

УДК 622.271

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ



**И. И. АЙНБИНДЕР,**  
зав. отделом,  
д-р техн. наук



**Ю. П. ГАЛЧЕНКО,**  
ведущий научный сотрудник,  
проф., д-р техн. наук



**О. В. ОВЧАРЕНКО,**  
старший научный сотрудник,  
канд. техн. наук,  
geoexpert@yandex.ru



**П. Г. ПАЦКЕВИЧ,**  
старший научный сотрудник,  
канд. техн. наук

*Институт проблем комплексного освоения недр  
им. академика Н. В. Мельникова РАН, Москва, Россия*

## Введение

Развитие минерально-сырьевой базы горной промышленности связано с переходом подземных работ на глубокие и сверхглубокие горизонты, где влияние природных факторов на выбор методов освоения месторождений является определяющим [1]. Интенсивность проявления горного давления, газо- и гидродинамические явления в сочетании с требованием соблюдения промышленной и экологической безопасности обуславливают развитие геотехнологий в условиях техногенно измененных массивов.

Формирование техногенно измененных недр, изменение состояния окружающего массива горных пород не только определяют количественные, качественные и экономические показатели освоения недр, но и порождают ряд геоэкологических последствий.

Все это требует обоснования геотехнологий разработки месторождений в сложных условиях больших глубин на основе установления взаимосвязей между геотехнологическими, геомеханическими и геоэкологическими процессами при добыче полезных ископаемых.

*Изложены результаты исследований по обоснованию основных направлений развития геотехнологии подземной разработки рудных месторождений в связи с увеличением глубины горных работ. Рассмотрены вопросы модернизации геотехнологического цикла в части комплексного подхода к освоению месторождений, включающего в себя изменение функциональной структуры геотехнологии, внедрение высокопроизводительного оборудования, а также решение смежных проблем добычи и переработки рудного сырья с учетом ограничений экологического характера.*

**Ключевые слова:** геотехнология, ресурсосбережение, модернизация, автоматизация, большая глубина, система разработки, функциональная структура геотехнологии, экологические ограничения.

**DOI:** 10.17580/gzh.2017.11.12

В настоящее время развитие геотехнологий подземной разработки рудных месторождений при переходе горных работ на большие глубины осуществляется в основном в направлении совершенствования существующих систем разработки, модернизации отдельных производственных процессов горного производства, методов контроля за обеспечением безопасности работ, автоматизации отдельных процессов добычи руды и оперативного управления производством. Примером может служить программа DeepMining, разработанная рядом крупнейших мировых горнодобывающих компаний и научно-исследовательских организаций [2].

По глубине ведения подземных горных работ рудники могут быть классифицированы как глубокие (600–1400 м), весьма глубокие (1400–2000 м) и сверхглубокие (более 2000 м). Переход на большие глубины первоначально характеризуется возникновением первых проявлений динамических форм горного давления, приуроченных к наиболее напряженным конструктивным элементам систем разработки (целики, днища блоков, сближенные выработки). Сверхглубокие рудники характеризуются значениями исходного поля напряжений, сопоставимыми с прочностью пород на одноосное сжатие, что предопределяет требования к строго упорядоченному порядку развития горных работ, соблюдению принципов отработки удароопасных месторождений и применению способов приведения массива в безопасное состояние. При ведении горных работ на глубинах более 2000 м, помимо проблем, связанных с влиянием горного давления, все большее значение приобретают вопросы регулирования параметров рудничной атмосферы, ведения взрывных работ в условиях высоких

\* Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 14-37-00050.

температур горных пород, логистики минерально-сырьевых потоков, материалов и людей, систем вентиляции, водоотлива и т. д.

Определяющими факторами при выборе геотехнологий, их параметров являются геомеханические процессы, происходящие при выемке полезного ископаемого, и вызванные ими опасные явления: динамические формы проявления горного давления, горные удары, деформации и сдвигения горного массива и поверхности [3].

Основополагающие методологические разработки ведущих школ геомеханики позволили в настоящее время представить механизм формирования напряженно-деформированного состояния массивов горных пород в зависимости от глубины разработки месторождений, условий залегания, тектонической нарушенности пород, их трещиноватости и физико-механических свойств.

Здесь особую роль играют исходное напряженное состояние массива и его перераспределение в процессе ведения горных работ с использованием различных геотехнологий, от которого в значительной мере зависят выбор и обоснование технологии разработки, порядка и последовательности выемки запасов, отнесения месторождений к категории удароопасных и т. д.

Научные изыскания, проведенные в 1970–2000 гг., показали, что при наличии в нетронутом горном массиве больших гравитационных или тектонических (горизонтальных) напряжений выбор порядка и последовательности выемки запасов должен основываться на дифференцированной оценке их роли на различных этапах выемки. Высокие тектонические напряжения оказывают наибольшее влияние на первой стадии выемки, в период подготовки и разрезки шахтного поля [4]. Они, как правило, действуют перпендикулярно крупным тектоническим нарушениям, а направление очистных и подготовительных выработок должно в основном соответствовать направлению наибольшей горизонтальной составляющей исходного поля напряжений.

При развитии горных работ и увеличении ширины выработанного пространства уменьшается роль тектонических сил в формировании поля напряжений в зоне очистных выработок, а безопасные параметры выемки определяются величиной и характером перераспределения гравитационной составляющей исходного поля напряжений.

В соответствии с этим устойчивость подготовительных и нарезных выработок и характер динамического проявления горного давления в них существенно зависят от расположения этих выработок относительно основных компонент тензора исходного поля напряжений, а устойчивость конструктивных элементов систем разработки (кровли и бортов очистных забоев, камер и целиков различного назначения) связана прежде всего с характером перераспределения гравитационного поля, что определяется весом налегающей толщи пород, геометрией и пространственным расположением конструктивных элементов, применяемыми методами крепления и упрочнения массива.

В связи с этим большое внимание в работе отдела «Освоение месторождений твердых полезных ископаемых на больших глубинах» ИПКОН РАН, который в предыдущие годы возглавляли выдающиеся ученые-горняки чл.-корр. РАН Д. М. Бронников и

докт. техн. наук, проф. Н. Ф. Замесов, уделяется выявлению зон предельно повышенных напряжений и закономерностей их развития в конструктивных элементах систем разработки жильных месторождений, мощных пологопадающих залежей с закладкой выработанного пространства, крутопадающих рудных тел с обрушением руды и вмещающих пород. На этой основе выбираются параметры выемки, порядок и последовательность отработки запасов, меры искусственного воздействия на массив для обеспечения соответствия геомеханических процессов техногенному воздействию на массив, исключаящих его опасные разрушения.

В этом состоит основополагающий технологический принцип конструирования геотехнологий, который в сочетании с принципами активного воздействия на массив за счет применения мер искусственного регулирования уровня нагрузок в несущих элементах систем разработки, а также обеспечения соответствия величины и интенсивности деформаций и смещений руд и пород, устойчивости конструкций и безопасности ведения горных работ позволяет выбирать наиболее эффективные геотехнологии в особо сложных горно-геологических условиях больших глубин.

При уменьшении среднего содержания полезных компонентов в добываемой руде в совокупности с ухудшением условий ведения горных работ особую значимость приобретает вопрос поддержания экономической эффективности горнодобывающих предприятий, которая достигается за счет совершенствования геотехнологических процессов, в первую очередь на основе реализации ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий, создания условий для широкого внедрения автоматизированных и роботизированных комплексов оборудования, совершенствования параметров систем на основе углубления знаний о закономерностях геомеханических и физических процессов.

### Основные результаты исследований

Ниже авторами рассмотрены возможные пути реализации предлагаемых принципов при обосновании подземной геотехнологии в различных геологических условиях.

Северные залежи Октябрьского медно-никелевого месторождения (ГМК «Норильский никель»), запасы которых будут отрабатываться глубокими горизонтами рудника «Скалистый», являются основной базой для восполнения выбывающих мощностей по добыче богатых руд. Их отработку ведут на глубинах 1,5–2 км, что сопровождается ростом температуры массива до 45 °С и более, увеличением горного давления, сопоставимого по величине с прочностью пород на одноосное сжатие.

Ведение горных работ на таких глубинах обуславливает необходимость применения безопасных методов отработки с минимальным риском возникновения природных и техногенных аварий и катастроф, отвечающих требованиям рационального недропользования, комплексного освоения ресурсов, охраны окружающей среды.

Особенностью глубоких рудников является то, что затраты, непосредственно связанные с добычей полезного ископаемого, составляют всего 25–35 % общей себестоимости рудной массы, однако именно применяемая система разработки формирует

структуру рудника и определяет эффективность прочих основных и вспомогательных процессов [5].

Слоевые системы разработки с закладкой, используемые на рудниках Норильского района для отработки богатых руд, обеспечивают максимальное извлечение полезного компонента из недр и высокую безопасность отработки удароопасных пластов. При подготовке Северных рудных залежей ведение работ предполагается с разрезкой и ускоренным развитием горных работ по длинной оси рудных тел с движением очистных фронтов в сторону флангов. В условиях невыдержанной мощности рудных тел и снижения ее от центра к флангам происходит постепенное уменьшение производительности фланга панели со 180 до 100 тыс. т в год. Очистные работы в каждой рудной залежи ведутся независимо друг от друга, что в момент достижения максимального уровня добычи в пределах шахтного поля приводит к децентрации горных работ. Это вызывает рост эксплуатационных расходов за счет увеличения удельных затрат на транспортирование, вентиляцию, дополнительных затрат на охлаждение воздуха.

Одним из основных способов повышения производительности на флангах панели является применение принципа «многозабойности», однако на маломощных и небольших в плане залежах его реализация ограничивается невозможностью развития нескольких забоев по вертикали, а также более инертным использованием подготовительно-нарезных выработок. Поэтому только совместная выемка богатых и вкрапленных руд с увеличением мощности продуктивного пласта до 50–80 м позволит осуществлять добычу с применением высокопроизводительных систем разработки.

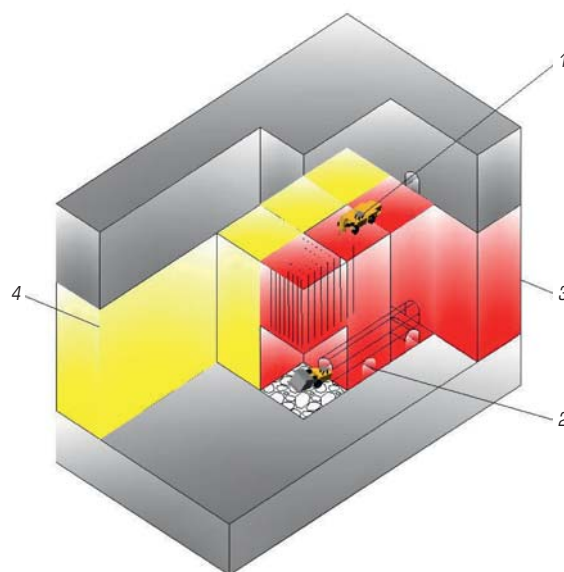
Для оценки целесообразности совместной отработки разносортных руд выполнен сравнительный анализ возможных вариантов систем на основе планов выемки запасов с использованием показателей производительности горного оборудования.

В качестве основного критерия оценки была принята интенсивность отработки запасов. Это один из наиболее емких показателей, позволяющий учесть совокупность факторов, таких как производительность труда, производственная мощность выемочной единицы и рудника в целом, проследить гибкость применяемых технологических схем, оценить их устойчивость к возможным нарушениям технологической цепочки и изменению природных условий.

Переход на совместную отработку разносортных руд Северных залежей по высокопроизводительным камерным системам разработки за счет значительного увеличения мощности вовлекаемой в отработку залежи позволяет более чем в 3 раза повысить интенсивность очистных работ.

При цикличности подавляющего числа применяемых сегодня технологий добычи руды задачу радикального увеличения производительности горного оборудования (как и горнорабочих) можно решить только совмещением во времени основных технологических процессов. Необходимо процессы бурения, отбойки, отгрузки и закладки развести в пространстве, что позволит обеспечить их непрерывность на протяжении рабочей смены.

Разнесение основных технологических процессов добычи руды по разным горизонтам создает благоприятные условия для применения оборудования большой единичной мощности и по-



**Рис. 1. Принципиальная схема разделения горизонтов по функциям:**

1 – буровой горизонт; 2 – горизонт доставки и транспортирования руды; 3 – руда; 4 – закладочный массив

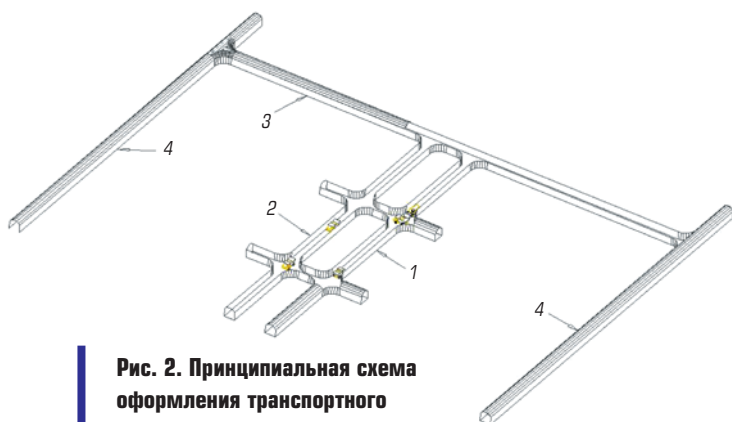
зволяет использовать высокоэффективные системы бурения, зарядания скважин, отбойки руды и ее транспортирования с применением большегрузного автотранспорта или высокопроизводительных конвейеров нового типа. Это создает хорошую основу для масштабной автоматизации горного производства в целом.

При проектировании отработки мощных залежей разносортных руд на больших глубинах необходимо изначально учитывать перспективы применения полностью автоматизированного бурового и особенно транспортного оборудования [6, 7]. Основным требованием в этом случае является отсутствие людей в зоне перемещения автоматизированного оборудования. Для этих целей создаются обособленные добычные участки, зачастую имеющие автономное вскрытие, как, например, на руднике «Кируна» [8].

Для отработки пологих залежей авторами разработана иная схема, в полной мере учитывающая возможность перехода на полностью автоматизированное погрузочно-доставочное и транспортное оборудование. Сущность ее состоит в следующем.

Для реализации независимости основных технологических процессов и обеспечения возможности исключения доступа людей в зону работы автоматизированного технологического оборудования вскрытие предусматривается осуществлять двумя горизонтами, специализированными по функциям (**рис. 1**).

Нижний горизонт, сооружаемый по почве рудной залежи, служит для доставки и транспортирования руды (**рис. 2**). Транспортный горизонт состоит из спаренных штреков 1 и 2, сооружаемых в центральной части шахтного поля и предназначенных для движения самосвалов; из фланговых штреков 4, предназначенных для подачи воздуха, перемещения людей и вспомогательного оборудования. Через каждые 60–80 м центральные и фланговые штреки сбиваются соединительными панельными штреками 3. Для организации автономных добычных участков



**Рис. 2. Принципиальная схема оформления транспортного горизонта**

соединительные штреки через 45–60 м впоследствии сбиваются участковыми рудодоставочными штреками.

Руда из забоя при помощи ПДМ доставляется на временные пункты перегрузки, сооружаемые на пересечении соединительного штрека с центральными транспортными штреками и с участковыми рудодоставочными штреками, где руда перегружается непосредственно в автосамосвал. Затем груженный самосвал по центральному грузовому штреку транспортирует руду к одному из капитальных восстающих. После разгрузки автосамосвал возвращается по порожняковому центральному штреку. Таким образом реализована кольцевая однонаправленная транспортная схема, увеличивающая пропускную способность выработки до 60 % и позволяющая разделять и выдавать рудную массу по сортам. Для этого из каждого груженого самосвала (либо из каждого ковша ПДМ) берут пробу для экспресс-анализа, которую обрабатывают во время движения самосвала к рудоспускам. В зависимости от сорта руды самосвал разгружается в определенный рудоспуск.

Верхний горизонт служит для выполнения технологических процессов бурения, заряжания, взрывания и осуществления закладочных работ. Конструкция его аналогична транспортному горизонту, за исключением того, что вместо спаренных центральных штреков проводится только один центральный вентиляционно-закладочный штрек.

Расчеты показали, что при такой схеме организации технологических процессов можно достичь производительности рудника более 4 млн т руды в год при общей протяженности фронта очистных работ 700–800 м. Иными словами, интенсивность горных работ будет составлять более 5000 т/м в год. Для сравнения: интенсивность горных работ при отработке сплошных сульфидных руд по слоевым системам разработки не превышает 300 т/м в год.

Рудную залежь, состоящую из совместно залегающих рудных тел, сложенных разными сортами руды, обрабатывают сразу на полную мощность по камерной системе разработки. Таким образом отпадает необходимость оставления выработок в отработанной зоне, что позволяет снизить затраты на их вентиляцию и поддержание.

Применение камерных систем разработки с малыми размерами в плане (так называемой системы «вертикальные блоки»)

позволяет снизить требования к нормативной прочности закладочной смеси, полностью отказаться от высокомарочных закладочных материалов и перейти на закладку «пастовыми» смесями, приготовленными на основе хвостов обогащения и портландцемента либо совсем без цемента, что позволяет снизить стоимость закладочных работ на 30–50 %.

Разработанная технология обеспечивает комплексный положительный эффект по всем основным технологическим процессам, что позволяет распространить традиционно считающуюся дорогой систему разработки с закладкой на отработку сравнительно бедных руд.

### Перспективы развития геотехнологии

В результате антропогенного вторжения в литосферу огромные ее участки кардинально меняют свое качественное состояние, образуя новый литосферный объект – техногенно измененные недра, который может быть представлен как некий объем, окруженный нетронутой литосферой, внутри которого находится зона техногенного разрушения и зона спровоцированного этим разрушением изменения геомеханического состояния пород [9].

Рассмотрение различных геотехнологий, применяемых для добычи минерального сырья, позволяет выделить одну общую для всех случаев особенность развития во времени геотехнологических и геомеханических процессов – добыча полезного ископаемого в зоне техногенного разрушения литосферы и защита этой зоны от последствий геомеханического возмущения прилегающих участков литосферы совмещены по времени. В связи с этим очистная выемка всегда сопровождается необходимостью проведения дополнительных процессов, обеспечивающих поддержание динамического равновесия всей системы, возможности управления которыми ограничены.

Применительно к подземной разработке месторождений, которая по сути своей есть не что иное, как формирование в литосфере антропогенных неоднородностей с уменьшенной средней плотностью и с возрастающими во времени размерами, все приведенные выше рассуждения означают, что при формировании достаточно крупной неоднородности (отрабатываемого участка) условия воспроизводства устойчивых динамических структур в литосфере будут определяться релаксационными процессами на внешнем контуре неоднородности [9, 10]. Поэтому опережающее формирование этого контура открывает реальную возможность разделения во времени процессов добычи полезного ископаемого в зоне техногенного разрушения литосферы и защиты этой зоны от последствий геомеханического возмущения прилегающих участков литосферы.

На основе вышеизложенного в ИПКОН РАН разработан новый методологический подход к формированию природно-технических систем, который заключается в выделении зоны техногенного разрушения литосферы из общего поля геофизических изменений состояния массива за счет разделения во времени процессов добычи полезного ископаемого и процессов преодоления последствий геомеханического возмущения прилегающих участков литосферы.

При этом месторождение (или его часть) сначала разделяют на обрабатываемые участки путем отработки приконтурных запасов этих участков и возведения оконтуривающих искусственных массивов – верхнего и боковых. Форма обрабатываемого участка в горизонтальном сечении может быть произвольной, в зависимости от реальной морфологии обрабатываемого рудного тела.

В результате в обрабатываемом участке литосферы возникает пространственная искусственная «каркасная» конструкция, прочностные и деформационные свойства которой рассчитывают исходя из условий компенсации будущих проявлений горного давления при отработке основных запасов полезного ископаемого.

При рудах и породах средней, выше средней устойчивости и устойчивых целесообразно ориентироваться на системы разработки с отбойкой руды из подэтажных штреков или восстающих с последующей закладкой твердеющими смесями. Если руды и породы недостаточно устойчивы, то возведение оконтуривающих и разделительных массивов осуществляют путем выемки руды горизонтальными слоями (восходящими или нисходящими) с твердеющей закладкой.

Повышение безопасности работ и производительности труда и оборудования достигаются благодаря целенаправленной компоновке во времени и пространстве традиционных геотехнологий [11]. Экономические показатели применения технологии в конкретных горно-геологических условиях формируются за счет функционального обоснованного сочетания дорогих и малозатратных геотехнологий, соотношение между которыми определяется геомеханическими ограничениями.

Основные идеи и принципы предлагаемой концепции направлены на повышение экономической эффективности, промышленной и экологической безопасности подземной разработки месторождений за счет исключения в процессе отработки большей (основной) части запасов непроизводительных работ по преодолению последствий развития геофизических возмущений в зоне перехода свойств техногенно измененных недр. Это достигается путем опережающего создания системы искусственных горнотехнических конструкций, формирующих заданные свойства участка литосферы, вовлекаемого в отработку.

Дальнейшим развитием изложенного подхода является его адаптация к условиям разработки конкретных месторождений полезных ископаемых. К числу месторождений, где применение «каркасных» технологий может быть целесообразным уже в ближайшее время, можно отнести Яковлевское месторождение железных руд КМА [12], кимберлитовые месторождения Мир, Интернациональное в Якутии [13], месторождения хромитовых руд Восточного Казахстана.

Длительное игнорирование требований сохранения естественной биоты Земли и фактическая реализация антропоцентрической концепции в геоэкологии привели к тому, что реально применяемые технологические схемы на горных предприятиях обеспечивают экономическую эффективность разработки с соблюдением требований техники безопасности, а природоохранные мероприятия реализуются как система последствий по ликвидации последствий применения тех или иных геотехнологий.

### Экологические аспекты проблемы

В условиях глобального перехода к идеям и концепции устойчивого развития главной отличительной чертой взаимодействия природных и техногенных систем становится экологический фактор. Поэтому в требования к применяемым технологиям постепенно вводятся такие ограничения по условиям безопасности биоты экосистем природно-территориальных комплексов, в границах которых ведется разработка месторождения, когда масштаб и глубина поражения биоты не нарушают ее способности к самовосстановлению после снятия техногенной нагрузки в связи с исчерпанием запасов месторождения.

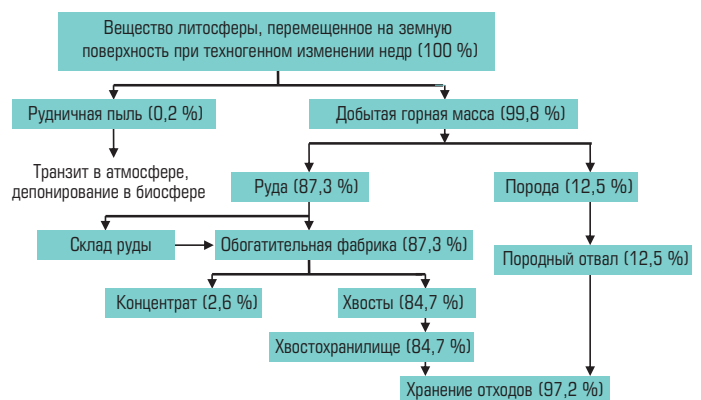
Твердое вещество, извлекаемое из литосферы в процессе подземной разработки полезных ископаемых, делится на три параллельных потока [14]:

- полезное ископаемое, поступающее на первичную переработку;
- сопутствующие пустые породы, складываемые на земной поверхности;
- тонкодисперсная пыль, выдаваемая вентиляционной струей в атмосферу.

Общий усредненный баланс твердого вещества литосферы на примере типового золотодобывающего горно-обогатительного предприятия показан на **рис. 3**, из которого видно, что при разработке месторождений более 97 % всего извлеченного из литосферы вещества при существующих технологиях добычи первичной переработки необходимо депонировать в природных экосистемах.

Хранилища этого вида твердых отходов обычно располагают в пределах земельного отвода добывающего предприятия.

По степени воздействия на природную среду отвалы и хвостохранилища относятся к категории катастрофического ее нарушения, когда на площади, занятой ими, происходит полное уничтожение биоты. Достижение экологической безопасности горно-производства по этому фактору потребует кардинальных горнотехнических решений, исключающих накопление твердых отходов на земной поверхности за счет организации добычных работ с



**Рис. 3. Усредненный баланс твердого вещества горно-обогатительного производства на жильных месторождениях золота**

замкнутым циклом обращения твердого вещества литосферы. Одним из наиболее реальных путей решения этой экологической проблемы при подземной разработке является перевод выработанного пространства из категории потенциального ресурса в категорию ресурса реального путем изменения порядка разработки месторождения и перехода от последовательной выемки горизонтов сверху вниз к отработке их снизу вверх. Для большинства геологических типов рудных месторождений (за исключением тонкожилных) в пустотах, образованных при отработке запасов одного горизонта, можно разместить весь объем пустых пород и большую часть хвостов обогащения руды, добытой при отработке предыдущего горизонта, тем самым решая проблему охраны окружающей среды от этого вида экологической опасности горно-производства [15, 16].

В настоящее время происходят интенсивное развитие и модернизация геотехнологического цикла предприятий, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых на больших глубинах, в направлении комплексного подхода к освоению ресурсов. Последний включает в себя внедрение высокопроизводительного, в том числе и автономного оборудования, взаимосвязанное решение вопросов добычи, переработки и размещения отходов производства горнорудных предприятий с учетом их воздействия на окружающую среду.

### Заключение

В целом основные направления подземной разработки руд на больших глубинах могут быть реализованы только в рамках единого технологического комплекса, предусматривающего:

- применение технологии разработки, обеспечивающей строго упорядоченную выемку различных типов руд во времени и про-

странстве с созданием систем рудоподготовки и транспорта, позволяющих поддерживать требуемую сортность и качество продукции; это достигается за счет определения порядка и последовательности ведения горных работ, параметров систем разработки, организации систем геомеханического, газо- и гидродинамического мониторинга состояния массива горных пород и горных выработок, специальных мероприятий по управлению горным давлением;

- модернизацию геотехнологии в сложных условиях перехода на большие глубины благодаря использованию апробированных и созданию новых вариантов систем разработки, обеспечивающих эффективность добычи, энерго- и ресурсосбережение; это обеспечивается путем создания и широкого применения интегрированных систем получения информации, мониторинга технологических процессов и оборудования, автоматизации и роботизации производственных процессов, компьютеризированного управления модульными системами, контроля состояния горного массива и выработок, рудничной атмосферы;

- внедрение технологий закладочных работ, использующих отходы горного производства для создания закладочных массивов с заданными физико-механическими свойствами и формирования на их основе новых георесурсов в виде техногенного месторождения, что обеспечивает комплексность освоения недр, минимизирует негативное техногенное воздействие на биосферу, сохраняет в максимально доступной форме полезные компоненты, извлечение которых по современным технологиям невозможно или неэффективно.

### Библиографический список

См. англ. блок. [ГЖ](#)

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 11, pp. 65–71  
DOI: 10.17580/gzh.2017.11.12

#### Basic trends of advance in geotechnologies for deep-level ore mining

##### Information about authors

I. I. Aynbinder<sup>1</sup>, Head of Department, Doctor of Engineering Sciences

Yu. P. Galchenko<sup>1</sup>, Leading Researcher, Doctor of Engineering Sciences

O. V. Ovcharenko<sup>1</sup>, Leading Researcher, Candidate of Engineering Sciences, geoexpert@yandex.ru

P. G. Patskevich<sup>1</sup>, Leading Researcher, Candidate of Engineering Sciences

<sup>1</sup> Institute of Integrated Mineral Development – IPKON, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

##### Abstract

The scope of the article embraces the key trends of advance in geotechnologies for extraction of deep and super deep ore bodies based on the interconnection of geotechnical, geomechanical and geoecological processes that run during mineral mining.

The authors illustrate the significance of detecting zones of critical stresses and finding their mechanisms in structural elements of mining systems designed for different types of deposits, based on which the mine parameters, mining direction and sequence as well as mining impact on rock mass are determined in compliance with the root geotechnology design principle, namely, provision of the conformity between the geomechanical processes and mining-induced impact on rock mass to eliminate rock mass failure.

The new-developed methodological approach to the formation of nature-and-mine systems consists in the isolation of a mining-induced destruction zone in the lithology from the overall field of the geophysical change in the rock mass condition by means of separating in time the mineral mining operations and the process of overcoming the aftereffects of the geomechanical disturbance of the adjacent lithosphere areas. This research work was carried out with the support of the grant of the Russian Scientific Funds No. 14-37-00050.

**Keywords:** geotechnology, resource saving, upgrading, automation, backfill, great depth, mining system, functional structure of geotechnology, environmental constraints.

##### References

1. Brown E. T. Progress and challenges in some areas of deep mining. Deep Mining 2012. *Proceedings of Sixth International Seminar on Deep and High Stress Mining. 28–30 March 2012, Perth, Western Australia.* pp. 1–26
2. Andrieux P., Blake W., Hedley D. G. F., Nordlund E., Phipps D. et al. : 1985, 1990, 2001 & 2013. Sudbury, ON : CAMIRO Mining Division for the Deep Mining Research Consortium, 2013.
3. Bronnikov D. M., Zamesov N. F., Bogdanov G. I. Deep ore mining. Moscow : Nedra. 1982. 292 p.
4. Sidorov D. V., Shabarov A. N. Influence of tectonic disturbances on regularities of stress distribution in bearing pressure zone. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten.* 2003. No. 3. pp. 237–239.
5. Dik Yu. A., Kotenkov A. V., Tankov M. S. Practice of experimental-industrial testings of ore deposits mining technologies. Ekaterinburg : Izdatelstvo Uralskogo universiteta, 2014. 480 p.
6. Rexroth B. Weekend upgrade with Pyhasalmi mine hoist up and running in minimum time. Case study. 2012. p. 2. Available at: [library.e.abb.com/public/a351c49cc6136054c1257aa2002d7113](http://library.e.abb.com/public/a351c49cc6136054c1257aa2002d7113) (accessed: 04.02.2015).
7. Neumann K. et al. Evaluation of sensors for positioning application in the mining industry. *4th International Symposium Mineral resources and mine development.* Aachen, 2013. Aachen : VGE-Verl., 2013. Vol. 12 pp. 273–282.
8. Neumann D.-I.K. et al. Collision Avoidance System for the Underground Mining Industry. *IFAC-papersOnline.* 2015. Vol. 48, Iss.17. pp. 60–65.
9. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Zamesov N. F., Kulikov V. I., Rodionov V. N. Structure of technogenic-changed soils. *Vestnik RAN.* 2002. Vol. 72, No. 11. pp. 969–975.
10. Rodionov V. N., Sizov I. A., Tsvetkov V. M. Basis of geomechanics. Moscow : Nedra, 1986. 286 p.
11. Aynbinder I. I., Galchenko Yu. P., Sabyanin G. V., Rodionov Yu. I., Patskevich P. G. About a new concept of development of underground geotechnology. *Gornyy Zhurnal.* 2007. No. 1. pp. 7–10.