хозяйственной деятельности бывших горных предприятий «Солнечный ГОК» и «Хрустальненский ГОК». Предложены критерии и принципы формирования перечня мероприятий, включающих принципы экологической комплексной реабилитации, обеспечивающие соответствие Российскому законодательству. Разработанные на региональном уровне Комплексные схемы реабилитации территорий и технические регламенты должны быть приняты на уровне законов или нормативных актов, предусматривающие экологическую безопасность и охрану среды обитания и здоровье населения, а также рациональное использование природных ресурсов и градостроительное развития территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Трубецкой К. Н.*, *Галченко Ю. П.*, *Грехнев Н. И.*, *Крупская Л. Т.*, *Ионкин К. В.* Основные направления решения экологических проблем минерально-сырьевого комплекса в Дальневосточном регионе // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2009. – № 6. – С. 483–489.

2. *Трубецкой К. Н.*, *Галченко Ю. П.*, *Сабянин Г. В.* Экологическая оценка производства индуцированных изменений в литосфере // Горный журнал. – 2014. – Т. 50. – № 2. – С. 379–384.

3. *Трубецкой К. Н.*, *Галченко Ю. П.* Экологические проблемы и методология их решения в развивающемся технологическом обществе // Российский экологический журнал. – 2011. – Т. 42. – № 2. – С. 85–92.

4. *Галченко Ю. П.* Экспериментальное исследование нарушенных растительных сообществ в зоне техногенного воздействия шахт / Неделя Горняка–2015. Доклады о работе XXIII международного научного симпозиума. – М., 2015. – С. 259–265.

5. *Трубецкой К. Н.*, *Галченко Ю. П.*, *Сабянин Г. В.* Стратегия технологических инноваций в добыче руд // Горный журнал. – 2011. – Т. 47. – № 4. – С. 476–483.

6. *Трубецкой К. Н.*, *Каплунов Д. Р.*, *Рыльникова М. В.*, *Радченко Д. Н.* Новые подходы к разработке ресурсовоспроизводящих технологий для комплексного извлечения руд // Горный журнал. – 2011. – Т. 47. – № 3. – С. 317–323.

7. *Печарова Е., Брумова-Дусакова Х., Новотна К., Свобода И.* Функция растительности нового ландшафта после Брауной добычи угля // Международный журнал горнодобывающей промышленности, мелиорации и охраны окружающей среды. – 2011. – 25 (4). – С. 367–376.

8. Предварительное закрытие и рекультивация. Генеральный план операций по ремедиации // Медная горная добыча. – 2013. – Т. 3. – С. 2–3.

9. *Шеран В.*, *Шеран А.С.*, *Пуня П.* Рекультивация нарушенных земель землей из заброшенных шахт: Обзор // Международный журнал почв, наносов и вод. Индия. – Т. 3. Вып. 2. Статья 13. – 2010. – 21 с.

10. *Саху Н.В.*, *Даш Е.С.* Деградация земель в результате добычи полезных ископаемых в Индии и меры по снижению воздействия / Труды Второй международной конференции по экологической науке и технике. – Сингапур, 2011. – С. 1–5

11. *Вернадский В.И.* Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 358 с.

12. *Колесников Б.П.*, *Моторина Л.В.* Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах / Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. – М., 1978. – С. 5–12.

13. *Крупская Л.Т.*, *Зверева В.А.*, *Голубев Д.А.*, *Бубнова М.Б.*, *Тагирова В.Т.* Проблемы снижения экологического ущерба экосистемам, нанесенного в прошлом веке добычей минерального сырья, и пути их решения в ДФО // Экологическая химия. – 2016. – Т. 25. – № 2. – С. 91–99.

14. *Крупская Л.Т.*, *Зверева В.П.*, *Растанина Н.К.*, *Волобуева Н.Г.* Геоэкологические факторы риска для здоровья населения поселка горняцкого поселка Солнечный, Хабаровский край / Перспективные разработки и технология II. Труды 2-й ежегодный конгресс по перспективным разработкам и технологиям, 2015. – С. 31–36.

15. *Крупская Л.Т.*, *Черенцова А.А.*, *Майорова Л.П.*, *Голубев Д.А.* Определение класса опасности отходов для окружающей среды, накопленных бывшим горным предприятием ДФО в прошлом веке // Экологическая химия. – 2016. – Т. 25. – № 2. – С. 86–90.

16. *Антонионова Н.Ю.*, *Шубина Л.А.* Использование техногенных отходов ГМК в природоохранных целях на предприятиях ГМК // Экология и промышленность России. – 2015. – № 10. – С. 38–41.

17. *Антонионова Н.Ю.*, *Рыбникова Л.С.*, *Slavikovskaya. Ю.О.*, *Рыбников П.А.*, *Шубина Л.А.* Геоэкологическая оценка земель и использования воды в исследуемых Уральских природных и техногенных минерально-сырьевых областях // Горный журнал. – 2012. – Т. 48. – № 2. – С. 398–404.

18. *Антонионова Н.Ю.*, *Чайкина Г., Рыбникова Л., Шубина Л., Фельдман А.Л.* Геоэкологические проблемы использования земельных и водных ресурсов в уральских месторождениях // Горная Евразия. – 2012. – № 1. – С. 44.

19. *Мелконян Р.Г.* О некоторых видах отходов производства и потребления, их классификация и утилизация // Рециклинг отходов. – 2011. – № 1. – С. 10–11. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Крупская Людмила Тимофеевна[1,2] – доктор биологических наук, профессор, заслуженный эколог России,
главный научный сотрудник, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,

Мелконян Рубен Гарегинович – доктор технических наук,
профессор, МГИ НИТУ «МИСиС»,
Майорова Людмила Петровна[1] – доктор химических наук,
доцент, зав. кафедрой,
Голубев Дмитрий Андреевич[1,2] – аспирант, младший научный сотрудник,
[1] Тихоокеанский государственный университет,
[2] Дальневосточный научно-исследовательский институт
лесного хозяйства.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 4, pp. 5–15.

UDC 622.458+
622.882

L.T. Krupskaya, R.G. Melkonyan, L.P. Mayorova, D.A. Golubev

SUBSTANTIATION OF THE ENVIRONMENTAL RECLAMATION OF AREAS SUBJECTED TO THE IMPACT OF ACCUMULATED ECOLOGICAL DAMAGE OBJECTS (TAILINGS STORAGES) OF MINING ACTIVITIES IN THE FAR EAST FEDERAL DISTRICT (FEFD))

The urgency of solving the problem of environmental rehabilitation of territories affected by objects of accumulated environmental damage as a result of past activities of ex-mining enterprises «Solnechny's Mining and Processing Plant (MPM)» (Khabarovsk krai) and «Khrustal'nensky's MPM» (Primorsky region), Far Eastern Federal district is obvious. The specificity of the mining and concentration of tin ores in these enterprises consisted in extracting and processing a huge volume of rock mass that is allowed to use only a small part of the extracted rock, and the remaining part is accumulated in the form of industrial waste, the so-called «tails» placed in a special building, called tailings. Actual use does not correspond to economic potential and due to complex causes. These include: inadequate regulatory framework, lack of incentives for the involvement of waste in the production process, the imperfection of their accounting, etc. unfortunately, timely preservation was not carried out, and the surface of these tailings had not been reclaimed, contrary to the legislation of the Russian Federation, according to which the subsoil user is obliged to spend. It is now established that the technical condition abandoned to the mercy of fate of tailings (mining facilities, GTS) is in poor condition. Monitor their safety in accordance with regulatory requirements is not spent.

Justifies the principles of forming the list of activities that incorporate the principles of ecological rehabilitation, ensuring compliance with the Russian legislation, when a Comprehensive scheme of rehabilitation of the territories and technical regulations must be developed and adopted at the regional level as normative acts (laws), environmental safety and protection of the environment and human health, and rational use of land resources and urban development of the territory. The proposed stages of the Programme implementation and expected results.

Key words: waste, environmental rehabilitation, accumulated environmental damage, industrial pollution, tailings.

AUTHORS

Krupskaya L.T.[12], Doctor of Biological Sciences, Professor,
Honored Ecologist of Russia, Chief Researcher, e-mail: ecologiya2010@yandex.ru,
Melkonyan R.G., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia,

Mayorova L.P.[1], Doctor of Chemical Sciences, Assistant Professor, Head of Chair,
Golubev D.A.[12], Graduate Student, Junior Researcher,
[1] Pacific National University, 680035, Khabarovsk, Russia,
[2] Far Eastern Research Institute of Forestry, 680020, Khabarovsk, Russian.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study has been supported by the Russian Science Foundation, Project No. 1517-10016 at the Pacific State University.

REFERENCES

1. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Grekhnev N. I., Krupskaya L. T., Ionkin K. V. *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2009, no 6, pp. 483–489.

2. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Sabyanin G. V. *Gornyy zhurnal*. 2014, vol. 50, no 2, pp. 379–384.

3. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P. *Rossiyskiy ekologicheskiy zhurnal*. 2011, vol. 42, no 2, pp. 85–92.

4. Galchenko Yu. P. *Nedelya Gornyaka–2015. Doklady o rabote XXIII mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma* (Miner's week–2015, reports of the XXIII international scientific symposium), Moscow, 2015, pp. 259–265.

5. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Sabyanin G. V. *Gornyy zhurnal*. 2011, vol. 47, no 4, pp. 476–483.

6. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Ryl'nikova M. V., Radchenko D. N. *Gornyy zhurnal*. 2011, vol. 47, no 3, pp. 317–323.

7. Pecharova E., Brumova-Dusakova Kh., Novotna K., Svoboda I. *Mezhdunarodnyy zhurnal gornodobyvayushchey promyshlennosti, melioratsii i okhrany okruzhayushchey sredy*. 2011. 25 (4), pp. 367–376.

8. Predvaritel'noe zakrytie i rekul'tivatsiya. General'nyy plan operatsiy po remediatsii. *Mednaya gornaya dobycha* (Preliminary Closure and Reclamation Plan General Plan of Operations. Resolution Copper Mining), 2013, vol. 3, pp. 2–3.

9. Sheran V., Sheran A. S., Punya P. *Mezhdunarodnyy zhurnal pochv, nanosov i vod*. India, vol. 3. Vyp. 2. Stat'ya 13. 2010, 21 p.

10. Sakhu H. B., Dash E. S. *Trudy Vtoroy mezhdunarodnoy konferentsii po ekologicheskoy nauke i tekhnike* (Proceeding of Second International Conference on Environmental Science and Technology), Singapur, 2011, pp. 1–5

11. Vernadskiy V. I. *Zhivoe veshchestvo* (Living matter), Moscow, Nauka, 1978, 358 p.

12. Kolesnikov B. P., Motorina L. V. *Programma i metodika izucheniya tekhnogennykh biogeotsenozov* (Program and methodology of the study of man-made ecosystems), Moscow, 1978, pp. 5–12.

13. Krupskaya L. T., Zvereva V. A., Golubev D. A., Bubnova M. B., Tagirova V. T. *Ekologicheskaya khimiya*. 2016, vol. 25, no 2, pp. 91–99.

14. Krupskaya L. T., Zvereva V. P., Rastanina N. K., Volobueva N. G. P*erspektivnye razrabotki i tekhnologiya II. Trudy 2-y ezhegodnyy kongress po perspektivnym razrabotkam i tekhnologiyam* (Advanced Engineering and Technology II. Proceedings of the 2nd Annual Congress on Advanced Engineering and Technology), 2015, pp. 31–36.

15. Krupskaya L. T., Cherentsova A. A., Mayorova L. P., Golubev D. A. *Ekologicheskaya khimiya*. 2016, vol. 25, no 2, pp. 86–90.

16. Antonionova N. Yu., Shubina L. A. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2015, no 10, pp. 38–41.

17. Antonionova N. Yu., Rybnikova L. S., Slavikovskaya. Yu. O., Rybnikov P. A., Shubina L. A. *Gornyy zhurnal*. 2012, vol. 48, no 2, pp. 398–404.

18. Antonionova N. Yu., Chaykina G., Rybnikova L., Shubina L., Fel'dman A. L. *Gornaya Evraziya*. 2012, no 1, pp. 44.

19. Melkonyan R. G. *Retsikling otkhodov.* 2011, no 1, pp. 10–11.