

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ



*В. А. ЧАНТУРИЯ,
директор, академик РАН*



*В. Е. ВИГДЕРГАУЗ,
зав. лабораторией,
проф., д-р техн. наук*

ИПКОН РАН

Создание ресурсосберегающих технологий в сочетании с охраной окружающей среды при переработке минерального сырья является одной из наиболее актуальных задач нашего времени. Эффективным способом сокращения отходов является их переработка с расширением номенклатуры товарной продукции горнодобывающих предприятий, для чего создаются новые технологии. Приоритетное значение приобретает переработка руд на основе современных методов обогащения, гидро- и пирометаллургии, вовлечение в переработку минеральных ресурсов техногенного происхождения.

По оценкам Центра стратегических исследований МГГУ, доля России в мировой добыче минерального сырья приближается к 10 % [1]. Занимая 15 % территории Земли, Россия обладает 30 % ее полезных ископаемых. Большая часть добываемого минерального сырья поступает на обогащение. Существующие технологии добычи и первичной переработки полезных ископаемых позволяют использовать лишь около 5–8 % извлекаемой из недр минеральной массы. Образующиеся отходы при этом по мере накопления и хранения становятся одним из наиболее значительных факторов антропогенных изменений окружающей среды.

При получении 1 т металла, содержащегося в продуктах обогащения, образуется от 30 до 100 т хвостов, на их удаление и хранение затрачивается в среднем от 5 до 8 % стоимости производимой продукции. В последнее производство вовлекаются в настоящее время не более 20 % извлекаемых из недр нерудных горных пород и около 10 % отходов обогащения. В объемных показателях в черной и цветной металлургии отходы только горного производства в виде твердых горных пород составляют более 210, а хвостов обогащения — 140 млн м³/год. Всего же объем ежегодно складированных отходов по всем горнодобывающим отраслям достигает нескольких миллиардов кубических метров.

В национальном сообщении России на Токийской конференции «Большой восьмерки» по отходам («3R-инициатива») подчеркивалось, что из накопленных на территории России отходов три четверти приходятся на горнодобывающие отрасли промышленности. Развитие горно-металлургической промышленности привело к образованию отвалов вскрышных пород, хвостов обогащения фабрик, металлургических шлаков и других отходов производства в количествах, которые позволяют классифицировать эти новообразования как техногенные месторождения (ТМ). Ресурсную ценность ТМ нельзя оценивать привычными категориями содержания в них полезных компонентов, поскольку выделение ценных компонентов затруднено, они «благополучно миновали» существующие технологические процессы извлечения. Техногенное сырье — это сырье переизмельченное, окисленное и труднообогащаемое. Показатели обогащения такого сырья невысокие даже при значительных затратах на технологию. Рассматривать вопрос о целесообразности переработки техногенного сырья необходимо комплексно, учитывая его экологическую опасность и выгоды от рекультивации земель и восстановления среды обитания человека и животного мира.

В 20-е годы прошлого века в горном деле произошла технологическая революция, связанная с вовлечением в переработку руд с низким содержанием полезных компонентов с помощью пенной флотации. Флотация была и остается наиболее эффективной технологией обогащения, с развитием которой связаны и основные перспективы вовлечения в переработку техногенного минерального сырья. Современные колонные флотационные машины большого объема (рис. 1) обеспечивают получение в промышленных количествах большинства необходимых для развития цивилизации минеральных веществ и соединений.

Основным недостатком традиционных процессов флотации до последнего времени оставалась невоз-

возможность разделения минеральных частиц крупностью менее 10 мкм. Лишь с появлением атомно-силовой микроскопии и осознанием роли гидрофобных взаимодействий при флотации наметились перспективы развития флотации как нанотехнологии, позволяющей эффективно разделять частицы субмикронных размеров. Следует отметить, что теоретические основы флотации как нанотехнологии создавались в России. В пленарном докладе симпозиума «Centenary of Flotation» [2] отмечалось, что сульфидная флотация как наука началась с работ профессора И. Н. Плаксина и его школы, работ об электрохимической неоднородности сульфидной поверхности и роли кислорода при флотации.

Исследования закономерностей образования наноассоциатов во флотационных системах позволили в последние годы оценить силу и дальное действие гидрофобных взаимодействий при флотации [3], что показало пути повышения флотационного извлечения тонких частиц минералов, частиц с которыми связаны основные потери полезных компонентов.

Инновационной технологией переработки техногенного минерального сырья является его облучение мощными наносекундными электромагнитными импульсами (МЭМИ) [4]. Облучение позволяет создать каналы пробоя к металлическим включениям в непроводящей мат-



Рис. 1. Колонная флотационная машина

рице (рис. 2), по которым выщелачивающие растворы получают возможность доступа к частицам золота и других благородных металлов.

Исследовано влияние импульсов на морфометрические, фрактальные, электрофизические, электрохимические, сорбционные и флотационные свойства различных минералов. Установлены основные механизмы нетеплового воздействия МЭМИ на природные тонкодисперсные минеральные среды сложного вещественного состава. Селективная дезинтеграция минеральных комплексов и вскрытие микро- и наночастиц благородных металлов достигается за счет электрического пробоя минералов, локального импульсного нагрева и нетеплового поглощения электромагнитной энергии наноразмерными частицами благородных металлов [4].

На рис. 3 показана установка для обработки МЭМИ на Норильском комбинате.

Результаты обработки МЭМИ отвалных пирротинных хвостов, содержащих платиноиды, свидетельствуют, что новая технология позволяет вовлечь в переработку значительные запасы техногенного сырья и балансовых руд благородных металлов. Дополнительные возможности повышения технико-экономических показателей процесса извлечения золота цианированием дает разработанная

в МГГУ технология флотационного выделения золото-содержащих пиритов перед их обработкой МЭМИ [5].

В ИПКОН РАН созданы инновационные технологии использования продуктов электролиза природных

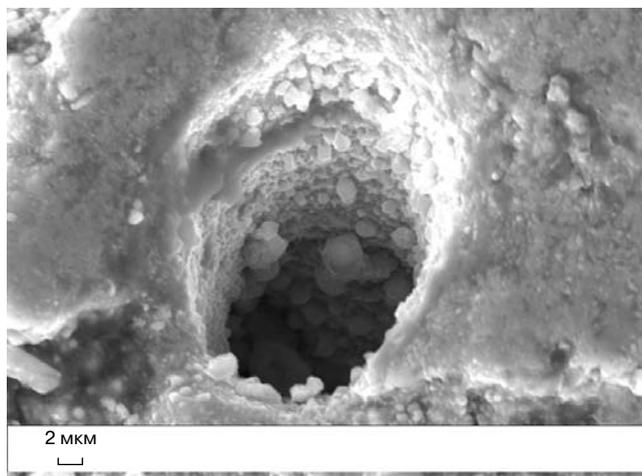


Рис. 2. Канал пробоя к металлическим включениям в неметаллической матрице

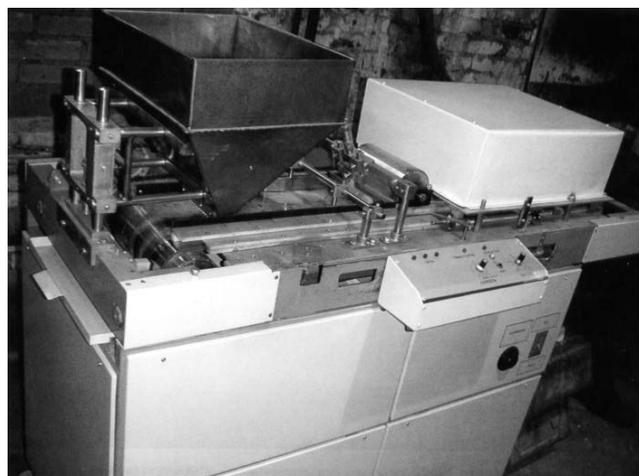


Рис. 3. Установка для обработки минерального сырья МЭМИ

и техногенных вод в электролизерах диафрагменного и бездиафрагменного типа [6]. Получаемые продукты электролиза оборотных вод хвостохранилищ с успехом использованы для обработки природных алмазов и в различных пределах обогащения алмазосодержащих кимберлитов Якутии. Рис. 4 иллюстрирует схему использования оборотных вод хвостохранилищ после их обработки с целью обеззараживания коммунальных сточных вод.

Использование оборотных вод дает возможность увеличить сроки эксплуатации хвостохранилищ. Одновременно получение гипохлорита в процессе электролиза позволяет обеззараживать коммунальные стоки, что актуально для решения экологических проблем современных городов.

Кислые подотвальные воды после электрохимической обработки использованы для выщелачивания ценных компонентов из окисленных руд, вскрышных пород и хвостов обогащения. На рис. 5 приведена общая схема процесса.

Предварительная электрохимическая обработка подотвальной воды перед ее использованием в процессе выщелачивания шихты (1:1) медно-цинковых руд Узельгинского и Учалинского месторождений позволила в 7,6 раза повысить извлечение меди, при этом более чем на порядок возросла скорость ее выщелачивания (рис. 6)*.

Разработаны методы селективной сорбции Cu, Ni, Zn, Fe и Ag из разбавленных растворов природными цеолитами, модифицированными различными химическими соединениями, в частности тиомочевин-

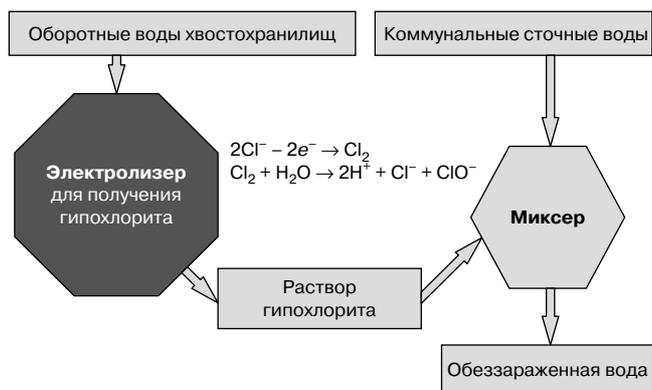


Рис. 4. Схема обеззараживания коммунальных сточных вод

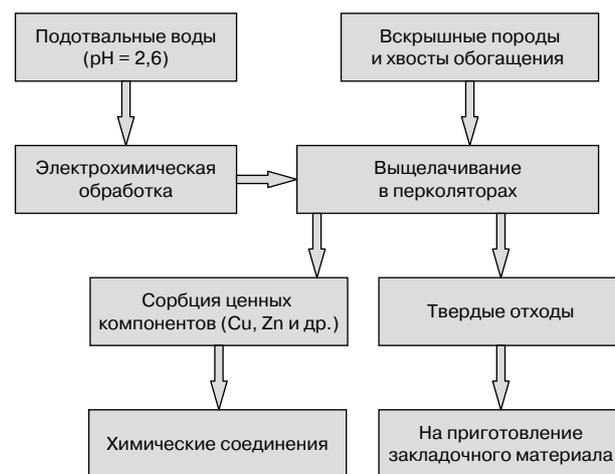


Рис. 5. Технологическая схема выщелачивания ценных компонентов

* Заявка на патент РФ 2007136585.

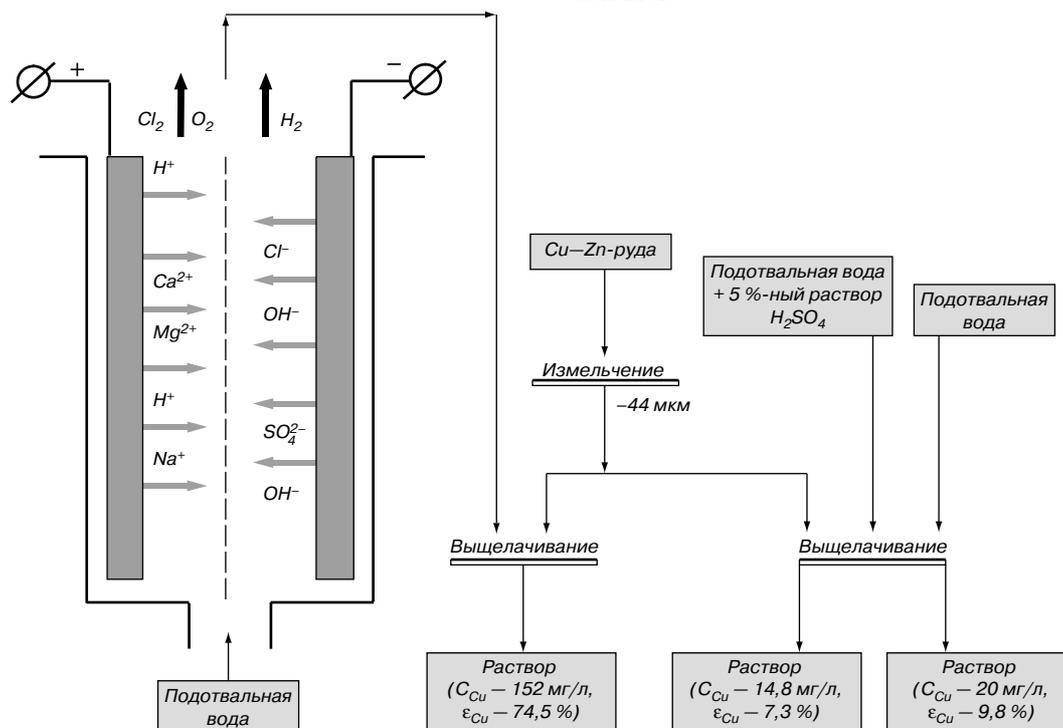


Рис. 6. Схема проведения опытов по выщелачиванию шихты медно-цинковых руд

ной, а также моно- и триэтанолaminaми [7]. Для извлечения цветных металлов из техногенного минерального сырья предложена технологическая схема, включающая:

- агитационное выщелачивание хвостов раствором, получаемым при кислотной регенерации цеолита;
- нейтрализацию до pH = 3,5–4;
- сорбцию ионов железа цеолитом, модифицированным триэтанолaminом;
- сорбцию ионов серебра и меди цеолитом, модифицированным тиомочевинной;
- сорбцию ионов цинка и оставшейся меди цеолитом, модифицированным моноэтанолaminом.

Перспективной инновационной технологией переработки шламов является селективная флокуляция тонких частиц с последующим флотационным отделением образовавшихся флокул или их осаждением [7]. Разработаны условия селективной флокуляции сульфидов цветных металлов, заключающиеся в использовании природной или приданной минералам посредством реагентов-собирателей гидрофобности для агрегирования частиц гидрофобным полимером.

Предложены различные варианты схемы переработки хвостов обогащения Cu—Zn-руд [7]. Первый вариант схемы включает коллективно-селективную флотацию сульфидов из песковой фракции хвостов после активации в турбомельнице. Второй вариант схемы предусматривает прямую селективную флотацию. Шламную фракцию хвостов перерабатывают либо по технологии «селективная флокуляция сульфидов — флотация флокул» с направлением вторичных хвостов на гидрометаллургическую переработку, либо по гидрометаллургической схеме, включающей кислотное выщелачивание с предварительной механохимической активацией и последующей стадийной сорбцией металлов из щелоков на модифицированных цеолитах.

Для повышения полноты и комплексности освоения недр при переработке медноколчеданного сырья предложено формировать единый горно-обогатительный комплекс, где на одной промышленной площадке размещены рудник, обогатительная фабрика, площадка для кучного выщелачивания и узел переработки продуктивных растворов, а также закладочный комплекс по утилизации отходов кучного выщелачивания в закладочном массиве [8].

В заключение следует отметить, что для действующих горных предприятий переработка сырья ТМ является наиболее эффективным способом укрепления минерально-сырьевой базы и повышения эффективности ее эксплуатации, снижения ресурсоемкости продукции и оздоровления окружающей среды. Россия обладает уникальными по количеству и разнообразию минерально-сырьевыми ресурсами и вместе с тем высокой долей территорий с естественными и малоизмененными экосистемами. Такие преимущества

позволяют России не только обеспечить свои потребности в минеральном сырье, но и занимать высокое и устойчивое геополитическое положение.

Список литературы

1. Пучков Л. А. Россия в горнодобывающем мире // ГИАБ. — 2005. — № 5.
2. Healy T. W. Fundamentals of Sulfide and Non-Sulfide Flotation Chemistry. — A Focus on the Differences and the Similarities // Centenary of flotation proceedings, AIMM, Brisbane, 2005.
3. Чантурия В. А., Вигдергауз В. Е. Электрохимия сульфидов. Теория и практика флотации. — М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2008.
4. Chanturiya V. A., Bunin I. J., Lunin V. D. Non-traditional highly effective breaking-up technology for resistant gold-containing ores and beneficiation products // Proceeding of XXII IMPC. — Cape-Town, 2003.
5. Чантурия В. А. Развитие теории и методов модификации технологических свойств минералов в раздельных процессах обогащения труднообогатимых руд цветных и редких металлов: Дис. ... д-ра техн. наук. — МГГУ, 2006.
6. Теория и практика применения электрохимического метода водоподготовки с целью интенсификации процессов обогащения алмазосодержащих кимберлитов / В. А. Чантурия, Э. А. Трофимова, Г. П. Двойченкова и др. // Горный журнал. — 2005. — № 4.
7. Прогрессивные (экологически значимые) технологии переработки медно-цинкового техногенного минерального сырья: проблемы и решения / В. А. Чантурия, В. Е. Вигдергауз, Э. А. Шрадер и др. // Инженерная экология. — 2004. — № 5.
8. Каплунов Д. Р., Калмыков В. Н., Рыльникова М. В. Комбинированная геотехнология. — М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2003. 

Контактный телефон: (495) 360-89-60

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR PROCESSING OF MAN-CAUSED MINERAL RAW MATERIALS

Chanturiya V. A., Vigdergauz V. E.

Up-to-date possibilities of processing of man-caused mineral raw materials with usage of the newest technologies based on energetic effects and modified reactants are observed. Proposed technologies allow not only to increase complexity of usage of mineral raw materials, but also to improve ecological situation in the area of location of mining enterprises.

Key words: mineral raw materials, man-caused deposits, complex usage, energetic effects, modified reactants, ecology.