

## **Геомеханический подход к выбору технологии освоения месторождений, горно-технологический аудит**

Горняки уже давно осознали, что нельзя только брать, бесконечно извлекать из недр Земли полезные ископаемые, оставляя взамен огромные котлованы, брошенные подземные полости и провалы земной поверхности, терриконы и отвалы пустых пород, ядовитые пруды хвостохранилищ. Природа в районах добычи полезных ископаемых может и отомстить, так в Горной Шории нередко горные удары, на угольных шахтах – выбросы газа, на земной поверхности – испоганенные территории с жуткой экологией... Академик М.И.Агошков считал, что кроме основных георесурсов - запасов полезных ископаемых в недрах, создаваемые человеком **техногенные полости** также являются ценным георесурсом. В 1997 г. под руководством академика К.Н.Трубецкого большим коллективом учёных-горняков в Академии горных наук издан трактат – взгляд на будущее [1], в котором изложены новая идеология **щадящей добычи** полезных ископаемых и новая методология горных наук.

Уже есть технологии, позволяющие бережно брать из недр полезные ископаемые щадящими методами, учитывающими последствия крупномасштабного и интенсивного изменения состояния горного массива, и недопускающими бесконтрольное оставление подземных пустот. Например, методы физико-химической геотехнологии или подземная добыча с закладкой выработанного пространства. Понятно, что вредные производства и их отходы необходимо переносить с земной поверхности в недра Земли, предварительно оценив **геомеханические и экологические последствия** такого переноса. При этом обязательна организация **мониторинга** изменений в окружающей горной среде и разработка **Плана изоляции и локализации** возможных негативных воздействий (по аналогии с Планом ликвидации аварий).

Наиболее остро эти вопросы стоят при добыче цветных, редких и радиоактивных металлов в **сложных горно-геологических** условиях, обусловленных самим генезисом магматогенно-метасоматических месторождений. Месторождения генетически связаны с разломами, усиленной трещиноватостью и с избыточными тектоническими нагрузками, добыча разнородной руды ведётся как в зонах нагружения, так и в зонах разгрузки, а на больших глубинах добавляется ещё и угроза горных ударов. При освоении таких месторождений руд, особенно гидротермального происхождения, часто горняки на рудниках сталкиваются с непредвиденными технологическими трудностями и с непредсказуемостью геомеханических процессов.

До настоящего времени нормативными актами проектирование подземной разработки месторождений практически не предусматривает дальнейшее использование преобразованных недр, исключение составляют лишь месторождения природных каменных строительных материалов, гипса, известняка, каменной и калийной соли [2]. А ведь недра, после извлечения из них полезных

ископаемых, - нарушены пустотами, которые (по мнению акад. М.И.Агошкова и К.Н.Трубецкого) **можно и нужно использовать** в качестве подземных сооружений.

В объёмной монографии [3] автором подробно рассмотрены не только сами принципы определения геомеханических параметров систем разработки, но и, на основе собственного опыта работы на урановых месторождениях и выполненных исследований, предложены методы оценки последствий извлечения руды. Предложены нестандартные решения по использованию подземного пространства, приведены методики расчётов смещений горных пород, напряжённо-деформированного состояния нарушенного массива, долговременной несущей способности подземных полостей и искусственных массивов, служащих опорными строительными конструкциями в неустойчивых блоках. Т.е., с одной стороны, обосновываются новые подходы к геомеханическому выбору систем подземной разработки руд на сложноструктурных месторождениях, а с другой стороны, рассматриваются технологические решения по обеспечению долговременной устойчивости выработанного пространства для использования его в качестве надёжных хранилищ и могильников радиоактивных и прочих отходов. Таким образом, излагается система знаний, в которой приводятся причинно-следственные связи состояния горного массива, нарушенного горными работами и испытывающего тектоническое и техногенное воздействия, - с экологическими последствиями разработки месторождений, с учётом безопасного надёжного и долговременного использования подземного пространства в новом качестве. Технологичность предлагаемых решений подтверждается эффективностью их внедрения на рудниках.

С увеличением глубины подземных горных работ и усложнением горно-геологических условий повышается риск ошибки в выборе параметров очистных выработок или самой технологии добычи, поскольку организация и проектирование добычи традиционно производится на основе геологоразведочных данных, содержащих информацию о морфологии, трещиноватости, запасах, качестве полезного ископаемого и лишь ограниченные сведения о геомеханическом состоянии горного массива. А уже в ходе ведения горных работ в блоке геомеханические исследования обычно вовсе не проводятся и прогноз последствий добычи не осуществляется, ведётся лишь редкая эксплуатационная разведка, что нередко приводит к серьёзным ошибкам: обрушениям, горным ударам, потерям и разубоживанию руды, травматизму горняков. Исследования, как правило, проводятся лишь после случившейся аварии. Следовательно, на сложноструктурных месторождениях необходима **геомеханическая служба**, сопровождающая добычу руды и работающая на опережение аварий, возможно, как подразделение ВГСЧ. Положение о такой службе было уже разработано, с участием автора, для урановых месторождений Минатома.

Новый подход геомеханического выбора технологий разработки состоит в том, что с целью обеспечения долговременной устойчивости, предложено при проектировании исследовать не только физико-механические свойства пород и трещиноватость массива, но и реологию, влияние будущих проходческих, добычных и закладочных работ. Предложены методологические принципы, но-

вый системный подход к прогнозу, математическому моделированию и выбору параметров добычи не только на стадии проектирования и составления планов ведения горных работ и движения пустот, но и при систематическом геомеханическом сопровождении подготовительных, нарезных, добычных и закладочных работ. Такой подход позволяет прогнозировать и предвидеть вероятные осложнения (до горного удара включительно), оценивать последствия добычи при различных вариантах технологии.

В сложных ситуациях, когда от блока к блоку меняются горно-геологические условия среды, - приходится варьировать системами разработки и их параметрами, вынужденно снижая производительность и повышая себестоимость добычи. Современные средства прогноза позволяют **заранее разбить месторождение** (готовые к выемке запасы) на отдельные участки, зоны с одинаковой степенью устойчивости. Затем в неустойчивых зонах можно сооружать недорогие **защитные конструкции** и тем повысить устойчивость массива, а потом обрабатывать все зоны - уже **единой унифицированной системой разработки** под защитным куполом, т.е. той же технологией, той же технологией, что и другие участки месторождения (тогда не потребуются многообразие горного оборудования и переучивание горнорабочих). Отдельные элементы опорных конструкций легко рассчитываются и не сложны в их возведении из подготовительных и нарезных выработок (в шахтостроении уже известны методы сооружения защитных конструкций – «стена в грунте», «опёртый свод», «опорное ядро», «фазовая проходка»). Таким образом, особенностью подхода является не только собственно геомеханический прогноз и обоснование выбора систем разработки, но и обоснование необходимости создания защитных конструкций, изменяющих состояние геологической среды. Т.е. мы не только подстраиваемся под конкретные горно-геологические условия добычи, но и **активно их преобразуем** в нужную для себя сторону, используя разнопрочную твердеющую закладку различного вида, в том числе, с включением в её состав перемолотых отходов.

В монографии выявлены «слабые места» технологии освоения самых сложных в отработке и многочисленных (составляющих по запасам 70÷80%) сложноструктурных месторождений цветных, благородных, редких, радиоактивных и рассеянных металлов. Технологии рассмотрены на примере усовершенствования наиболее широко применяемых систем разработки (по классификации М.И.Агошкова) – с открытым очистным пространством, с твердеющей закладкой и с обрушением руды и пород, которыми на рудниках обрабатываются не менее 65% запасов цветных, редких и радиоактивных металлов, по прогнозу ИПКОН РАН [4]. Эффективные технологии и методики, опробованные в таких сложных условиях, можно успешно применять и в более благоприятной геологической среде.

Успешно применяя какие-либо горно-технологические решения на одном месторождении важно уметь использовать эти решения и на другом месторождении или его участке, особенно на сложноструктурных месторождениях. Для **оценки правомерности переноса** известных горно-технологических решений в новую геологическую среду можно применить принципы подобия, известные

в моделировании. Автором предлагается систематизация сложноструктурных образований и признаков сложноструктурных рудных месторождений, участков и блоков, позволяющая **качественно** оценить степень сложности эксплуатационного блока. Для **количественной** же характеристики эксплуатационных блоков предлагается подсчитывать показатель сложности геолого-морфологического строения и горно-технологических условий добычи руды в эксплуатационном блоке [5 и 6]. Этот показатель сложности учитывает структурный тип месторождения, характер контактов рудных и безрудных участков, характер распределения металла в руде, проявления напряжённо-деформированного состояния горного массива и, следовательно, - характер горно-технологических условий добычи руды в эксплуатационном блоке.

**Итак, новый подход заключается в следующем:**

- 1) районировать месторождение на участки по критерию «показатель сложности геолого-морфологического строения и горно-технологических условий добычи руды»;
- 2) для неблагоприятных для добычи участков месторождения оценить эффективность возведения пространственных защитных конструкций;
- 3) выбрать технологии добычи руды с последующим использованием выработанного пространства, с учётом сооружения защитных конструкций на сложных участках;
- 4) горные проходческие и очистные работы сопровождать геомеханическими исследованиями и оперативным моделированием предстоящей горно-геологической ситуации;
- 5) вносить заблаговременные коррективы в технологии ведения горных работ.

Такого рода анализ состояния горных работ может быть назван **горно-технологическим аудитом**, и может являться составной частью операционного аудита по терминологии проф. М.Е.Певзнера [7]. В основу горно-технологического аудита добычных работ рудника положены: выбор оптимальных основообразующих технических решений, анализ недостатков существующего технологического процесса, выработка предложений по комплексному совершенствованию работ, использованию преобразованных недр, что обуславливает наиболее эффективные методы управления добычными работами, выбор наилучшей системы разработки, позволяет оценить последствия извлечения руды, оценить георесурсы предприятия с точки зрения вторичного использования недр.

## **Литература**

1. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли. Под ред. К.Н.Трубецкого. - М.: Изд. Академии горных наук, 1997. - 478 с.
2. «Основные принципы целевой подготовки подземных горных выработок, перспективных для использования в народном хозяйстве», утверждены

Госгортехнадзором СССР 29.12.1984. и Госстроем СССР 06.02.1985. Сборник руководящих материалов по охране недр при разработке месторождений полезных ископаемых (Госгортехнадзор СССР). – М.: Недра, 1987.

3. Порцевский А.К. Выбор рациональной технологии добычи руд. Геомеханическая оценка состояния недр. Использование подземного пространства. Геоэкология.- М.: изд. МГГУ, 2003. - 767 с.

4. Комплексное освоение рудных месторождений: проектирование и технология подземной разработки. Под ред. Д.Р.Каплунова. - М.: изд. ИПКОН РАН, 1998. - 383 с.

5. Порцевский А.К. Оценка подобия массивов и принцип переноса известных горно-технологических решений в новую геологическую среду. – Горный информационно-аналитический бюллетень, изд. МГГУ, № 4, 2005. – с. 215-217.

6. Порцевский А.К. Систематизация признаков сложноструктурных месторождений. – Горный журнал, №1, 2006. – с. 30-33.

7. Певзнер М.Е. Горный аудит. – М.: изд. МГГУ, 1999. – 216 с.