

А.Г. Михайлов**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ
МАЛЫХ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Рассмотрен актуальный вопрос изыскания новых технологических решений эффективной разработки месторождений, запасы которых недостаточны для рентабельного применения традиционных способов отработки. Доля таких месторождений велика и в перспективе они могут составить основу развитие минерально-сырьевой базы на длительную перспективу. В таких условиях предлагается применение принципиально нового подхода, основы которого состоят в применении дополнительной стадии геотехнологической подготовки. Принципы геотехнологической подготовки месторождений были опубликованы ранее. Масштабное освоение малых месторождений представляет значимую угрозу природной среде, поэтому заострен вопрос экологической безопасности. Рассмотрены экологические возможности новых технологических решений. В частности, рассматривается возможность подхода принципа экологической эквивалентности для коротких скачков эксплуатации. Описаны технологические пути снижения экологической нагрузки на природную среду и повышения эффективности разработки месторождений с малыми запасами.

Ключевые слова: малые коренные месторождения, минеральные ресурсы, экологические проблемы, геотехнологическая подготовка месторождений, направленный геологический процесс.

Минерально-сырьевой комплекс России в целом можно отнести в успешному, а по ряду видов полезных ископаемых даже к весьма успешному. Хотя, абсолютное большинство конкретных горнодобывающих и перерабатывающих предприятий имеют серьезные сложности. Причем на всех месторождениях имеются сложности сразу по нескольким направлениям: по объемам и характеру размещения в недрах запасов; содержанию полезных компонентов и вредных примесей; обеспечения плановых объемов и качества товарной продукции и т.д. Масштабы и темпы развития минерально-сырьевого комплекса уже сегодня, наряду с ростом добываемых объемов, обуславливают наращивание серьезных проблем. И не только проблем производственных, но и экологических.

Большинство проблем, связанных с разработкой и переработкой полезных ископаемых удается решать благодаря комплексу предпосылок, связанных с технической и технологической возможностями предусматривать варианты разработки на стадиях проектных исследований; применять совершенствующиеся методы подготовки и переработки минерального сырья; варьировать схемами разработки в процессе добычи. Использование результатов научных исследований по развитию горных работ на месторождении, теория и практика управления качеством, рудоподготовкой и, что немаловажно, искусность горных инженеров как на стадии проектирования, так при непосредственной разработке месторождений, служат фундаментом для разрешения проблем, связанных с конкретными условиями. Более

того, благодаря этому, практически нет оснований считать, что и в ближайшей перспективе горную отрасль постигнет кризис. А технический и технологический прогресс отодвигают возможность истощения минеральных ресурсов на просчитываемо далекий период, несмотря на то, что темпы научно-технического прогресса в последнее десятилетие снижаются относительно темпов роста добычи минерального сырья из недр и, практически по всем видам полезных ископаемых, наблюдается стремительное наращивание роли малых месторождений.

И если перспектива освоения минеральных ресурсов с технической и технологической сторон выглядит более и менее благоприятно, то экологическая сторона не выдерживает никакой критики. Виной всех экологических проблем является сам принцип экстенсивного подхода к освоению минеральных ресурсов недр. Суть применяемых технологических принципов заключается в том, что выемку горной массы осуществляют послойно, достигая предельно возможной глубины. А вынимаемые объемы укладывают в поверхностную среду обитания. Причем, укладывают в монослой, «вытягивая» горную массу по поверхности. В результате только отвалы, склады и отходы переработки в несколько раз превосходят площадь горных выработок. Из всей извлеченной из недр горной массы используют в лучшем случае несколько процентов. И благом для природной среды, если выкладываемый материал инертен. В этом случае территория горного отвода и на весь период эксплуатации месторождения представляет собой просто полностью деградированную зону. Если же материал активен, то деградация природной среды распространяется далеко за пределы горного отвода, а время период восстановления экосистемы может мно-

гократно превысить срок разработки месторождения.

Как бы ни было велико стремление снизить экологические нарушения, кардинальные решения при таком подходе невозможны. В лучшем случае может быть применен принцип экологической эквивалентности и то только для части территории, т.е. для антропогенно измененных экосистем геохимические круговороты должны быть эквивалентны циклам биогенных элементов естественных экосистем и выполнять те же средообразующие функции. В таком случае для горнодобывающих предприятий главенствующую роль будет играть фактор времени, т.е. важен временной интервал, на который рассматриваемая территория подвергается техногенезу и территория остается в состоянии деградации. К примеру, если участок поверхности недр будет единовременно перемещен, то разрушенный биогенез с большой вероятностью будет восстановлен в короткие сроки (возможные для соответствующей климатической зоны объекта) с потерей лишь нескольких циклов. Восстановленная экосистема на перемещенном участке будет эквивалентна исходной. Традиционные же технологические решения предполагают вывод участка поверхности из экосистемы в пределах горного отвала, причем, вместе с ореолом влияния, на весь срок эксплуатации. Решать экологические проблемы в масштабах современных горных предприятий без технологических изменений – это затратный и бесперспективный, даже тупиковый путь. Максимально, что может быть достигнуто в ходе решения экологических проблем – это выработка перечня конкретных ограничений на производство, за нарушение которых будут установлены нормативные платежи и в итоге, поскольку нарушения неизбежны, снижение эффективности производства.

Кардинальным решением экологических проблем при освоении минерально-сырьевых ресурсов является смена парадигмы. Принципиальные позиции нового подхода уже прозвучали. Суть их состоит в проведении геотехнологической подготовки массива, основу которого составляют природные геологические процессы. На самом деле описанная новая парадигма означает гораздо шире, чем было охарактеризовано до сих пор. По сути, новый подход исключает само понятие месторождения. Тот участок недр, из которого предполагается осуществлять извлечение полезных компонентов может быть не представлен как природное скопление минерального вещества, по количеству, качеству и условиям залегания пригодного для промышленного использования в том понимании, в каком представляет собой месторождение. Конечно, если в недрах отсутствует полезный компонент и, к тому же, нет предпосылки его образования, то извлечение, по меньшей мере, будет несостоятельным. В иных случаях принципиальная возможность не исключена. Эффективность зависит лишь от ресурсов недр и технологического решения. На первом, переходном, этапе перевода горнодобывающей отрасли на новые принципы освоения геотехнологическая подготовка должна играть роль только дополнительного процесса в структуре традиционной технологии. Именно посредством управляемого задействования и использования природных механизмов, проистекающих в недрах, формируют новое рудное тело, в наиболее возможной степени пригодное для используемых в настоящее время традиционных технологий. Отказаться от традиционных технологических подходов, основанных на изъятии минеральных ресурсов в том виде, в каком их создала

природа, сразу, без сомнения, невозможно. Постепенное переориентирование горнодобывающей отрасли на использование имеющихся ресурсов недр позволит включать в состав технологии и такие, как гидрогеологический, химический, геоморфологический, термодинамический и др. Часть этих процессов к настоящему времени изучено достаточно детально и применяется в различных операциях переработки, а часть еще предстоит исследовать. Горные технологии, включающие предварительное или параллельное с разработкой преобразование участков недр имеет своей целью не только снизить затраты (за счет использования ресурсов недр), но и снизить техногенную нагрузку на природную среду. С экологических позиций технологии горных работ, исключая, к примеру, выемку и складирование вскрышных пород или применяющими единовременное их перемещение будут иметь существенные преимущества для экосистемы по сравнению с используемыми технологическими решениями. Кроме того, для таких решений будет значительно выше и сама технологическая эффективность. Или, если в недрах будет проведено обогащение посредством, к примеру, ресурсом природных геологических процессов и извлечен из недр только концентрат, то на поверхности не только не будет нарушена экосистема, но и не потребуются создание соответствующего производства. Надо заметить, что имеется немало фактов, когда природные геологические процессы выдают «товарную руду» высокого качества, правда не в таких технологических объемах, каких нуждается производство.

Следует отметить, что геологические процессы, в том числе и те, которые приводят к формированию месторождений, протекают и в настоящее время с различной интенсивно-

стью. Для этапов переходного периода целесообразно использовать только такие природные геологические процессы преобразования минерального вещества в недрах, интенсивность которых соизмерима или близка к традиционно применяемым решениям. К таким естественным рудообразующим ресурсам могут быть отнесены гидрогеологический, химический, геоморфологический процессы.

Очевидно, что большинство геологических процессов, даже при их техногенном инициировании, являются сегодня трудно управляемыми. В то же время, существуют процессы, для которых можно с достаточной надежностью прогнозировать направление их протекания. Как правило, это процессы, управление которыми контролируется одним или двумя параметрами. К примеру, гидравлическим градиентом или перепадом высот в гидрогеологии при техногенном запуске направленного преобразования недр с использованием потенциала недр в форме гидравлического градиента склона депрессионной воронки. Технологическое решение, в основе которого лежит такой ресурс недр, представляет собой следующее. По условиям традиционной технологии разработки месторождений полезных ископаемых разрабатываемый участок недр осушают. Для этого используют водоотлив. Осушение участка недр создает вокруг месторождения, депрессионную воронку, ниже поверхности которой, гидрогеологическая среда остается не нарушенной. Наличие депрессионной воронки может являться одним из условий для запуска и протекания направленного геологического процесса, в частности, процесса выщелачивания металла из рудных участков в бортах. Для протекания направленного процесса извлечения металла из бортов карьера необходимо, чтобы поток поверх-

ностной зоны депрессионной воронки обладал химическим потенциалом для перевода полезного компонента в раствор, его выноса в зону вскрытой поверхности и последующее инфильтрационное осаждение полезного компонента на геохимическом барьере. Для этого технологического варианта может быть предусмотрено интенсифицирование геологических процессов растворения и переноса вещества. Для этого в зоне локализации запасов руд производят взрывное дробление с целью увеличения коэффициента фильтрации массива. Повышение коэффициента фильтрации приводит к перераспределению подземного водного потока с направлением его через взорванный участок. В область скопления забалансовых запасов подают реагенты, инициирующие реакции окисления рудных минералов и перевода полезного компонента в жидкую фазу. Направленный поток подземных вод с раствором полезного компонента попадает во вскрытое пространство горной выработки, где раствор проходит через природный или техногенно созданный геохимический барьер и происходит осаждение и накопление полезного компонента. Эквивалентная добыча металла из недр в таких же объемах путем замены традиционных решений на использование природных геологических процессов, исключаящих разрушение и перемещение самого массива недр и его поверхности, без сомнения, является более эффективной по экологической значимости, даже если по затратам будет сопоставима с традиционной разработкой.

Применение нового подхода в рамках только использования ресурсов недр позволит предложить новые технологические решения для традиционных вариантов освоения минерального сырья. Примером тому может служить вариант разработки ко-

ренных месторождений золота, малые запасы и низкое содержание металла в которых, не обеспечивают уровень рентабельности. Для таких месторождений из ряда известных технологических решений приемлемым вариантом остается только кучное выщелачивание. Вариант разработки, аналогичный кучному выщелачиванию может быть сформирован с использованием гидрогеологического ресурса недр по следующей схеме. Массив недр с локализованным в нем оруденением, подвергают взрывному рыхлению для повышения проницаемости. Участок недр осушают. Затем проводят заполнение его водой с добавленными в нее реагентами. В области нижней поровой зоны, укладывают капиллярный слой с гидроизоляцией от дневной поверхности. После заполнения водой начнет работать гигроскопический слой, «откачивая» свободную жидкую фазу с поверхности уровня подземных вод. После начала процесса объем подачи переводят в режим, соразмерный с объемом удаления через гигроскопический слой.

Для процессов, которые могут быть организованы на поверхности, инициирование и сам процесс, по всей видимости, будут наиболее управляемыми. Примером тому может служить вариант формирования аллювиального месторождения, создаваемого, например, с использованием потенциала перепада высот. Для золотоносного участка массива коры выветривания или техногенных отвалов вариант альтернативной технологии с использованием природных механизмов переноса и формирования зон концентрации может выглядеть следующим образом. Выше массива (по уровню), который предполагается переотложить, накапливают запас воды, одновременно оформляют русловый подвод потока воды к массиву, и на начальном участке массива соз-

дают пионерный котлован с той целью, чтобы через фронтальную часть поток захватил весь массив участка. Запас воды за минимально короткий период выпускают по руслоотводу к участку. Используя потенциальную, энергию водный поток разрушает материал массива, взвешивает твердые частицы и уже в виде селевого потока перемещает, например, к подготовленному отстойнику. При разрушении и перемещении происходит дезинтеграция массива с освобождением частиц, а уже в водной среде в отстойнике происходит расслоение частиц по плотности и крупности. При осаждении частиц гравитационного золота с плотностью, значительно превышающей плотность вмещающих пород, может быть сформировано месторождение с содержанием золота, как в россыпных месторождениях, а если еще в этот период осуществлять управляемое осаждение, то продуктивность техногенно сформированного месторождения может быть выше в 2–4 раза.

Экологически такая технологическая схема освоения недр выглядит на первый взгляд негативно. В ходе подготовки, а именно при перемещении материала массива по аналогии с селевым потоком, ассоциируется с экологическими катастрофическими ситуациями. Но ведь именно катастрофическими для природной среды представляются практически все горные выработки. Вся территория горного отвода и на весь период эксплуатации месторождения представляет собой полностью деградированную зону. В таком случае существенную роль играет период времени, на который рассматриваемая территория подвергается техногенезу. А поскольку под принципом экологической эквивалентности понимают то, что в антропогенно измененных экосистемах геохимические круговороты должны

быть эквивалентны циклам биогенных элементов естественных экосистем и выполнять те же средообразующие функции, период, на который территория остается в состоянии деградации, имеет решающее значение. К примеру, если участок недр зоны окисления будет одновременно перемещен, то разрушенный биогенез может быть восстановлен в короткие сроки, возможные в соответствующей климатической зоне объекта, после чего природная среда будет эквивалентна исходной. Традиционные же технологические решения предполагают вывод участка поверхности в пределах горного отвода, причем вместе с ореолом влияния, на весь срок эксплуатации.

Приведенный пример направленного геологического процесса по

формированию аллювиального месторождения показывает, что даже такие масштабные преобразования, на первый взгляд экологически опасные, результативно могут быть менее губительными для природной среды, если, хотя бы частично, использовать природный ресурсный потенциал.

Таким образом, если исходить из принципа экологической эквивалентности и в технологических решениях основываться на организации и использовании направленных геологических процессов для преобразования недр к состоянию, максимально приближенному для эффективного извлечения минеральных ресурсов, то могут быть разрешены экологические проблемы и сняты ограничения на пределы роста в области добычи минерального сырья.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Михайлов Александр Геннадьевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией, e-mail: mag@ksc.krasn.ru, Институт химии и химической технологии СО РАН.

UDC 622.2:502/504

ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL PROSPECTS FOR MINING SMALL PRIMARY DEPOSITS

Mikhailov A.G., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Laboratory, e-mail: mag@ksc.krasn.ru, Institute of Chemistry and Chemical Technology of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia.

The article considers the current question on finding new technologies for efficient mining of deposits with insufficient reserves for profitable application of traditional mining methods. There are plenty of such deposits, and they may make the main mineral and raw material supply base in the long term. Under such conditions, it is suggested to apply a fundamentally new approach based on introduction of additional stage in the process of geotechnical preparation. The geotechnical preparation principles were published earlier. Large-scale exploitation of small deposits poses a threat to the natural environment, which emphasizes the ecological safety issues. The author reviews ecological aspects of new technologies. In particular, the principle of ecological equivalence for short depletion periods of fields. The technological ways of reducing environmental pressure and enhancing efficiency of mining small deposits are described.

Key words: small primary deposits, mineral resources, ecological problems, geotechnical preparation of deposits, directional geological process.

