



УДК 504.54

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ МЕДИ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

© Д.В. Ульрих¹

Южно-Уральский государственный университет (НИУ),
454007, Россия, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.

Рассмотрены виды экологической нагрузки на окружающую среду, создаваемую горными предприятиями по добыче и переработке медных руд. Приведен обзор по объемам добычи меди в мире, России и на Южном Урале. На примере Карабашского промышленного узла оценена экологическая нагрузка на компоненты природной среды. Сделан вывод о необходимости улучшения экологической ситуации как основного условия повышения качества жизни и здоровья населения.

Ключевые слова: экологическая нагрузка; предприятия по добыче и переработке меди; компоненты природной среды; Южно-Уральский регион.

ENVIRONMENTAL IMPACT INDUCED BY COPPER MINING COMPANIES IN THE SOUTHERN URALS

D.V. Ulrikh

South Ural State University (NRU),
76 Lenin St., 454007, Chelyabinsk, Russia.

The article analyzes the environmental impact induced by copper mining companies. It reviews copper mine output worldwide, in Russia and in the Southern Urals. The article assesses the environmental impact on environment components using the example of Karabash industrial hub. It concludes that it is necessary to improve the environmental situation which is the main factor of human life and health quality improvement.

Key words: environmental impact; copper mining companies; environment components; the Southern Urals.

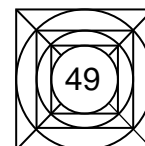
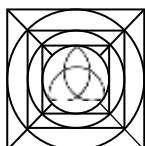
В XXI веке экологическая ситуация в мире характеризуется достаточно высоким уровнем негативного воздействия промышленного производства на окружающую среду и значительными отрицательными экологическими последствиями прошлой экономической деятельности. Улучшение экологической ситуации является необходимым условием повышения качества жизни и здоровья населения, а также обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды.

Неблагополучная экологическая среда, которая сложилась в большинстве стран с развивающейся горной промышленностью, требует довольно серьезных усилий как ученых, так и общества в целом, направленных на стабилизацию существующего уровня загрязненности компонентов окружающей среды.

Горнопромышленный комплекс нашей страны – важнейший базовый элемент народного хозяйства, поставщик минерального сырья и топлива. Стоит отметить, что по запасам и добыче многих видов полезных ископаемых Россия, наряду с Чили, Австралией, Южной Африкой и Канадой, входит сегодня в пятерку мировых лидеров, что, в свою очередь, определяет добычу и переработку руд к стратегическим направлениям экономики государства. При этом ущерб, наносимый природным компонентам, постепенно приводит к ощутимым последствиям, так как производственная деятельность горнодобывающих и перерабатывающих производств оказывает значительное воздействие на элементы биосферы: в атмосферу ежегодно выбрасывается около 50 млн т вредных веществ, в водоемы – более 2 млрд м³ загрязненных сточ-

¹Ульрих Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, e-mail: ulrikhdv@susu.ru

Ulrikh Dmitrii, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Water Supply and Drainage Department, e-mail: ulrikhdv@susu.ru





ных вод, на поверхности земли складывается свыше 8 млрд т твердых отходов различных классов опасности [1, 2].

Среди серьезных экологических проблем Южно-Уральского региона выделяются последствия добычи и переработки меди. Медь является стратегическим металлом, уровень потребления которого служит одним из основных показателей производственно-технического потенциала любой страны. По объемам потребления медь занимает второе место в мире после алюминия и третье – среди всех металлов после железа и алюминия.

Основные разведанные запасы и наибольшие объемы производства меди принадлежат Чили. На втором месте находятся США, на третьем – Перу.

В последние годы под воздействием высоких мировых цен в производственный оборот включаются все более бедные руды с содержанием металла менее 0,2–0,6%. Повышению рентабельности их использования служат новые технологии, удешевившие процесс и позволившие извлекать из руд помимо меди сопутствующие дорогостоящие металлы – золото, серебро, молибден. Так, Чили благодаря новым способам переработки медной руды в короткое время стала мировым лидером по производству молибдена [3].

Добычу медных руд и производство медного концентрата осуществляют 44 страны мира. Мировое производство первичной меди в 1900 году составляло всего 495 тыс. тонн, в 1997 году – уже 11526 тыс. тонн, а в 2012 году – 20245 тыс. тонн. В период с 1900 по 1960 гг. производство меди в мире росло на 3,2% ежегодно, с 1960 по 1970 гг. – на 3,4%, в 1970-х гг. – на 2,6%, в 1980-х гг. – на 2,2%, в 1990-х гг. – на 3,1%, а в 2000-х гг. – на 2,3% в год.

Традиционно главный мировой поставщик медной руды и концентратов Чили увеличил свою долю в объемах мировой добычи меди с 13% в 1978 году до 29% в 1997 году, а затем снизил до 31,5% к 2012

году. В 2012 г. в Чили было произведено 5370 тыс. тонн меди (в виде руды и концентратов). Страны Африки, напротив, сократили добычу меди [4].

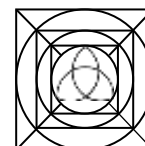
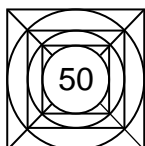
В 2012–2014 гг. мировое производство меди превысило 21175 тыс. тонн. Большая часть меди в концентратах производится также в Индонезии, Перу, Австралии, Заире, Замбии, Китае, Польше, России и Казахстане.

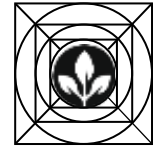
Крупнейшими транснациональными компаниями по мировой добыче меди являются: «Codelco» – 12,1%, «ВНР» – 6,8%, «Phelps Dodge» – 6,8%, «Rio Tinto» – 5,4%, «Freeport» – 5,2%, «Asarco» – 3,8%, «KCHM» – 3,5%, «Cyprus Amax» – 3,5%. На долю ОАО «ГМК «Норильский никель» приходится 3% мировой добычи меди и «Anglo American» – 2,5%.

В настоящее время Россия располагает достаточно большими запасами медных руд. По запасам меди Россия занимает третье место в мире после Чили и США. Разведанные запасы меди в стране составляют 11% от мировых и 53% от запасов стран СНГ.

По своему составу минерально-сырьевая база меди России существенно отличается от минерально-сырьевой базы зарубежных стран. Если основной объем запасов медных руд и их добычи за рубежом (соответственно 77 и 81%) связан с месторождениями медно-порфирового и стратиформного типов (70% мировой добычи меди) со средним содержанием меди 0,6–0,7% (Чили, Перу, США, Мексика, Канада), характеризующимися крупными запасами для открытой добычи и высокой технологичностью при обогатительном и металлургическом переделах, то в России – это месторождения медно-никелевые (70% добычи) и медно-колчеданные (25% добычи), руды со средним содержанием меди соответственно 2,22 и 1,26%.

Балансовые запасы Российской Федерации приурочены к пяти основным промышленным типам.





Месторождения медно-никелевых (сульфидных) руд сосредоточены в месторождениях Печенгского и Норильского рудных районов. Руды Печенгских месторождений – бедные вкрапленные; кроме меди и никеля содержат кобальт, селен, теллур, металл платиновой группы. Сульфидные норильские руды имеют три основных типа – сплошные (богатые), вкрапленные и медистые; помимо меди и никеля содержат золото, серебро, кобальт и металлы платиновой группы, что повышает их конкурентоспособность.

Месторождения медно-колчеданных и медно-цинковых руд расположены в Уральском экономическом районе. По своему составу колчеданные медные руды уральских месторождений являются комплексными (медь, цинк, сера, золото, серебро, кадмий, редкие и рассеянные металлы), но суммарная ценность полезных компонентов, содержащихся в руде, значительно ниже, чем в Норильской.

Месторождения медистых песчаников и сланцев являются одним из основных и наиболее эффективных источников меди в мире. В настоящее время успешно отрабатываются такие крупные месторождения, как Джеккаган в Казахстане, месторождения меденосного пояса Центральной Африки (Нчанга, Нкана, Рон-Антелоп). В России единственным промышленно значимым является Удоканское месторождение в Читинской области, имеющее уникальные по масштабу запасы меди, которые составляют более 21% от общероссийских. Порядка 80% запасов месторождения пригодны для открытой разработки. Руды месторождения практически монометалльные медные с промышленным содержанием серы и серебра, незначительным содержанием железа магнетитового. Доказана возможность обогащения удоканских руд с извлечением меди из руды от 72 до 90% и получения высококачественных концентратов с содержанием меди 21–34%.

Месторождения железомедных (ва-

надиево-железомедных) руд представлены единственным многокомпонентным Волковским месторождением в габброидах. В запасах учитываются ванадий, железо магнетитовое, сера, пятиокись фосфора, платиноиды, золото, серебро, селен, теллур, фтор. Открытыми работами предназначено отработать 64% всех разведанных запасов.

Скарновые месторождения имеют незначительный удельный вес и представлены Вадимо-Александровским разрабатываемым (Турьинский рудник) и Гумшевским (законсервирован в 1994 г.) месторождениями. Удельный вес добычи из скарновых месторождений весьма низкий.

Среди комплексных медьсодержащих месторождений наибольшее значение имеют оловорудные (разрабатывается АО «Солнечный ГОК» и АО «Хинганолово») и медно-молибденовые (АО «Молибден» и АО «Жирекенский молибден»).

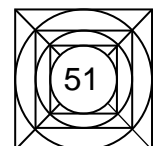
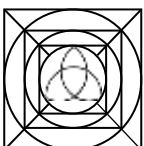
Ввод новых добывающих и производственных мощностей и наращивание объемов производства являются следствием благоприятных прогнозов в отношении развития рынка, появления новых областей применения меди.

Вторым по значимости в добыче и производстве меди в России, после Восточно-Сибирского экономического района, является Уральский экономический район.

Урал выделяется большими запасами разнообразных ресурсов цветных металлов. Это и медные руды (Красноуральское, Кировградское, Гайское и другие месторождения) и цинковые (преимущественно медно-цинковые) [5].

Добыча и переработка медных руд на Южном Урале занимает одно из ведущих мест. Предприятия по выплавке черновой меди сосредоточены в районах по добыче руд: в Карабаше и Медногорске. Последующая стадия обработки меди – ее рафинирование – осуществляется на электролитических заводах в Кыштыме.

На территории Южного Урала находится более 20 месторождений медьсо-





держащих руд. В Оренбургской области известны месторождения Гайское, Летнее, Джусинское, Барсучий Лог и другие. Челябинская область может быть представлена Александринским, Узельгинским, Маукским, Талганским, Султановским, Михеевским, Томинским, Тарутинским месторождениями и месторождением Чебачье. В Республике Башкортостан известны месторождения Учалинское, Сибайское, Ново-Учалинское, Западно-Озерное, Подольское и Юбилейное. Каждое из указанных месторождений имеет отличительные особенности по запасам как руд, так и самой меди.

В Челябинской области промышленное значение имеют колчеданные месторождения, руды которых кроме меди и цинка содержат золото, серебро и целый ряд редких металлов (теллур, германий, кадмий, селен, индий, галлий), а также серу и барит (Александринское, Узельгинское, Талганское, Чебачье, Молодежное, Султановское, Маукское). Начинается освоение медно-порфириновых месторождений (Михеевское, Томинское).

Государственным балансом запасов на территории Челябинской области учтено 12 месторождений с общими разведанными запасами меди в количестве около 3 млн тонн [6]. Суммарные запасы медно-цинковых (колчеданных) руд в 11 месторождениях оцениваются примерно в 100 млн тонн руды (2,8 млн тонн меди).

Мероприятия по развитию медного производства предусмотрены и в постановлении правительства Челябинской области «О концепции промышленной политики Челябинской области на период до 2020 года» от 19 декабря 2012 года № 676-П.

На сегодняшний день наблюдается перспективное увеличение добычи и переработки вкрапленных медно-молибденовых руд в Варненском и Карталинском районах, где открыты Мехеевское, Новониколаев-

ское, Биргильдинское и Томинское месторождения, что, в свою очередь, может привести к ухудшению экологической ситуации в области.

За последнее время в связи с отработкой оставшихся запасов и нерентабельностью производства ликвидированы или законсервированы целый ряд рудников и карьеров. Кроме того, на нескольких медно-колчеданных месторождениях Урала завершилась отработка открытым способом (Учалинское, Сибайское и Гайское месторождения). В то же время компенсирующие мощности подземной добычи на Узельгинском и Учалинском месторождениях находятся в стадии развития.

Проанализируем типы воздействия на окружающую среду горного производства (рис. 1).

Влияние горно-перерабатывающей промышленности может быть непосредственным (прямым) и косвенным, являющимся следствием первого. Размеры зоны распространения косвенного воздействия значительно превышают размеры зоны локализации прямого воздействия, и, как правило, в зону распространения косвенного воздействия попадает не только элемент биосферы, подвергающийся непосредственному воздействию, но и другие элементы [7, 8].

В процессе горного производства образуются и быстро увеличиваются пространства, нарушенные горными выработками, отвалами пород и отходов переработки и представляющие собой бесплодные поверхности, отрицательное влияние которых распространяется на окружающие территории.

Атмосфера загрязняется пылегазовыми организованными и неорганизованными выбросами и выделениями различных источников, в том числе горных выработок, отвалов, перерабатывающих цехов и фабрик.

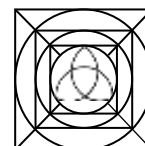
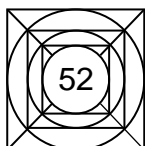


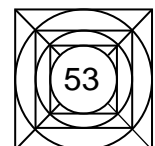
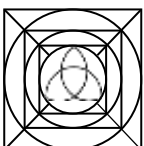


Рис. 1. Основные типы воздействия горного производства на окружающую среду

Медное производство характеризуется большим количеством выбросов в атмосферу диоксида серы (SO_2) и частиц тяжелых металлов. Соединения серы по отрицательному воздействию на окружающую среду занимают одно из первых мест среди загрязняющих веществ. Около 96% серы поступает в атмосферу в виде SO_2 , остальное количество приходится на долю сульфатов, H_2S , CS_2 , COS и других соединений. Помимо диоксида серы в атмосферу попадает целый ряд тяжелых металлов, например, никель (Ni), медь (Cu), кобальт (Co) и мышьяк (As). В атмосферном воздухе тяжелые металлы присутствуют в виде пыли и аэрозолей, а также в газообразной форме. При этом аэрозоли свинца, кадмия, меди и цинка состоят преимущественно из субмикронных частиц диаметром 0,5–1 мкм, а аэрозоли никеля и кобальта – из крупнодисперсных частиц (более 1 мкм). Частицы крупнее двух микрон постепенно

осаждаются на почву, воду, растения. Тяжелые металлы и их соединения сохраняют свои вредные свойства постоянно, независимо от формы их состояния. Мельчайшие твердые частицы тяжелых металлов оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека. Как отмечается в директиве ЕС 2004/107, к настоящему моменту пока еще не определен порог, ниже которого уровень содержания тяжелых металлов в воздухе не представлял бы угрозу для окружающей среды и человека. Загрязнение тяжелыми металлами – серьезная угроза для окружающей природной среды [9].

В связи с осушением месторождений и сбросом дренажных и сточных вод (отходов переработки полезных ископаемых) в поверхностные водоемы и водотоки резко изменяются гидрогеологические и гидрологические условия в районе месторождения, ухудшается качество подземных





и поверхностных вод.

Сточные воды горнообогатительных производств являются сложными поликомпонентными системами и существенно разнятся между собой по химическому составу вследствие различий в вещественном составе перерабатываемых руд, схемах и реагентных режимах их переработки, изменения состава загрязняющих примесей в условиях протекания сложных физико-химических процессов [10].

На основании накопленного опыта по очистке сточных вод различными научно-исследовательскими организациями, работающими в этой области, проведена классификация стоков по степени их токсичности в случае сброса в открытые водоемы. Согласно этой классификации, выделяются 4 группы стоков (рис. 2).

вод считаются хлористые соединения и свободная серная кислота, которой сопутствуют растворимые соли, главным образом сульфаты тяжелых металлов. На медно-колчеданных месторождениях вблизи рудных тел, залегающих среди туфогенных пород кислого состава, под влиянием окисляющихся сульфидов формируются кислые (рН 3,6–4,3) почти исключительно сульфатные воды (до 96% SO_4^{2-}) с минерализацией до 8–12 г/дм³ пестрого катионного состава.

Огромный вклад в загрязнение окружающей среды вносят так называемые хвосты обогащения. Стоки, образующиеся при инфильтрации атмосферных осадков через «тело» отвалов, представляют собой высокоминерализованные рассолы многокомпонентного состава [12–14].

Хвосты обогащения состоят из числа различной крупности пустой породы,



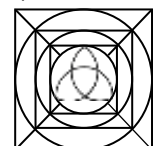
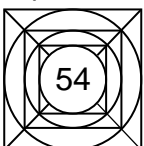
Рис. 2. Классификация стоков

При отработке медных месторождений, вследствие окисления сульфидов, содержащихся в отходах, образуются сульфатные воды различной кислотности с высоким содержанием железа, марганца и других химических элементов (Zn, Cd, Cu, Pb, Al и др.). Такие воды резко отличаются от природных речных вод по физико-химическим условиям, уровню минерализации, лидирующим макрокомпонентам, содержанию рудных и литофильных элементов.

По данным, опубликованным в работе Н.Н. Ореховой [11], наиболее распространенными загрязнителями рудничных

недоизвлеченных ценных минералов и воды. Хвосты различаются между собой водно-физическими и механическими свойствами. К водно-физическим свойствам хвостов относятся: объемная масса, влажность, пористость, плотность, коэффициент водонасыщения и коэффициент фильтрации (от 10 до 0,01 м/сут.). К механическим свойствам хвостов относятся: компрессионные свойства, коэффициент бокового давления, сопротивление сдвигу при вертикальных нагрузках.

Диапазон концентраций химических компонентов в почвогрунтах хвостохранилищ достаточно широк (таблица).



**Диапазоны химических компонентов в грунтах хвостохранилищ**

Компоненты	Содержание, мг/кг	Компоненты	Содержание, мг/кг
pH	1–3	Ni	14–1700
As	6–500	Mn	0–40
Cu	100–30 000	Fe	5000–100 000
Zn	300–18 000	Cd	0–20
Pb	10–15 000	нефтепродукты	0–10

На хвостохранилищах при технологических процессах образуются так называемые сухие пляжи, занимающие от 25 до 30% площади, которые длительное время остаются эрозионноопасными. Кроме того, на хвостохранилищах открытыми остаются откосы дамб и плотин различной площади. При ветреной сухой погоде пыль с поверхностей пляжей и плотин поднимается в воздух и разносится на значительные расстояния, загрязняя воздушный бассейн и прилегающие территории. Количество пыли, сдуваемой с поверхности хвостохранилищ, зависит от влажности хвостов, их гранулометрического состава и скорости ветра.

Рассеивание техногенных выбросов в атмосфере и последующее выпадение их на загазованную поверхность путем гравитационного осаждения или выпадения с

осадками приводит к формированию в почвенном покрове техногенных аномалий (почва является индикатором загрязнения, так как она сохраняет долгосрочную информацию о среде и отражает стабильное многолетнее накопление загрязнителей).

В ходе хозяйственной деятельности предприятий медеперерабатывающего комплекса в почву попадает значительное количество соединений тяжелых металлов, которые в большинстве своем представлены оксидами. В результате взаимодействия соединений тяжелых металлов с почвой оксиды цветных металлов подвергаются изменениям и существенно начинают различаться по своей устойчивости (рис. 3).

Анализ литературных данных и собственных геоэкологических исследований показал, что на территории Челябинской области сложилась крайне неблагоприятная

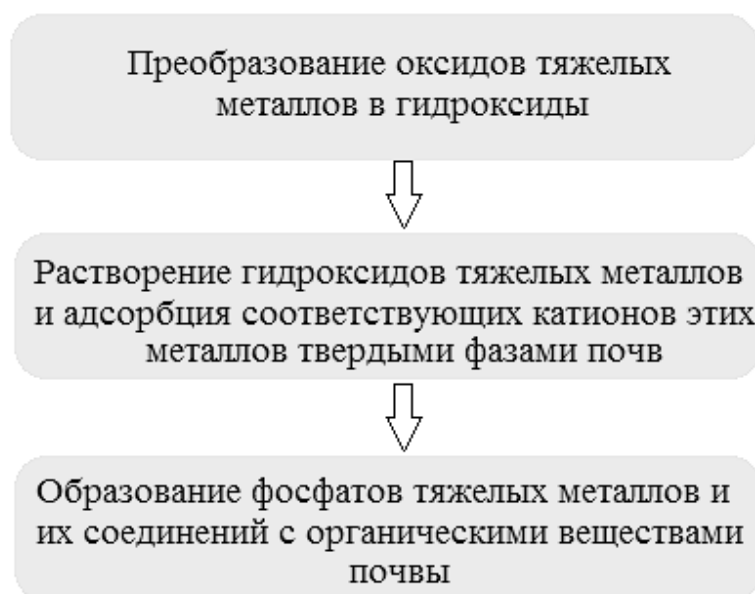
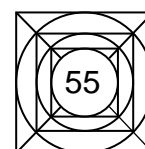
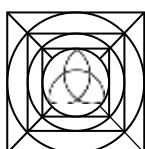


Рис. 3. Схема стадий трансформации тяжелых металлов, поступивших в почву





ная обстановка, особенно в районе Карабашского промышленного узла. По версии UNESCO, Карабаш является самым грязным городом на планете.

Основным источником загрязнения рассматриваемого района являются Карабашский медеплавильный комбинат и обогатительная фабрика, входящая в промышленный комплекс. Основной вид деятельности комбината – производство черновой меди из медного концентрата с предварительным обогащением медно-цинковых руд, а также из вторичного медесодержащего сырья. Химические элементы и их соединения, образовавшиеся в результате деятельности комбината, привели к глубокому изменению и формированию в окружающей природной среде многочисленных, обширных и интенсивных аномалий, что в свою очередь влечет загрязнение атмосферы, почв и водных объектов. Это во многих случаях происходит после естественного обезвоживания сбрасываемой пульпы, когда образуется поле, покрытое слоем намывного грунта – «хвостов» различной мощности. Цвет хвостов изменяется от зеленовато-черного до светло-серого и серовато-желтого. Поверхность хвостовых отложений в большинстве случаев ровная, изрезана густой беспорядочной блуждающей ручейковой сетью.

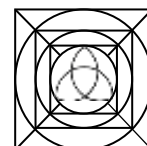
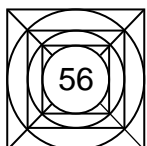
Нами проведено изучение хвостохранилища Карабашского медеплавильного комбината путем визуальных наблюдений при маршрутных обследованиях, проходки скважин ручного и механического бурения, а также по результатам лабораторных анализов на пробах, отобранных в процессе бурения. Пробы отбирали не только из «хвостов», но и из грунтов, погребенных под ними. При обследовании территории переработки медно-колчеданных руд выявлен неоднородный минеральный состав, о чем свидетельствует широкий диапазон изменения плотности частиц грунта, колеблющийся в пределах от 2,68 до 3,54 г/см³, а также плотность сухого грунта, величина

которой изменяется от 1,02 до 1,98 г/см³ при среднем значении 1,42 г/см³. На территориях хвостохранилищ преобладает песчаная фракция. Они обладают пластичностью: число пластичности колеблется от 0,03 до 0,37. В зависимости от влажности они могут находиться в состоянии от полутвердой до текучей консистенции.

Результаты химических анализов проб хвостов показывают, что валовое содержание тяжелых металлов, таких как цинк, свинец, никель и медь, в несколько раз превышают ПДК, установленные нормативными документами для почв. Содержание сульфатов в «хвостах» является очень высоким, водородный показатель pH находится в пределах от 1,5 до 2,7. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в погребенных грунтах не меньше, а иногда и намного больше, чем в «хвостах». В торфах содержание тяжелых металлов либо не изменяется по сравнению с содержанием их хвостовых отложениях, либо уменьшается. В глинах содержание тяжелых металлов по сравнению с содержанием их в торфе увеличивается, но остается несколько меньше, чем в «хвостах». Погребенные грунты, как и «хвосты», являются мощным источником загрязнения подземных и поверхностных вод.

Степень опасности таких источников можно оценить, только установив долю тяжелых металлов, которые, будучи выщелоченными, из «хвостов» и погребенных грунтов вступят в контакт с водой и донными отложениями, например, Аргазинского водохранилища, находящегося в зоне хвостохранилища города Карабаш.

Нашими исследованиями в период 2010–2015 гг. выявлены источники загрязнения р. Сак-Элга поверхностными водами. В реку поступает сточная вода с поверхности хвостохранилища. Установлено, что и вода Рыжего ручья содержит большое количество тяжелых металлов и взвешенных веществ: среднегодовое превышение ПДК по сухому остатку в 4 раза, по марганцу – в





203 раза, железу общему – в 610 раз. Река Серебрянка привносит в Богородский пруд в превышающих ПДК количествах: железо общее (5,73 ПДК), свинец (6,88 ПДК), марганец (17,6 ПДК), кадмий (27,3 ПДК), никель (5,32 ПДК) и цинк (1,5 ПДК).

Таким образом, экологическая нагрузка в районах деятельности предпри-

ятий, занятых добычей и переработкой меди, достигает критических значений, поэтому есть острая необходимость разрабатывать и внедрять инновационные методы биоремедиации загрязненных территорий [15–19].

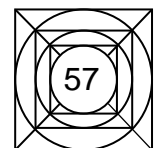
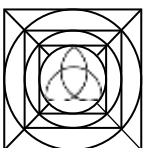
Статья поступила 19.02.2016 г.

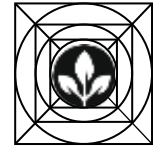
Библиографический список

1. Воздействие горного производства на окружающую среду [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ref.by/refs/97/22423/1.html> (12.01.2016).
2. Соколов И.В. Комплекс характеристик экологической безопасности при добыче полезных ископаемых [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer27/676.pdf> (12.01.2016).
3. Мировой рынок меди: добыча руды, производство, потребление, мировые цены на медь [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ereport.ru/articles/commod/copper.htm> (12.01.2016)
4. Современные тенденции на основных рынках цветных металлов [Электронный ресурс]. URL: <http://studme.org/32340/ekonomika/> (12.01.2016).
5. Природно-ресурсный потенциал [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bibliotekar.ru/regionalnaya-ekonomika/156.htm> (12.01.2016).
6. Полезные ископаемые, промышленность, обрабатывающие производства, металлургический и машиностроительный комплексы, производство и распределение электроэнергии, газа и воды [Электронный ресурс]. URL: <http://www.economchelreg.ru/review?news=2243> (18.08.2014).
7. Певзнер М.Е. Горная экология: учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГГУ, 2003. 395 с.
8. Городниченко В.И., Дмитриев А.П. Основы горного дела. М.: Горная Книга, 2008. 510 с.
9. Пучков Л.А. Россия в горнодобывающем мире // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 5. С. 5–10.
10. Чужанов Г.Г. Хвостохранилища и очистка сточных вод. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998. 246 с.
11. Орехова Н.Н. Научное обоснование и разработка технологии комплексной переработки и утилизации техногенных медно-цинковых вод горных предприятий: дис. ... доктора техн. наук: 25.00.13, 25.00.36 / Магнитогорск, 2014. 388 с.
12. Ульрих Д.В., Тимофеева С.С. Современное состояние хвостохранилища в г. Карабаш и его влияние на техногенез прилегающей территории // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. С. 56–59.
13. Ульрих Д.В., Тимофеева С.С. Оценка влияния горнодобывающих и перерабатывающих предприятий на состояние окружающей среды Челябинской области // Горный журнал. 2015. Т. 5. С. 94–99.
14. Ульрих Д.В., Брюхов М.Н., Тимофеева С.С. Влияние отходов обогатительной фабрики на водные объекты Челябинской области // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 4. С. 139–142.
15. Ульрих Д.В., Брюхов М.Н., Тимофеева С.С. Возможности использования листостебельных мхов в очистке сточных вод // Вестник ИрГТУ. 2013. № 12. С. 136–139.
16. Ульрих Д.В., Тимофеева С.С., Брюхов М.Н. Листостебельные мхи в ремедиации ливневых вод с территории промышленных предприятий // Известия Иркутского государственного университета. Серия: биология, экология. 2013. № 3. Т.6. С. 78–81.
17. Ульрих Д.В., Брюхов М.Н., Жбанков Г.О., Тимофеева С.С., Денисов С.Е. Природные сорбенты в технологиях ремедиации // Вода: химия и экология. 2014. № 3. С. 96–100.
18. Ulrich D.V., Bryukhov M.N., Zhbankov G.O., Denisov S.E., Timofeeva S.S. Measurements for advanced neutralized wastewater treatment applying the sorption method, 4rd International Scientific and Practical Conference "Science and Society", London, 2013, pp. 141–147.
19. Bryukhov M.N., Ulrich D.V., Timofeeva S.S. Role of leafy mosses in wastewater treatment, 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17–25 June, 2014, pp. 579–584.

References

1. *Vozdejstvie gornogo proizvodstva na okruzhajushhuju sredu* [Mining effects on the environment]. Available at: <http://www.ref.by/refs/97/22423/1.html> (accessed on 12 January 2016).
2. Sokolov I.V. *Kompleks harakteristik jekologicheskoj bezopasnosti pri dobyche poleznyh iskopaemyh* [Complex of characteristics of ecological safety for mining]. Available at: <http://www.sworld.com.ua/konfer27/676.pdf> (accessed on 12 January 2016).
3. *Mirovoj rynek medi: dobycha rudy, proizvodstvo, potreblenie, mirovye ceny na med'* [World market of copper: ore extraction, production, consumption, world





prices for copper]. Available at: <http://www.ereport.ru/articles/commod/copper.htm> (accessed on 12 January 2016).

4. *Sovremennye tendencii na osnovnykh rynkakh cvetnykh metallov* [Current trends in the main markets of non-ferrous metals]. Available at: <http://studme.org/32340/ekonomika/> (accessed on 12 January 2016).

5. *Prirodno-resursnyj potencial* [Natural and resource potential]. Available at: <http://www.bibliotekar.ru/regionalnaya-economika/156.htm> (accessed on 12 January 2016).

6. *Poleznye iskopaemye, promyshlennost', obrabatyvayushhie proizvodstva, metallurgicheskij i mashinostroitel'nyj komplekсы, proizvodstvo i raspredelenie jelektroenergii, gaza i vody* [Minerals, industry, manufacturing industry, metallurgical and machine-building complexes, electric power, gas and water production and distribution]. Available at: <http://www.economchelreg.ru/review?news=2243> (accessed on 18 August 2014).

7. Pevzner M.E. *Gornaja jekologija* [Mining ecology]. Moscow, MGGU Publ., 2003, 395 p.

8. Gorodnichenko V.I., Dmitriev A.P. *Osnovy gornogo dela* [Fundamentals of mining]. Moscow, Gornaja Kniga Publ., 2008. 510 p.

9. Puchkov L.A. *Rossija v gornodobyvajushhem mire* [Russia in the mining world]. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' – Mining information and analytical bulletin*, 2005, no. 5, pp. 5–10.

10. Chujanov G.G. *Hvostohranilishha i ochistka stochnyh vod* [Tailings dams and sewage treatment]. Ekaterinburg, UGGGA Publ., 1998, 246 p.

11. Orehova N.N. *Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tehnologii kompleksnoj pererabotki i utilizacii tehnogenykh medno-cinkovykh vod gornykh predpriyatij*. Dis. dokt. tehn. nauk [Scientific justification and development of technologies for complex processing and utilization of technogenic copper-zinc waters of mining operations. Dr. tech. sci. diss.]. Magnitogorsk, 2014. 388 p.

12. Ul'rih D.V., Timofeeva S.S. *Sovremennoe sostojanie hvostohranilishha v g. Karabash i ego vlijanie na tehnogenez priliegajushhej territorii* [Current state of the tailings dam in Karabash and its influence on the techno-

genesis of adjacent territories]. *Jekologija i promyshlennost' Rossii – Ecology and industry of Russia*, 2015, vol. 19, pp. 56–59.

13. Ul'rih D.V., Timofeeva S.S. *Ocenka vlijanija gornodobyvajushhij i pererabatyvajushhij predpriyatij na sostojanie okružhajushhej sredy Cheljabinskoj oblasti* [Assessment of influence of mining and processing companies on the environment in Chelyabinsk region]. *Gornyj zhurnal – Mining magazine*, 2015, vol. 5, pp. 94–99.

14. Ul'rih D.V., Brjuhov M.N., Timofeeva S.S. *Vlijanie othodov obogatitel'noj fabriki na vodnye ob'ekty Cheljabinskoj oblasti* [Influence of wastes of the concentrating factory on the water objects of Chelyabinsk region]. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' – Mining information and analytical bulletin*, 2015, no. 4, pp. 139–142.

15. Ul'rih D.V., Brjuhov M.N., Timofeeva S.S. *Vozmožnosti ispol'zovanija listostebel'nyh mchov v ochistke stochnyh vod* [Usability of leafy mosses in sewage treatment]. *Vestnik IrGTU – Bulletin of ISTU*, 2013, no. 12, pp. 136–139.

16. Ul'rih D.V., Timofeeva S.S., Brjuhov M.N. *Listostebel'nye mchi v remediacii livnevnyh vod s territorii promyshlennyh predpriyatij* [The role of leafy mosses in remediation of storm waters from the territory of industrial enterprises]. *Izvestija Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta – News of Irkutsk state university*, 2013, vol. 6, no. 3, pp. 78–81.

17. Ul'rih D.V., Brjuhov M.N., Zhbakov G.O., Timofeeva S.S., Denisov S.E. *Prirodnye sorbenty v tehnologijah remediacii* [Natural sorbents in remediation technologies]. *Voda: himija i jekologija – Water: chemistry and ecology*, 2014, no. 3, pp. 96–100.

18. Ulrich D.V., Bryukhov M.N., Zhbakov G.O., Denisov S.E., Timofeeva S.S. *Measurements for advanced neutralized wastewater treatment applying the sorption method*, 4rd International Scientific and Practical Conference “Science and Society”, London, 2013, pp. 141–147.

19. Bryukhov M.N., Ulrich D.V., Timofeeva S.S. *Role of leafy mosses in wastewater treatment*, 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17–25 June, 2014, pp. 579–584.

