

ня, а у важкодоступних і небезпечних місцях орієнтуватися на застосування мобільніших, малогабаритних машин підземного виконання, а в необхідних випадках — з дистанційним управлінням.

Фізико-хімічні технології ефективні для доопрацювання бідних руд, при- контактних зон, запасів, розташованих в складних гірничотехнічних умовах, де застосування фізико-технічних технологій нерентабельне.

Комбінація фізико-хімічних і фізико-технічних процесів сприяє підвищенню якості переділу товарного продукту гірничо-збагачувального виробництва.

УДК 622.27.326

ИСАЕНКОВ А.А.¹

КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ, КАК ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ НЕДР

Рассмотрены тенденции развития комбинированного способа разработки месторождений полезных ископаемых

В настоящее время общепризнанно, что социально-экономическое развитие страны, ее геополитическое положение и роль в мировом сообществе в обозримой перспективе определяются эффективным потреблением георесурсов и их важнейшей составляющей — полезных ископаемых, промышленное использование которых обеспечивает значительную часть валютных поступлений в бюджет.

Представление о георесурсах расширяется в связи с увеличением степени комплексности освоения недр. Современная концепция горных наук рассматривает их уже не только как источник минерального сырья, воды, газов, тепла, но и в принципиально новом плане — как природный, целостный, многофункциональный ресурс жизнеобеспечения общества, находящийся в процессе постоянного преобразования.

Рациональное освоение недр должно сейчас и в будущем предполагать технологическое управление их состоянием и функциональным назначением в тот или иной момент времени с целью сохранения и воссоздания георесурсов в интересах дальнейшего устойчивого общественного развития.

Решение этой двуединой задачи — использование недр и их сохранение как видимого ресурса жизнеобеспечения общества — составляет современное

¹ КИИ ДонНТУ

идейное содержание комплексного освоения недр и. одновременно, идеологию торных наук.

В этом отношении горное предприятие представляется структурой, предназначенной не только для добычи полезных ископаемых, но и, в более широком смысле, для преобразования недр с обязательными экологическими, воссоздающими и социально-экономическими функциями, т.е. как горнотехническая система, обладающая совокупными свойствами природных и техногенных объектов, используемая в целях извлечения георесурсов.

В настоящих условиях, когда маловероятно появление новых революционных горных технологий, основным направлением повышения эффективности освоения недр является создание таких технологических схем освоения месторождений, которые основываются на принципах эффективного сочетания технологических процессов различных способов разработки с оптимизацией области экономически выгодного использования каждого способа и обеспечением условий их взаимного благоприятного использования.

Исходя из основных положений современной концепции освоения и сохранения недр следует оценить роль и перспективы развития комбинированной технологии разработки рудных месторождений.

С точки зрения современных представлений, под комбинированной технологией (комбинированной разработкой) в общем смысле следует понимать технологию освоения месторождения, сочетающую элементы физико-технической (открытой и подземной) и физико-химической технологий, увязанных во времени и в пространстве, путем создания единой схемы вскрытия и подготовки запасов на весь период освоения месторождения. Наибольший эффект применения такой технологии может быть обеспечен в случае реализации технологических решений при поэтапной разработке рудных запасов различными способами в едином технологическом проекте, в котором определены области эффективного применения каждой технологической схемы и созданы условия благоприятного перехода от одной технологии к другой.

Одно из условий эффективного освоения месторождений комбинированным способом — рациональное использование выработанных пространств для технологических нужд и в интересах улучшения экологической обстановки.

В части комбинированных физико-технических технологий горные науки о комбинированной геотехнологии — это совокупность знаний о совмещении в пространстве и во времени открытого и подземного способов разработки месторождений, о закономерностях поведения системы «карьер—подземные выработки» в массиве пород, а также о технических, экономических, экологических и организационных взаимодействиях технологических процессов при таком способе добычи полезных ископаемых.

Развитие данного раздела горных наук связано с тем, что производство открытых горных работ на больших глубинах сопровождается резким увеличением объемов и существенным усложнением схем вскрытия, ухудшением геомеханической обстановки и усложнением проветривания карьеров. Это требует глубокого научного, технологического и экономического обоснования

границ между открытыми и подземными работами, поиска их рационального совмещения и порядка ведения, обеспечивающих наиболее эффективную разработку месторождения в целом.

Таким образом, предметом изучения комбинированной геотехнологии, как направления горных наук, являются системы и технологические схемы комбинированной разработки месторождения полезных ископаемых, геомеханическая ситуация при совмещении открытого и подземного способов, а в ряде случаев и физико-химических методов освоения месторождений, экологические последствия горных работ и меры по охране недр и окружающей среды.

Добыча твердых полезных ископаемых, особенно рудных, чаще всего ведется в пределах одного месторождения и открытым, и подземным способом, так что комбинирование их в той или иной форме осуществлялось с давних времен. Основы систематизации мирового производственного опыта и становление научного направления по комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых связаны с именами таких ученых как Б.П. Боголюбов, Б.П. Юматов, П.Э. Зурков, В.В. Куликов, Д.М. Казикаев, В.А. Щелканов и др.

Перспективным направлением, в наибольшей мере реализующим преимущества технологического комбинирования, стала комплексная разработка месторождений открыто-подземным способом с созданием трех ярусов (открытого, открыто-подземного и подземного), предложенная проф В.И. Терентьевым и развиваемая далее им и научными школами академиков М.И. Агошкова и К.Н. Трубецкого в ИПКОН РАН.

Комплексный открыто-подземный способ предусматривает разработку месторождения по глубине тремя ярусами: первый ярус отработывают открытым способом до проектной глубины от крытых работ; второй (открыто-подземный ярус) одним высоким уступом, без разноса бортов карьера, с использованием карьерной и подземной буровой техники и выдачей руды через подземные выработки; третий — подземным способом этажно-камерными системами или системами с обрушением. Образующееся при этом единое выработанное пространство карьера, открыто-подземного яруса и подземных горных работ используется для размещения вскрышных пород, которые, создавая пригрузку бортов выработанного пространства, повышают их устойчивость.

При трехъярусном открыто-подземном способе, наряду с ростом технико-экономических показателей добычи полезных ископаемых и повышением полноты их извлечения из недр, достигается значительный экологический эффект за счет существенного сокращения масштабов изъятия земель под внешние отвалы.

Повышение полноты и качества освоения запасов ценных руд при трехъярусной схеме разработки с различной последовательностью сочетания открытых и подъемных работ обеспечивается применением систем разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими сыпучими и композиционными составами. Использование для приготовления закладочных смесей

пород вскрыши позволяет сократить объемы отвалов и существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Доработка рудных запасов, оставленных за контуром открытых и подземных работ, физико-химическими методами помимо повышения полноты и комплексности освоения месторождений обеспечивает также повышение степени переработки рудного сырья, вплоть до получения металлического продукта на уровне горнодобывающего предприятия, и позволяет существенно повысить экономические показатели разработки за счет активного использования существующих выработок карьера и подземного рудника, вовлечения в отработку некондиционных, забалансовых и бедных отвальных руд.

Характерной особенностью комбинированной разработки является наличие карьерного и подземного очистных пространств, находящихся в непосредственной близости. Совмещение открытых и подземных работ выдвигает на первый план геомеханические аспекты выбора технологических схем и параметров разработки. Это обуславливает необходимость совместных оценок состояния горного массива вблизи подземных выработок добычных и концентрационных горизонтов и подработанных бортов карьера. Наличие карьерной выемки существенно осложняет геомеханическую обстановку в зоне подземных работ, изменяя напряженно-деформированное состояние элементов систем подземной разработки, создавая зоны концентрации и разгрузки напряжений. С другой стороны, наличие обширных подземных выработанных пространств ведет к разупрочнению и разрушению пород налегающего массива, снижению устойчивости подрабатываемых бортов карьера, опорных и разделительных целиков. Прогнозирование поведения подрабатываемых массивов пород, оценка устойчивости обнажений, определение рациональных технологических параметров разработки в этом случае может базироваться только на глубоком изучении геомеханических процессов, протекающих в зоне взаимного влияния подземных и открытых работ.

Предпосылкой успешного решения проблем комбинированной геотехнологии, обеспечения эффективности и безопасности горных работ является знание закономерностей распределения напряжений, деформаций, смещений, формирующихся в массиве в процессе эксплуатации месторождений комбинированным способом в сложной геомеханической системе «карьер—подземный рудник». По сути, геомеханика — это основа комбинированных технологий. Геомеханические процессы следует рассматривать в связи с особенностями и последовательностью протекания технологических процессов открытых, подземных и физико-химических методов добычи и различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Исследования в этих направлениях являются методической базой обоснования параметров комбинированных технологий, таких как рациональные схемы вскрытия и подготовки, оптимальные объемы вскрышных работ, надежные методы управления состоянием подрабатываемых массивов.

По результатам исследования роли основных факторов, влияющих на эффективность и безопасность комбинированных технологий, описан ряд новых

технологических вариантов разработки рудных месторождений; предложены классификация схем вскрытия и отработки запасов и методика геомеханической и экономической оценки параметров горных работ; обоснованы технологические решения, базирующиеся на установленных закономерностях взаимосвязи параметров открытых и подземных работ в единой технологической схеме освоения месторождения, определяющей содержание и последовательность процессов горных работ, их геомеханическую обусловленность, экологическую безопасность и экономическую эффективность.

С помощью методов технико-экономического анализа и экономико-математического моделирования, а также путем проектных проработок доказано, что применение комбинированных технологий при освоении рудных месторождений различной морфологии, по сравнению с традиционной последовательной открытой и подземной отработкой месторождений, позволяет снизить общие объемы вскрыши в контуре карьера, уменьшить ареал нарушения окружающей природной среды, повысить интенсивность, полноту и качество выемки рудных залежей, обеспечить в целом более высокие технико-экономические показатели и эффективное использование всех видов ресурсов.

УДК 622.83

НОСАЧ А.К., РЯЗАНЦЕВ Н.А., КОДУНОВ Б.А., ВАЩЕНКО В.И.,
РЯЗАНЦЕВА Н.А., ЮСЫП А.Я¹

ВЫБОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА

Розглянуто методи дослідження напружено-деформованого стану гірничого масиву, та вплив на їх вибір сучасних уявлень про гірничий масив.

Основными численными методами при определении напряжений и деформаций на контуре выработки являются методы конечных разностей и конечных элементов [1-5].

Наиболее простым приближенным методом является метод конечных разностей или, иначе, метод сеток. Общий принцип метода состоит в том, что дифференциальные уравнения, связывающие компоненты тензора напряжений и деформаций, заменяют некоторыми уравнениями в конечных разностях, которые получают путем замены в нем производных и других дифференциальных операций их приближенными выражениями через разностные отношения или значения функций в отдельных точках по заранее выбранной сетке. В ре-

¹ КИИ ДонНТУ