
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ПРИГОДНАЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МЕТОДАМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Г. А. Машковцев

Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»)

Традиционные методы добычи металлов обычно включают выемку руды (открытые или подземные работы, шахта или карьер), транспортировку ее на ГОК или ГМК, дробление и обогащение руд физическими методами с получением рудных концентратов, промпродуктов и «хвостов», измельчение и плавку выделенных концентратов и промпродуктов в печах или выщелачивание их в автоклавах и пачуках с получением товарных продуктов (минералов, металлов или концентратов).

В настоящее время горно-технические, технологические и экономические проблемы освоения месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ) усугубляются следующими обстоятельствами: снижением качества руд, повышением глубины освоения объектов, неприемлемых для разработки по техническим и экономическим условиям, необходимостью и целесообразностью разработки мелких объектов, не эффективных для использования традиционных горных способов из-за высокой доли капитальных затрат и нередко удаленностью от производственных центров и рядом других причин.

В этой ситуации широкое использование инновационных геотехнологических способов добычи и переработки

полезных ископаемых становится одним из действенных путей улучшения сложившегося положения.

Современные геотехнологические способы — скважинное подземное (СПВ) и кучное (КВ) выщелачивание, способны в ряде случаев значительно повысить рентабельность добычи металлов. Являясь, по своей сути, разновидностью гидрометаллургической переработки руд, эти методы позволяют получать полезный компонент из руды непосредственно на месте её залегания, а также могут обеспечить переработку руд без их горной добычи, тонкого измельчения и других дорогостоящих заводских процессов и оборудования.

СПВ металлов включает следующие операции:

- вскрытие руды закачными и откачными технологическими скважинами с обсадкой их в рудной части фильтрами;
- выщелачивание металлов на месте залегания руды фильтрацией раствора реагента в недрах от закачных к откачным скважинам со сбором продуктивного раствора на поверхности;
- переработку раствора методами сорбции, экстракции или химического осаждения с выделением товарного концентрата металла.

КВ металлов включает:

- добычу руды;
- дробление руды и, при необходимости, окомкование мелочи (агломерацию);
- создание растворонепроницаемого основания кучи (штабеля);
- укладку рудного материала в штабель;
- выщелачивание металлов орошением раствора реагента с поверхности кучи и сбор продуктивного раствора у ее основания;
- переработку раствора методами сорбции, экстракции или химического осаждения с выделением товарных концентратов металлов.

Как показывает мировая промышленная практика, эти свойства геотехнологических методов приводят к резкому снижению капитальных и эксплуатационных затрат при разработке месторождений, что в свою очередь позволяет рентабельно отрабатывать руды более низкого качества, залегающие в более сложных горно-геологических условиях, даже небольших по запасам месторождений. В первую очередь это относится к рудам урана, меди, золота, алюминия и никеля.

Применение ФХГ в промышленных масштабах началось в середине XX века. Крупномасштабное применение СПВ при добыче урана берет начало с 1960 г., а ввод в эксплуатацию нескольких предприятий по добыче золота методом КВ в западной части США относится к 1980 году. Значительный вклад в разработку и внедрение в производство ФХГ сделан В. Ж. Аренсом¹, М. И. Фазлуллиным²

¹ Аренс В. Ж. Гридин О. М. и др «Физико — химическая геотехнология». Издательство «Горная Книга» Москва 2010 г.

² Фазлуллин М. И. «Скважинное подземное выщелачивание золота». Издательство «Винпресс» Москва. 2017 г.

и рядом других отечественных и зарубежных специалистов.

Основные металлы, для добычи которых могут быть использованы методы ФХГ:

- металлы, освоенные и добываемые промышленностью — уран, медь, золото;
- металлы, для добычи которых методы ФХГ испытаны в полупромышленном масштабе либо имеются единичные промышленные объекты — никель+кобальт, марганец, редкоземельные элементы, фосфор;
- металлы, процессы извлечения которых методами ФХГ находятся в стадии разработки в лабораторных условиях — молибден, цинк, МПГ, ванадий и др.

Металлы, добываемые в промышленном масштабе

Уран. По способам применения ФХГ выделяются скважинное подземное выщелачивание (СПВ) и кучное выщелачивание (КВ).

В настоящее время разработаны и успешно применяются следующие методы выщелачивания урана из руд:

— серноокислотное выщелачивание без окислителя: для руд, содержащих преимущественно минералы U(VI), легко поддающиеся растворению (гидроксиды урана (скупит), ванадаты урана (тюямунит, карнотит), фосфаты (отенит, торбернит), силикаты (уранофан);

— серноокислотное выщелачивание с окислителем: для извлечения урана из руд, содержащих минералы, в которых уран находится в форме U(IV), труднорастворимой в кислотах без перевода в шестивалентное состояние (оксиды урана — уранинит, настуран или урановая смолка, силикат урана — коффинит);

— малореагентное выщелачивание с окислителем: выщелачивание урана по серноокисотно-бикарбонатной

схеме с подачей в пласт 3–7 г/л H_2SO_4 и газообразного окислителя (кислорода воздуха): рН ВР = 4,5–7,0, рН ПР = 6,2–7,8;

– карбонатное выщелачивание: для руд, содержащих карбонатные минералы и прочие кислотоемкие составляющие в больших количествах (калькредовые руды, глинистые руды и т.п.), серноокислотное выщелачивание урана из которых является экономически целесообразным.

Геолого-промышленные типы руд:

для СПВ — песчанниковые слаболифицированные руды;

для КВ — скальные руды.

Метод серноокислотного ПВ урана широко развит в промышленном масштабе в Казахстане, России, Узбекистане, Китае и Австралии, метод углекислотного ПВ урана — в США. Современный мировой лидер по добыче урана — Республика Казахстан, получающий его методом СПВ (22,5 тыс. т в 2013 г.).

В России методом серноокислотного СПВ ведется отработка Далматовского (Зауралье) и Хиагинского (Республика Бурятия) урановых месторождений, проводятся опытно-промышленные работы на Хохловском и Добровольном (Зауралье) объектах. В 2013 общая добыча урана в России методом СПВ превысила 1000 т (32% от общей добычи). Попутно с ураном в продуктивных растворах (ПР) выносятся рений, скандий, ванадий, редкие земли, извлечение которых из ПР может оказаться экономически целесообразным.

Метод серноокислотного КВ урана ранее достаточно широко использовался в Канаде, ЮАР, СССР, ГДР и других странах. В настоящее время серноокислотное КВ начинает развиваться для бедных и/или малых месторождений урана в Китае и Бразилии

и активно используется для бедных руд в России на Стрельцовском рудном поле (СРП) в Забайкалье.

Всего в России разведано около 80 тысяч т запасов урана и прогнозных ресурсов достоверных категорий, пригодных для отработки методами ФХГ. Они связаны, главным образом, с Зауральским (Курганская область) и Витимским (Республика Бурятия) урановорудными районами, которые в настоящее время активно осваиваются. Кроме того, на Стрельцовском рудном поле очень эффективно методом КВ выщелачиваются бедные руды, выделенные в результате радиометрической сортировки рудной массы разрабатываемых жильно-штокерковых месторождений.

Помимо этого, в РФ имеется значительное количество недооцененных рудопроявлений и мелких месторождений, на которых часть ресурсов может быть отработана карьером в сочетании с кучным выщелачиванием. Особый интерес представляют участки недр, где подобные объекты расположены вблизи действующих добычных предприятий и могут обрабатываться без существенных капитальных затрат.

Учитывая высокую эффективность ФХГ для освоения урановых месторождений, следует в ближайшей перспективе усилить поиски новых объектов с соответствующими параметрами, осуществить оценку пригодности объектов нераспределенного фонда для разработки методами ФХГ и реализовать опытно-промышленную апробацию блочного выщелачивания остаточных запасов бедных руд на Стрельцовском рудном поле.

Медь. Добыча меди методом КВ давно и широко развита в мире, особенно в Чили. Доля меди, полученной методом выщелачивания и электролиза — технология Solvent

Extraction Electrowinning (SX/EW), в общем объеме производства постоянно расширяется. С 1990 по 2014 год объем производства меди по данной технологии увеличился на 130 % и на конец 2014 года составил 20 % общего мирового объема производства.

Технология SX/EW характеризуется низкими показателями средних эксплуатационных затрат на получение 1 тонны меди, которые составляют около 40 % от цены металла (в 1997 г. затраты составляли 700 долл. при цене за тонну 1700 долл.)

Мировая добыча меди геотехнологическими способами — сернокислотным и бактериальным — связана с освоением месторождений следующих геолого-промышленных типов:

для КВ

- медно-порфиновые: месторождения Minera Escondida, Zaldivir и др. (Чили);
- окисленные медные: месторождения Niftu (Австралия), Bucim (Македония);
- комплексные сульфидные: месторождения Taefvivaaga (Финляндия);
- смешанные сульфидные месторождения: Sazcheshmeh (Иран), Ziyinshan (КНР), Moniwa (Бирма);
- лежалые хвосты обогащения сульфидных руд: месторождения Коунрад (Казахстан), Сибайское, Первомайское и др. (РФ);

для СПВ

- медистые песчаники и глины: месторождение медистых глин Гумешевское, на котором с 2004 г. успешно ведет опытно-промышленную добычу ОАО «Уралгидромедь», Mission, Casa Grande (США);
- окисленные медно-порфиновые: месторождения Gunisson, Florence (США), Karynda (Австралия);
- хвосты обогащения и пиритные огарки: месторождение Кировоградское (РФ);

В РФ только в нераспределенном фонде находится 57 месторождений с запасами 5344,8 тыс.т с средним содержанием 0,57 %, кроме того, на балансе числятся 4 техногенных объекта с запасами 54,6 тыс.т с средним содержанием 0,6 % меди.

Среди многочисленных промышленных типов месторождений меди объектами наиболее пригодными для отработки способом СПВ являются месторождения медистых глин (коры выветривания медно-скарновых месторождений); окисленные руды медно-порфиновых месторождений и многочисленные месторождения и рудопроявления медистых песчаников (Гумишевское).

К перспективным объектам можно отнести: коры выветривания медно-скарновых месторождений Шиловского, Башмаковского, Богословского, Вадимо-Александровского, Никитинского, Фроловского, Васильевского, Александровского и др;

– пермские медистые песчаники с прогнозными ресурсами (P_3) — 3 888,8 тыс. т;

– «рыхлые руды» меднопорфирового Михеевского месторождения, запасы — 50,4 тыс. т.

Способом СПВ возможна отработка Кировградских пиритных огарков, содержащих до 20,5 тыс.т меди. Общий ресурсный потенциал пиритных огарков составляет около 40 млн т с средним содержанием меди 0,5 % (200 тыс.т меди).

Для кучного выщелачивания (КВ) меди пригодны окисленные руды медных и комплексных медистых месторождений, а также складированные забалансовые руды и хвосты обогащения обогатительных фабрик. В качестве потенциально пригодных для отработки способом КВ объектов можно привести:

– малосульфидные Cu – Ni руды месторождений Ждановское (технологический забаланс 154 тыс. т) и Ньюдайвенч (26,7 тыс. т);

– окисленные медные руды крупного месторождения Волковское, на Урале. (технологический забаланс 27 тыс. т);

– порфировые медно-молибденовые руды месторождения Сорское в Хакасии (технологический забаланс 116,7 тыс. т);

– техногенные образования – хвосты обогащения Сорской, Учалинской и Сибайской ОФ, а также материал, накопленный в Соринском хвостохранилище Красноуральской ОФ (29,3 тыс. т).

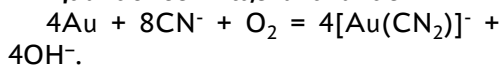
Всего кучным выщелачиванием может быть добыто более 2 млн т меди, не рентабельных для заводского передела.

Итого для ПВ и КВ пригодны медьсодержащие объекты с ресурсами не менее 6,2 млн т меди.

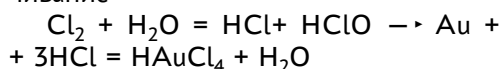
Золото. В настоящее время в мире эксплуатируется свыше 300 объектов КВ. Около 70 проектов (примерно 25%) из этого числа работают в зонах с арктическим и субарктическим климатом. Эти объекты находятся в Северной Европе, Азии, Северной Америке, а также в высокогорных регионах Южной Америки.

Методы ФХГ: КВ – цианидное, гипохлоритное и бактериальное выщелачивание, СПВ – хлорное и гипохлоритное.

Цианидное выщелачивание



Хлорное и гипохлоритное выщелачивание



Геолого-промышленные типы руд РФ, пригодные для освоения ФХГ:

для КВ

- окисленные руды в корях выветривания: месторождения Воронцовское, Куросан (РФ);

- золотокварцевые руды: мест. Fort Knox;

- золотосульфидно-кварцевые руды: месторождение Муртыкты (РФ);

для СПВ

- окисленные руды в корях выветривания: месторождения Гагарское, Маминское, Долгий мыс (РФ);

- глубокозалегающие россыпи: Данду-Хангарук, Алинское, Кунтомора, Чашино-Ильдижанское, Куденское (Забайкалье).

В России технологии КВ успешно применяются с 1994 г, отработаны собственные оригинальные технологические приемы по эксплуатации объектов КВ, расположенных, главным образом, в суровых климатических условиях:

- использование теплоизоляционных свойств снега,

- намораживание «ледяной глазури» на поверхности штабелей КВ,

- отсыпка рудных штабелей поверх слоя крупнообломочного материала, обладающего теплоизоляционными свойствами при работе в зонах вечной мерзлоты, и многие другие.

- для СПВ – погребенные россыпи с тонким золотом в песках, окисленные руды в корях выветривания.

Существенные разведанные запасы золота сосредоточены в глубокозалегающих россыпях, отработка которых традиционными методами нерентабельна. Анализ минерально-сырьевой базы России показывает, что в глубокозалегающих россыпях сосредоточено более 300 тонн золота.

Основным направлением развития промышленного использования ФХГ является совершенствование СПВ, пригодного для добычи золота из погребенных кор выветривания и рудоносных песков.

**Физико-химические
геотехнологии апробированные
полупромышленными
испытаниями**

Никель, кобальт. В настоящее время укрупненные лабораторные работы подтвердили возможность извлечения никеля из руд на уровне 70–80 % раствором серной кислоты при ее расходе от 30 до 50 кг на 1 кг никеля в зависимости от режима выщелачивания и содержания Ni в руде.

Специалистами ГК «Голд» разработана и запатентована технология ПВ, позволяющая рентабельно добывать никель из бедных силикатных руд в виде концентрата, содержащего 45–50 % Ni высокой степени с помощью ионообменных смол. В 2008 году ГК «Голд» успешно провела опытные работы по ПВ никеля на Точильногорском месторождении (Свердловская обл., запасы Ni — 32,4 тыс. т, содержание — 0,56 %).

За рубежом интенсивно ведутся опытно-промышленные испытания по сернокислотному КВ никеля и кобальта из окисленных (латеритных) руд на месторождениях Caldag (Турция), Asjoe (Филлипины), Murrin-Murrin (Австралия). Çaldag — Turkey это первое в мире промышленное производство кучного выщелачивания латеритного никеля. Общие запасы около 40 миллион тонн руды при содержании 1,14% Ni и 0,05% Co. Производительность составляет 20 000 тонн в год никеля и 1,200 тонн в год кобальта в смешанном продукте. Производство получает два продукта в комплексном концентрате: первый — 34% никеля, 1.1% кобальта и <2% марганца; второй — 24% никеля, 0.8% кобальта, <8% марганца.

В РФ на территориях Оренбургской, Челябинской и Свердловской областей находится группа металло-

генических зон Восточно-Уральской провинции, в которой локализируются никель-кобальтовые месторождения силикатного геолого-промышленного типа, развитые в корях выветривания по серпентинизированным породам ультраосновного состава. Всего здесь учтено двадцать одно месторождение, включающее 10% разведанных и 5% предварительно оцененных запасов никеля России. Месторождения мелкие по запасам, содержание никеля в рудах до 1%. В нераспределенном фонде 11 месторождений с суммарными запасами 732,3 тысячи тонн никеля.

Обводненные силикатные руды мелких месторождений Уральского региона пригодные для СПВ никеля:

- Точильногорское с запасами — 32,4 тыс.т при содержании Ni — 0,56%,
- Сахаревское с ресурсами (P_1) — 19,0 тыс.т при сод. Ni — 1,0%;
- бурые железняки с асболоном Елизаветинской группы с суммарными ресурсами 160 тыс. т.

На Рогожинском месторождении силикатно-никелевых руд ведутся ГРП непосредственно под СПВ, запасы никеля составляют 6,9 тыс.т при сод. Ni — 0,68% (в отвальных хвостах сосредоточено 11.4 тыс.т Ni при содержании 0,44–0,61%, пригодного для отработки способом КВ).

В Карелии в пределах Аганазерского массива серпентинитов выделена продуктивная залежь никель-магнезиальных руд с прогнозными ресурсами (P_1) MgO — 2646 и Ni — 25 млн т при средних содержаниях кислоторастворимых форм: MgO — 24.9%, Ni — 0.24%. Технологические исследования показали принципиальную возможность сернокислотного гидрометаллургического передела этих руд. Наиболее рентабельными получились варианты открытой разработки наиболее богатых участков залежи, выходящих на днев-

ную поверхность с последующим кучным выщелачиванием, и подземного выщелачивания руд в зонах повышенной проницаемости вдоль разрывных нарушений.

Также для сернокислотного КВ никеля могут быть пригодны окисленные силикатные и комплексные малосульфидные руды медно-никелевых месторождений, а также складированные забалансовые руды и отвалы. Примером таких месторождений могут служить силикатно-никелевые руды, предназначенные для карьерной обработки, и отвалы обрабатываемых месторождений (Буруктаьского (участок III), Серовского, Сахаринского и Киембаевского). На Буруктаьском месторождении в таких рудах насчитывается 878,0 тыс.т никеля с содержанием 0,86% и в отвалах — 90,0 тыс.т Ni с содержанием 0,66—0,78%. На Серовском месторождении в руде и отвальных хвостах насчитывается в сумме 400 тыс.т никеля.

Добыча никеля возможна из вкрапленных малосульфидных забалансовых руд способом КВ при применении бактериального выщелачивания. К примеру, в отвалах Ждановского медно-никелевого месторождения при содержании Ni — 0,35% и Cu — 0,14% находится никеля 14,6 тыс.т и меди — 5,8 тыс.т.

Итого в настоящее время геотехнологические методы обработки могут быть применены к рудам, содержащим не менее 960 тыс.т. никеля (без учета аганозерских серпентинитов) и довольно значительное количество кобальта.

Марганец. В России сегодня не ведется добыча марганцевых руд в связи с отсутствием промышленных технологий освоения отечественных месторождений карбонатных и оксидных руд, характеризующихся низкими

концентрациями металла и высокими вредных компонентов. В то же время МСБ марганца достаточна для покрытия потребностей страны и полного избавления от дорогостоящего импорта марганца.

На территории Свердловской области находится Северо-Уральская группа разведанных резервных месторождений с общими запасами 41,7 млн. т со средним содержанием марганца 20%, из них 36,3 млн. т согласно Госбалансу¹ предназначены под подземную обработку. Руды относятся к карбонатному марганокальцит-родохрозитовому типу и залегают на глубинах до 200—300 м. Из всей группы только Тыньинское и Марсятское месторождения полностью пригодны к открытой разработке. Для руд Березовского, Ново-Березовского, Екатириининского и Юркинского месторождений предполагается только подземная обработка. Из-за сложных горно-геологических условий, высокой себестоимости концентратов разработка объектов, за исключением зоны окисления Тыньинского месторождения, не осуществлялась. Применение скважинного подземного выщелачивания марганца ниже контура карьеров позволит снизить капитальные затраты и вывести объекты в разряд рентабельных.

Окисленные железомарганцевые фосфористые руды месторождений кор выветривания Южного Урала и Присаянья в Иркутской области с общими запасами 1,6 млн т и прогнозными ресурсами кат. Р₁ — 26,2 млн т относятся к рядовым и бедным технологическим сортам, характеризующимся изменчивым содержанием главных компонентов, низкими концентраци-

¹ «Баланс запасов полезных ископаемых РФ на 01.01.2020» Москва 2020г.

ями марганца и повышенными содержаниями железа и фосфора с широким спектром оксидов и гидрооксидов марганца и железа. Тесное срастание минералов марганца и железа обуславливают низкую технологичность руд для традиционных методов механического обогащения, а применение гидрометаллургических методов требует существенных капитальных затрат на строительство и оборудование цехов.

Общий сырьевой потенциал бедных руд, в принципе пригодных для освоения методами ФХГ, составляет более 150 млн т авторских запасов и ресурсов высоких категорий. Традиционные схемы обогащения бедных марганцевых руд не обеспечивают получения кондиционных концентратов, а использование выщелачивания дает возможность получить концентрат, очищенный от вредных примесей, и расширить минерально-сырьевую базу горнодобывающих предприятий.

В тоже время ФГБУ «ВИМС» успешно провел натурные полупромышленные испытания КВ с сернокислотным реагентом на пятнадцатитонной пробе бедных оксидных руд мелкого месторождения Южной Сибири, в результате которых получена качественная продукция для металлургии, электроэнергетики и сельского хозяйства. В соответствии с этим целесообразно проведение подобных испытаний на объектах перераспределенного фонда с целью выбора первоочередных для промышленного освоения.

Кроме рассмотренных видов минерального сырья положительную полупромышленную апробацию методами ФХГ получили и объекты ТПИ, трудно перерабатываемые традиционными технологиями, в их числе:

- месторождения литиеносных глин Сойора (Мексика), Kings Valley

(США) с получением карбоната лития аккумуляторной чистоты;

- извлечение Au из сульфидных концентратов растворами глицина;

- переработка комплексных сульфидных бактериальным выщелачиванием и цианированием с получением Au, Pt, Pd;

- кучное выщелачивание из калькитовых карботитовых руд и из черных сланцев с использованием сернокислотных и карбонатных реагентов

Полученные результаты открывают новые горизонты промышленной разработки месторождений с существенным снижением себестоимости товарной продукции и нагрузки на окружающую среду.

Технологии ФХГ, разработанные в лабораторных условиях

В ряду ТПИ, получивших первые положительные результаты при исследовании в лабораторных условиях, стоят молибден, рений, скандий, ванадий и РЗЭ. Наиболее существенный результат был получен при изучении отвалов Cu — Мо окисленных руд Сорского ГОКа, непригодных для применения флотации — основной технологии переработки первичного оруденения. Предложена последовательная схема извлечения меди и молибдена с сорбционной технологией переработки растворов, позволяющая вовлечь в отработку отвалы Сорского месторождения.

В мире продолжают интенсивные исследования в области прорывной технологии выщелачивания драгоценных, цветных и редких металлов с использованием растворов глицина в щелочной среде. Внедрение глицина в качестве выщелачивающего реагента позволит расширить применение ФХГ при добыче золота и металлов платиновой группы и вовлечь в отработку объекты, эксплуатация которых запрещалась по природоохранным соображениям.

В числе основных новых направлений развития технологии ФХГ, развиваемых за рубежом, выступают следующие:

выщелачивание с использованием датчиков реального времени — датчики в реальном времени предоставляют оператору объекта текущую информацию о производительности системы, позволяющей оперативно вносить изменения в процесс для поддержания оптимальной работы системы, такие датчики, в состав которых входят надежные твердотельные электрохимические элементы, размещаются в требуемых точках обрабатываемого рудного тела и могут быть настроены на передачу показаний через любые временные интервалы, передача данных в режиме реального времени из скважин экологического мониторинга способна повысить доверие населения в будущем к технологии СПВ и КВ;

выщелачивание с использованием явления электромиграции (электрокинетическое выщелачивание) основано на использовании электрического поля для перемещения ионов (электромиграции) через среды с низкой проницаемостью. Данная разновидность метода может оказаться перспективной в месторождениях, характеризующихся наличием засоленных грунтовых вод — это южные окраины Оренбургской области, где находятся Буруктальское, Киембаевское и ряд других латеритных никелевых месторождений;

выщелачивание в колебательном режиме (подповерхностное смешивание) — процесс основан на чередовании импульсов закачки и откачки растворов для генерирования колебательного потока в рудном пласте, это может существенно увеличить скорость отработки и коэффициенты отдачи рудных тел;

бактериальное ПВ урана предложено как весьма эффективный способ довыщелачивания металла из крыльев ролловых фронтов месторождений, обрабатываемых методом ПВ, а также как метод отработки месторождений урана, характеризующихся наличием руд песчаникового типа, упорных к обычному сернокислотному выщелачиванию.

В заключении приведем рекомендуемые основные направления развития промышленного использования в добычной практике технологий ФХГ, связанных, главным образом, с подземным и серным выщелачиванием.

Во-первых, по нашему мнению, требуется широко развернуть натурную апробацию ФХГ нераспределенных месторождений урана, золота, меди, марганца, редких и др. металлов, высокая эффективность которых доказана полупромышленными испытаниями и лабораторными исследованиями. Целесообразно при этом оценить возможность разработки подземным выщелачиванием глубоко залегающих руд объектов, осваиваемых традиционными горными способами.

Во-вторых, федеральным органам управления недропользованием и организациям-исполнителям поисковых и разведочных работ следует на постоянной основе при рассмотрении и оценке материалов по вновь выявленным объектам определять возможность использования при будущей разработке наряду с традиционными горными способами и технологии ФХГ, а также комбинированных систем.

В-третьих, в ближайшей перспективе требуется разработать и реализовать широкую программу НИОКР по определению пригодности для ФХГ основных видов ТПИ, в настоящее время перерабатываемых заводской гидрометаллургией. При этом должны подлежать изучению не только извест-

ные геолого-промышленные типы руд, но и нетрадиционное оруденение, непригодное по тем или иным признакам использования традиционных технологий. Важным элементом этих исследований должно явиться применение нестандартных геотехнологических решений, и в первую очередь использование новых, более эффективных и экологически безопасных реагентов.

В-четвертых, наиважнейшими объектами геотехнологических работ должны явиться отходы горно-обогатительных и других производств, содержащих рудные и нерудные полезные компоненты. Очевидно, что техноло-

гии переработки минерального сырья действующих предприятий в принципе неспособны к “вторичной” переработке своих отходов; кардинальное решение этой проблемы может быть связано только с разработкой и промышленным использованием методов ФХГ. Для разработки этого актуального направления потребуется консолидация усилий академической и отраслевой науки, а главное прямое участие специалистов добычных и перерабатывающих предприятий, деятельность которых сопровождается нахождением огромных объемов отвалов и хвостов обогатительных фабрик — главных объектов вторичной переработки. **ГЛАВ**

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Машковцев Григорий Анатольевич — докт. геол.-минерал. наук, генеральный директор, Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского (ФГБУ «ВИМС»).

