

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ**

**Металлургия ғылымы мен өнеркәсібінің мәселелеріне және белгілі
ғалым металлург, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі,
Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сыйлығының иегері
Болат Балтақайұлы Бейсембаевті еске алуға арналған
«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның**

МАТЕРИАЛДАРЫ

МАТЕРИАЛЫ

**Международной научно-практической конференции
«Эффективные технологии производства цветных, редких и
благородных металлов», посвященной проблемам металлургической
науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга,
члена-корреспондента Академии наук РК,
лауреата Государственной премии Республики Казахстан
Булата Балтакаевича Бейсембаева**

PROCEEDINGS

**of International scientific and practical conference
“The Effective Technologies of Non-Ferrous,
Rare and Precious Metals Manufacturing” devoted to the metallurgy
science and industry concerns and in memory of well-known scientist
of metallurgy, Associate Member of the National Academy
of Sciences of Kazakhstan, the honoree of the State Prize of the
Republic of Kazakhstan Bulat Baltakayevich Beisembayev**

Алматы 2018

УДК 669
ББК 34.3
Э94

Ответственный редактор: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К.

Жауапты редактор: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К.

Редакционный совет: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К., д.т.н., проф. Загородняя А.Н., д.т.н. Квятковский С.А., к.т.н. Кульдеев Е.И., к.х.н. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

Редакциялық алқа: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К., т.ғ.д., проф. Загородняя А.Н., т.ғ.д. Квятковский С.А., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., х.ғ.к. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

«Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов»: Материалы Межд. научно-практ. конф. / Сост.: к.х.н. Темирова С.С., к.т.н. Кульдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 с.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»: Халықар. ғыл. практ. конф. материалдары / Құраст.: х.ғ.к. Темирова С.С., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 б.

ISBN 978-601-323-132-7

В Материалах конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области металлургии цветных, редких и благородных металлов, обогащения минерального и техногенного сырья, получения высокочистых металлов и перспективных материалов, а также разработки новых и усовершенствования существующих технологических схем, процессов и аппаратов.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов, работающих в области переработки минерального сырья и материаловедения.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары» атты конференцияның материалдарында түсті, сирек және асыл металдар металлургиясы, минералдық және техногенді шикізаттарды байыту, тазалығы жоғары металдар мен келешегі зор материалдарды алу, сонымен қатар жаңа технологиялық схемаларды, үрдістерді және аппараттарды жасап шығару және олардың бұрыннан келе жатқан түрлерін жетілдіру салаларындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Конференция материалдары материалтану және минералды шикізаттарды өңдеу саласында жұмыс жасайтын ғалымдар мен мамандарға арналған.

УДК 669
ББК 34.3

ISBN 978-601-323-132-7

© АО «ИМиО», 2018

СЕКЦИЯ 1. ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ГЛУБОКОЙ И КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЫЗОВОВ

<https://doi.org/10.31643/2018-7.45>

Чантурия В.А.¹, Шадрунова И.В.¹, *Горлова О.Е.²

ORCID: 0000-0002-4410-8182 0000-0003-3520-2705 0000-0003-1142-0652

¹ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр
имени академика В.Н. Мельникова Российской академии наук», г. Москва, Россия;

²ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия, *gorlova_o_e@mail.ru

Аннотация. *Инновационные процессы глубокой и комплексной переработки техногенного сырья в условиях ключевых экономических вызовов, стоящих перед горнодобывающей и перерабатывающей отраслями в рамках нового технологического уклада, должны обеспечить переход к циркулярной экономике замкнутого цикла, предельно рациональному использованию природных ресурсов, а в отдаленной перспективе и к использованию природоподобных технологий. Но при этом необходимо учитывать, что техногенное сырье всегда является минералогически и технологически сложным объектом для разделения и требует особого подхода и поиска новых технологических решений и приемов. Отражены приоритетные научные и технологические исследования по вовлечению техногенных минеральных ресурсов в эффективную переработку. Показано, что в исследованиях, проводимых в ИПКОН РАН, в том числе и совместно с вузами, научно-производственными организациями, предприятиями, уже сегодня разработан достаточно обширный научный задел и созданы отечественные инновационные технологии комплексной и глубокой переработки техногенного сырья сложного вещественного состава.*

Мегатренд 21 века – Индустрия 4.0 предстает как новый этап индустриализации стран, основанный на цифровой трансформации отраслей, направленный на поиск, разработку и внедрение новых промышленных технологий и инноваций, что приводит к росту производительности труда и эффективности использования ресурсов во всех сферах экономики [1, 2]. Конкуренция – одно из необходимых условий развития рыночной экономики, заставляет компании выходить из зоны комфорта и постоянно искать новые точки роста. Широкий спектр технологических драйверов четвертой промышленной революции может дать российским горно-металлургическим компаниям возможности адаптации к стремительно меняющимся условиям и глобальным вызовам, послужить инструментом выживания в конкурентной борьбе на национальном и глобальном рынках и быть «точкой роста», когда классические инструменты эффективности начинают себя исчерпывать.

Цифровая экономика нового технологического уклада через переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть вещей и услуг, видится для мировых экономик как качественный скачок и предоставляет новые возможности для повышения производительности, доходности, капитализации национальных бизнесов, укрепления

конкурентных позиций в мире, обеспечения стабильного продолжающегося роста ВВП и благосостояния наций.

«Индустрия 4.0» предполагает рациональное использование природных и технических ресурсов, максимально эффективное энергосбережение, вторичную переработку всех отходов и получение из них новых товаров, сырья или энергии, а smart-технологии как раз и призваны правильно рассчитать оптимальные решения для нанесения меньшего вреда окружающей среде [3]. Новой парадигмой становится циркулярная экономика, то есть самовосстанавливающаяся по своей природе экономика замкнутого цикла, как способ организации жизни общества, направленного на ресурсо- и энергосбережение, на экологически чистое производство, не на разработку новых месторождений, а на максимальное использование ресурсного потенциала добываемого минерального сырья и уже накопленных отходов.

Вместе с тем существующий технологический уклад российской экономики на современном этапе характеризуется высокой материалоемкостью, невысокой производительностью труда, экспортно-сырьевой направленностью производства, присутствием низкотехнологичных секторов, значительной отходоемкостью отраслей производства, связанных с добычей и эксплуатацией природных ресурсов. Отходоемкость экономики составила 81,2 тонн образованных отходов всех классов опасности на 1 млн рублей ВВП в 2016 г. [4]. Производственная деятельность, связанная с эксплуатацией природных минеральных ресурсов предприятиями горнодобывающей, горноперерабатывающей, металлургической, химической, топливно-энергетической отраслей промышленности, приводит к неизбежному образованию и накоплению на поверхности земли десятков миллиардов тонн (по разным оценкам от 30 до 80 млрд т [4, 5]) отходов этих видов экономической деятельности. Объем образования отходов (5273 млн т в 2016 г.) практически в два раза превышает объем использования и обезвреживания отходов (3129 млн т в 2016 г.). На долю отходов, связанных только с добычей полезных ископаемых, в последние годы приходилось от 89 до 92% к общей величине образовавшихся отходов [4]. Поэтому в базовых процессах горного производства необходимость в глубоких технологических и организационных изменениях, в прорывных технологиях настоящего и будущего периодов времени при добыче и переработке полезных ископаемых, использовании продуктов переработки, утилизации и хранении отходов производства особенно актуальна. Технологии Индустрии 4.0 в горном производстве позволяют оптимизировать переход к современной системе управления технологическими процессами, и в целом открывают возможности разумного и восстанавливающего использования природного капитала для устойчивого производства.

Конвергенция физического, цифрового и биологического миров, лежащая в центре Индустрии 4.0, предоставляет значительные возможности для восстановления и регенерации природного капитала за счет использования интеллектуальных технологий и систем [2]. Потенциал заключается в возможности переключения бизнеса и потребителей с линейной модели использования ресурсов: «бери – делай – выбрасывай», которая опирается на большое количество легкодоступных ресурсов, к новой промышленной модели, в которой эффективные потоки материалов, энергии, трудовых и информационных ресурсов взаимодействуют друг с другом и способствуют своим устройством функционированию укрепляющей, регенерирующей и более продуктивной экономической системы. Наибольший интерес представляет использование ресурсного потенциала минеральных отходов добычи и переработки полезных ископаемых в качестве рудного сырья для получения дополнительной продукции в виде черных, цветных, редких, благородных металлов и минералов. Но не меньший инновационный потенциал заложен в комплексном подходе к переработке различных видов техногенных минеральных ресурсов с использованием всех основных их компонентов и ценных составляющих для производства товарной продукции, новых материалов и изделий и

применением для этого новейших технологий и оборудования на базе проводимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических работ.

Повышение полноты, комплексности обогащения полезных ископаемых, создание высокоэффективных, экологически безопасных технологий приобретает первостепенное значение и оно должно основываться на интенсификации действующих и создании новых способов извлечения компонентов их труднообогатимых руд и техногенных образований [6, 7]. Современная исходная научная позиция при решении проблемы горнопромышленных отходов состоит в том, чтобы рассматривать отходы освоения месторождений в качестве новых ресурсов для поддержания потенциала недр, а также изменения их состояния в целях дальнейшего использования (путем закладки подземных пустот, создания техногенных ресурсов обедненного минерального сырья, экологически и технологически ориентированного управления фильтрационными, компрессионными и иными свойствами горных пород на определенных участках литосферы с целью придания этим участкам полезных качеств) [8].

Но при этом необходимо учитывать, что техногенное сырье всегда является минералогически и технологически сложным объектом для разделения и требует особого подхода и поиска новых технологических решений и приемов. Отходы обогатительного и металлургического переделов по своему вещественному составу, строению, технологическим свойствам, обусловленными как спецификой технологических процессов образования отходов, так и последующими вторичными изменениями в гипергенных процессах выветривания, окисления, выщелачивания, переосаждения и т.п., в большинстве случаев отличаются от природных объектов и друг от друга минералогическими особенностями, что предопределяет их трудную обогатимость. Техногенное сырье не может эффективно перерабатываться с помощью традиционных технологий, основанных на разделительных признаках и на контрастности свойств минералов, поскольку содержит минеральные агрегаты, которые невозможно разделить на минеральные фазы, а, следовательно, невозможно обогатить. Поэтому приоритетными научными и технологическими исследованиями по вовлечению в переработку отходов добычи и переработки полезных ископаемых становятся развитие методологии минералого-технологической прогнозной оценки обогатимости труднообогатимого техногенного сырья при комплексировании методов современной технологической минералогии и повышении достоверности минералогического анализа нетрадиционных форм соединений металлов в новых видах минерального сырья; обоснование и разработка эффективных технологических процессов извлечения ценных компонентов из техногенного сырья на основе комбинирования механических способов обогащения (гравитация, флотация и т.д.) с химико-металлургическими методами (пиро- и гидрометаллургия, автоклавное выщелачивание, электрохимическое и биологическое окисление) с применением энергетических воздействий, интенсифицирующих процессы разделения сложных минеральных комплексов; обоснование и разработка технологических процессов получения дополнительной готовой продукции из нерудной части отходов для вторичного использования [9].

Как и в области переработки первичного труднообогатимого минерального сырья, создание новых экологически безопасных процессов комплексной переработки техногенного минерального сырья должно базироваться на разработке теоретических основ разделительных процессов и создании новых обогатительных аппаратов; на раскрытии взаимосвязи закономерностей разделения компонентов в минеральном сырье и условий разделения по продуктам обогащения с целью повышения селективности и скорости разделения; изучении взаимосвязи структурного, вещественного и фазового состава природного и техногенного сырья с физическими, физико-химическими и технологическими свойствами минералов; сочетании методов физико-химического моделирования процессов разделения минералов с экспериментальными

исследованиями основных процессов обогащения; создании научных основ высокоэффективных энергосберегающих технологий рудоподготовки и селективной дезинтеграции тонковкрапленных руд и техногенного сырья сложного вещественного состава [6]. Решение этих сложных научных задач возможно только при использовании последних достижений фундаментальных наук и сегодня уже получены некоторые научные и практические результаты в области разработки теории и технологии переработки техногенного минерального сырья.

В Институте проблем комплексного освоения недр имени академика В.Н. Мельникова Российской академии наук проводимые в последние годы научные исследования по обоснованию и разработке инновационных, энергосберегающих технологий комплексной и глубокой переработки техногенного сырья сложного вещественного состава включали в себя [10-14]:

- применение энергетических методов воздействия для интенсификации процесса дезинтеграции и вскрытия тонкодисперсных минеральных комплексов при переработке отвальных сульфидсодержащих хвостов;

- использование нового класса флотационных реагентов для извлечения ценных компонентов из отвальных хвостов обогащения сульфидных медно-никелевых руд;

- использование электрохимической обработки подотвальных вод для интенсификации процесса кучного выщелачивания, бедных и окисленных медно-цинковых руд;

- обеспечение полноты извлечения ценных компонентов и создание ресурсоспроизводящих технологий для комплексной переработки гидротехногенного минерального сырья медно-колчеданных месторождений;

- электрохимическую переработку минерализованных вод обогатительных фабрик алмазодобывающих предприятий в растворы гипохлорита для обеззараживания хозяйственно-питьевых и сточных вод.

В совместных исследованиях ИПКОН РАН, МГТУ им. Г.И. Носова, ЗАО «Урал Омега», Сибайского филиала Учалинского ГОКа разработаны: научные основы интенсификации процесса раскрытия зерен металлургических шлаков при применения аппаратов центробежно-ударного дробления [15], а также предложены технологические схемы переработки медеплавильных и ванадиевых шлаков, хвостов обогащения марганцевых руд, некондиционного плавленого периклаза с применением центробежно-ударных дробилок, мельниц в циклах рудоподготовки для раскрытия сложных минеральных комплексов техногенного происхождения [16]; комбинированная гравитационно-гидрохлоридная технология доизвлечения золота из техногенного минерального образования – хвостохранилища золотоизвлекательной фабрики [17]; способы флотационного обесцинкования доменных шламов и технологическая схема комплексной переработки тонкодисперсных железозинксодержащих отходов черной металлургии с применением методов обогащения [18]; технологические приемы интенсификации флотации труднообогатимого лежалого медного шлака в условиях замкнутого водооборота обогатительной фабрики [19, 20]. Разрабатываются методологические основы адаптационного подхода к разделительным процессам глубокой и комплексной переработки техногенного металлсодержащего сырья [16, 21]. Полученные результаты подтверждают перспективность вовлечения техногенного сырья в экологически ориентированную ресурсосберегающую переработку.

Таким образом, на государственном уровне сегодня остро ставятся вопросы по крупномасштабной переработке горнопромышленных отходов и применению изготовленной из них продукции, разработке и внедрению экономически целесообразных и экологически безопасных технологий комплексного использования техногенных образований без утраты их ресурсного потенциала, с получением вторичного сырья, товарных продуктов. Но проблема комплексного использования отходов добычи и переработки в статусе их потенциальных минерально-сырьевых

ресурсов техногенного происхождения сложна, многоаспектна и в настоящий момент далека от идеального решения. Можно говорить о наличии значительного количества научных и практических работ по данной теме, инновационных разработок, в разной степени апробированных технологий утилизации техногенного минерального сырья сложного вещественного состава. Наличие обширного, но пока не востребованного научного задела для создания отечественных высокоэффективных инновационных технологий переработки отходов, ориентирует на необходимость и возможность ускорения в решении проблем комплексной оценки, капитализации и вовлечения в промышленное использование российского техногенного сырья. И в этом могут быть полезны цифровые технологии, позволяющие собирать, хранить, обрабатывать большие объемы данных, объединять в единую информационную систему разрозненные базы данных о техногенных объектах, их качественных и количественных параметрах, о результатах научных исследований, о разработанных технологиях, технологических инновациях, о конструкторских разработках нового оборудования, создавать информационные системы принятия решений при выборе технологических вариантов использования техногенного сырья, поиска новых технологических решений и т.п. Наблюдающиеся в рамках четвертой промышленной революции гармонизация и интеграция большого количества различных научных дисциплин и открытий, растущая взаимозависимость между различными технологиями, сквозная цифровизация всех активов предприятия и их интеграция в единую экосистему помогут обеспечить значительные технологические инновации в горном деле, и, в частности, переход к предельно рациональному использованию природных ресурсов, включению техногенных минеральных ресурсов в замкнутые ресурсосберегающие технологические циклы, а в отдаленной перспективе и к использованию природоподобных технологий.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания 5.8708.2017/8.9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы Индустрии 4.0 и цифровизации промышленности в России и мире: аналитический отчет. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/perspektivy-industrii-40-i-tsifrovizatsii-promyshlennosti-v-rossii-i-mire-20180312123158.
2. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – Эксмо, 2016. – 208 с.
3. Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России. Экспертно-аналитический доклад. – Москва, 2017. – 136 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа. 2017. – 760 с.
5. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / под. ред. Б.К. Михайлова. – М.: Научный мир, 2012. – 236 с.
6. Чантурия В.А. Новые технологические процессы комплексного извлечения ценных компонентов из минерального сырья: современное состояние и основные направления развития // Геология рудных месторождений. – 2007. – Том 49. – №3. – С.235-242.
7. Чантурия В.А. Ресурсосберегающие технологии переработки минерального сырья и охраны окружающей среды // Горный журнал. – 2007. – №2. – С.91-96.
8. Чантурия В.А., Козлов А.П. Современные проблемы комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья материалы междунар. науч. конф. (Плаксинские чтения – 2017). – Красноярск: Сибирск. федер. ун-т, 2017. – С. 3-6.
9. Чантурия В.А. Современное состояние и основные научные направления в области обогащения полезных ископаемых // Современные процессы комплексной и

глубокой переработки труднообогатимого минерального сырья (Плаксинские чтения – 2015): материалы Межд. совещ. – Иркутск, 2015. – С. 3-5.

10. Инновационные технологии и процессы извлечения ценных компонентов из нетрадиционного, труднообогатимого и техногенного минерального сырья / В.А. Чантурия, А.П. Козлов, Т.Н. Матвеева, А.А. Лавриненко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2012. №5. С.144-156.

11. Обоснование эффективности использования электрохимической технологии водоподготовки в процессах кучного выщелачивания руд / В.А. Чантурия, В.Г. Миненко, Е.В. Копорулина, А.Л. Самусев, Е.Л. Чантурия // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2011. – №5. – С. 115 - 124.

12. Выщелачивание медно-цинковых руд в химико-электрохимически модифицированной подотвальной воде / А.Л. Самусев, В.Г. Миненко, Ю.Р. Ягудина, Ю.К. Карасов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 6. – С. 176-182.

13. Технология электрофлотационного извлечения марганца из техногенного гидроминерального сырья медно-колчеданных месторождений Южного Урала / В.А. Чантурия, И.В. Шадрунова, Н.Л. Медяник, О.А. Мишурина // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – № 3. – С.92-99.

14. Шадрунова И.В., Орехова Н.Н. Эколого-экономические аспекты комплексной переработки техногенного гидроминерального сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – Отдельный выпуск №1. – С. 161-179.

15. Механизм дезинтеграции металлургических шлаков в аппаратах центробежно-ударного дробления / И.В. Шадрунова, О.Е. Горлова, Е.В. Колодежная, И.М. Кутлубаев // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 2. – С. 149-155.

16. Шадрунова И.В., Горлова О.Е., Колодежная Е.В. Адаптационный подход к разделительным процессам глубокой и комплексной переработки минерального сырья как основа рационального природопользования и снижения техногенной нагрузки на окружающую среду // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № S1. – С. 125-144.

17. Шадрунова И.В., Горлова О.Е., Провалов С.А. Адаптивные методы доизвлечения золота из хвостохранилищ золотоизвлекательных фабрик // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – №9. – С. 180-185.

18. Горлова О.Е., Хасанов Н.И. Комплексная переработка тонкодисперсных железосодержащих отходов металлургического производства с применением методов обогащения // Черная металлургия. – 2014. – № 3. – С. 93-96.

19. Sabanova M.N., Shadrnova I.V., Orekhova N.N., Gorlova O.E. Flotation of copper slags in conditions of closed water circulation of concentration plant // Tsvetnye Metally (Non-ferrous metals). – 2014. – №10. – pp. 16–24.

20. Ресурсосбережение и ликвидация накопленного экологического ущерба в старопромышленных регионах при переработке шлаков металлургического производства / И.В. Шадрунова, О.Е. Горлова, Н.Н. Орехова, Е.В. Колодежная // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – №S1. – С.300-320.

21. Формирование ресурсосберегающих технологий переработки вторичного металлсодержащего сырья на основе принципов адаптации / В.А. Чантурия, И.В. Шадрунова, О.Е. Горлова, Н.Н. Орехова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №1 (специальный выпуск). – С. 347-362.

INNOVATIVE PROCESSES OF DEEP AND COMPLEX TECHNOGENIC RAW MATERIALS PROCESSING IN THE FACE OF NEW ECONOMIC CHALLENGES

Chanturia V.A.¹, Shadrunkova I.V.¹, *Gorlova O.E.²

ORCID: 0000-0002-4410-8182 0000-0003-3520-2705 0000-0003-1142-0652

¹“Institute for Complex Development of Subsurface Resources named after academician V.N. Melnikov Russian Academy of Sciences” FPFIS, Moscow, Russia;

²“Nosov Magnitogorsk State Technical University” FPFIS HE, Magnitogorsk, Russia,
*gorlova_o_e@mail.ru

Abstract. *Innovative processes of deep and complex processing of technogenic raw materials in the context of the key economic challenges facing the mining and processing industries within the new technological order should ensure a transition to a circular economy of a closed cycle, to maximally rational use of natural resources, and in the long term and to the use of nature- technologies. But it must be taken into account that technogenic raw materials are always a mineralogical and technologically complex object for separation and require a special approach and search for new technological solutions and techniques. The priority scientific and technological research on the involvement of technogenic mineral resources in effective processing is reflected. It is shown that in research carried out in the Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS, including jointly with universities, research and production organizations, enterprises, a rather extensive scientific reserve has already been developed and domestic innovative technologies for complex and deep processing of technogenic raw materials of complex material composition have been created.*