

боживание. Формирование наклонного основания блока, совпадающего с границей выклинивания рудной зоны, также позволяет повысить полноту и качество извлечения руды из недр.

**Библиографический список**

1. Шеховцов В.С. Создание технологии разработки сложноструктурных залежей под мощными рыхлыми отложениями с защитным слоем руды: Дис. ... д-ра техн. наук. Новокузнецк, 1997. 229 с.
2. Закладочные работы в шахтах: Справочник / Под ред. Бронникова Д.М., Цыгалова М.Н. М.: Недр, 1989. 400 с.
3. Слащилин И.Т., Романько А.Д. Прогнозирование показателей извлечения руды при системах разработки с массовым обрушением руды: Уч. пособие. Свердловск: Изд-во УПИ им. С.М.Кирова, 1980. 53 с.

УДК 622.2

А. Ф. Илимбетов, М. В. Рыльникова, С. И. Власов

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО ЯРУСА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Вопросы комплексного и эффективного использования минерального сырья приобретают особое значение в связи с ведущей ролью минерально-сырьевой базы в формировании бюджета России.

Значительно возросли требования к глубине изучения рудных месторождений и дифференциации разведанных запасов по составу и качеству всех полезных компонентов в связи с возможностями новых технологий, основанных на современных достижениях фундаментальных наук. В этом плане возникает необходимость установления рационального сочетания технологических процессов на различных этапах развития горных работ, обеспечивающих эффективное извлечение из недр и полезное использование комплексного сырья в интересах развития народно-хозяйственного комплекса.

Комплексное освоение месторождений предполагает комплексное использование всех содержащихся в рудах полезных компонентов при рациональном сочетании широко применяемых и перспективных физико-химических геотехнологий, преимущественно малоотходных, переработку и использование накопившихся отходов производства и сформированных открытыми и подземными работами выработанных пространств. Этому способствует разработка и широкая промышленная реализация открыто-подземной геотехнологии, приемлемая для извлечения запасов переходной зоны от открытых работ к подземным (открыто-подземного яруса).

Под комбинированной геотехнологией применительно к добыче и переработке твердых полезных ископаемых понимается совокупность спосо-

бов, методов, процессов и операций воздействия на горный массив или природную и техногенную минеральную массу, основанных на сочетании технологических процессов и оборудования открытых, подземных горных работ и физико-химических методов добычи и переработки минеральных ресурсов с целью извлечения и полезного эффективного использования полезных ископаемых.

Предметом изучения комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии, как направления горных наук, являются горнотехнические системы, реализующие комплексное освоение рудных месторождений при совмещении открытого, подземного и физико-химического способов добычи, и их рациональные параметры, обеспечивающие наиболее полное и эффективное извлечение георесурсов с минимизацией экологических последствий горных работ.

Перспективы развития комбинированной геотехнологии связаны с переходом на комплексное проектирование поэтапной отработки запасов месторождения различными способами при единой схеме вскрытия и подготовки запасов, предусматривающей оптимизацию порядка вовлечения отдельных участков месторождения в эксплуатацию соответствующими способами добычи. Возможность отработки достаточно большой части запасов, непосредственно примыкающих к контуру карьера, экономичными технологиями, основанными на рациональном сочетании технологических процессов и оборудования открытых и подземных горных работ с использованием каждого из них в наиболее благоприятных условиях, способствует существенному снижению затрат на освоение месторождения в целом, повышению эф-

фективности и экологичности горных работ. При этом выявление закономерностей формирования горнотехнических систем при комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии должно стать основой для выбора геотехнологической стратегии проектирования.

Одним из основных геотехнологических преимуществ открыто-подземной разработки является возможность существенного повышения интенсивности добычи руды.

Исследованию производительности рудников и интенсивности горных работ посвящены труды известных ученых М.И. Агошкова, Д.Р. Каплунова, В.Р. Именитова, В.А. Шестакова, В.А. Симакова, П.И. Городецкого, Н.С. Демина и других. При этом вопросам обоснования интенсивности отработки переходной зоны, основная часть запасов которой сосредоточена в открыто-подземном ярусе (ОПЯ) и ограничена его высотой, определяемой геомеханическими условиями и техническими возможностями применяемого оборудования различных способов добычи, не уделено достаточного внимания. Между тем, интенсивность горных работ оказывает определяющее влияние на экономические показатели функционирования горнотехнической системы комбинированной геотехнологии [1]. Поэтому установление рациональных значений показателей интенсивности отработки открыто-подземного яруса необходимо для обеспечения устойчивой работы горного предприятия в период перехода на подземный способ разработки без разрыва в добыче руды.

Для обоснования рациональной интенсивности отработки запасов переходной зоны разработаны типовые комплексы механизации очистных работ, основанные на сочетании карьерного и шахтного горнотранспортного оборудования применительно к пяти основным видам трехъярусных горнотехнических систем [2]. Многообразие горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений комбинированным способом определяет многовариантность технологических схем отработки запасов переходных зон и соответствующих им комплексов механизации горных работ (рис. 1).

В типовой трехъярусной горнотехнической системе с доставкой руды в переходной зоне силой взрыва обруивание запасов в верхней части открыто-подземного яруса производится карьерными буровыми станками, а нижележащих – переносным буровым оборудованием типа НКР. Доставка рудной массы осуществляется по подземным выработкам самоходной техникой (рис. 1, а).

Для типовой трехъярусной горнотехнической системы с открытым очистным пространством в открыто-подземном ярусе при применении на нижележащих горизонтах систем разработки с обрушением руды схема комплексной механизации горных работ в переходной зоне предусматривает комбинацию карьерного и шахтного бурового оборудования с массовым выпуском взорванной руд-

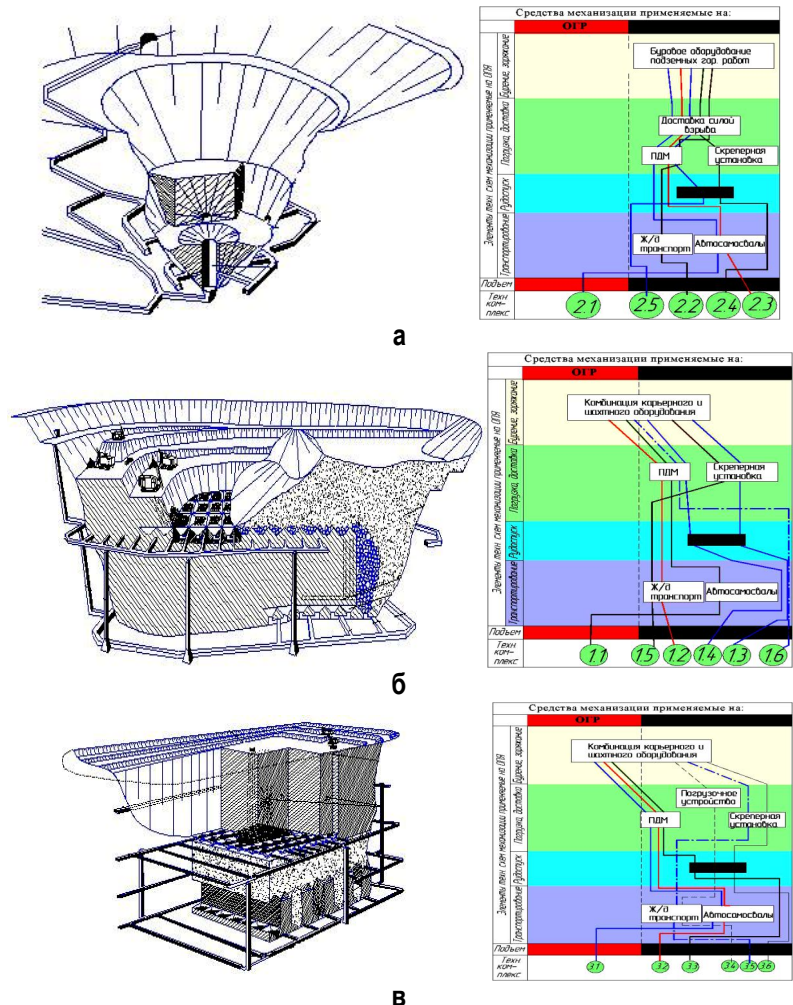


Рис. 1. Трехъярусная горнотехническая система с открытым очистным пространством в переходной зоне и соответствующий ей комплекс механизации горных работ: а – для отработки месторождений малой мощности; б – средней; в – крупных

ной массы и последующей доставкой и транспортированием рудной массы самоходной техникой по подземным горным выработкам (рис. 1, б).

Комплекс механизации горных работ в горно-технической системе, представленной на рис. 1, в, предполагает использование на буровых работах высокопроизводительного карьерного и шахтного самоходного оборудования. При массовом выпуске руды применяются виброустановки с погрузкой рудной массы в железнодорожный транспорт.

На основе анализа и обобщения применяемого оборудования разработана типовая схема комплексной механизации горных работ (рис. 2) при отработке открыто-подземного яруса, базирующаяся на сочетании бурового, погрузочно-доставочного и транспортного оборудования карьерного и шахтного типа, а также специальных средств добычи руд с повышенным разубоживанием – радиометрических сепараторов и комплексов для кучного выщелачивания отходов сепарации. Необходимость применения последней связана с высоким разубоживанием рудной массы при ее выпуске в прибортовой зоне открыто-подземного яруса с предельной по устойчивости высотой откоса.

Исследование влияния горно-геологических

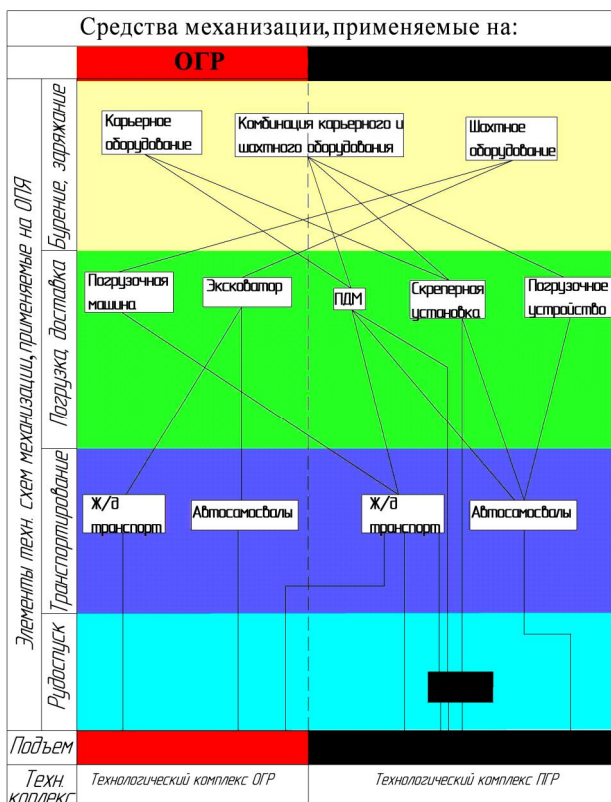
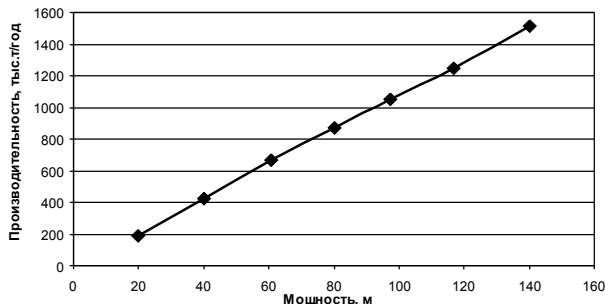
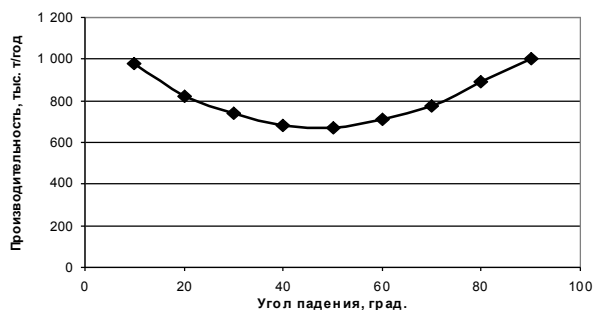


Рис. 2. Типовая схема комплексной механизации отработки открыто-подземного яруса в трехъярусных горнотехнических системах

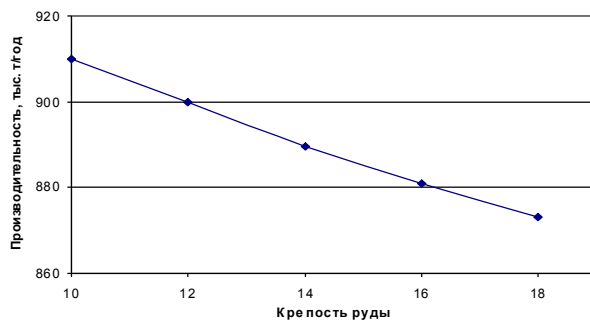
условий, высоты и применяемых средств механизации горных работ на производительность рудника в переходной зоне производилось путем экономико-математического моделирования условий комбинированной геотехнологии с варьи-



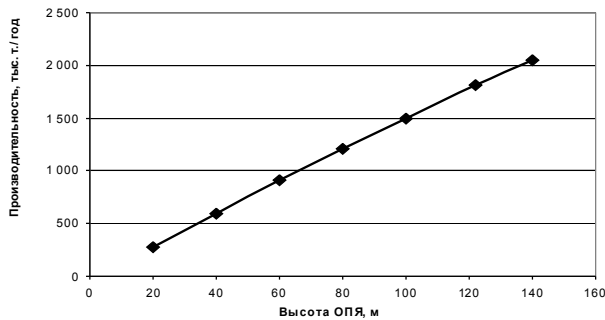
а



б



в



г

Рис. 3. Влияние на интенсивность горных работ в переходной зоне мощности (а) и угла падения рудной залежи (б), крепости руды (в) и высоты открыто-подземного яруса (г)



рованием технологических схем и комплексов механизации и оценкой показателей функционирования горнотехнической системы [2].

Аппроксимацией результатов моделирования определены функциональные зависимости интенсивности горных работ в переходной зоне от мощности и угла падения рудной залежи в основании карьера, крепости руды и высоты открыто-подземного яруса (рис. 3). Установлено, что наибольшее влияние на интенсивность отработки переходной зоны оказывает высота открыто-подземного яруса. Зависимость производительности от высоты ОПЯ прямолинейная. Рост высоты ОПЯ на каждые 10 м влечет увеличение интенсивности горных работ в переходной зоне на 11%. Поэтому отработку запасов переходной зоны необходимо вести при максимально допустимой высоте открыто-подземного яруса, предельное значение которой ограничено устойчивостью откоса.

Применение специальных средств добычи разубоженных руд в прибортовой зоне позволяет вести работы при высоте ОПЯ, максимальное значение которой определено по условию предельного равновесия решением объемной задачи упругого деформирования массива [4].

Отсутствие в очистном пространстве открыто-подземного яруса людей и оборудования и применение специальных средств добычи разубоженных руд позволяет вести работы в переходной зоне при коэффициенте запаса устойчивости откоса ОПЯ, равном 1.

$$H_{\text{ОПЯ}} = \frac{550}{K_{3,y}} 1,1^C \cdot 0,998^{H_k} \cdot 0,97^\alpha, \quad (1)$$

где  $K_{3,y}$  – коэффициент запаса устойчивости, доли ед.;  $C$  – сцепление руды и пород в массиве, МПа;  $\alpha_k$  – угол откоса борта карьера, град;  $H_k$  – глубина карьера, м.

Мощность рудной залежи является параметром, который в наибольшей степени влияет на выбор рациональной технологической схемы и комплексов механизации горных работ в переходной зоне (рис. 3, а). Так, увеличение мощности залежи в основании карьера приводит к прямо пропорциональному росту интенсивности отработки переходной зоны. Менее значимо влияние крепости руды и угла наклона залежи на производительность рудника. Причем зависимость показателей интенсивности горных работ от крепости руды – обратно пропорциональная, а от угла падения рудной залежи – нелинейная. Так, в диапазоне значений угла падения рудных залежей 0–30° и 70–90° изменение интенсивности незначительно. При выемке наклонных залежей с углом падения от 40 до

55° значительное снижение производительности рудника обусловлено уменьшением поперечного сечения открыто-подземного яруса и высоты открыто-подземного яруса ввиду повышенного разубоживания руды (рис. 3, б). Эмпирические зависимости максимальной по горным возможностям интенсивности горных работ в переходной зоне  $A_{\text{max}}$  для медно-колчеданных месторождений с малой мощностью рудной залежи в переходной зоне (10–35 м)  $A^m$ :

$$A_{\text{ОПЯ max}} = 32 \cdot 1,015^{H_{\text{ОПЯ}}} \cdot 1,015^m \times \\ \times 1,005^\alpha \cdot 0,98^f, \quad (R^2 = 0,98); \quad (2)$$

средней мощностью (35–75 м):

$$A_{\text{ОПЯ max}} = 32 \cdot 1,018^{H_{\text{ОПЯ}}} \cdot 1,018^m \times \\ \times 1,007^\alpha \cdot 0,98^f, \quad (R^2 = 0,98); \quad (3)$$

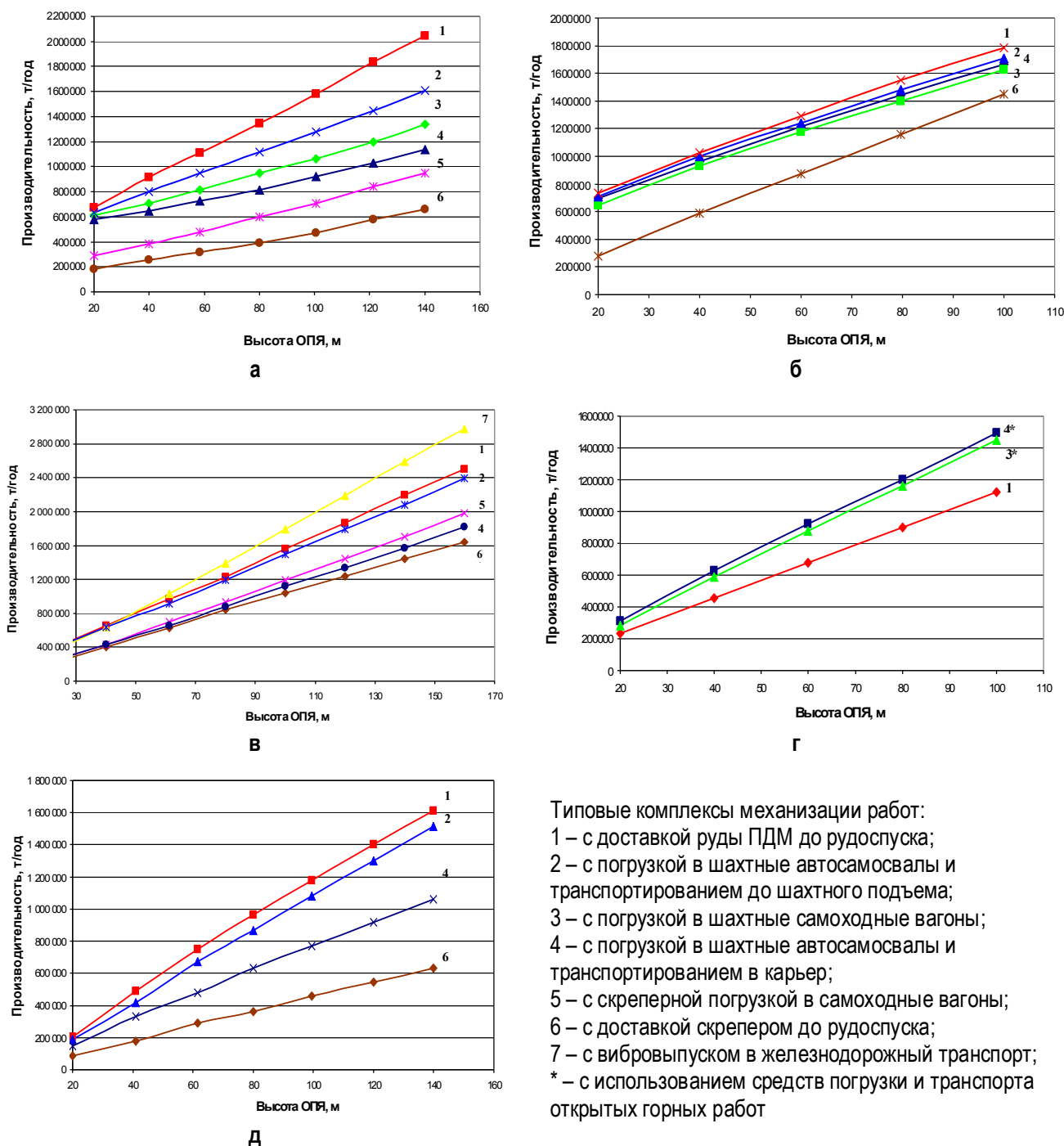
крупных ( $m=75-150$  м):

$$A_{\text{ОПЯ max}} = 32 \cdot 1,027^{H_{\text{ОПЯ}}} \cdot 1,027^m \times \\ \times 1,008^\alpha \cdot 0,98^f, \quad (R^2 = 0,98), \quad (4)$$

где  $A_{\text{max}}^m$ ,  $A_{\text{max}}^{cp}$ ,  $A_{\text{max}}^{kp}$  – максимальная производительность открыто-подземного яруса на месторождениях малой, средней и крупной мощности в переходной зоне;  $H_{\text{ОПЯ}}$  – высота открыто-подземного яруса, м;  $m$  – мощность рудного тела, м,  $\alpha$  – угол падения залежи, град;  $f$  – крепость руды.

Оценка изменения технико-экономических показателей функционирования горнотехнической системы комбинированной геотехнологии с расчетом интенсивности горных работ, себестоимости добычи, чистого дисконтированного дохода и индекса доходности в зависимости от сочетания применяемого в переходной зоне горнотранспортного оборудования показала, что в зависимости от горнотехнических условий разработки наилучшие показатели добычи способны обеспечить определенные комплексы механизации. Причем выбор схемы механизации горных работ по критерию максимальной интенсивности отработки переходной зоны и по критерию чистого дисконтированного дохода обеспечивает сопоставимость результатов. Это позволяет на начальной стадии проектирования комбинированной геотехнологии производить выбор предпочтительного варианта схемы механизации работ в переходной зоне по критерию максимальной интенсивности работ в открыто-подземном ярусе с предельной по устойчивости высотой уступа (рис. 4).

Результаты геотехнологического моделирования позволили определить предпочтительные комплексы механизации горных работ в переходной

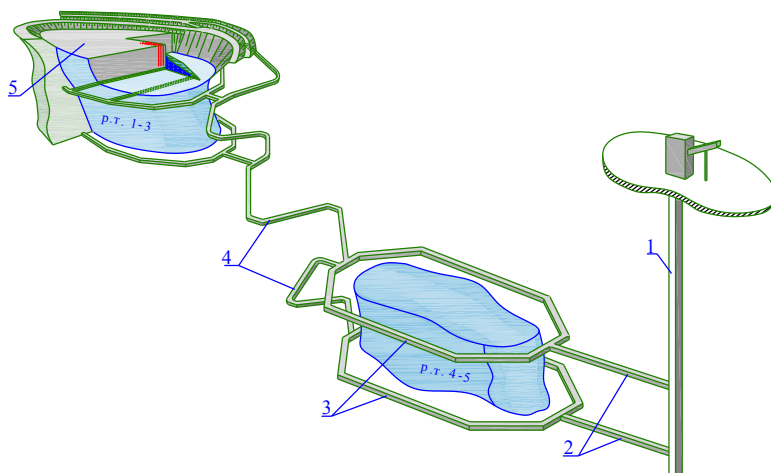


**Рис. 4. Зависимость интенсивности отработки открыто-подземного яруса от его высоты при типовых комплексах механизации горных работ (1–5) в трехъярусных горнотехнических системах: а – с обрушением руды и площадным выпуском; б – с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва; в – с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике; г – с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин; д – с отработкой горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и на подземном руднике**

зоне для типовых горнотехнических систем комбинированной разработки маломощных, средних по мощности и мощных месторождений медно-колчеданных руд. При разработке медно-колчеданных месторождений малой мощности (10–35 м) с максимально допустимой по устойчивости высотой переходной зоны 100 м предпочтительный комплекс механизации предусматривает обустройство горного массива из подземных выработок, доставку руды силой взрыва с последующим ее транспортированием погрузочно-доставочными машинами до рудоспуска.

Разработка медно-колчеданных месторождений средней мощности (35–75 м) при предельной высоте открыто-подземного яруса 140 м в трехъярусной горнотехнической системе с обрушением руды и площадным выпуском целесообразна с применением карьерного и шахтного бурового оборудования и самоходных погрузочно-доставочных машин, транспортирующих горную массу до рудоспуска.

Отработка переходной зоны мощных залежей (75–150 м) трехъярусной горнотехнической системой с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой выработанного пространства на подземном руднике при максимально допустимой по геомеханическим факторам высоте ОПЯ – 160 м предпочтительна при более сложной схеме комплексной механизации работ. Обустройство горного массива предусматривается высокопроизводительными шахтными и карьерными буровыми станками с последующим массовым вибровыпуском взорванной рудной массы. Доставка ее на поверхность предпочтительна подземным железнодорожным транспортом, обеспечивающим максимальную производительность горнотранспортного комплекса. Следует отметить, что большая часть рудной массы, выпускаемой из открыто-подземного яруса, ввиду отсутствия налегающих пустых пород характеризуется высокими показателями качества извлечения. В приконтактной зоне при выпуске к руде примешиваются пустые породы, объем которых определяется исходя из параметров призмы возможного сдвижения. В соответствии



**Рис. 5. Технологическая схема комбинированной отработки месторождения «Юбилейное»:**

**1 – главный ствол; 2 – квершлаг; 3 – кольцевые штреки; 4 – наклонный съезд; 5 – открыто-подземный ярус**

с параметрами переходной зоны и физико-механическими характеристиками руды и вмещающих пород рассчитаны объемы и показатели разубоживания рудной массы в приконтактной зоне для типовых вариантов горнотехнических систем применительно к различным горно-геологическим условиям.

Результаты исследований, основанные на учете максимально возможного понижения горных работ, периода строительства подземного рудника и динамики показателей доходности предприятия при последовательной открыто-подземной разработке, были использованы при обосновании параметров технологической схемы и комплекса механизации для отработки медно-колчеданного месторождения «Юбилейное» (рис. 5).

Стратегия проектирования комбинированной геотехнологии предусматривает реализацию концепции комплексного освоения медно-колчеданных месторождений с использованием для строительства пускового комплекса выработанного пространства карьера «Юбилейный»; разработку балансовых запасов подземной технологией с твердеющей закладкой, а забалансовых рудных тел – методом подземного выщелачивания; вовлечение в отработку методом кучного выщелачивания сопутствующих техногенных образований с утилизацией отходов горно-обогатительного производства для закладки выработанного пространства подземных камер.

#### Библиографический список

1. Каплунов Д.Р., Болотов Б.В. Проектирование подземных рудников при комплексном освоении месторождений. М.: ИП-КОН АН СССР, 1988. 182 с.

2. Рыльникова М.В., Корнеев С.А. Конструирование и типизация горнотехнических систем при комбинированной разработке рудных месторождений // Russian mining. 2004. № 6.
3. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Блюм Е.А. Принципы формирования и параметры горнотехнических систем при комбинированной геотехнологии // Горный журнал. 2005. № 3.
4. Рыльникова М.В., Петрова О.В., Красавин А.В. Геомеханическое обоснование высоты открыто-подземного яруса при комбинированной разработке рудных месторождений // Комбинированная геотехнология: масштабы и перспективы применения: Сборник трудов. Магнитогорск: МГТУ, 2006.

УДК 622.271.4

С. Ж. Галиев, А. А. Бояндинова, Ж. А. Бояндинова,  
Е. А. Шабельников, К. К. Жусупов, Е. Н. Татишев

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРНОТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

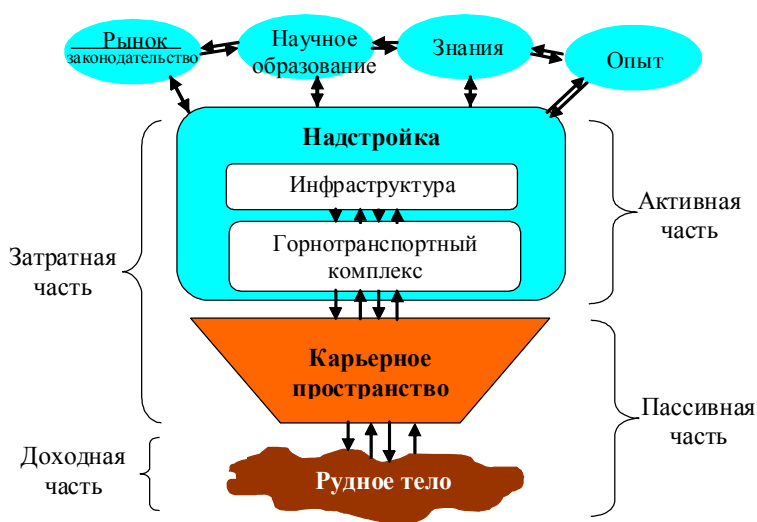
На современном этапе развития традиционного подхода к планированию и управлению на предприятиях с открытой добычей твердых полезных ископаемых достигнуты почти предельные показатели использования ресурсов в производственных процессах. Уровень эффективности использования основного технологического оборудования не превышает 0,15–0,40; продуктивного времени работы персонала – 0,20–0,30; материальных ресурсов – 0,40–0,60. По использованию среднегодовой производственной мощности горнодобывающих предприятий Казахстана данный показатель в среднем по отрасли составляет 73,5% при минимальных значениях по отраслям на уровне 4,0–5,0, 49,4–61,4 и 56,4–69,3% за 2002–2003 годы [1].

Низкая эффективность использования технического потенциала объясняется специалистами

как результат несоответствия между целями, функциями и компетенцией руководителей на всех иерархических уровнях управления предприятием, а также недостаточной разработанностью научной и методической базы совершенствования структуры управления горнодобывающим предприятием, приводящим в большинстве случаев к принятию управленческих решений на основании опыта и интуиции руководителей. В рамках последнего необходимо и актуально дальнейшее развитие комплексного подхода к оценке эффективности организации горнотранспортных работ на предприятиях. В данной работе описывается один из прогрессивных в этом плане подходов в решении данной проблемы, реализуемых в рамках интегрированной автоматизированной системы управления горнодобывающим предприятием как геотехнологическим комплексом.

Принципиально важно при реализации принятого подхода обеспечить возможность комплексной и обобщенной оценки отдельных операций производственных процессов. В основе подхода должен лежать главный обобщенный критерий эффективности предприятия как единого природно-технологического комплекса. Общее схематичное представление объекта исследования в виде структуры геотехнологического комплекса представлено на рисунке.

С точки зрения экономики, рассматриваемая система подразделяется на две основные части – «Доходную», обеспечиваемую в ходе реализации подсчитанных промышленно осваиваемых запасов полезного ископаемого, и «Затратную», представляющую



Схематичное представление геотехнологического комплекса как объекта исследования