

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТИПИЗАЦИЯ ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

М. В. Рыльникова,
проф., д-р техн. наук
ИПКОН РАН

С. А. Корнеев,
канд. техн. наук
Магнитогорский
государственный
технический университет

Практика освоения рудных месторождений свидетельствует о больших затруднениях в ряде горнодобывающих предприятий, которые возникают в период перехода с открытых на подземные работы в основном из-за раздельного составления проектов на разработку открытым и подземным способами. Недостаточно обоснованные границы эффективного применения взаимовлияющих систем открытой и подземной разработки приводят к резкому сокращению объемов товарной руды в переходный период, увеличению себестоимости подземных работ, снижению показателей эффективности производства и конкурентоспособности горнодобывающих предприятий на мировом рынке. Для обеспечения комплексности и эффективности освоения месторождений комбинированным способом необходимо в начальный период проектирования выбрать оптимальный вариант горнотехнической системы с заданными параметрами поэтапной добычи, обеспечивающими наиболее рациональную отработку запасов всего месторождения.

Методология проектирования освоения недр на современном уровне развития горных наук включает разработку научно обоснованных методов и методик определения основных закономерностей и параметров взаимодействия горнотехнических систем, направленных на техногенное изменение недр Земли. Прежде всего проектная идея освоения того или иного участка недр должна исходить из обоснования геотехнологической стратегии освоения отдельного участка недр с учетом всех геологических данных, региональных особенностей и технико-экономических перспектив освоения месторождения.

Варианты комбинированной геотехнологии характеризуются многообразием технологических схем с различными комбинациями оборудования и технологий открытых и подземных работ с применением карьерных и подземных транспортных коммуникаций, а также различных способов управления горным давлением – закладкой выработанного пространства, обрушением руды и вмещающих пород, оставлением опорных

целиков. Расширение области эффективного применения комбинированной геотехнологии основано на снижении капитальных и эксплуатационных затрат на разработку месторождений и повышении полноты и качества извлечения их запасов и базируется на создании и внедрении основных типовых горнотехнических систем, обоснование параметров и выбор которых должны осуществляться на ранней стадии проектирования и тем самым предопределять основную стратегию освоения месторождения в целом. Реализация требований комплексного и эффективного освоения месторождений возможна на основе системного подхода к проектированию, при котором каждая из проектных задач рассматривается как элемент единой технологической схемы освоения месторождения. Для решения поставленных задач горнотехнические системы при комбинированном способе разработки рассматривались как совокупность конструктивных элементов и процессов открытых, открыто-подземных и подземных технологий при их различном сочетании во вре-

мени и в пространстве, т. е. как совокупность трех относительно самостоятельных взаимозависимых и взаимовлияющих друг на друга систем более низкого порядка – карьер, переходная зона и подземный рудник – с формированием на каждом этапе разработки самостоятельных рудопотоков, совокупность которых должна обеспечить качество поступающей на обогатительный передел рудной массы, а также эффективность и полноту освоения недр.

На основе анализа практики освоения рудных месторождений была выполнена систематизация всех горнотехнических систем комбинированной геотехнологии (см. таблицу). В качестве классификационных признаков приняты способы образования, использования и состояния технологического пространства горнотехнических систем. По этим признакам горнотехнические системы разделены на 12 типов. Способ образования технологического пространства приведен во второй графе. Все горнотехнические системы разделены на трехъярусные (предполагающие трехстадийную отработку место-

Систематизация горнотехнических систем при комбинированной геотехнологии по способам образования, использования и состояния технологического пространства

Тип горнотехнической системы	Характеристика горнотехнической системы освоения месторождения комбинированной геотехнологией	Характеристика геотехнологических модулей на этапах разработки:		
		карьер		
		переходная зона		
		подземный рудник		
1	Трехъярусная с обрушением и площадным выпуском	Внутреннее отвалообразование		
		Открытое пространство с последующим заполнением вскрышными породами		
		Обрушение руды и вмещающих пород		
2	Двухъярусная с обрушением и торцевым выпуском	Внутреннее отвалообразование		
		–		
		Обрушение руды и вмещающих пород		
3	Двухъярусная с самообрушением и площадным выпуском	Внутреннее отвалообразование		
		–		
		Самообрушение		
4	Трехъярусная с открытым очистным пространством и обработкой переходной зоны с закладкой под рудным целиком, обрабатываемым открытым способом	Внешнее отвалообразование		
		Камерно-столбовая с закладкой		
		Камерно-столбовая с открытым очистным пространством		
5	Трехъярусная с открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	Внешнее отвалообразование		
		Камерно-столбовая со взрывной доставкой и заполнением очистного пространства вскрышными породами		
		Камерно-столбовая с открытым очистным пространством и взрывной доставкой		
6	Трехъярусная с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	Внешнее отвалообразование		
		Доставка руды силой взрыва на рудоспуск		
		Доставка руды силой взрыва на рудоспуск и торцевой выпуск		
7	Трехъярусная с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике	Внешнее отвалообразование		
		Открытое очистное пространство		
		Этажно-камерная с закладкой		
8	Трехъярусная с опережающей обработкой прибортовых запасов с закладкой	Внешнее отвалообразование		
		Горизонтальные слои с закладкой		
		Этажно-камерная с закладкой		
9	Трехъярусная с закладкой на подземном руднике и последующей обработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин	Внешнее отвалообразование		
		Единое с карьером очистное пространство		
		Этажно-камерная с закладкой		
10	Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой	Внешнее отвалообразование		
		Горизонтальные слои с закладкой		
		Горизонтальные слои с закладкой		
11	Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и камерами с закладкой на подземном руднике	Внешнее отвалообразование		
		Горизонтальные слои с закладкой		
		Этажная или подэтажная камерная с закладкой		
12	Трехъярусная с применением физико-химических технологий на поверхности и подземном руднике	Внешнее отвалообразование		
		Горизонтальные слои с закладкой		
		Этажно-камерная с закладкой		

Характеристика подсистемы		
Подготовка массива к выемке	Выпуск и доставка руды	Управление состоянием массива
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – железнодорожный транспорт	Пригрузкой вскрышными породами
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин из карьера	Площадной выпуск через воронки или траншеи; доставка скрепером, ПДМ	Естественная устойчивость откоса
Этажная, скважинами из буровых штреков	Выпуск руды донный или траншейный; доставка скрепером, ПДМ	Обрушением пород
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – железнодорожный транспорт	Пригрузкой вскрышными породами
–	–	–
Подэтажная, взрыванием скважин из буровых ортов	Торцевой, ПДМ	Обрушением пород
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин из карьера	Экскаватор – железнодорожный транспорт	Пригрузкой вскрышными породами
–	–	–
Этажная, скважинами или пограничными подэтажными штреками	Выпуск руды донный или траншейный; доставка скрепером, ПДМ	Обрушением
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Панельная, взрыванием шпуров или механизированная	Доставка скрепером или ПДМ	Закладкой
Панельная, взрыванием шпуров или механизированная	Доставка скрепером или ПДМ	Устойчивость рудных целиков
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Взрыванием наклонных скважин из карьера и бурового восстающего	Доставка силой взрыва и выпуск через траншеи, ПДМ	Естественная устойчивость массива с последующим заполнением камер вскрышными породами
Этажная, взрыванием скважин из бурового восстающего	Доставка силой взрыва и выпуск через траншеи, ПДМ	Естественная устойчивость массива с открытым в карьер очистным пространством
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин из карьера	Доставка руды силой взрыва на рудоспуск, ПДМ	Естественная устойчивость откоса
Этажная, взрыванием скважин из подземных буровых выработок	Доставка руды силой взрыва на рудоспуск и торцевым выпуском, ПДМ	Естественная устойчивость массива
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин из карьера и буровых ортов	Площадной через воронки или траншеи; доставка скрепером или ПДМ	Естественная устойчивость откоса
Этажная, взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, доставка скрепером или ПДМ	Закладкой
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Взрыванием горизонтальных шпуров	ПДМ	Закладкой
Этажная, взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, доставка скрепером или ПДМ	Закладкой
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Взрыванием вееров скважин из буровых штреков	Торцевой, ПДМ или экскаватор – автосамосвалы	Устойчивость откоса, укрепленного тросовыми анкерами
Этажная, взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, доставка скрепером или ПДМ	Закладкой
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Взрыванием шпуров или механизированная	ПДМ	Закладкой
Взрыванием шпуров или механизированная	ПДМ	Закладкой
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Взрыванием горизонтальных или вертикальных шпуров	ПДМ	Закладкой
Взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, доставка скрепером или ПДМ	Закладкой
Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
Шпуровая	ПДМ	Закладкой
Этажная отбойка скважинами из буровых ортов	Площадной выпуск, через траншеи; сбор продуктивного раствора по обсадным трубам камер II очереди	Закладка камер I очереди, засыпка окатышей в камеры II очереди

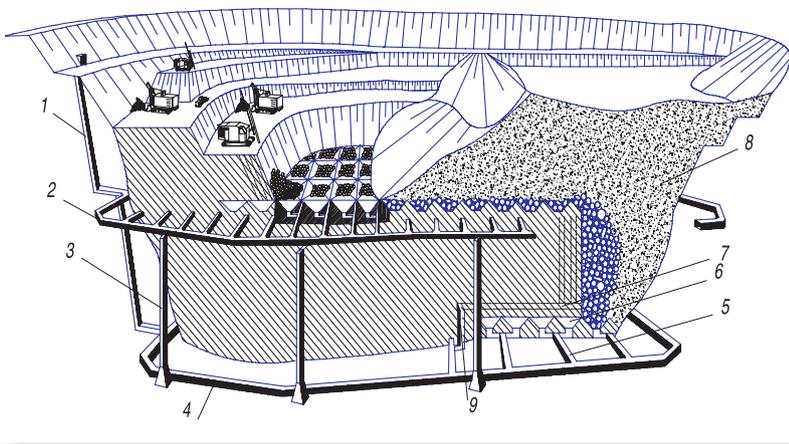


Рис. 1. Трехъярусная горнотехническая система с обрушением и площадным выпуском:

1 – вентиляционно-ходовой восстающий; 2 – кольцевой доставочный штрек ОПЯ; 3 – рудоспуск; 4 – кольцевой откаточный штрек; 5 – заезды; 6 – рудоприемные воронки; 7 – буровой штрек; 8 – внутренний отвал; 9 – восстающий

рождения: карьером, открыто-подземной зоной и подземным рудником в последовательном, последовательно-параллельном и параллельном режимах) и двухъярусные (когда карьер и подземный рудник изолируются временной рудной или искусственной потолочиной из твердеющего массива, либо внутренним отвалом пустых пород, навалом насыпных пород или временно складированной в карьерном пространстве рудной массой). Способ образования технологического пространства указан в четвертой и пятой графах таб-

лицы, где даны способы подготовки массива к выемке на всех этапах отработки месторождения, способ погрузки, выпуска и доставки руды при этапном освоении запасов различными технологиями. Способ управления состоянием массива, определяющий состояние технологического пространства, указан в последней графе таблицы. Это либо формирование естественных устойчивых обнажений в карьере и в подземных выработках, либо пригрузка вскрышными породами, анкерное крепление массива тросами, оставление вре-

менных рудных или породных целиков, обрушение пород, формирование твердеющего закладочного массива с заданными механическими характеристиками.

На основе представленной систематизации выполнено конструирование всех типовых горнотехнических систем разработки месторождений комбинированным способом. В результате оптимизации и выбора на стадии проектирования типовой горнотехнической системы, включающей в себя все этапы отработки в конкретных горно-геологических условиях с учетом распределения качества минерального сырья в массиве месторождения, способов подготовки и управления состоянием массива и качества добываемой рудной массы, а также ее выпуска и доставки обеспечивается возможность существенного повышения эффективности освоения месторождения в целом.

Разработка месторождения в неустойчивых вмещающих породах и рудах возможна с применением *трехъярусной горнотехнической системы с обрушением и площадным выпуском* (рис. 1). Типовая горнотехническая система предполагает последовательную отработку запасов месторождения в нисходящем порядке. Верхняя часть разрабатывается карьером. В зависимости от мощности и простирания месторождения применяется сплошная продольная или по-

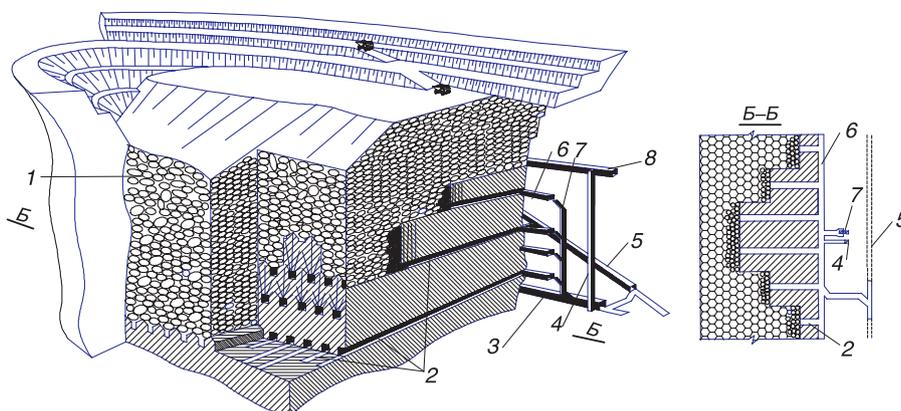


Рис. 2. Двухъярусная горнотехническая система с обрушением и торцевым выпуском:

1 – порода; 2 – буродоставочные орты; 3 – откаточный штрек; 4 – блоковый восстающий; 5 – наклонный съезд; 6 – рудные подэтажные штреки; 7 – рудоспуск; 8 – вентиляционный штрек

перечная одно- или двухбортовая система на открытых горных работах.

Отработка открыто-подземного яруса (ОПЯ) ведется по однобортовой поперечной системе разработки с применением высокопроизводительного карьерного оборудования. Для сохранения транспортных съездов карьера и вспомогательных коммуникаций, используемых при отработке ОПЯ, на нижних горизонтах карьера применяется внутреннее отвалообразование. Внутренний отвал пригружает борта карьера и способствует повышению устойчивости массива. Кроме того, внутренний отвал препятствует аэродинамической связи карьера и шахты и проникновению сточных и паводковых вод в подземные горные выработки, за счет снижения затрат на транспортирование вскрышных пород способствует росту эффективности добычи руды на данном этапе разработки.

Отбойка руды открыто-подземного яруса производится наклонными или вертикальными скважинами с выпуском руды в подземные выработки. Высота открыто-подземного яруса составляет 30–40 м, а при более устойчивых рудах может достигать 50–60 м.

На подземных горных работах применяется этажная система с обру-

шением руды и площадным выпуском. При большой протяженности месторождения подземные работы возможно вести параллельно с отработкой открыто-подземного яруса.

Данная горнотехническая система рекомендуется к применению на месторождениях с невысокой ценностью полезного ископаемого и однородным распределением его в массиве.

На месторождениях с различными технологическими сортами руд при общей их средней ценности и невысокой крепости возможно использование *двухъярусной горнотехнической системы с обрушением и торцевым выпуском* (рис. 2).

Разрабатывается месторождение последовательно в нисходящем порядке. Верхняя часть залежи отрабатывается открытым способом до проектных контуров по углубочной или сплошной двухбортовой системе разработки. При большой протяженности месторождения на открытых горных работах применяются системы разработки с внутренним отвалообразованием. При отсутствии условий для внутреннего отвалообразования породная подушка создается путем перемещения вскрышных пород с внешних отвалов. В данном случае внутренний отвал не только обеспечивает

надежную изоляцию карьера и подземного рудника, но и создает благоприятную ситуацию для отработки запасов ниже дна карьера по системе с обрушением руды и торцевым выпуском. Данный вариант горнотехнической системы с торцевым выпуском руды был применен в Бакальском рудоправлении. Как показала практика горных работ, использование систем разработки с обрушением и торцевым выпуском позволяет вести селективную добычу руд с разными качественными характеристиками.

Разработка месторождения в неустойчивых вмещающих породах при склонности руды к самообрушению возможна с применением *двухъярусной горнотехнической системы с самообрушением и площадным выпуском* (рис. 3). Горное давление в массиве пород при применении данной системы является положительным фактором и требует обязательного учета при обосновании параметров конструктивных элементов горнотехнической системы.

Разработка месторождения ведется последовательно в нисходящем порядке. Верхняя часть залежи разрабатывается открытым способом по сплошной продольной или поперечной двухбортовой системе с созданием в карьерном пространстве

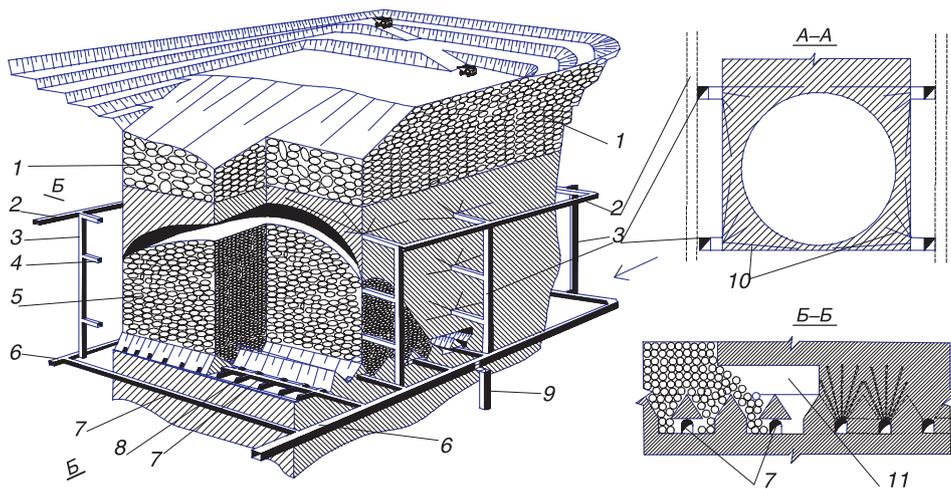


Рис. 3. Двухъярусная горнотехническая система с самообрушением и площадным выпуском:

1 – внутренний отвал; 2 – вентиляционный горизонт; 3 – смотровой восстающий; 4 – буровой орт; 5 – руда; 6 – транспортный горизонт; 7 – траншейный орт; 8 – заезд в траншею; 9 – рудоспуск; 10 – буровые скважины; 11 – выпускная траншея

внутреннего отвала, который будет обеспечивать дополнительную нагрузку на обрабатываемый рудный массив и уменьшать силу сцепления на контакте руды с вмещающими породами. В условиях крутопадающих маломощных месторождений внутренний отвал может создаваться путем перемещения вскрышных пород с внешних отвалов.

Внедрение систем с самообрушением на подземных работах позволяет вести отработку месторождений с низкой ценностью руды, при этом достигается высокая производительность и обеспечиваются относительно небольшие затраты на добычу руды.

внешним отвалообразованием. Строительство подземного рудника начинается одновременно с доработкой нижних горизонтов на открытых горных работах. С целью уменьшения капитальных и эксплуатационных затрат капитальные вскрывающие выработки проходят из карьерного пространства. Через ствол шахты 2 (см. рис. 4) осуществляется подъем полезного ископаемого, а наклонный съезд, пройденный из штольни 3, обеспечивает спуск и подъем в шахту людей, техники, а также подачу свежей струи воздуха.

Отработка шахтного поля ведется по камерно-столбовой системе под временным рудным целиком, ко-

менным рудным целиком 1 формируется искусственный целик.

После достижения искусственным целиком нормативной прочности отработка рудного целика ведется открытым способом параллельно с добычей руды в соседней панели. По мере отработки рудного целика над искусственным массивом открытыми работами в основании карьерной выемки формируется внутренний породный отвал 5.

Разработка наклонных залежей с невысокой ценностью руды в устойчивых вмещающих породах возможна с применением *трехъярусной горнотехнической системы с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва* (рис. 5). Данная технология обеспечивает высокую производительность труда, низкую себестоимость добычи руды, обладает значительными ресурсосберегающими характеристиками. В целом при системе со взрывной доставкой руды на подземных работах технико-экономические показатели отработки наклонных залежей выше по сравнению с системами других классов [1].

Типовая горнотехническая система предполагает последовательную отработку запасов месторождения в нисходящем порядке. Верхняя часть разрабатывается карьером. В зависимости от мощности и простираения рудной залежи применяется сплошная продольная одно- или двухбортовая система с внешним отвалообразованием.

По мере достижения карьером проектного контура приступают к отработке ОПЯ. Подготовительно-нарезные работы ведутся параллельно с доработкой карьера на нижних горизонтах. С целью уменьшения объема капитальных работ и сроков строительства подземного рудника для вскрытия шахтных запасов используются карьерное пространство, элементы технологии открытых горных работ, существующие коммуникации и сооружения.

Вскрытие запасов осуществляется со дна карьера наклонным съездом 9 (см. рис. 5), который обеспечивает подачу руды в карьер в началь-

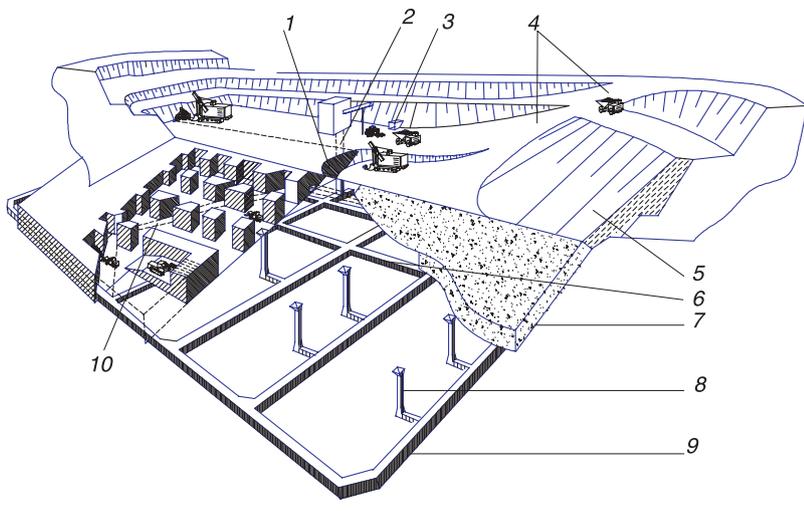


Рис. 4. Трехъярусная горнотехническая система с открытым очистным пространством и отработкой переходной зоны по камерно-столбовой системе с закладкой под рудным целиком, обрабатываемым открытым способом:

1 – рудный целик; 2 – рудоприемный ствол; 3 – штольня; 4 – съезд на нижний горизонт карьера; 5 – внутренний отвал; 6 – вентиляционный штрек; 7 – отработанная панель; 8 – roadway; 9 – транспортный горизонт; 10 – наклонный съезд

На пологопадающих месторождениях с невысокой ценностью минерального сырья перспективно применение *трехъярусной горнотехнической системы с открытым очистным пространством и отработкой переходной зоны по камерно-столбовой системе с твердеющей закладкой под рудным целиком, обрабатываемым после затвердевания искусственного массива открытым способом* (рис. 4).

Разработка месторождения ведется последовательно. Верхняя часть залежи отрабатывается открытым способом по поперечной одно- или двухбортовой системе разработки с

торый предотвращает развитие аэродинамических связей между карьером и шахтой и попадание сточных вод из карьера в подземные выработки. Подготовка месторождения панельная. Ширина панелей определяется горно-геологическими параметрами месторождения и составляет от 80 до 600 м.

По мере отработки панели, в зависимости от ценности руды, осуществляется полная или частичная отработка междукammerных целиков с заполнением выработанного пространства гидравлическим закладочным материалом. На границе с вре-

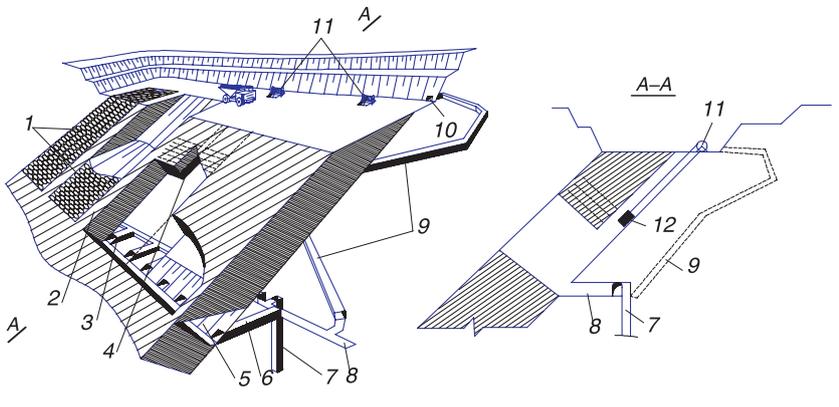


Рис. 5. Трехъярусная горнотехническая система с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва для отработки наклонных залежей:
 1 – сыпучий закладочный материал; 2 – междукамерный целик; 3 – орт-заезд; 4 – наклонный восстающий для отбойки руды; 5 – рудоприемная траншея; 6 – заезд; 7 – рудоспуск; 8 – доставочный штрек; 9 – наклонные съезды; 10 – штольня; 11 – лебедки; 12 – буровой полок

ный период строительства подземного рудника, а в дальнейшем выполняет вспомогательные функции.

По мере отработки ОПЯ карьерное пространство заполняется вскрышными породами. Внутренний отвал также выполняет функцию пригрузки бортов карьера со стороны висячего бока залежи и препятствует его обрушению.

Применение взрывной доставки на открыто-подземных и подземных работах позволяет обрабатывать сложноструктурные залежи. Благодаря достаточно низкой себестоимости добычи возможно вовлечение в отработку руд с низким содержанием полезного компонента или невысокой его ценностью [2]. Такая горнотехническая система в свое время была эффективно применена на Вишневогорском руднике.

Технология взрывной доставки используется также и в *трехъярусной горнотехнической системе с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва* (рис. 6), рекомендуемой для отработки крутопадающих залежей ограниченных размеров в плане при высокой устойчивости рудных и породных обнажений, в частности, обусловленной криогенностью массива. Примерами таких месторождений могут служить малые алмазоносные трубки Якутии.

Месторождение разрабатывается по последовательной или последова-

тельно-параллельной схеме. Верхняя часть запасов обрабатывается открытым способом по углубочной кольцевой системе разработки. При достижении карьером проектных контуров в ОПЯ формируются рудоприемная воронка 6 и рудоспуск 4. Для уменьшения капитальных затрат и сокращения сроков строительства подземного рудника используется карьерное пространство. В дне карьера проходят штольня 1 и наклонный съезд 2, который обеспечивает подъем рудной массы на поверхность, а также спуск и подъем в шахту людей и техники.

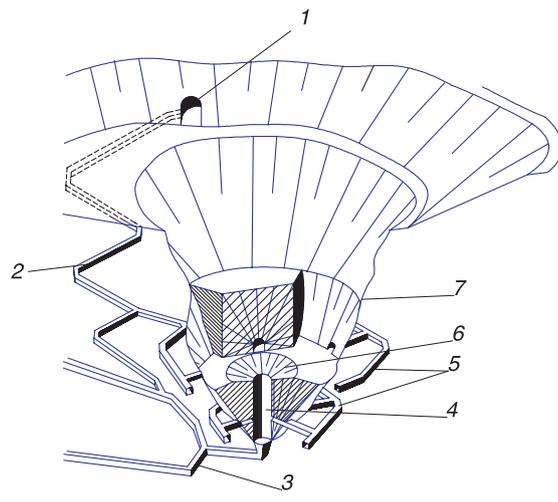


Рис. 6. Трехъярусная горнотехническая система с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва для отработки крутопадающих залежей:
 1 – штольня; 2 – наклонный съезд; 3 – откаточный горизонт; 4 – рудоспуск; 5 – кольцевые штреки; 6 – рудоприемная воронка; 7 – контур открыто-подземных работ

Отработка ОПЯ ведется со взрыванием скважинных зарядов на рудоспуск. Доставка рудной массы к рудоспуску происходит под действием собственного веса и энергии взрыва. При расположении камер по радиальной схеме и порядке отработки от центра к флангам создается более благоприятная по фактору устойчивости обнажений геомеханическая обстановка. При малом радиусе кривизны поверхности откосов в плане возникают горизонтальные тангенциальные силы бокового зажима, которые поддерживают борты в устойчивом состоянии.

Выемка запасов небольшими по высоте слоями или вертикальными камерами ограниченных размеров позволяет вести оперативный контроль и обеспечивает регулируемое состояние массива, что особенно важно в сложной геомеханической обстановке, характерной для выемки запасов ОПЯ.

На подземных работах применяют также систему со взрывной доставкой руды на рудоспуск, формируя единое открытое очистное пространство. На большой глубине возможен переход на системы разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства или на системы с обрушением и выпуском руды

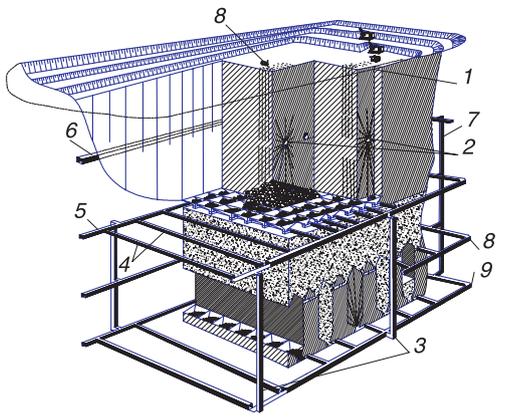


Рис. 7. Трехъярусная горнотехническая система с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике:

1 – отрезная щель; 2 – буровые орты; 3 – рудоспуски; 4 – доставочные орты; 5 – откаточный горизонт ОПЯ; 6 – подэтажный штрек; 7 – вентиляционно-ходовой восстающий; 8 – буровой станок с дистанционным управлением; 9 – откаточные горизонты подземного яруса

под гибким перекрытием. Такие горнотехнические системы рекомендуются для отработки кимберлитовых трубок малого диаметра.

При росте ценности полезного ископаемого с глубиной месторождения повышается эффективность применения *трехъярусной горнотехнической системы с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике* (рис. 7). Разрабатывается месторождение комбинированным способом при параллельной схеме развития горных работ.

На открытых работах в зависимости от мощности месторождения применяются углубочные продольные или поперечные системы с внешним отвалообразованием. Для разделения подземных и открыто-подземных работ на границе между ОПЯ и подземным рудником временно параллельно с выполнением открытых горных работ на верхних горизонтах месторождения создается искусственный массив с использованием систем с закладкой. При этом возможна отработка ОПЯ открыто-подземным способом с использованием высокопроизводительного карьерного оборудования. Отработка ОПЯ ведется вертикальными или наклонными скважинами,

блоками шириной 15–30 м и высотой 80–120 м.

Блок обуривается со дна карьера и из подземных выработок, пройденных на 50–60 м ниже отметки дна карьера. Отбойка руды ведется вкрест простирания залежи на компенсационное пространство, которое создается в опережающем порядке для уменьшения сейсмического воздействия на борт карьера. При таком направлении отбойки значительно сокращаются дальность разлета кусков и, соответственно, ширина развала отбитой руды. Кроме того, повышается качество дробления рудной массы благодаря дополнительному соударению кусков отбитой руды с нерабочим откосом ОПЯ.

Одним из важнейших вопросов перехода к подземным работам является доработка прибортовых запасов в основании карьера – так называемых рудных треугольников. При разработке месторождений ценных руд с целью снижения потерь и разубо-

живания руды целесообразна заблаговременная выемка прибортовых запасов с формированием взамен «рудных треугольников» искусственного массива заданной прочности. Такая технология реализуется при использовании *трехъярусной горнотехнической системы с опережающей отработкой прибортовых запасов с твердеющей закладкой* (рис. 8).

Месторождение разрабатывается комбинированным способом по параллельной или последовательно-параллельной схеме. Для повышения интенсивности отработки залежи и создания возможности относительно независимого развития фронтов открытых и подземных работ заблаговременно возводится искусственный разделительный целик путем отработки запасов первого подземного горизонта по камерной системе с закладкой с расположением камер вкрест простирания рудного тела. Затем вовлекаются в отработку прибортовые запасы по слоевой системе с закладкой в нисходящем порядке с формированием устойчивого контура бортов карьера. Оставшиеся в карьерном поле запасы руды при этом выполняют роль опалубки, в последующем они отрабатываются открытым способом.

Применение данной горнотехнической системы целесообразно на

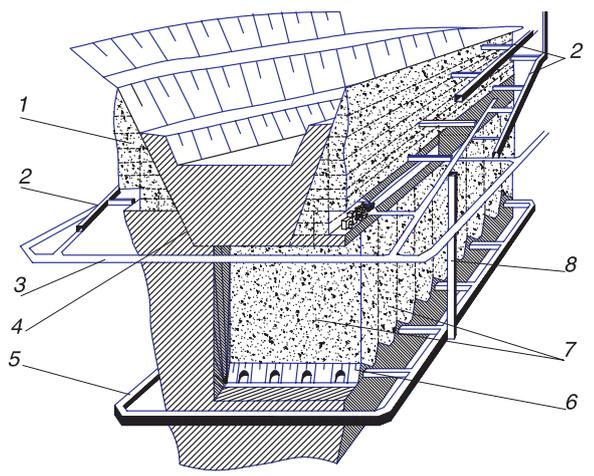


Рис. 8. Трехъярусная горнотехническая система с опережающей отработкой прибортовых запасов с твердеющей закладкой:

1 – подпорная стенка; 2 – наклонный съезд; 3 – вентиляционно-закладочный горизонт; 4 – предельный контур карьера; 5 – доставочный горизонт; 6 – рудоприемная траншея; 7 – камера; 8 – рудоспуск

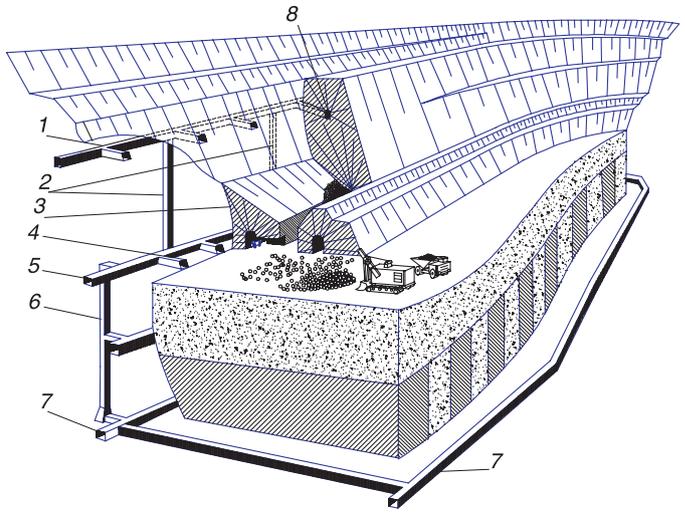


Рис. 9. Трехъярусная горнотехническая система с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин:
 1 – вентиляционный штрек; 2 – вентиляционно-ходовые восстающие; 3 – рудоприемная траншея; 4 – заезд; 5 – доставочный штрек; 6 – рудоспуск; 7 – кольцевые откаточные штреки; 8 – буровые выработки

месторождениях с ценными рудами, залегающими в слабых, сильно нарушенных породах. Возможность селективной добычи руды позволяет обрабатывать разнорудные тела со сложным морфологическим строением.

На месторождениях с более устойчивыми рудами отработку прибортовых запасов целесообразно вести с применением *трехъярусной горнотехнической системы с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин* (рис. 9).

Данная горнотехническая система предполагает отработку основных запасов карьером с внешним отвалообразованием и оставлением в призме упора прибортовых рудных целиков. Для формирования надежной изоляции подземного рудника и карьера создается искусственный массив из твердеющей закладочной смеси. После достижения закладочным массивом

требуемой прочности осуществляется отработка прибортовых запасов путем обустройства и взрывания массива веерами скважин из подземных выработок с частичным выпуском руды в подземные выработки и частичной погрузкой экскаваторами в карьерные автосамосвалы.

Применение горнотехнической системы возможно в устойчивых вмещающих породах и рудах со средним содержанием полезного компонента. В зависимости от геологических и горнотехнических условий данная система может трансформироваться. Доработка нижних горизонтов карьера при большой его протяженности ведется по системам с внутренним отвалообразованием. Отработка прибортовых запасов осуществляется под пригрузкой вскрышными породами по системам разработки с обрушением руды и торцевым ее выпуском.

Такой вариант горнотехнической системы реализован на Учалинском руднике при отработке запасов на южном фланге одноименного месторождения. Одним из путей интенсификации отработки месторождений с обеспечением требуемой безопасности горных работ является приоритетное применение систем с закладкой выработанного пространства, прежде всего при выемке цен-

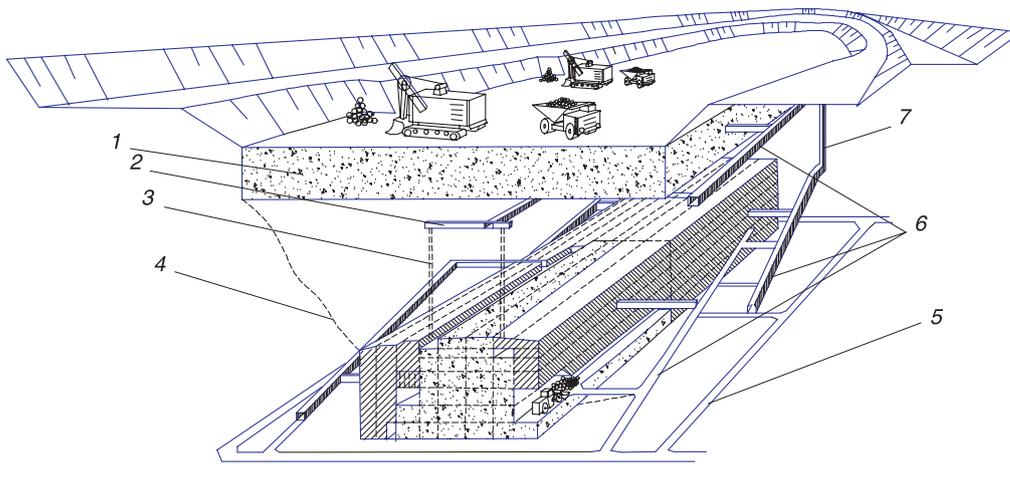


Рис. 10. Трехъярусная горнотехническая система с отработкой горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и на подземном руднике:
 1 – искусственная потолочина; 2 – вентиляционно-закладочный горизонт; 3 – закладочные скважины; 4 – контур рудного тела; 5 – откаточный горизонт; 6 – наклонные съезды; 7 – вентиляционный восстающий

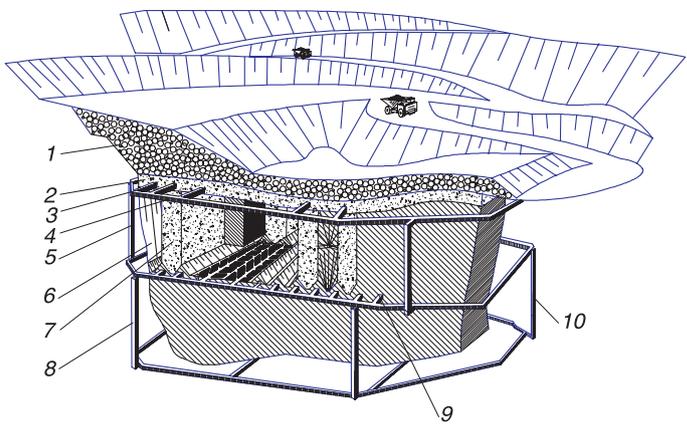


Рис. 11. Трехъярусная горнотехническая система со слоевой закладкой в переходной зоне и закладкой камер на подземном руднике:

1 – внутренний отвал; 2 – искусственная потолочина; 3 – закладочный орт; 4 – вентиляционно-закладочный штрек; 5 – вентиляционно-ходовой восстающий; 6 – камеры II очереди; 7 – камеры I очереди; 8 – рудоспуск; 9 – траншейный орт; 10 – откаточный горизонт

ных руд и при ведении очистных работ на больших глубинах [3].

Трехъярусная горнотехническая система с отработкой горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и на подземном руднике (рис. 10) предполагает последовательно-параллельную селективную отработку запасов ценных руд. Такая система планируется к реализации при комбинированной разработке алмазов трубки «Мир» в Якутии. Добычные работы в

карьере ведутся параллельно с созданием искусственного изолирующего целика 1 по слоевой системе с твердеющей закладкой. Очистная выемка может осуществляться буровзрывным способом или с использованием комбайнов.

Опережающее создание подземным способом искусственного целика на границе переходной зоны параллельно с развитием открытых работ обеспечивает планомерное во-

влечение горных мощностей в эксплуатацию при сохранении объемов добычи руды в переходный период с открытых на подземные работы. Система характеризуется высокой интенсивностью отработки месторождения, относительно независимым развитием фронтов горных работ в карьере и на шахте, благоприятными условиями работы служб вентиляции и водоотлива.

Месторождения с высокой ценностью руды различных сортов возможно разрабатывать с использованием *трехъярусной горнотехнической системы со слоевой закладкой в переходной зоне и закладкой камер на подземном руднике* (рис. 11). Система предполагает последовательно-параллельную отработку месторождения. Добычные работы в карьере ведутся параллельно с созданием искусственного изолирующего перекрытия 2 по слоевой системе с закладкой буровзрывным способом.

Выемка вскрышных пород и полезного ископаемого на открытых работах осуществляется по продольной одно- или двухбортовой системе разработки до проектной глубины с транспортированием всего объема пустых пород на временные внешние отвалы. Строительство подземного

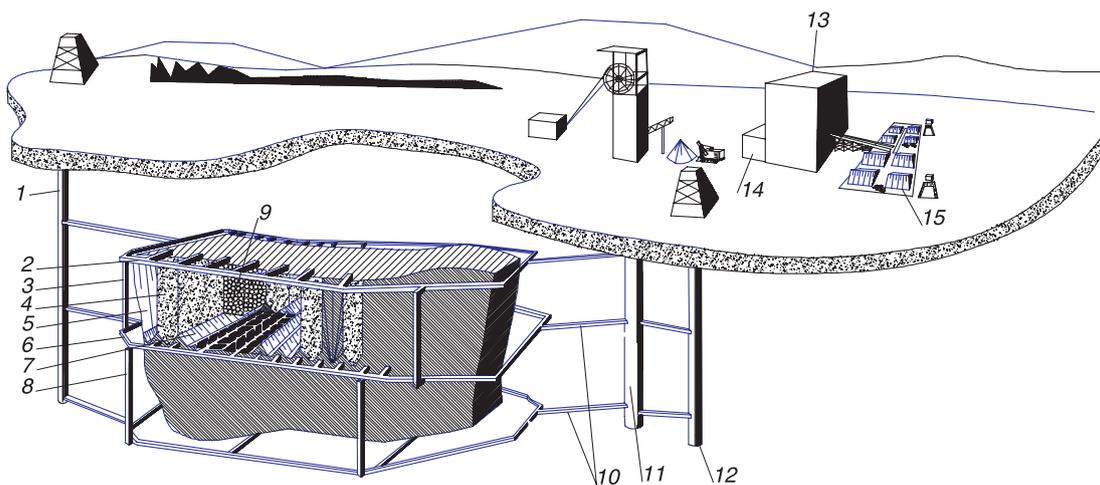


Рис. 12. Трехъярусная горнотехническая система с применением физико-химических технологий на поверхности и подземном руднике:

1 – вентиляционный ствол; 2 – вентиляционно-закладочный горизонт; 3 – вентиляционно-ходовой восстающий; 4 – камеры I очереди; 5 – камеры II очереди; 6 – откаточный штрек; 7 – траншейный орт; 8 – рудоспуск; 9 – выщелачиваемый массив хвостов обогащения; 10 – квершлага; 11 – скиповый ствол; 12 – клетевой ствол; 13 – обогатительная фабрика; 14 – закладочная установка; 15 – площадка кучного выщелачивания

рудника ведется параллельно с отработкой карьера.

Для ускорения ввода и возможности стабильного наращивания производственной мощности подземного рудника вскрытие и подготовку отработываемого участка целесообразно производить из карьерного пространства. При этом добытая рудная масса из отработанных участков переходной зоны вывозится в карьерное пространство и карьерным транспортом поднимается на поверхность.

Отработка шахтных запасов ведется камерами с закладкой при подэтажной отбойке руды. Применение камерных систем разработки позволяет увеличить производительность рудника за счет вовлечения нескольких блоков в одновременную эксплуатацию и увеличенных размеров конструктивных элементов системы разработки. Данный вариант был применен на Учалинском руднике при отработке северного фланга одноименного медноколчеданного месторождения.

Длительное освоение месторождений традиционными открытым и подземным способами привело к ощутимому истощению балансовых

запасов богатых руд и вовлечению в эксплуатацию более бедных, с увеличением объемов добычи, что неизбежно сопровождается ростом отходов их переработки. В современных условиях новой и принципиальной является идея замены существующего подхода к складированию отходов в хвостохранилищах на их утилизацию в подземном пространстве.

Трехъярусная горнотехническая система с применением физико-химических технологий на поверхности и подземном руднике позволяет отработать месторождение практически без потерь полезного компонента (рис. 12).

Следует отметить, что все месторождения уникальны и требуют индивидуального подхода к проектированию, поэтому сконструированные горнотехнические системы являются типовыми вариантами и предусматривают возможность трансформации каждой из подсистем более низкого порядка (карьер, переходная зона, подземный рудник). Выбор типовой горнотехнической системы следует осуществлять по принципу обеспечения наиболее экономичного и эффективного сочетания технологических элементов подсистем и горных конструкций с получением мак-

симального совокупного дохода от освоения месторождения в целом и наибольших индексов доходности на отдельных, особенно начальных, этапах вовлечения месторождения в эксплуатацию. ■■■

Design and typification of mining systems for combined ore deposit development.

M. V. Rylnikova, S. A. Korneev

Nowadays, many mines make use of combined methods of deposit development involving surface and underground mining. The proposed methodology of the design and planning for the development mineral deposits in transition from surface to underground operations includes the elaboration of scientifically grounded methods and procedures for the investigation of the principal patterns and parameters of the interaction of mining systems. Based on the analysis of ore deposit development practices the authors classified all mining systems of the combined geotechnology. The authors adhere to the opinion that for comprehensive and efficient development of mineral deposits by the combined method it is important at the early design stage to choose an optimal mining system option with the desired parameters of phased mineral production, which provide for the utmost reasonable and efficient mining of mineral reserves of the whole deposit.



Список литературы

1. Фаткуллин А. А. О прогрессивности технологических схем со взрывной доставкой руды: Тезисы 35-й научно-технической конференции. – Владивосток: ДВГТУ, 1995.
2. Чуднов Е. Е., Мифтахов А. А. К вопросу повышения эффективности разработки наклонных залежей с применением взрывной доставки. – ГИАБ. – 2003. – № 1. – С. 123.
3. Порцевский А. К. Выбор рациональной технологии добычи руды. – М.: МГТУ, 2003.



Поздравляем с 55-летием известного специалиста в области проектирования освоения недр

Сергея Викторовича Корнилова

директора Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук, доктора технических наук, профессора, действительного члена Академии горных наук, эксперта системы промышленной безопасности РФ, члена территориального отделения ЦКР Роснедра (УралЦКР Роснедра).

ЦКР Роснедра, ФН «Саморегулируемая организация «Национальная ассоциация по экспертизе недр», редколлегия и редакция журнала «Недропользование – XXI век»