

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



Рысбеков К.Б., Калыбеков Т

**УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬЮ ЗАПАСОВ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Рекомендован Ученым Советом
НАО КазННТУ имени К.И. Сатпаева

Алматы 2021

УДК 622.2 (035.3)
ББК 33.12
Р95

Рецензенты:

Профессор, доктор технических наук *Л.С.Шамганова*

Профессор, доктор технических наук *А. Бегалинов*

Профессор, доктор технических наук *С.К.Молдабаев*

Рысбеков К.Б., Калыбеков Т., Управление подготовленностью запасов полезных ископаемых при разработке месторождений. – Алматы: 2021. - 228 с. Ил. 68. Библиография – 110 назв.

ISBN 978-601-323-260-7

В монографии изучено состояние вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов при открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых за рубежом и в республике. Произведен обстоятельный анализ рациональных способов управления подготовленностью запасов к выемке для ритмичного выполнения календарного плана добычи полезного ископаемого на горнодобывающих предприятиях. Предложены нормативы подготовленности запасов минерального сырья с учетом производительности предприятия, параметров залежей на добычных горизонтах и применяемой системы разработки. С учетом опыта работы горных предприятий обоснованы рациональные величины нормативов подготовленности к выемке запасов на основе технико-экономических расчетов в соответствии с горнотехническими и горно-геологическими условиями эксплуатируемого месторождения. При освоении недр составление планов развития открытых и подземных горных работ рекомендуется осуществлять на основании научно обоснованных способов управления подготовленностью запасов полезных ископаемых с учетом усреднения их содержания при календарном планировании добычи полезного ископаемого в период разработки месторождения. Управление стабилизацией качества руды в зависимости от подготовленности и усреднения содержания добываемых полезных ископаемых в процессе очистных работ способствует повышению эффективности технико-экономических результатов горного предприятия и обогащения сырья на обогатительных фабриках.

Книга предназначена для инженерно-технических работников предприятий горнорудной промышленности, научно-исследовательских и проектных институтов, а также обучающихся учебных заведений.

ISBN 978-601-323-260-7

© Рысбеков К.Б., Калыбеков Т., 2021

© КазНУТУ, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

При планировании горных работ нормирование запасов полезных ископаемых по степени их подготовленности к добыче осуществляется с целью обеспечения ритмичной работы предприятия. В этой связи при разработке месторождений нормативы вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов должны обеспечить устойчивое выполнение годовых производственных заданий по добыче руды с плановым содержанием сырья. Варьирование объемов подготовленности запасов от установленных нормативов приведет к снижению экономической эффективности работы горного предприятия из-за изменения непроизводительных расходов. При этом регулирование соотношения объемов подготовленных к выемочным работам запасов полезного ископаемого в соответствии с принятыми их нормативами обеспечивает ритмичную работу рудника по выполнению запланированных объемов минерального сырья. Рациональные способы управления подготовленностью запасов на горных предприятиях должны устанавливаться с учетом экономических условий и производительного использования применяемого оборудования на горных работах.

На горных работах равномерное выполнение календарного плана добычи полезного ископаемого на предприятии зависит от резерва подготовленных и готовых к выемке запасов в запланированном периоде отработки залежей. В этой связи управление подготовленностью запасов для каждого конкретного разрабатываемого месторождения должны определяться комплексным учетом производственной мощности предприятия, параметров залежей на горизонтах и применяемой системы разработки, качественных показателей добываемого полезного ископаемого, объемов горно-подготовительных и нарезных работ, а также используемой техники на горных работах. Поэтому обоснование рациональных способов управления подготовленностью запасов полезных ископаемых в период освоения месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом имеет важное значение при освоении недр.

В период добычных работ избыток подготовленности запасов на горных предприятиях вызывает замораживание оборотных средств в сфере производства и увеличивают расходы на поддержание выработок. Недостаток подготовленных и готовых к выемке запасов сырья сдерживает повышение интенсивности разработки, концентрации горных работ и рациональное их использование. В связи с этим определение оптимальных значений запасов руд с различной степенью подготовленности к добыче и переход горных предприятий на работу с экономически обоснованными нормативами минерального сырья является важной проблемой горных предприятий.

При освоении месторождений полезных ископаемых подземным и открытым способом с целью повышения эффективности работы предприятия следует обосновать рациональные величины вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов сырья на основе технико-экономических расчетов и эффективного использования нового оборудования в соответствии с горно-геологическими условиями, объемами извлекаемых промышленных запасов и производительностью горного предприятия.

Технико-экономическое обоснование управления подготовленностью к выемке запасов руд должны осуществляться с учетом рационального извлечения запасов полезных ископаемых из недр и обогащения добываемого полезного ископаемого. Решение этой важной задачи зависит от стадии составления проекта и календарного планирования горных работ, а также совершенствования методов рационального управления подготовленностью запасов руд к добыче с учетом горно-геологических, горнотехнических условий отрабатываемого месторождения и качественных показателей поставляемых руд на обогатительный процесс.

Научное доказательство управления подготовленностью запасов с учетом горно-геологических условий разрабатываемого месторождения полезных ископаемых и усреднения качества добываемых руд имеет теоретическую ценность и практическую значимость, поэтому полученные результаты можно использовать в промышленных условиях.

Установление рациональной величины подготовленности запасов руд в период добычных работ позволяет обеспечить выполнение производственного плана предприятия, ритмичную работу и минимальные объемы горно-капитальных и подготовительных работ в соответствии с горно-геологическими условиями месторождения.

Изучение опыта управления подготовленностью к выемке запасов при эксплуатации месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом следует осуществлять для различных горнотехнических и горно-геологических условий залегания залежей добываемых руд. Тогда создаются условия для улучшения технико-экономических показателей работы карьера и рудника при заданном размере добычи и принятой системе разработки с учетом подготовленности запасов при освоении месторождения.

Обоснование управления подготовленностью запасов к выемке при разработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом с учетом применяемой системы разработки, технологических процессов на конкретном горнодобывающем предприятии и усреднения руды имеет важное значение для повышения эффективности работы предприятия. Поэтому способы управления подготовленности запасов при эксплуатации залежей на рудниках обосновываются техническими и экономическими критериями для обеспечения выполнения производственных планов при ритмичной работе горных предприятий по добыче минерального сырья с минимальными объемами горно-капитальных и подготовительных работ.

В работе приведены рекомендации по планированию развития открытых и подземных горных работ с учетом обоснованных нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов для различных горно-геологических условий и усреднения добываемых руд. Полученные на основе научно-обоснованной системы управления подготовленностью запасов с учетом усреднения полезных ископаемых в период эксплуатации месторождений рекомендуется использовать при календарном планировании и совершенствовании развития горных работ.

1. ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ ЗАПАСОВ РУДНОГО СЫРЬЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ И ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

1.1. Влияние подготовленности запасов на стабилизацию добычи руды при подземной разработке месторождений

При освоении месторождений подземным способом благоприятная производственная деятельность горного предприятия во многом зависит от обеспеченности вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами полезных ископаемых. Нормативы этих запасов должны устанавливаться для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий в период эксплуатации месторождения, и тогда они служат критерием рационального планирования горных работ на предприятии. Поэтому каждому горному предприятию при принятой системе разработки и заданном размере с целью обеспечения плановой добычи, адаптированной к горнотехническим условиям работы, необходимо иметь неснижаемые резервы подготовленных и готовых к выемке запасов для своевременного выполнения запланированных объемов минерального сырья.

В процессе освоения залежей по горизонтам рудника нормативы подготовленности к выемке запасов полезных ископаемых должны обеспечить устойчивое выполнение годовых производственных заданий по добыче руды и ее содержания. При планировании горных работ достижение установленного уровня нормализующей степени подготовленности запасов к добыче обеспечивается ритмичная работа горного предприятия. Изменение подготовленности запасов от установленных нормативов на действующем руднике приведет к снижению эффективности его работы из-за изменения непроизводительных расходов. В этой связи регулирование соотношения подготовленности к выемке запасов полезного ископаемого в соответствии с принятыми их нормативами гарантирует выполнение запланированных объемов минерального сырья на предприятии. Установленные рациональные величины нормативов вскрытых, подготовленных

и готовых к выемке запасов на конкретном горном предприятии должны учитывать новые экономические условия, рыночные отношения в отрасли и производительное использование применяемого оборудования на подземных горных работах.

Характер движения вскрытых запасов определяется исходя из величины удельных балансовых ресурсов, приходящихся на единицу объема горно-капитальных выработок, определяемых объемом фактически выполненных работ по вскрытию месторождения. Подготовленные запасы полезного ископаемого располагаются на участках залежи, в которых пройдены все подготовительные горные выработки, предусмотренные принятой системой разработки и дающие возможность начать проведение нарезных выработок. Готовые к выемке запасы полезного ископаемого находятся в блоке или в части блока, в которых пройдены все нарезные выработки и устранены различные причины, которые могут задержать начало отработки блока.

Разработка методов и операций контроля качества полезного ископаемого в рудных потоках относятся к приоритетным в развитии теоретических основ управления качеством руды и рационального использования минеральных ресурсов. В этой связи требуют своего развития: теория обоснования размеров запасов по степени их подготовленности к отработке [1]. Поэтому изучение задачи обеспеченности рудника вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами представляет научный и практический интерес при освоении месторождений полезных ископаемых для стабилизации качества и объема добываемых полезных ископаемых.

Стабилизация качества руды является важным рудоподготовительным мероприятием по всей цепи добыча-переработка и обеспечивает наибольший эффект в производственном комплексе. При этом улучшение свойства сырья требуют капитальных вложений, иногда весьма значительных, однако такие капиталовложения дают значительно больший эффект по сравнению с теми, которые необходимы для расширения производства продукции прежнего качества [2]. Уменьшение колебаний качества поставляемого сырья позволит получить существенный экономический эффект

за счет снижения затрат на переработку и улучшения кондиции готового продукта.

Проблема управления качеством добываемой горной массы относится к категории основополагающих для прогрессивного режима работы рудников, особенно при эксплуатации месторождений руд цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов [3]. Организация разветвленного потока добываемой рудной массы, поступающей из всего многообразия действующих добычных единиц, обладающих разнообразными показателями качества отбитых руд, зависит ритмичность работы горного предприятия, регулярность выполнения текущих суммарных планов его деятельности, особенно по показателям качества. Достаточно налаженное управление качеством добываемой рудной массы обеспечивает стабилизацию добычи руды и разумную промышленную деятельность горнорудных предприятий.

Формирование качества минерального сырья включает комплексное решение технологических проблем по добыванию и переработке руды с учетом качественных характеристик руд в недрах. Стабилизация и усреднение при валовой и раздельной добыче и переработке руд по технологическим типам и сортам осуществляется в подземных условиях и на поверхности.

Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность работы горнодобывающего предприятия, является показатель обеспеченности подготовленными и готовыми к выемке запасами руд [4]. Недостаточное их количество приводит к сокращению фронта добычных работ, снижению качества и повышению себестоимости продукции. При избыточном количестве этих запасов происходит замораживание оборотных средств, увеличение расходов на содержание и ремонт горных выработок. Поэтому при эксплуатации месторождения следует использовать оптимальные методы управления движением запасов в отношении соблюдения обоснованных и утвержденных нормативов подготовленности и готовности к выемке запасов сырья на горном предприятии.

Деятельность горного предприятия по добыче необходимо планировать на долгосрочной основе с целью накопления и

спецификации основных данных, которые могут использоваться в управленческой информационной системе рудника [5]. Принятие обоснованных управленческих решений по производству и реализации продукции, повышению уровня ритмичности выполнения горных работ достигается созданием аналитического центра в структуре управления горным предприятием и корпоративной компании. Эффективная управленческая информационно-аналитическая система оперативно способствует работе рудника в решении вопросов производства и сбыта продукции, а также облегчает выполнение своих функций по управлению подготовленностью запасов и стабилизацию добычи.

Совокупность сложнейших горно-геологических, горнотехнических и технологических условий в сочетании с крайне изменчивыми качественными характеристиками минерального сырья определяет круг научно-практических задач по управлению качеством товарной продукции. [6]. Разработка динамической системы управления качеством минерального сырья - задача многофакторная и многогранная, включающая различные цифровые модели месторождений, разработанные с использованием современных глобальных геоинформационных систем типа Micromine и Datamine (рис. 1).

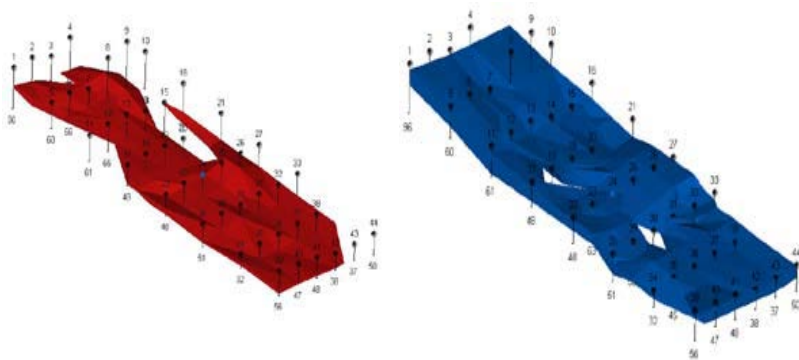


Рис. 1. Каркасные модели залежи богатых (красные) и вкрапленных (синие) руд

Блочные цифровые модели рудных залежей позволяют перейти на качественно более высокий уровень достоверности учета баланса металлов по всей цепочке принятых технологических процессов. Применение пакетов специализированных программных продуктов для планирования горных работ предоставляет возможность формировать потоки руды с плановыми качественными характеристиками. Большинство современных глобальных геоинформационных систем позволяют проводить стратегическое и оперативное планирование отработки месторождения с подготовкой планов разной степени срочности, поэтому наиболее эффективным будет принятие одной из них для внедрения и обучения специалистов разных профилей горной направленности работе в единой либо в нескольких взаимно интегрированных системах, что позволит создать единую современную систему управления, контроля и планирования горных работ. Оперативное управление и контроль за соблюдением качественных характеристик поставляемого потребителям минерального сырья сокращают размах колебаний средних значений содержания металлов. Стабилизация качества и повышение однородности содержания в рудном сырье улучшает извлечение полезных компонентов при переработке, что положительно скажется на общей экономической эффективности сквозного извлечения металлов от руды в недрах до готовой продукции.

При освоении месторождений полезных ископаемых на стабилизацию качества и объемов добычи руды подземным способом влияет обеспеченность подготовленными к выемке запасами, следующие технологические операции и организационные мероприятия, направленные на достижение объема и степени заданного уровня качества добываемого минерального сырья [7]. Управление качеством добываемой руды и рациональное использование минеральных ресурсов достигается при установлении запасов по степени их подготовленности на разрабатываемом месторождении. В этих условиях обеспечение рациональной работы горного предприятия достигается при стабилизации и усреднении минерального сырья при валовой и раздельной добыче и переработке руд. При заданном размере плановой добычи и принятой системе разработки горное

предприятие должно располагать неснижаемым резервом подготовленных и готовых к выемке запасов. Установленные для конкретных условий горного предприятия нормативы подготовленности запасов к выемке служат критерием рационального планирования добычных работ. Управление качеством руды следует производить с текущего планирования выемки полезного ископаемого и продолжать по всей горно-технологической цепи рудника.

Таким образом, использование передового опыта по обоснованию влияния нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов на стабилизацию добычи руды при различных горно-геологических и горнотехнических условиях способствует целесообразному планированию горных работ и улучшению технико-экономических показателей освоения месторождений полезных ископаемых подземным способом. Установление наиболее оптимального способа управления подготовленностью запасами руд для конкретных условий подземного рудника позволяет повысить качество календарного планирования горных работ и улучшить планируемые технико-экономические показатели производственной деятельности рудника по рациональному использованию богатств недр.

1.2. Воздействие подготовленности запасов на стабилизацию добычи руд на открытых горных работах

На открытых разработках резервом улучшения текущей экономической деятельности горного предприятия является обоснование подготовленности запасов полезных ископаемых и способы ее поддержания в период добычи сырья. При нормировании ресурсов руд обеспечивается наиболее выгодный режим ведения горных работ, организация бесперебойной работы мощностей имеющегося горного оборудования и оценка резервов применяемой системы разработки по определению соотношений подготовленности запасов карьера. На открытых горных работах обоснование управление подготовленностью запасов к выемочным работам способствует своевременному определению качества руды при ведении добычи руд и наиболее полному извлечению минерального сырья из недр. Рациональное

управление подготовленностью запасов оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели работы открытой разработки. При недостатке вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов происходит сокращение фронта добычных работ, снижение стабильности качественного состава сырья и невыполнение обязательств по поставке добываемой руды к потребителям планируемым свойством.

При разработке месторождений полезных ископаемых на формирование качества добываемой руды воздействуют нижеследующие неуправляемые и управляемые факторы [8]:

- природные - качество руды на отдельных участках, блоках и их изменчивость, контакты руды с вмещающими породами, наличие вредных примесей, трещиноватость и физико-механические свойства руды и пород;

- технологические - эксплуатационные границы залежи, способ вскрытия и подготовки залежи, порядок и последовательность отработки залежи, система разработки, количество действующих блоков, сортировки руды, дробления, наличие складов руды и способы контроля качества сырья;

- экономические - себестоимость добычи, переработки руды, кондиции для данного месторождения, цена на товарную руду и концентрат;

- государственная необходимость - потребность в данном полезном ископаемом как стратегическом сырье, социальная желательность обеспечить население работой.

К принципам технологического управления качества рудной массы при открытой разработке месторождений полезных ископаемых относятся:

- определение рудного контура за счет рационального обоснования кондиций на минеральное сырье;

- оптимизация соотношения между потерями и разубоживанием руды при определении фактического контура забоя и выработанного пространства;

- обоснование ширины очистного пространства с учетом изменения производительности по добыче и разубоживания руды, затрат на нарезные и подготовительные выработки;

- применение селективных методов отбойки при индивидуальной технологии переработки на обогатительной фабрике, совместной отработке бедных и богатых руд;
- управление средним уровнем качества рудной массы за счет регулирования объемов добычи богатых и бедных руд по забоям и блокам;
- управление стабильностью качества руды за счет перемешивания сортов на складе и в бункерах.

При расчете нормативов готовых к выемке и подготовленных запасов железистых кварцитов определяющими факторами являются изменчивость производительности единичных экскаваторов по добыче руды и колебание соотношения технологических типов руд в отдельных массовых взрывах [9]. По взрывным блокам коэффициент, учитывающий требования к усреднению основных технологических типов руд, составил 0,803. В результате выполненных расчетов по методике установлены нормативы готовых к выемке и подготовленных запасов железистых кварцитов для карьера Лебединского ГОКа, равные, соответственно, 2,5 и 6,1 мес.

Сложная комплексная проблема обеспечения установленной величины содержания полезного компонента и минимизации его колебаний объединяет в себе решение ряда локальных задач [10]:

- обеспечение оперативного контроля качества в забоях методами геофизического опробования и непрерывного контроля на конвейерной ленте циклично-поточной технологии (ЦПТ) для получения достоверных данных о содержании полезного компонента в режиме реального времени;
- привязка всех выемочно-погрузочных и транспортных единиц оборудования к глобальной навигационной спутниковой системе (ГНСС) для контроля их положения и последующего управления ими;
- организация парной разгрузки автосамосвалов, транспортирующих руду из различных забоев с целью снижения колебаний качества в короткий временной промежуток;

- создание каналов обратной связи диспетчерского пункта системы с экскаваторами и автосамосвалами для управления процессом формирования потоков руды методом усреднения.

При такой системе стабилизации качества руды, развития геофизических методов опробования, применения ГНСС в качестве управляющей системы транспорта и развития компьютерной технологии упрощается создание комплексной системы управления качеством потоков руды в карьерах.

Обеспеченность запасами для открытой добычи на карьерах цветной металлургии приведена в табл. 1, где соотношение между подготовленными и готовыми запасами на открытых разработках при работе карьера с проектной мощностью составляет 2:1 [11].

Схема к расчету технического норматива подготовленных к выемке запасов угля для разреза «Березовский-1» приведена на рис. 2. По материалам

выполненных расчетов при производительности разреза 7-8 млн т/год объем подготовленных к выемке запасов угля значительно выше, и это приводит неоправданным затратам на горные работы. Поэтому следует принять меры по регулированию нормативов подготовленных запасов при эксплуатации месторождения в соответствии с фактическими данными ведения открытых горных работ.

Создание поворотных или разворотных площадок вблизи погрузочного экскаватора не представляет собой большой трудности при отсутствии на рабочих площадках прямолинейной непрерывной полосы по всей длине фронта работ за счет возможности автотранспорта передвигаться по более гибкой траектории. Это позволяет сократить площадь уступа, занятую подготовленными запасами угля, по сравнению с другими схемами работы транспорта. Из этого вытекает следующее:

- при использовании железнодорожного и конвейерного транспорта управление подготовленными запасами практически невозможно;

- регулировать уровень подготовленных запасов возможно при автотранспорте на угольных и над кровельными вскрышными уступами;

- снизить объем подготовленных запасов угля можно с переходом на технологию разработки уступа, вскрывающего пласт, с организацией движения транспорта по его кровле.

Таблица 1
Обеспеченность карьера запасами руды по степени готовности

Период эксплуатации карьера	Обеспеченность запасами, мес.		
	вскрытые	подготовленные	готовые
Ввод в эксплуатацию	6–12	4–6	0,5–1,5
Работа с проектной мощностью	4,5–7	2–3	1–1,5
Затухание горных работ	3,5–4,5	1,5–3,5	0,5–1

Применение предлагаемой схемы работы транспорта и принятые меры по регулированию транспортирования горной массы позволят снизить объем лишних подготовленных запасов угля, осуществлять разработку поля разреза блоками, уменьшить плечо откатки и затраты на горные работы.

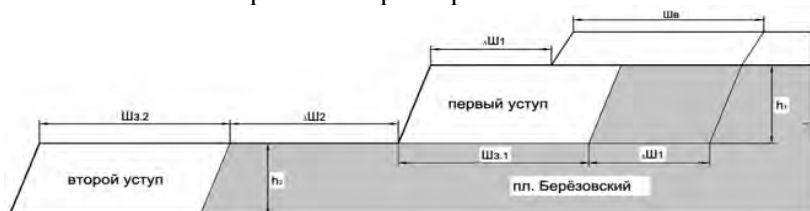


Рис. 2. Схема к расчету норматива подготовленных запасов для разреза «Березовский-1»

Горнотехническая система карьер состоит из подсистем вскрышных и добычных работ, имеющих самостоятельные цели и задачи, направленные на выполнение единой функции - добычи полезного ископаемого. Резерв готовых к выемке запасов на каждом горизонте позволяет вести горные работы независимо от вышележащего горизонта в течение некоторого промежутка времени [12]. Коэффициент готовности технологической цепи соответствует надежности работы для верхнего рабочего горизонта, а для других горизонтов устойчивость их работы

будет зависеть от коэффициента готовности уступов и от запаса между ними. Горнотехническая система карьер в произвольно выбранный момент времени определяет готовность этой системы к работе и позволяет оценить эксплуатационные качества системы. Надежность работы системы зависит от удобного распределения объемов запасов по степени подготовленности к выемке по уступам рабочего борта и времени отработки.

При изменении горно-геологических условий вскрытия рудного тела или россыпи в пределах выемочной единицы, технологии очистных работ, а также технико-экономических показателей, плановые нормативы подготовленности запасов руды и песков, рассчитываемые в соответствии методическими указаниями, утверждаются главным инженером и согласовываются с органами Госгортехнадзора [13]. Рациональные нормативы подготовленности запасов учитывают следующие условия:

- обеспечить безусловное выполнение планов при ритмичной работе;
- учитывать специфику горно-геологических и климатических условий;
- способствовать наиболее рациональному извлечению запасов алмазов;
- соответствовать принципу минимальных объемов горно-капитальных, горно-подготовительных, нарезных и возможно более поздних сроков их проведения с максимальной экономией трудовых и материальных затрат.

При обосновании нормативов запасов при проектировании горных работ от достигнутого, расчетные показатели основываются на фактических планах горных работ. На рис. х. показан план центральной части трубки Нюрбинского месторождения. Заштрихованная часть показывает суммарный контур вскрытых и подготовленных к выемке запасов (перекрестная штриховка). На предприятиях компании при изменении горно-геологических условий вскрытия рудного тела или россыпи в пределах выемочной единицы, технологии очистных работ, а также технико-экономических показателей, плановые нормативы подготовленности запасов руды и песков,

рассчитываемые в соответствии с данными методическими указаниями.

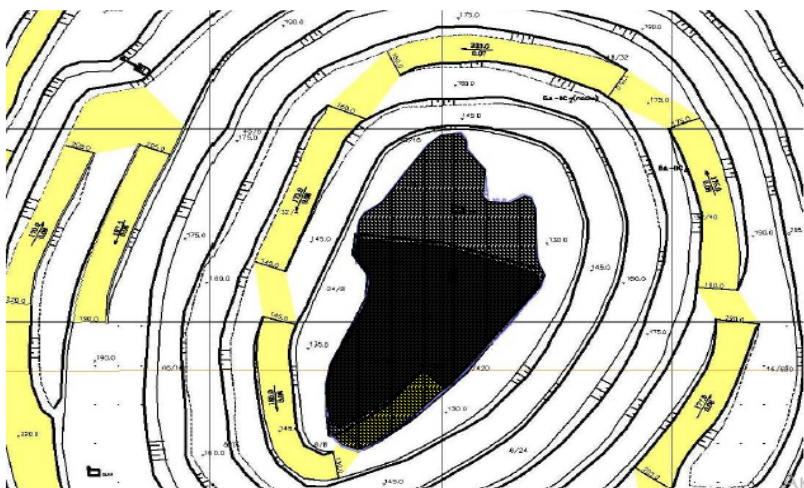


Рис. 1. Участок вскрытых и подготовленных к выемке запасов центральной части трубки Нюрбинского месторождения

Требование учета количества руд различных технологических сортов вытекает из необходимости разделения руд по условиям обогащения, передела или транспортировки. В этих случаях не вся добытая руда может представлять товарную продукцию. Например, когда на уступе карьера имеется три технологических сорта в соотношении 0,25:0,35:0,40, а состав товарной руды требуется обеспечить в соотношении 0,50: 0,30: 0,20, то исходя из этих условий, на горизонте можно добыть руды заданного состава в количестве $0,25+0,15+0,10 = 0,50$, т.е. 50 % общего количества запасов. Оставшиеся 50 % запасов должны быть или переработаны отдельно, или складированы. В этом случае сумма долей технологических сортов равна 0,50.

В работе предложена компьютерная методика нормирования запасов:

- построение геолого-технологической и горно-минералогической блочно-каркасных моделей кимберлитовых

трубок с помощью программного обеспечения системы Datamine;

- сопоставление результатов математического моделирования и поступающих геолого-маркшейдерских данных по эксплуатации месторождений, анализ изменчивости;

- прогнозирование качества кимберлитовой руды на вновь вскрываемых горизонтах, определение выхода, качества и извлечения алмазов в готовый продукт обогатительной фабрики;

- оценка ожидаемой суммарной извлекаемой ценности алмазов для выделения технологических сортов руд в подготовленных к выемке запасах;

- использование прогнозного качества кимберлитовой руды в качестве входных параметров для нормирования объемов в планируемых к вскрытию запасах;

- реализация оптимальной стратегии максимизации прибыли для проектирования перспективных этапов отработки и текущего планирования добычи.

Обеспечение карьеров по добыче алмазов нормативными запасами всех сортов руд различных категорий готовности к выемке в целом стабилизировало выполнение горных работ с высокой степенью организации производства. Планируемое развитие горных работ при фиксированном объеме вскрыши должно обеспечить создание необходимых запасов требуемого объема и качества. Для этого обеспечивается необходимая длина фронта добычных работ и ширина резервной полосы, бермы, на рабочей площадке по каждому сорту. Кроме того, прогнозирование ожидаемых технических показателей непосредственно увязывается с изменением горно-геологических и горнотехнических условий по мере подвигания фронта добычных работ, а также с состоянием алмазного рынка - прогнозируемого роста или падения цены на алмазы.

Прогнозные значения качества руд непосредственно оказывают влияние на нормативы в случае значительной изменчивости в массиве кимберлитовых руд. Стабилизация качества запасов по степени готовности частично достигается варьированием коэффициентов резерва запасов, зависящими от достоверности моделирования, изменения сортности, производственных и климатических условий по мере подвигания

фронта добычных работ. В свою очередь, технический норматив готовых к выемке запасов на каждом временном этапе определяется расчетными объемами в наилучшей последовательности отработки этапов, которые должны уточняться для достигнутых экономических показателей, существующей величине удельных затрат и с учетом рыночных цен на алмазы.

Объединение автоматизированной системы диспетчерского управления горнотранспортным оборудованием с автоматизированным рабочим местом «Качество» дает возможность получить принципиально новую систему управления качеством в потоках руды карьера [14]. Функциональная схема построена на принципе применения усреднения как способа управления качественными показателями потока руды. При ведении открытых горных работ оптимальные нормативы готовых к выемке, подготовленных и вскрытых запасов предполагают:

- равномерную обеспеченность выемочных единиц готовыми к выемке, подготовленными и вскрытыми запасами на нормативном уровне;
- работу в карьере нормативного числа выемочных единиц достижения установленной производительности и усреднения качественного состава добываемого сырья;
- обеспеченность каждой выемочной единицы запасами отбитой руды в соответствии с производительностью в интервале времени между взрывами.

Управление запасами отбитой руды в карьере необходимо осуществлять таким образом, чтобы в каждом добычном забое на момент взрыва количество отбитых запасов было достаточным для обеспечения в интервале между взрывами максимальной производительности экскаватора [15]. Нормативную величину готовых к выемке запасов можно снизить, если направление движения заходки экскаватора на добычных уступах принять параллельным направлению наименьшей автокорреляции содержания усредняемого показателя. В этом случае значение внутризабойной дисперсии будет наименьшим, что приведет к уменьшению числа добычных экскаваторов и нормативов готовых к выемке запасов.

Исследованиями было установлено, что производительность карьера должна определяться с учетом взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, которые обеспечивают в карьере необходимый объем готовых к выемке запасов [16]. Из этого следует, что ширина рабочей площадки должна определяться исходя из ее взаимосвязи с длиной активного фронта горных работ, обеспечивающих в карьере объем готовых к выемке запасов и заданную производительность с учетом ее увеличения. По результатам исследований была усовершенствована методика определения объемов вскрышных работ и нормальных условий добычи полезного ископаемого при изменении его производительности.

Результаты проведенных исследований показали, что при нарастании производительности карьера по полезному ископаемому объемы вскрышных работ увеличиваются не пропорционально росту производительности по руде, а в значительной степени растет коэффициент вскрыши. Несоблюдение выявленных закономерностей при планировании горных работ часто приводит к отставанию вскрышных работ. При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом управление подготовленностью запасов воздействуют на надежность работы карьера, качественные характеристики поставляемого потребителям минерального сырья, извлечение полезных компонентов при переработке, общую экономическую эффективность от добычи руды в недрах до готовой продукции и стабилизацию добычи руд [17]. В этой связи для стабилизации качественных характеристик поставляемого потребителям полезных ископаемых при ведении открытых горных работ рекомендуется использовать следующие рациональные задачи: обоснование управления подготовленностью к выемке запасов следует осуществлять на основании воздействия основных технологических типов руд в выемочной единице; при применении ЦПТ в связи с развитием геофизических методов опробования, ГНСС в качестве управляющей системы в карьерах создается комплексная система управления стабилизацией качества руды; определение объемов запасов руды по степени подготовленности к выемке с учетом оптимального

неравномерного их распределения по высоте рабочей зоны позволяет повысить надежность работы системы «карьер» и экономическую эффективность реализации проектных решений; образуемый в процессе объединения единый поток руды в соответствующих пропорциях сырья из различных забоев представляет качество добытой руды карьера для отправки на обогащение; изменение условий внешней экономико-технологической среды и устойчивость работы комплексов циклично-поточной технологии зависит от обоснования условий организации и параметров схем стабилизации качественно-количественных параметров рудных потоков; параметры рабочей площадки должна определяться исходя из ее взаимосвязи с длиной активного фронта горных работ для обеспечения объема готовых к выемке запасов и заданную производительность с учетом ее увеличения.

Изучение опыта воздействия подготовленности к выемке запасов полезных ископаемых, а также формирования качества добываемой руды на открытых горных работах с учетом влияния природных, технологических и экономических факторов оказывает положительную роль для стабилизации качества и повышения однородности содержания добытой руды при освоении месторождений. На открытых горных работах стабилизация качества и повышение однородности содержания в рудном сырье способствует улучшению извлечения полезных компонентов при обогащении и переработке в период эксплуатации месторождений минерального сырья, в результате этого возрастает общая эффективность извлечения металлов и технико-экономические результаты горного предприятия.

1.3. Регулирование подготовленности запасов и качественных характеристик руд при открытой разработке

На открытых разработках в процессе ведения горных работ запасы минерального сырья по подготовленности переходят из одной разновидности в другую и находятся в постоянном изменении, поэтому достаточность их для бесперебойного выполнения плановых объемов добычи с обоснованными качественными характеристиками руды являются показателем

эффективности работы горного предприятия. В период ведения добычных работ изменения объемов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов должны происходить в нормативных пределах в зависимости от горнотехнических и горно-геологических условий разрабатываемого месторождения. Вскрытые запасы при ведении открытых горных работ должны обеспечить объемы подготовленных и готовых к выемке запасов в период эксплуатации месторождения. Готовыми к выемке запасами должна быть обеспечена стабильная работа выемочно-погрузочного оборудования для всех добываемых видов полезных ископаемых по качеству. Отклонение от этих условий может стать причиной нарушения ритмичности работы карьера по добыче руды и уменьшения надежности выполнения календарного плана поставки потребителям согласованного объема полезных ископаемых.

На открытых горных работах управление подготовленностью запасов и качественными характеристиками добываемых руд является принципиальной проблемой при эксплуатации месторождения. В этой связи в процессе ведения добычи руд должны быть известны фактическое состояние запасов в границах каждого экскаваторного блока, степень регулирования подготовленности запасов на определенный момент времени, количественные и качественные изменения в запасах в связи с изменением их контуров.

Регулирование качественных характеристик полезных ископаемых в период осуществления горных работ требует принятия технологических решений по обеспечению стабильности добычи сырья с планируемым свойством. Для этой цели на каждом горном предприятии по всей вероятности следует принимать технические, технологические и организационные меры, соответствующие горнотехническим и горно-геологическим условиям разрабатываемого месторождения: своевременное выполнение плана горных работ по подготовке и добыче руды; обеспечение степени регулирования стабильности качественных свойств рудной массы при добыче; соблюдение нормативного уровня извлечения полезного ископаемого из залежи при эксплуатации месторождения.

Принятый учет состояния и движения запасов является составной частью рациональной эксплуатации месторождения, поэтому фактическая ситуация в каждом экскаваторном блоке должна отражать степень подготовленности сырья на определенный момент времени, количественные и качественные изменения в запасах, происходящие в связи с уточнением их контуров [18]. Осуществление объема работы заданного качества в процессе производства горных работ требует управления рационального распределения запасов для обеспечения планируемого качества минерального сырья по экскаваторным блокам. Достижение указанной цели требует принятия организационно-технических мер по гарантированию подготовленными и готовыми к выемке запасами с согласованными качественными характеристиками потребителей.

Качество минерально-сырьевой продукции устанавливается на двух стадиях: формирование качества и управление им. Формирование качества полезного ископаемого устанавливается на стадии проектирования и планирования горных работ и основывается на совокупности характеристик, удовлетворяющих обоснованным или предполагаемым потребностям. При этом результативность планирования и управления качеством в период ведения открытых горных работ определяется рядом принципов [19]:

- качество любой продукции может стать объектом управления, если его можно измерить;
- чем представительнее состав показателей качества, тем полнее характеризуется способность и пригодность продукции к удовлетворению заданных потребностей;
- качеством можно управлять только тогда, когда измерение свойства посредством показателя качества осуществляется с необходимой достоверностью;
- поскольку стоимость продукции зависит от качества и определяет ее цену на рынке, регулирование качеством в значительной мере есть и управление экономикой предприятия.

На созданной информационной основе проводится проработка вариантов управления качеством с использованием математических моделей. Из периодов планирования выстраивается некоторая иерархия. Верхний уровень -

разработка плана на три года с развертыванием плана по месяцам и использованием информации предварительной и частично детальной геологической разведки. Второй уровень - ежегодное планирование с развертыванием плана по месяцам и суткам по картам качества, отстроенным по данным детальной разведки. Третий уровень - месячное планирование с развертыванием плана по суткам по картам качества, актуализированным данным детальной и частично эксплуатационной разведки. Четвертый уровень - оперативное планирование с использованием карт качества с актуализацией информации по показателям выполненной эксплуатационной разведки. Проработку возможностей по управлению качеством предусмотрено проводить по следующим целевым установкам:

- стабилизация качества полезного ископаемого;
- максимизация выхода концентрата со стабилизацией качества;
- максимизирование выхода углей более высокого класса качества и стабилизация показателей качества;
- стабилизация соотношения объемов добычи разных классов или типов углей, мало- и высокозольных, а также углей и породы.

Экспериментальные расчеты по определению раскройки переходной зоны Нерюнгринского месторождения (Южная Якутия) с установлением траектории передвижения запасов показали, как и при решении задачи с полной динамической моделью с критерием, высокую сходимость результатов, полученных за приемлемое для практических расчетов время.

На иерархии плановых решений рассчитывается детальный план, определяющий интенсивность отработки запасов, при использовании экскаваторов с управлением по выбранной целевой функции и системе следующих ограничений:

- предел на разброс значений главного и основных показателей качества;
- мера варьирования производительностью экскаватора;
- граница продвижения экскаваторов в пространстве добычной зоны;
- ограничения, учитывающие остановки экскаваторов на ремонт, исключаяющие его из работы.

Для каждого технологического процесса необходимо установить коридор допустимых колебаний показателей, которые восприимчивы частично демпфировать последующие после него процессы, и критических, требующих изменения организации работ. Как только вводится область допустимых значений, то появляется возможность селекции сигналов и отбора таких, на которые необходимо реагировать. Пример ситуаций по селекции сигналов показателя X от времени t показан на рис. 3.

Предел допустимой флуктуации определяется граничными значениями управляемого показателя, то есть значениями, при превышении которых управляемая система выходит за границу устойчивости. Тогда цель регулирования качества состоит в поддержании управляемых переменных по процессам технологии в заданном диапазоне значений. Задание предела вариации показателей переводит высокочувствительную технологическую систему-карьер - в разряд робастных систем.

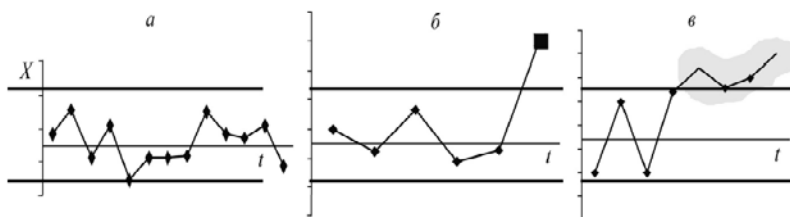


Рис. 3. Ситуации в управлении системой: *а* - устойчивый режим; *б* - появление сигнала к управляющему воздействию; *в* - неустойчивый режим

В целом способ регулирования стабилизации качества добываемых углей, как и любого полезного ископаемого, состоит в последовательном сжатии размаха значений показателя качества относительно средневзвешенного его значения, сформированного при выемке, по процессам технологии добычи и подготовки углей к переработке (рис. 4).

Представленный шаблон стабилизации качества при оперативном управлении инициирует такой управленческий процесс, как выстраивание контрольных карт качества,

рассматривая их как инструменты статистического управления качеством. Математическое представление целей на всех этапах постановки задачи по управлению качеством отражает действия по равномеризации некоторого вектора показателей качества. Вследствие этого достигается не равновесие, а определенная устойчивость, при которой не утрачивается качество продукции. В результате управляющее воздействие на процессы формирования и управления качеством состоит в поддержании устойчивости и в реакции на состояние выхода процесса из коридора устойчивости. Таким образом, регулирование управления качеством сырья полностью встраивается в модель робастного контроля и переводит принятие решений на новый прочностной уровень с минимизацией рисков.

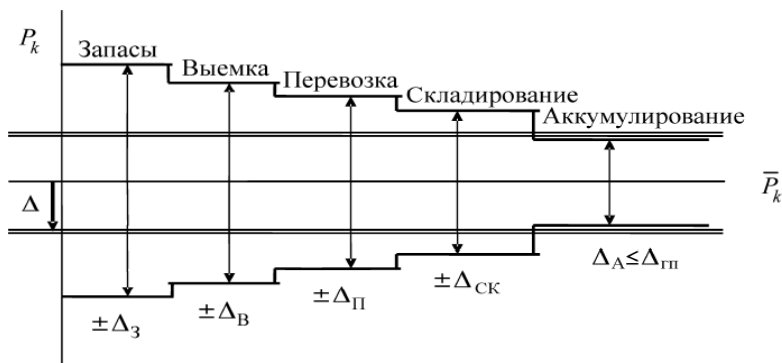


Рис. 4. Шаблон контрольной Δ - карты для управления качеством по процессам добычи полезного ископаемого: P_k - показатель качества; Δ - среднеквадратичное отклонение показателя

Эффективность достижения равномеризации определяется пределом введенных допустимых колебаний измеряемой величины. Управление качеством на современном этапе его развития поставлена для решения новой проблемы, состоящей в разработке методов для оценки стоимости соответствия качества продукции требованиям потребителей. Учет этого факта свидетельствует о том, что происходит движение к тому, чтобы границам устойчивости придать свойство не только потребительской, но экономической робастности. Такую

направленность следует отнести к актуальной задаче горной экономики, а управление качеством рассматривать как регулирование экономикой предприятия.

Регулирование качества продукции осуществляется для повышения степени соответствия основных характеристик добываемого сырья требованиям стабилизации контролируемых показателей качества руды. Процесс стабилизации свойства сырья происходит в период производства добычи и подготовки добытого полезного ископаемого к переработке.

Предложенная информационная система управления качественными характеристиками внутрикарьерных потоков руды «Рудопоток» базируется на полученных результатах функционирования автоматизированной системы диспетчеризации горнотранспортных работ, основанной на использовании технологии глобальной системы позиционирования передвижных объектов [20]. В результате в период рабочей смены осуществляется мониторинг рудных забоев и функции погрузочного оборудования. При погрузке автосамосвала рудном забое, имеющем свои качественные характеристики, регулировании маршрута следования машин и место их выгрузки обеспечивается достоверная информация о количестве перевезенной руды по различным маршрутам. Данные качественной характеристики потока руды, поступающей на перегрузочный склад, позволяет определить текущие качественные характеристики формируемого рудного штабеля на перегрузочном усреднительном складе.

Для обеспечения устойчивости бортов карьеров предложено использование системы мониторинга GeoMos, которая состоит из высокоточных геодезических инструментов Leica TS или Leica MS и программного обеспечения Leica GeoMos (рис. 5). Автоматизированная система мониторинга непрерывно собирает данные о каждом сдвигении в опасной зоне. Электронный тахеометр Leica TS или Leica MS, связанный с программным обеспечением Leica GeoMos способен выполнять измерения на определенные точки с указанным интервалом времени. Результаты автоматически передаются на FTP-сервер ведомства и информация о сдвигениях борта карьера

автоматически рассылается ответственным лицам для своевременного принятия соответствующих мер для решения.

Для управления горными работами необходима оперативная и достоверная информация о технологических и техногенных процессах на открытых разработках с использованием системы мониторинга [21]. В Mineframe реализована работа с двумя видами мониторинга: карьерного транспорта и сейсмических событий. Применительно к решению задач горной технологии мониторинг карьерного транспорта, используемый совместно с инструментами оперативного планирования, позволяет выйти на решение рациональной задачи оперативного регулирования управлением объемными и качественными показателями перемещаемой горной массы.

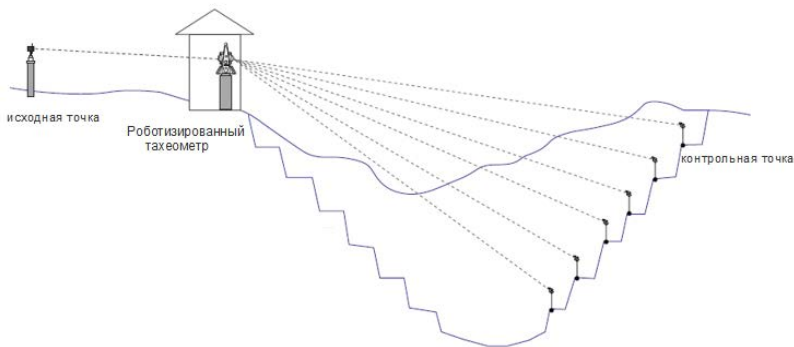


Рис. 5. Система мониторинга состояния горных работ с применением электронного тахеометра

Открытые горные работы рассматриваются как самостоятельная производственная структура, в состав которой входят добычные участки и забои и перегрузочные пункты, обеспеченные определенным количеством запасов [22]. При ведении открытых горных работ поддержание оптимального соотношения между готовыми, подготовленными и вскрытыми запасами связано с определенными затратами. Избыток вскрытых запасов приводит к замораживанию средств, увеличению себестоимости; недостаток - к снижению темпов горных работ, недополучению прибыли от реализации товарной руды за счет снижения объемов добычи и переработки. По

результатам изучения найдено соотношение готовых к выемке, подготовленных и вскрытых запасов равно $\Gamma : \Pi : B = 1 : 3 : 7$. Эта схема соответствует условию: подготовленные запасы есть часть вскрытых, а готовые - составляющая подготовленных. В стратегическом плане развития первоочередной задачей является обеспечение регулирования вскрытыми запасами, поэтому их величина должна отвечать условию необходимой достаточности и обеспечивать перспективу устойчивого развития горных работ, долгосрочных договоров между потребителем и поставщиком.

На месторождениях с горизонтальным залеганием пластов все промышленные запасы могут быть вскрыты, а степень освоения этих запасов близка нулевой [23]. Это происходит из-за несовершенства существующей классификации запасов по степени готовности к выемке с движением запасов какого-либо учета опережающего движения объемов вскрышных работ, закрывающих доступ к основным объемам промышленных запасов, для которых ведутся вскрышные работы.

Определение степени готовности запасов к выемке позволяет характеризовать все запасы в границах работ и движения закрывающих доступ к ним контурных пород вскрыши. Если провести регулирование всех имеющихся на предприятии запасов и расположить их в порядке убывания коэффициента готовности, то можно построить график отражающий распределение промышленных запасов угля в порядке нарастания контурного коэффициента оставшейся вскрыши (рис. 6).

Перевод данных о состоянии работ в аналитический вид позволяет в дальнейшем перейти к разработке системы оценочных показателей, позволяющих сравнивать положение горных работ, определять их возможности на разрезах с разной геологией, технологией работ, стадией разработки или на одном разрезе в разное время. Тогда создаются условия нарастанию контурного коэффициента вскрыши на начало года и движению текущих объемов горных работ по вскрыше и добыче угля.

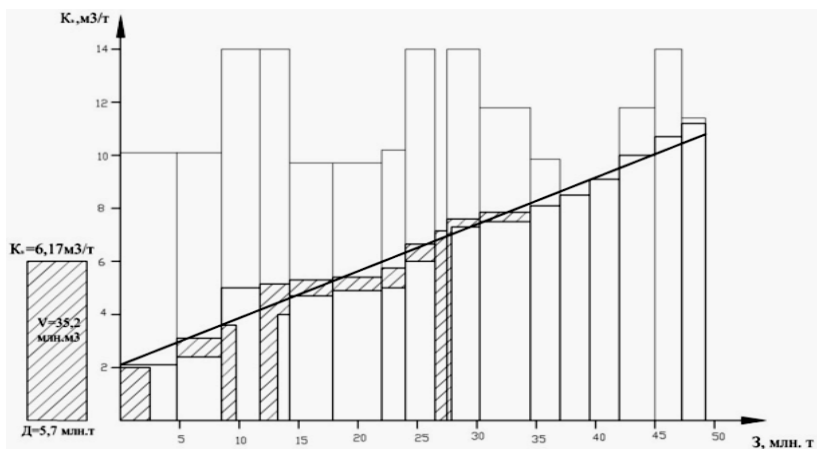


Рис. 6. Распределение незавершенных в производстве промышленных запасов угля в порядке нарастания контурного коэффициента оставшейся вскрыши на начало года и движения текущих объемов горных работ по вскрыше и добыче угля по направлениям на следующий год

Эффективное управление качеством добычных работ при открытой разработке месторождений многосортных руд решается при определенном методическом подходе к данной проблеме. Для решения этой задачи технология добычи руд рассматривается как многошаговый процесс управления технологической системой карьер на каждом временном отрезке, характеризующем состояние объекта с заданными параметрами [24]. С этой целью предложено создание системы управления горными работами, обеспечивающей плановую добычу различных сортов руды на каждом эксплуатационном горизонте по мере углубления карьера. Разработанный календарный график добычных работ с учетом изменений схемы вскрытия повышает эффективность открытых горных работ Жайремского ГОКа за счет регулирования стабилизации качества товарной руды и частичной ликвидации отставания вскрышных работ.

Своевременное изучение управления подготовленностью запасов и качественных характеристик руд при открытой разработке месторождений полезных ископаемых способствует

наиболее равномерному выполнению плановой производительности предприятия и усреднению качественного состава добываемой руды в процессе ведения открытых горных работ [25]. На основании вышеизложенного рекомендуется использовать имеющийся положительный опыт регулирования управления подготовленностью и качеством запасов руд на разрабатываемых месторождениях: применение автоматизированной системы диспетчеризации горнотранспортных работ с использованием глобальной навигационной спутниковой системы позволяет улучшить управление качественными характеристиками внутрикарьерных потоков руды; использование системы мониторинга работы карьерного транспорта способствует оперативному управлению объемными и качественными показателями перемещаемой горной массы при ведении горных работ; определение порядка отработки месторождения и обеспечение заданных кондиций на сырье по результатам геометризации качественных показателей массива позволяет определить наиболее рациональный порядок отработки месторождения для поставки сырья с высоким содержанием; при ведении горных работ предложено иметь соотношение подготовленные запасы вдвое больше готовых, а вскрытые - вдвое, чем подготовленных между этапами развития горных работ; стабилизация качества товарной руды и частичная ликвидация отставания вскрышных работ достигается при создании системы управления горными работами с целью обеспечения плановой добычи различных сортов руды на каждом эксплуатационном горизонте по мере углубления карьера.

Таким образом, при открытой разработке месторождений использование рациональных способов управления подготовленностью к выемке запасов и качественными характеристиками руд способствует созданию системы регулирования горными работами, обеспечению плановой добычи различных сортов руды на каждом эксплуатационном горизонте, выполнению плановой производительности карьера с требуемым качеством руды, применению автоматизированной системы горнотранспортных работ и повышению в полной мере надежности работы системы горного предприятия по добыче минерального сырья.

1.4. Управление подготовленностью к выемке запасов и качеством руд на подземных горных работах

На подземных горных работах основной задачей системы управления качеством является формирование потоков руды с заданными показателями содержания добываемого полезного компонента. Свойство минерального сырья в недрах преобразуется в качество добытого полезного ископаемого в процессе объединения в соответствующих пропорциях, поступающего из различных забоев подземных горных работ в объединенный поток руды, направляемый потребителю на обогатительное производство.

При подземной разработке месторождений управление нормативами вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов, повышение качества добываемой руды является важным способом улучшения результативности работы горного предприятия. Эффективность производства добычи руды подземным способом определяется соотношением сырья с заранее заданным качеством обогащения полезных ископаемых и производственными затратами на единицу добываемой продукции.

Управление кондицией продукции горного предприятия направлено на обеспечение добываемого качества минерального сырья и ориентировано на улучшение подходящих показателей руды в процессе добычи, создание дополнительных средств для повышения ее свойств и полное удовлетворение требований потребителя. Совершенствование стабилизации качественного состава добываемой руды обеспечивается проведением процесса усреднения, обеспечивающего среднего значения показателя качества добытого сырья за определенные календарные сроки и достижение равномерного состава рудной массы в каждом объеме, отгружаемого потребителю.

Задача построения многогранной поверхности распределения качественных и геометрических показателей месторождения математически заключается в построении кусочно-линейной непрерывной поверхности линейной функции переменных по значениям функции моделируемого параметра на множестве хаотически расположенных точек, полученных при

бурении геологоразведочных скважин. На рис. 7 приведены этапы управления качеством при добыче и переработке минерального сырья [26].

Для существенного и систематического снижения изменчивости показателей качества руды технологически и экономически эффективно при ее стабилизации по схеме рудник-транспортировка руды-обогащительная фабрика. При этом достичь снижения колебания изменчивости качества руды наиболее результативно непосредственно в руднике, а на обогащательной фабрике целесообразно снижать его высокочастотную составляющую. Конкретные технологии усреднения рудной массы и ее параметры зависят от частоты изменчивости качества и среднего уровня содержания полезного компонента в разрабатываемом участке недр.

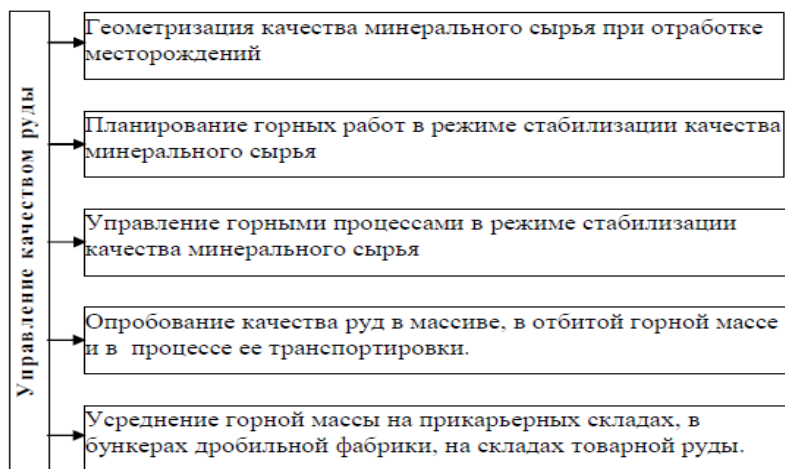


Рис. 7. Этапы управления качеством при добыче и переработке руды

Для решения задач перспективного плана работы рудника используются актуальные модели на заданный период времени. Вопросами календарного планирования в настоящее время на комбинате занимается бюро горных работ в составе технического отдела рудоуправления [27]. С помощью функций горнотехнического комплекса решаются задачи текущего и

перспективного планирования, а также задачи оперативного проектирования, в том числе, буровзрывных работ. Календарное планирование выполняется для следующих интервалов времени: на месяц, квартал, год и перспективу (рис. 8).

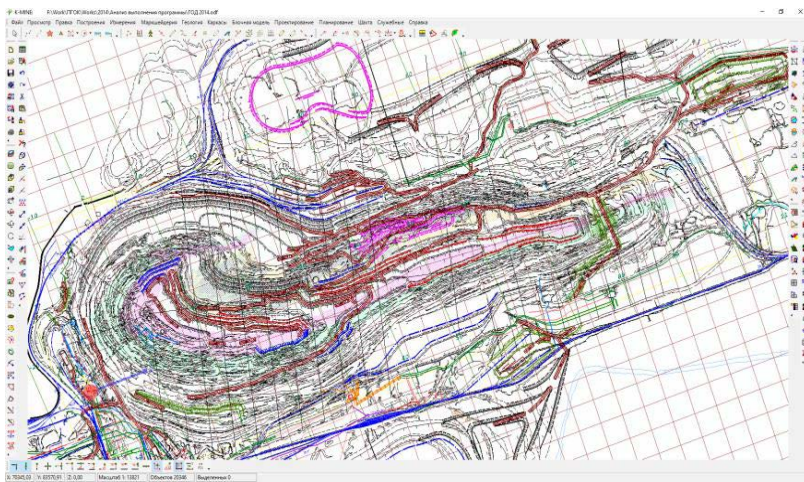


Рис. 8. Контур карьера на конец планируемого периода

При формировании календаря отработки сырья используются методы прямого счета. Автоматически по графическим данным формируется разбивка объемов по участкам, горизонтам и единицам техники. Оперативное управление за соблюдением качественных характеристик минерального сырья сокращают размах колебаний средних значений содержания металлов, способствует стабилизации качества и улучшению однородности содержания рудного сырья. Предлагаемый комплекс календарного планирования позволяет производить экономическую оценку принятого варианта плана.

Рациональное управление качеством и комплексным использованием рудного сырья требует тесной взаимосвязей операций выемки, подготовки руды и переработки по времени и форме с организацией надежной обратной связи. Это может быть достигнуто лишь на основе создания единой автоматизированной системы управления качеством и комплексным использованием

минерального сырья [28]. По форме она должна представлять интегрированную систему, охватывающую все стадии «проектирование-планирование-добыча-переработка», и соответствовать структуре управления горно-металлургическим предприятием.

Для целей компенсации потери устойчивости горнотехнической системы необходимо формировать комплексы технологических резервов с учетом запасов подготовленных и готовых к выемке руд различной ценности, тогда реализация технологических резервов в комплексе позволяют сократить их объемы [29]. При этом обеспечение устойчивости функционирования горнотехнической системы происходит при своевременном формировании и реализации комплексов технологических резервов, направленных на достижение стабильной эффективности горного производства в период негативного влияния рыночных и горно-геологических факторов.

При колебании цен на металлы и снижении с глубиной содержания полезных компонентов в руде появляются зоны устойчивого и неустойчивого функционирования горнотехнической системы [30]. Анализ технико-экономических показателей горных предприятий Южного Урала показал, что на устойчивость функционирования горнотехнической системы оказывает влияние совокупность внешних и внутренних факторов, которые в зависимости от возможности воздействия на них подразделяются на управляемые и неуправляемые (рис. 9). Факторы, влияющие на устойчивость работы горнотехнической системы при подземной разработке месторождений, предлагается подразделять на нижеследующие группы: технологические, технические, организационные, экологические, горно-геологические и рыночные. Использование коэффициента устойчивости на практике позволяет осуществить прогнозную и текущую оценку степени стабильности горнотехнической системы и оперативно реагировать на изменения множества факторов, которые оказывают на нее влияние.

Для оценки степени влияния всевозможных факторов на устойчивость функционирования горнотехнической системы произведено экономико-математическое моделирование условий подземной разработки медно-колчеданных месторождений при

использовании систем разработки различного класса и производственной мощности рудника до 1, от 1 до 3 и более 3 млн т/год (рис. 10).

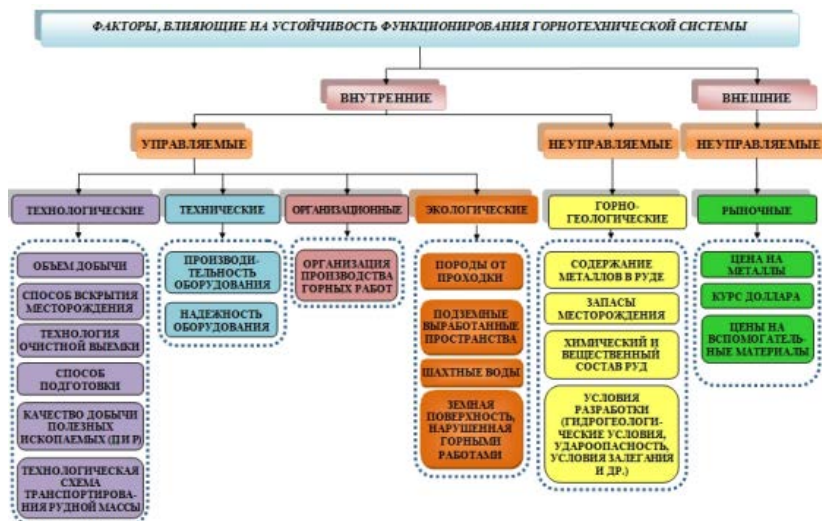


Рис. 9. Факторы, влияющие на устойчивость функционирования горнотехнической системы, при подземной разработке рудных месторождений

Анализ результатов расчета показал, что наибольшее влияние на устойчивость горнотехнической системы при подземной разработке медно-колчеданных месторождений оказывают производственная мощность рудника и применяемая система разработки. В зависимости от применяемой технологии степень влияния цены на медь, содержания меди в руде и неподтверждения запасов разная. Наиболее устойчивы к изменению рыночных и горно-геологических факторов горнотехнические системы с системой разработки с обрушением руд и вмещающих пород, наименее устойчивы к изменениям системы разработки с горизонтальными слоями с закладкой.

Следовательно, при подземной разработке медно-колчеданных месторождений влияние рыночных и горно-

геологических факторов приводит к потере устойчивости горнотехнической системы. Постоянные колебания цен на металлы и снижение с глубиной содержания полезных компонентов в руде обуславливают зоны устойчивого и неустойчивого функционирования горнотехнической системы. По данным практики длительность периодов надежности функционирования горнотехнической системы составляет 0,5-15 мес., что позволяет сформировать резервы для компенсации спада коэффициента устойчивости в результате негативного влияния имеющихся неуправляемых факторов.

На стадии эксплуатации месторождения стабильная работа подземного рудника и требуемые показатели эффективности в большей мере определяются техническими и организационными факторами за счет их направленности на обеспечение необходимого уровня производительности, а также надежности. Оценка устойчивости горнотехнической системы на рудниках позволяет выбрать наиболее оптимальные технологические решения, направленные на обеспечение устойчивости структуры в период негативного влияния экономических факторов на ее работу.

Планомерная отработка месторождения возможна при условии увязки во времени и пространстве вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов [31]. Вскрытым принадлежат запасы руды на месторождении, находящиеся выше горизонта подсечения их вскрывающими выработками. К подготовленным относятся запасы руды выемочных участков, в которых полностью пройдены подготовительные выработки. Готовые к выемке запасы руды, подготовленные к выемочным работам участки, где полностью пройдены нарезные выработки, необходимые для производства очистных работ. На современных рудниках, ведущих разработку с использованием самоходного оборудования, нормативы обычно составляют: вскрытых запасов - 5-15 лет, подготовленных - 6-12 мес., готовых к выемке - 3-6 мес.

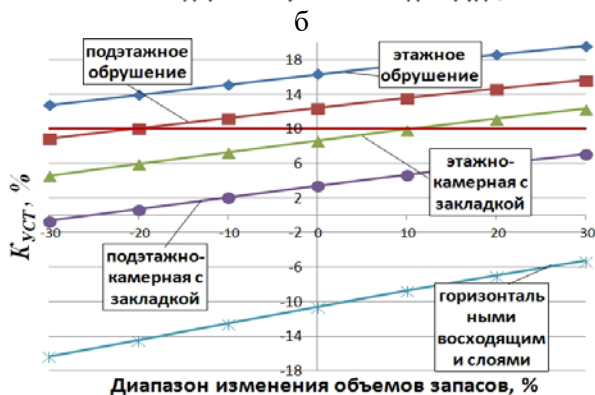
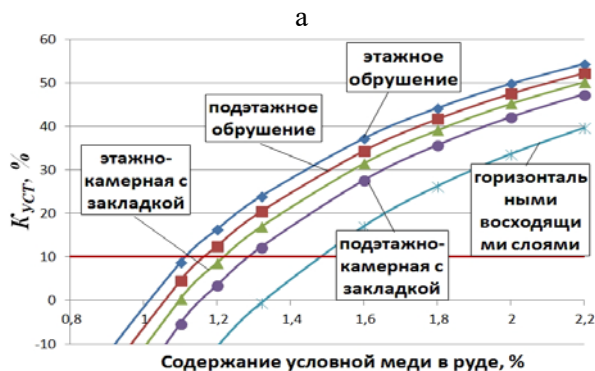
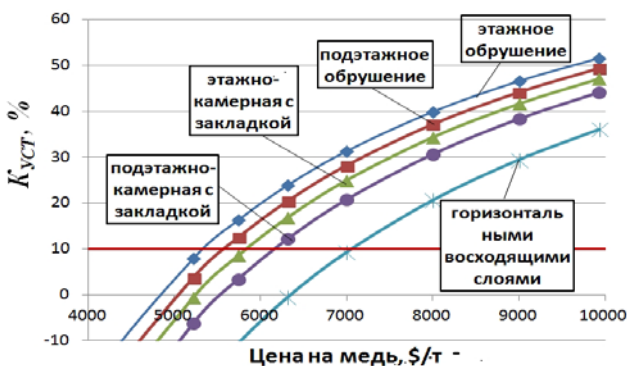


Рис. 10. Зависимость коэффициента устойчивости горнотехнической системы от цены на металл (а), содержания меди в руде (б), объемов запасов (в) при производственной мощности подземного рудника до 1 млн т/год

На основании изучения проблемы управления нормативами вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов и качеством добываемых руд при подземной разработке предлагаются использовать в производственных условиях нижеследующие способы управления подготовленностью запасов полезных ископаемых и качественными показателями [32]: стабилизация состава добываемой руды достигается при получении информации о ее качестве опробованием рудного тела и отбитой руды по каждому забою, складу и потоками руды на поверхности; управление потоковыми процессами при добыче руд повышает качество регулирования процесса их усреднения и способствует возникновению синергетического эффекта при эксплуатации месторождения; реализация технологических резервов позволяет сократить объемы подготовленных и готовых к выемке запасов, уменьшить затраты на проходку и поддержание в устойчивом состоянии выработок; создание эффективной системы управления качеством руды обеспечивает оперативной информацией о количественно-качественных характеристиках по всей технологической цепи в руднике; формирование комплексов технологических резервов с учетом запасов подготовленных и готовых к выемке руд различной ценности обеспечивает устойчивость функционирования горнотехнической системы; проблемно-целевой подход к управлению качеством минерального сырья обеспечивает рациональное использование запасов полезных ископаемых при добыче и подготовке руды к обогащению.

Таким образом, в результате изучения управления подготовленностью к выемке запасов и качественных показателей добываемых руд в процессе ведения подземных горных работ предлагается использовать рациональные способы обеспечения подготовленности запасов и стабилизации показателей качества минерального сырья на горных предприятиях с учетом горно-геологических и горнотехнических условий разрабатываемых месторождений подземным способом. Обеспечение рационального использования запасов и качественных показателей полезного ископаемого процессе ведения горных работ достигается при своевременном решении управления текущего и перспективного планирования эксплуатации месторождений минерального сырья на руднике.

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩНОСТЬ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1. Влияние неравномерности производства горных работ и подготовленности запасов на качественный состав руды

Обеспечение устойчивого развития горнотехнической системы при разработке месторождений полезных ископаемых предопределяются основными технологическими резервами для выполнения объема добычи, качеством добываемой рудной массы, уровнем механизации горных работ и вовлечением в освоение георесурсов недр. Реализация указанных мер осуществляется с целью достижения равномерности производства добычных работ разнообразными способами в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий каждого разрабатываемого месторождения.

При эксплуатации месторождений минерального сырья рациональные способы подготовленности к выемочным работам запасов на качественный состав руды предполагают:

- равномерную обеспеченность всех добычных единиц вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами на нормативном уровне;
- работу нормативного числа добычных единиц, достаточных для достижения установленной производительности и усреднения качественного состава добываемого сырья;
- недопущение неравномерности производства горных работ с целью своевременного обеспечения подготовленности и качества добываемой руды;
- обеспеченность каждой добычной единицы запасами отбитой руды в количестве, необходимом для выполнения производительности предприятия в принятом интервале времени между взрывами.

Технологическая схема формирования качества рудной массы обеспечивает повышение технико-экономических показателей получения апатитового концентрата и снижение негативного воздействия горно-перерабатывающего предприятия на экологию [33]. По результатам изучения

природных предпосылок: геологического строения месторождения, минерального и химического состава руд, и исследований распределения полезного компонента по месторождению установлено, что формирование качества апатитсодержащей руды месторождения «Олений Ручей» (рис. 11) необходимо реализовывать с включением разделительного принципа, осуществляемого посредством операции предконцентрации.

На примере формирования качества руды двух добычных забоев сравним результаты формирования качества рудной массы по существующей в настоящее время системе ГОК «Олений Ручей» и системе управления качеством руды, основанной на комплексном использовании разделительного и усреднительного принципов. Анализ качественных характеристик блоков и результатов применения технологических операций основан на возможностях, предоставляемых программным комплексом «Mineframe» - формированием блочной модели с размером единичных блоков 300 мм (минимальный размер куска после стадии крупного дробления).

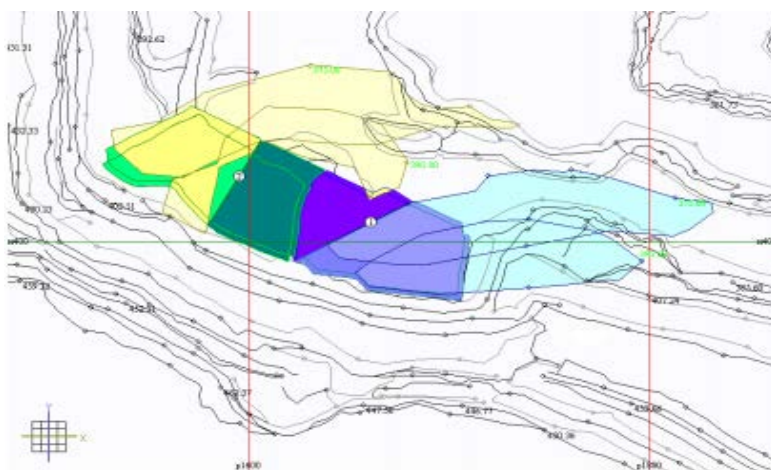


Рис. 11. Схема планирования добычных работ с учетом качественных характеристик обрабатываемых блоков

Существующий способ отработки, основанный на применении селективной отбойки и выемки, реализуемой с использованием взрывоселекции и регулярных осмотров рудной массы в навале геологической службой рудника, обеспечивает значительное, но не достаточное повышение качества: в добычном блоке №1 с 4,53% до 7,17% P_2O_5 , и в добычном блоке №2 с 5,47% до 9,77% P_2O_5 . Применение валовой технологии отработки запасов с последующей предконцентрацией и усреднением позволяет обеспечить регламентируемое содержание полезного компонента в питании процессов переработки: содержание P_2O_5 в добычном блоке №1 повысилось до 10,56%, в добычном блоке №2 до 20,69%.

Под управлением развития горных работ понимается совокупность последовательных операций по оценке состояния производства, изменение размеров, параметров и конструкции активной части рабочей зоны карьера, определение изменения направления добычных работ и контроль заданных технологических параметров с целью выполнения требуемого объема добычи и создания условий для безопасной и экономичной работы карьера [34]. Тогда управление является определяющей при равномерном обеспечении плановых показателей и позволяет повысить эффективность функционирования горно-обогательного комплекса вследствие рационального освоения запасов месторождения в результате стабилизации качества добытой руды.

Разрабатываемое месторождение характеризуется параметрами, которые изменяются по мере увеличения глубины горных работ. При проектировании реконструкции железорудных карьеров неперенным условием является учет основных показателей, определяющих эффективность открытых горных работ, к числу которых относится содержание железа в рудном массиве, которое влияет на экономически целесообразный коэффициент вскрыши и себестоимость товарной продукции [35]. Принятие управленческих решений при сравнении вариантов развития карьера на основе граничного коэффициента вскрыши взаимосвязано с качеством добываемой руды прямо пропорциональной зависимостью, с увеличением содержания железа в исходной руде при возрастании граничного

коэффициента вскрыши и неравномерности развития горных работ.

В результате изучения неравномерности ведения горных работ и подготовленности запасов на горных работах при оперативном управлении нормативами вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов обеспечиваются плановые показатели горно-обогатительного комплекса и экономически эффективное освоение запасов руд за счет стабилизации качественного состава минерального сырья [36]. С целью улучшения качества добытой руды при разработке месторождений предлагается использовать следующие изученные рациональные способы: создание в подземных горных выработках и на земной поверхности рудничных усреднительных систем способствует рациональному управлению проблемы формирования и стабилизации качества рудной массы; равномерное вовлечение к разработке выемочных единиц с определением требуемого качественного состава минерального сырья является действенной системой обеспечения качества добытой рудной массы; рациональное освоение запасов недр достигается при одновременном вовлечении в переработку балансовых и забалансовых запасов при поддержании соответствующего качества руды; стабилизация качества добываемой руды при ведении горных работ способствует повышению рационального освоения запасов месторождения и эффективности функционирования горно-обогатительного комплекса.

Таким образом, на стадии оперативного планирования осуществление целесообразного варианта управления формирования рационального качества добытой рудной массы способствует обеспечению плановых показателей повышения эффективности функционирования горно-обогатительного комплекса, полноты освоения запасов месторождения за счет стабилизации качества руды и равномерного ведения горных работ на предприятии.

2.2. Воздействие режима горных работ на производительность карьера при разработке месторождений

При разработке месторождений ритмичное выполнение плана добычи полезного ископаемого зависит от обоснованных величин нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов в период их отработки, а также принятого режима ведения горных работ на предприятии. Поэтому в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях на эффективность работы карьера воздействуют подготовленность запасов, параметры залежей на горизонтах и применяемая система разработки, качественные показатели добываемой руды, объемы горно-подготовительных работ, принятый порядок добычи сырья, а также используемая техника на производстве. В этих условиях выбор рационального режима горных работ на открытых разработках имеет важное значение для повышения рентабельности работы горных предприятий и позволяет уменьшить неэффективные производственные затраты. Принятые в период эксплуатации месторождения календарные этапы развития карьера должны соответствовать определенным промежуточным контурам открытых горных работ по глубине и в плане. Установление поэтапных контуров и положения горных работ по каждому уступу является основной задачей установления их рационального порядка формирования. Поэтому изучение воздействия режима горных работ на производительность предприятия в период освоения месторождения полезных ископаемых представляет научный и практический интерес при своевременном обеспечении запланированного объема добычи с требуемым качеством руд потребителя.

В период освоения месторождений минерального сырья соблюдение последовательности выполнения объемов вскрышных и добычных работ обеспечивает планомерную, безопасную и экономически эффективную эксплуатацию. Наличие в отдельные годы эксплуатации залежей пиковых объемов вскрыши и добычи руд характеризует неравномерности режима горных работ при освоении недр. В этих условиях ухудшаются экономические показатели разработки из-за

концентрации горного оборудования, энергоносителей, строительства вспомогательных подразделений и бытовых сооружений. Также осложняется использование основного технологического оборудования и снижается производительность труда.

Режим горных работ зависит от способа вскрытия и подготовки рабочих горизонтов, направления развития горных работ, параметров системы разработки и видов выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, которые, в свою очередь, зависят от типа месторождения [37]. Для реализации рационального порядка ведения добычи сырья на разрезе должны быть созданы определенные условия, которые выражаются в основных конструктивных и технологических параметрах его горнотехнической системы: коэффициента вскрыши, ширины рабочей площадки, объемов подготовленных запасов, среднего расстояния транспортирования горной массы и результирующего угла рабочего борта.

В зависимости от целей и интересов инвестора выделены три стратегии ведения горных работ, условно названные «А», «В», «С», различающиеся режимом горных работ, горизонтом прогноза, структурой извлекаемых запасов, приоритетным направлением инвестирования, уровнем приемлемого риска травм и аварий, основным способом обеспечения эффективности и безопасности. На рис. 12 представлена общая схема реализации методики выбора параметров горных работ с учетом стратегии развития угольного разреза. Изменение воздействия режима горных работ в период эксплуатации достигается только изменением интенсивности ведения вскрышных и добычных работ на отдельных участках фронта, что в долгосрочном периоде обеспечивается созданием возможностей концентрации горных работ в эксплуатационных блоках с различным коэффициентом вскрыши. Для этого требуется создание соответствующей сети транспортных коммуникаций и поддержание достаточного для сосредоточения горнотранспортного оборудования количества рабочих площадок с рациональными параметрами. при реализации определенного режима горных работ целесообразно рассматривать эти параметры для каждого технологического

блока, кроме того необходимо вести постоянный контроль и мониторинг за данными параметрами, в случае выявления отклонений, следует разработать комплекс мероприятий по приведению данных показателей до требуемых значений.



Рис. 12. Общая схема реализации методики выбора параметров горных работ

Применение методики выбора рациональных режимов горных работ в практике работы разреза «Бородинский» подтверждает возможность существенного повышения эффективности использования основных ресурсов предприятия. Фактический экономический эффект от реализации настоящей методики составляет 90 млн руб.

На угольных разрезах с мощными пологопадающими пластами режимы ведения производства, обеспечивающие требуемую динамику соотношения вскрышных и добычных работ в долгосрочном периоде, достигаются созданием возможностей концентрации горных работ. В этой связи принятый коэффициент вскрыши в добычных блоках, обеспечивающий требуемую динамику горных работ в

краткосрочном периоде, формирует резервную ширину рабочих и нерабочих площадок, объемы подготовленных запасов, а также нагрузки на основное технологическое оборудование.

Особенностью открытой разработки горизонтальных или пологих пластов является постоянство глубины отработки, длины фронта вскрышных и добычных работ разреза. При этих условиях изменение режима горных работ в период эксплуатации достигается только изменением интенсивности ведения вскрышных и добычных работ на отдельных участках фронта, что в долгосрочном периоде обеспечивается сосредоточением горных работ в эксплуатационных блоках с различным коэффициентом вскрыши. Для этого требуется создание соответствующей сети транспортных коммуникаций и поддержание достаточного для сосредоточения горнотранспортного оборудования количества рабочих площадок с рациональными параметрами.

Поддержание и увеличение интенсивности разработки в период понижения горных работ требует увеличения угла откоса рабочего борта за счет изменения высоты уступа и ширины рабочих площадок [38]. Более полная оценка возможности интенсификации горных работ на карьерах позволяет оценить эффективность использования имеющейся активной рабочей площади оборудованием различной мощности. В условиях использования комплексов оборудования различной единичной мощности показатель производственной мощности карьера и оказывающие на него влияние высоты уступа, вместимости ковша и производительности экскаватора, приведены к относительным единицам, при этом базовым для экскаваторов является комплекс минимальной единичной мощности.

Управление и регулирование режима горных работ нацелено на уменьшение эксплуатационного коэффициента вскрыши на начальных этапах развития горных работ либо на поддержание производственной мощности карьера при неизбежном ее выбытии с глубиной. В этой связи рассмотрены особенности управления развитием рабочей зоны карьера и дана оценка возможной интенсивности ведения горных работ при использовании оборудования различной единичной мощности в условиях разработки крутопадающих месторождений.

Основываясь на классических представлениях об этапной разработке крутопадающих месторождений, на условном поперечном разрезе графически смоделирована схема развития рабочей зоны на стадии эксплуатации карьера (рис. 13). При глубине карьера H_1 верхний уступ рабочих бортов GD и EF, сформированных под углом α , достигает контура первого этапа ABCD - 1, при этом длина проекции линии откоса рабочего борта по вскрышным породам равна величине В. Если отработку вести в пределах этого этапа, а уступы, достигшие контура этапа, погашать под углом β , то при достижении горными работами глубины, соответствующей глубине первого этапа $H_{\text{ЭТАПА}}$, добычные работы необходимо остановить из-за отсутствия подготовленных запасов. Поэтому по достижении рабочей зоной определённой глубины, равной H_k , одновременно с отработкой в границах первого этапа необходимо начать ускоренный разнос временно нерабочих бортов АК и DN в пределах последующей очереди А'В'С'D' - 2. К моменту достижения карьером глубины $H_{\text{ЭТАПА}}$ рабочая зона займет положение А'РBCQD'. Исследованиями установлено, что величина H_k зависит от угла рабочего борта карьера, величины его горизонтальной проекции и определяется исходя из необходимой скорости углубки в границах рабочей зоны предыдущего этапа h_n и максимально возможной скорости углубления при расконсервации временно нерабочего борта в границах последующей очереди h_p . Очевидно, что в случае отработки в контуре первого этапа при достижении карьера глубины H_1 , текущий коэффициент вскрыши достигнет своего максимума, а затем начнет падать. При этом постепенно сокращается протяжённость вскрышного фронта работ, особенно это характерно для округлых в плане месторождений, а при постоянной скорости углубки и величине угла откоса рабочего борта постепенно уменьшается производственная мощность по горной массе. Так, при понижении горных работ от глубины H_1 до H_k горизонтальная проекция линии откоса рабочего борта по вскрышным породам уменьшится до величины V_1 . Для поддержания и увеличения интенсивности разработки в период понижения горных работ с глубины H_1 до H_k необходимо увеличивать угол откоса рабочего борта за счет изменения высоты уступа и ширины рабочих площадок. В этом случае

Для проверки вышеизложенного утверждения и в результате исследования динамики развития рабочей зоны карьера и с учетом вышеизложенных исходных данных представлены в виде графиков на рис. 14.

49

ЭКГ в 2 раза его относительная эксплуатационная производительность возрастает всего в 1,35 раза, а относительная высота уступа только в 1,31 раза. За счет этого происходит относительное повышение производительности карьера не более чем в 1,47 раза (рис. 4). Поэтому для повышения эффективности разработки и оценки потенциальных возможностей наращивания производственной мощности необходимо анализировать приращение относительных показателей для экскаваторов различного типа и единичной мощности.

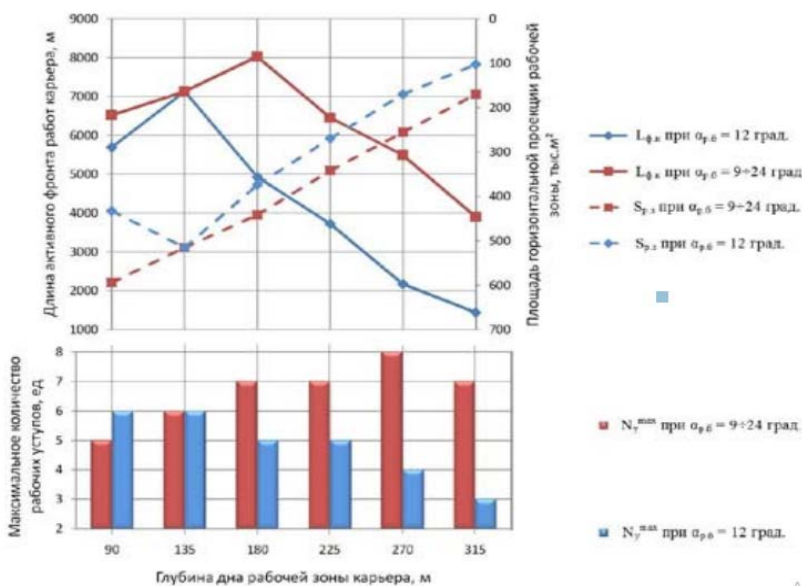


Рис. 14. Влияние глубины дна рабочей зоны и угла откоса рабочего борта на показатели, определяющие интенсивность ведения горных работ

В результате моделирования развития рабочей зоны карьера установлено влияние показателей, характеризующих типоразмер и единичную мощность комплексов горнотранспортного оборудования на показатели интенсивности добычных работ. Построенная номограмма увязывает между собой отдельные относительные показатели, оказывающие

влияние на интенсивность разработки, и дает возможность оценить степень их влияния. Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что величина приращения относительной производственной мощности карьера при использовании экскаваторов типа ЭКГ с увеличением их единичной мощности больше, чем гидравлических экскаваторов типа обратная лопата. Также установлено, что между этими показателями нет пропорциональной зависимости; приращение относительной вместимости ковша экскаватора в четыре раза обеспечивает увеличение производственной мощности карьера в 1,83 и 1,54 раза соответственно при использовании механических и гидравлических лопат. Причем величина этого приращения изменяется неравномерно и зависит от вместимости ковша и типа экскаватора. При этом для механических лопат соответствующая функция имеет экстремум в области 15 м³ и при дальнейшем увеличении наблюдается относительное снижение приращения имеющейся производственной мощности.

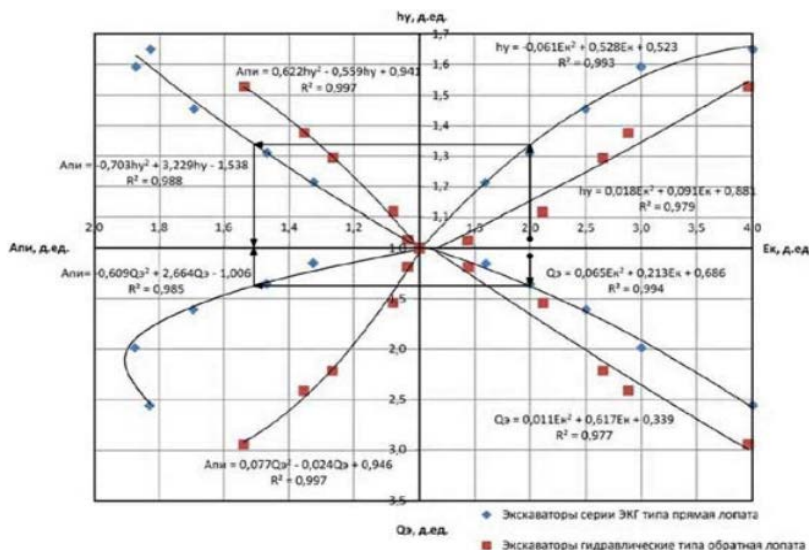


Рис. 15. Номограмма для определения относительной производственной мощности карьера ($A_{пш}$) в зависимости от относительной вместимости ковша экскаватора (E_k)

Для гидравлических лопат при увеличении вместимости ковша относительная производственная мощность карьера нарастает менее значительно, чем при использовании механических лопат. Однако при этом абсолютная ее величина соответствует достигаемой механическими лопатами. Последнее обусловлено высокой эксплуатационной производительностью гидравлических лопат. Таким образом, выполненные исследования показали, что при рациональном использовании оборудования, обеспечивающем его полную загрузку, увеличение его мощности не обеспечивает необходимую динамику увеличения производственной мощности карьера.

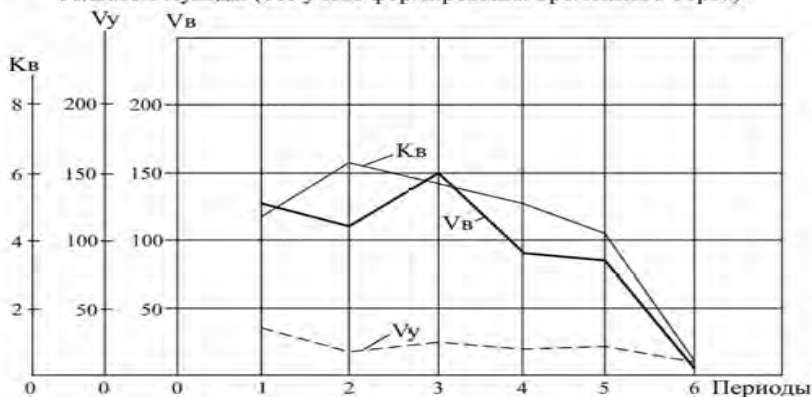
Послойная разработка второго этапа не обеспечивает равномерного режима горных работ, имеет наибольшие расстояния перемещения горной массы и не может быть рекомендована к использованию [39]. Вариант послойной разработки с одновременным вовлечением в эксплуатацию нескольких смежных слоев с приоритетным развитием верхних уступов может быть оправдан только при небольшой глубине залегания пластов и при разработке неглубокозалегающих несимметричных мульд с развитием горных работ со стороны выположенной части мульды.

График режима горных работ и календарный график показаны на рис. 16, где одновременно с ведением добычи сырья в контурах второго этапа будет вестись и формирование временного борта. Данная версия ведения горных работ с симметричным обхватом флангов мульды характеризуется более неравномерным режимом горных работ и отклонения текущего коэффициента вскрыши от среднего значительные. На основе анализа приведенного календарного графика видно неравномерность режима горных работ, хотя и в меньшей степени. Однако, в варианте со встречным направлением подвигания фронта горных работ значительно больший объем вскрышных пород можно разместить в выработанном пространстве III зон.

Варианты развития горных работ в контурах второго этапа с обхватом мульды по периметру и с симметричным обхватом флангов мульды близки по развитию горных работ, особенно в последующие периоды разработки. При окончательном выборе

управления наилучшего варианта следует учитывать требования устойчивости массива и конкретные горно-геологические и горнотехнические условия ведения горных работ.

График режима горных работ в III зоне работы карьера с симметричным обхватом мулды (без учета формирования временного борта)



Календарный график отработки III зоны карьера с симметричным обхватом мулды с учетом формирования временного борта

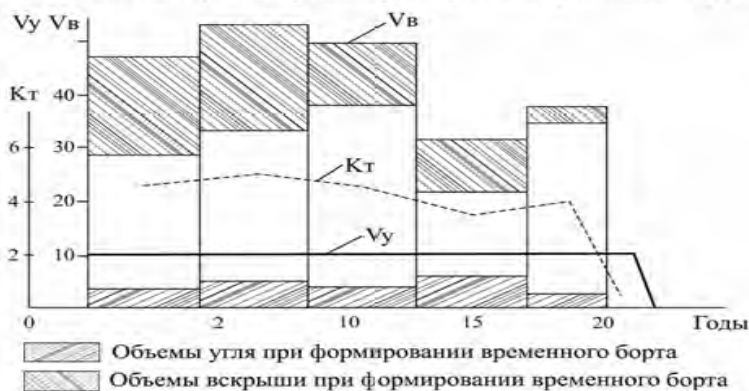


Рис. 16. График режима горных работ и календарный график горных работ при их ведении с симметричным обхватом мулды

При регулировании и обосновании рационального графика режима горных работ возникает проблема потери мест

производства работ на горизонтах, определенная в результате горно-геометрического анализа [40]. Задача регулирования воздействия рационального графика режима при отработке месторождения связана с возможностью физической его реализацией и проверкой технологических возможностей, обоснованных в процессе проектирования и количества основного карьерного оборудования.

Ступенчато-убывающий рациональный график режима горных работ, определяющий сокращение срока окупаемости инвестиций, осуществляется интенсификацией горных работ в процессе формирования карьера первой очереди и корректируется управлением порядка ввода и функционирования основного карьерного оборудования. Учет величины дополнительного опережения в процессе изучения воздействия режима горных работ дает возможность проверки технологических возможностей основного карьерного оборудования и управления организацией ведения горных работ.

Результаты изучения воздействия влияния режима горных работ на производительность горнодобывающего предприятия показывает, что на действующих горных предприятиях имеются нижеследующие способы обоснования рационального опыта неравномерного и равномерного режимов ведения вскрышных и добычных работ при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, предлагаемые к использованию [41]: обеспечение планомерной, безопасной и экономически эффективной эксплуатации месторождения достигается при всестороннем изучении изменения объемов вскрышных и добычных работ по годам за весь период существования карьера; при принятом режиме горных работ требуемые объемы вскрышных работ, удельные, общие капитальные и эксплуатационные затраты на разработку определяют возможные производственные мощности карьера по полезному ископаемому и выпуску конечной продукции; минимальный суммарный коэффициент вскрыши и максимальный чистый дисконтированный доход на открытых разработках обеспечивается при принятом режиме по ступенчато-убывающему графику с выполнением максимального объема вскрышных работ в период горно-капитальных работ;

сокращение времени выбора оптимального варианта распределения объемов вскрышных и добычных работ, а также получение результата без проведения сложных экономических расчетов достигается при использовании суммы поэтапных коэффициентов вскрыши; заданная производительность по мергелю с различным содержанием полезных компонентов и планомерное ее поддержание на всем периоде отработки запасов обеспечивает рациональный вариант режима горных работ; максимальное количество рабочих уступов, протяженность активных вскрышных и добычных фронтов, площадь рабочей зоны карьера определяют интенсивность разработки и обеспечивают заданный режим горных работ; более равномерный режим горных работ и уменьшение транспортных затрат обеспечивается при варианте с обхватом мульды по периметру с переходом к второму этапу из-за предпочтительности использования способа отработки участка; при формировании временного борта наклонными слоями режим горных работ будет неравномерным, а вариант формирования временного борта горизонтальными слоями характеризуется значительно меньшими отклонениями всех показателей от средних значений; на основе изучения технологических возможностей основного карьерного оборудования и управления организацией производственными процессами обосновывается рациональный график режима горных работ.

Таким образом, на основании изучения воздействия режима горных работ на производительность карьера при освоении месторождений, расположенных в разнообразных горно-геологических и горнотехнических условиях, и эксплуатируемых с разными системами, обоснованы эффективные графики разработки месторождения по всем периодам и этапам существования карьера в определенных границах карьерного поля. При этом достигнутые рациональные опыты обоснования и регулирования добычи минерального сырья в установленных объемах с планируемым качеством полезного ископаемого в требуемые сроки потребителей, неравномерным и равномерным режимом горных работ рекомендуются к использованию горнодобывающими предприятиями. Приспособливание рациональных режимов

открытых горных работ на действующих горных компаниях способствует своевременному выполнению намеченных объемов вскрышных работ и добычи минерального сырья с требуемым качеством потребителя.

2.3. Влияние подготовленности запасов на производственную мощность карьера

При разработке месторождений открытым способом горные работы представляют собой сложную производственную систему, состоящую в основном из карьера и отвала, а также с горнотранспортным и отвальным оборудованием. В этих условиях обеспечение требуемой производительности данной системы напрямую зависит от степени обоснованности управления подготовленностью запасов и принимаемых мер по соблюдению их значений в период разработки месторождения. Поэтому производственная мощность предприятия тесно связана с подготовленностью запасов сырья, оказывающей непосредственное и наиболее существенное влияние на эффективность ведения горных работ, при освоении богатств недр. В этой связи определение экономически обоснованных оптимальных значений подготовленности руд в соответствии с нормативами, вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов является важной научной и практической задачей, имеющей немаловажное значение для обеспечения плановой производительности горного предприятия в период освоения недр.

Соотношение текущих объемов вскрышных и добычных работ в первую очередь влияет на производственную мощность карьера и в процессе эксплуатации она не является постоянной прежде всего из-за изменения направления горных работ и годовых объемов вскрыши. Данное изменение объясняется варьированием мощности вскрыши и залежи полезного ископаемого, условием их залегания, наличием имеющихся в залежи геологических нарушений и неравномерным содержанием полезных компонентов. В этих условиях потребители минерального сырья имеют проектную производственную мощность и стремятся получить

определенные объемы полезного ископаемого установленного качества. Следовательно при изучении влияния подготовленности запасов на производительность горнодобывающего предприятия, несмотря на все горно-геологические условия разрабатываемого месторождения, должны учитываться требования потребителей при выборе режима горных работ на карьере.

Регулирование режима горных работ на крутопадающем месторождении для уменьшения текущего объема вскрышных работ осуществляется за счет изменения угла рабочего борта карьера и формирования временно нерабочего борта [42]. Метод усреднения производительности по породе при разработке глубинных горизонтов сводится к увеличению угла рабочих бортов карьера.

Применив рассчитанные для конкретных условий карьера (рис. 17) допустимые параметры целиков и соответствующий результирующий угол наклона рабочих бортов, отстроим развитие горных работ до конечной глубины карьера с учетом схемы вскрытия и размещения транспортных коммуникаций. В результате этих действий получим график развития производительности карьера по породе при принятой мощности карьера по руде (рис. 18).

В условия, изображенных на (рис. 18), усреднение производительности по горной массе можно осуществить путем опережающего выполнения части объемов горных работ в период нарастания мощности карьера.

В период t_2 - t_3 наблюдается снижение производительности по породе, что позволяет с опережением выполнить ту часть породных объемов, которая обеспечит стабилизацию мощности по горной массе всего карьера. Производительность по породе при выполнении объема «abf» будет возрастать от 0 до величины, принятой усредненной производительности. Следовательно, объем, удаляемый из первоочередного карьера «aef», будет равен объему «abf».

Достижение опережающего выполнения объема «bcd» предусматривается разносом бортов первоочередного карьера с достижением рабочим бортом границ конечного контура по поверхности. Из точки *D* (рис. 17) под углом падения рудного

тела проводим линию до пересечения с бортом карьера в точке B' . Горизонтальная прямая из точки B' образует нижнюю и верхнюю части борта первоочередного карьера. Треугольник « BDC » ограничивает, объем породы подлежащий удалению при разnose борта $A'D$.

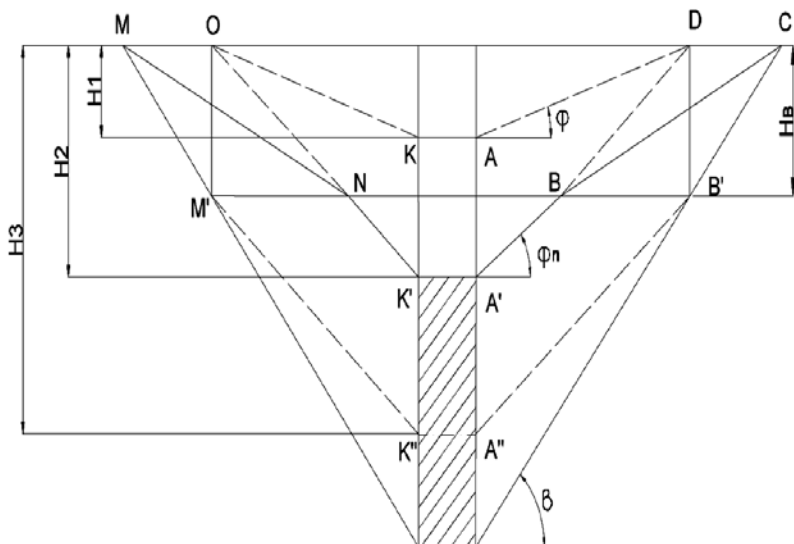


Рис. 17. Развитие горных работ до конечной глубины

Предлагаемый метод позволяет достичь минимального значения коэффициента неравномерности вскрышных работ, стабилизировать режим работ, а также позволяет производить проектирование положения горных работ на различных этапах отработки. Одним из распространенных способов регулирования режима горных работ на крутопадающих месторождениях является изменение угла откоса рабочего борта, позволяющего варьировать объемы вскрышных пород. Также к важным факторам регулирования режима горных работ относится формирование временного нерабочего борта, уменьшающего текущий объем вскрышных пород.

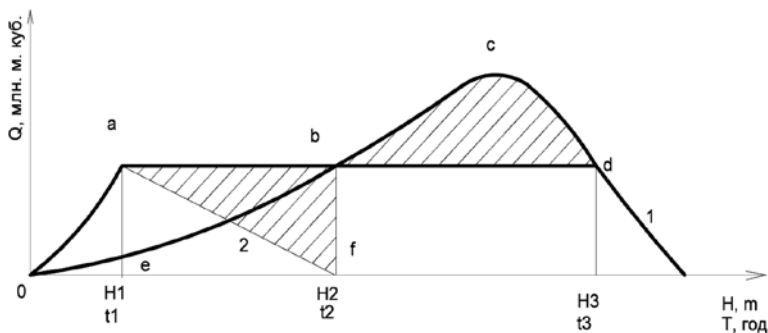


Рис. 18. График развития производительности карьера по породе

Формирование экономической модели на открытых разработках для осуществления автоматизированного горно-геометрического анализа (АГГА) режима горных работ является создание модели ценности рудных блоков при осуществлении корректировок за счет изменения отрицательной ценности породных блоков [43]. Рассмотрим приведенный на рис. 19 упрощенный пример для простого рудного тела и однозначного направления углубления, качественно демонстрирующий различия применения АГГА для определения границ карьера и обоснования режима горных работ. Если АГГА границ карьера (рис. 19, *а*) осуществлялся с углами наклона конечного борта карьера, то АГГА режима горных работ (рис. 19, *б*) - с предельными углами наклона рабочей зоны карьера. Следует отметить, что на рис. 19, *а* жирным выделен выбранный контур карьера, а на рис. 19, *б* - искомый критический промежуточный контур, которому соответствует максимальный с начала разработки коэффициент вскрыши. Если АГГА границ карьера осуществлялся с помощью моделей геологии и исходной топографической поверхности, то АГГА режима горных работ - моделей топоповерхности, границ карьера на конец отработки и геологической модели рудных тел, попавших в карьерное пространство.

Результатом расчета будет являться система вложенных контуров, которые необходимо использовать при развитии карьерного пространства как промежуточные рабочие

положения. Применение АГГА режима горных работ на рудных телах сложной формы является методом однозначного определения рационального направления углубления и обоснования параметров режима горных работ.

Автоматизированный горно-геометрический анализ границ карьера с построением системы вложенных контуров позволяет более детально выявить закономерности изменения запасов руды в границах карьера в зависимости от граничных условий. Применение АГГА для обоснования режима горных работ является довольно простым и наглядным инструментом определения рационального направления углубления, особенно в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях, а также установления оптимального способа отработки.

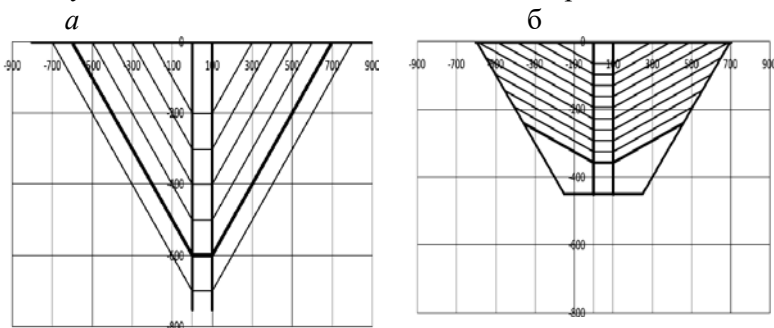


Рис. 19. Принципиальная схема системы вложенных контуров при применении АГГА для определения границ карьера (а) и обоснования режима горных работ (б)

Установлено, что режим горных работ фактически одинаков для обоих вариантов, но при поперечном ведении горных работ необходимо обеспечить достаточно высокую интенсивность, что на начальном этапе разработки довольно сложно из-за отсутствия сформированного временно нерабочего борта карьера, подлежащего для размещения вскрывающих выработок, но тем не менее возможно и наиболее рационально для данного месторождения.

Опережающее поперечное ведение горных работ обеспечивает скорейшее формирование временно нерабочего

борта и вскрытие основной части месторождения [44]. При этом на начальном этапе обеспечение высокой интенсивности управления горных работ достаточно сложно из-за отсутствия сформированного временно нерабочего борта карьера, подлежащего для размещения вскрывающих выработок, но тем не менее возможно и наиболее рационально для данного месторождения. Опережающее поперечное ведение горных работ обеспечивает скорейшее формирование временно нерабочего борта, следовательно, своевременное вскрытие основной залежи (рис. 20).

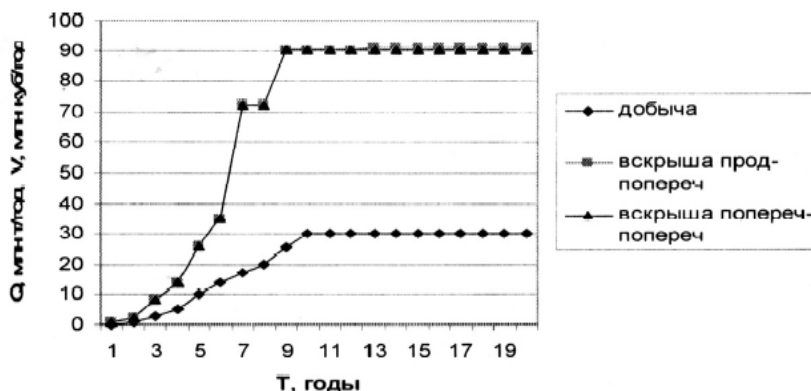


Рис. 20. Календарный график при опережающем ведении горных работ на северо-восточном участке

В результате выполненных исследований применительно к Эльгинскому месторождению был принят следующий порядок отработки: северо-восточная часть месторождения обрабатывается поперечно с опережением, следом основная часть также осваивается поперечно. Все это послужило основой для выбора оптимального порядка отработки угольного месторождения нагорного и нагорно-глубинного типа, следовательно, по итогам изучения определен рациональный способ его освоения с целью обеспечения производственной мощности карьера.

Оценка подготовленности месторождения к проектированию схем вскрытия и подготовки предполагает

анализ реализуемости принятых проектных решений по расположению горных выработок по альтернативным горно-геометрическим моделям [45]. При таком анализе на предпроектной стадии учитывается неоднозначность горно-геологической информации и принимаются превентивные геотехнологические решения по схемам вскрытия и подготовки, обеспечивающие рациональность и эффективность освоения участка и снизить риск пользования недрами. Поэтому недостаточность степени геологической изученности для выполнения проектных работ и разработки технического проекта требует выполнение дополнительных геологоразведочных работ, направленных на уточнение положения оси складки, либо изменение проектных решений по вскрытию и подготовки запасов участка.

Заключение о подготовленности месторождения к эксплуатации предлагается принимать на стадии экспертизы проектной документации по разработке месторождения и выполнять по результатам рассмотрения аргументов, сформулированных на основе анализа влияния уровня погрешности геологоразведочных данных на полноту реализации проектных решений [46]. При подобном решении составление проекта разработки месторождения осуществляется с учетом анализа данных разведочных работ к промышленному его освоению.

На основании проведенного изучения влияния подготовленности запасов к выемке на производительность горного предприятия при открытой разработке месторождений предлагается своевременно проводить горно-подготовительные работы с целью обеспечения ритмичной и надежной работы карьера с использованием нижеследующих рациональных способов управления подготовленностью запасов [47]: обеспечение плановой производительности горного предприятия достигается при установлении экономически обоснованных объемов подготовленности к выемке запасов; важной задачей освоения месторождения является выбор рационального режима горных работ на основе экономических расчетов определение равномерности капитальных вложений, изменений во времени текущих затрат, объемов и качества товарной продукции,

технической возможности предприятия; недопущение выбытия производственных мощностей горных предприятий достигается введением в действие организационно-экономического механизма оценки и реализации инвестиционного проекта по ликвидации задолженной вскрыши; горно-геометрический анализ и учет протяженности элементов залежи с целью повышения точности расчетов позволяет определить объемы вскрыши и угля в торцах карьерного поля в зависимости от глубины карьерного поля, длины фронта работ и угла залегания пласта; изменение угла откоса рабочего борта для варьирования объемами вскрышных пород, формирование временно нерабочего борта, уменьшающее текущий объем вскрышных пород, позволяют регулировать режим горных работ на крутопадающих месторождениях; детальное выявление закономерности изменения запасов руды в границах карьера, определение рационального направления углубления и обоснование режима горных работ достигается автоматизированным горно-геометрическим анализом границ карьера; выбор оптимального порядка отработки угольного месторождения нагорно-глубинного типа и определение рационального способа освоения достигается при поперечной отработке с опережением северо-восточной и следом основной части залежи; с целью уточнения изменения проектных решений по вскрытию и подготовки запасов участка, выполнения проектных работ и составления технического проекта следует проводить дополнительные геологоразведочные работы, направленные на повышение степени изученности месторождения; производство внутреннего отвалообразования позволяет снизить транспортные расходы на перевозку некондиционной руды и повысить извлечение высококачественной руды непосредственно в карьере, и является ресурсосберегающей технологией подготовки руды.

Таким образом, в результате изучения влияния подготовленности запасов при открытой разработке месторождений на производительность горного предприятия выявлены рациональные опыты обеспечения нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов минерального сырья в процессе ведения горных работ на

предприятиях. Эффективные способы создания необходимых объемов подготовленности запасов в период эксплуатации месторождения способствуют выполнению запланированных объемов добычи руд с требуемым качеством потребителей. Использование экономически выгодного порядка ведения горных работ по созданию необходимого объема подготовленности полезного ископаемого на действующих карьерах влияет на обеспечение производственной мощности карьера и рациональную разработку богатств недр с наилучшими экономическими показателями освоения месторождения. В этой связи при освоении богатств недр подготовленность запасов полезных ископаемых оказывает непосредственное и преимущественно существенное влияние на эффективность рационального освоения месторождения.

2.4. Изучение влияния подготовленности запасов на производительность рудника

На подземных горных работах ритмичное выполнение плана добычи полезного ископаемого на предприятии зависит от изучения состояния подготовленности к выемке запасов сырья в период их освоения. Поэтому управление подготовленностью запасов для обособленного конкретного разрабатываемого месторождения необходимо определить в зависимости от производственной мощности предприятия, параметров залежей на горизонтах и применяемой системы разработки, качественных показателей добываемой руды, объемов горно-подготовительных и нарезных работ, а также с учетом используемой техники на горных работах. При ведении подземных горных работ учет состояния и движения запасов по степени их подготовленности осуществляется по:

- вскрытым, подготовленным и готовым к выемке запасам месторождения;
- выемочным единицам рудника.

На подземных горных работах важной задачей является определение оптимальной производственной мощности рудника, от которой зависит срок его существования, технико-экономические показатели эксплуатации месторождения,

капитальные вложения на строительство, эксплуатационные затраты на добычу и переработку руды. На основании изучения степени подготовленности запасов полезных ископаемых, направления и развития подземных горных работ обеспечивается восполнение нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов, наиболее полное и комплексное освоение месторождения и проектная производительность предприятия.

При отработке отдельных залежей первоначальный учет добычи полезных ископаемых из недр осуществляется по выемочной единице, имеющей относительно однородные горно-геологические условия, в пределах которой с достаточной достоверностью определяются балансовые запасы месторождения. Рациональное количество одновременно находящихся в эксплуатации подготовленных выемочных единиц на подземном руднике, установленное проектом разработки месторождения, обеспечивает:

- стабильное выполнение обоснованной производительности предприятия по добыче руды;
- отработку различных по качеству запасов полезных ископаемых в соотношениях, обеспечивающих наиболее полное и комплексное извлечение полезных ископаемых из недр с заданным качеством потребителя;
- концентрацию горных работ на горизонтах рудника.

При разработке месторождений годовую мощность рудника следует определить по условиям развития очистных работ с учетом применяемой системы разработки и площади всех блоков, находящихся в очистной выемке и всего месторождения в целом. При этих условиях к подготовленным запасам относится часть вскрытых запасов руды в блоках или участках, в пределах которых проведены все планированные горно-подготовительные выработки, предусмотренные схемой подготовки. Готовые к выемке запасы составляют часть подготовленных запасов залежей, в пределах которых проведены все нарезные выработки, необходимые для начинания очистной выемки. Своевременное проведение подготовительных и нарезных выработок в пределах выемочных единиц направлено на обеспечение подготовленности запасов с целью выполнения

принятой производительности рудника при подземной разработке месторождения.

Балансовые запасы полезного ископаемого на любом действующем подземном руднике разделяются на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке. Вскрытые запасы шахтного поля представляют собой часть его запасов руды, вскрытых капитальными вскрывающими выработками, из которых проводятся подготовительные выработки для очистных работ [48]. В зависимости от элементов залегания рудного тела запасы месторождения могут быть вскрыты сразу полностью капитальными вскрывающими выработками и объем вскрытых запасов определяется проектом строительства рудника. Нормы подготовленных к выемке запасов для железных рудников составляют от 5 до 54 мес., для рудников цветной металлургии - от 6 до 36 мес., по готовым к выемке запасам руды - от 4 до 12 мес. Соблюдение нормативов и управление подготовленностью запасов к добычным работам обеспечит устойчивое выполнение плана добычи полезного ископаемого по выемочным единицам на руднике.

Необходимость оптимизации горного производства возникает на всех стадиях его функционирования: проектирования горного производства, разработки месторождения, реконструкции или закрытия предприятия [49]. Цели оптимизации горных процессов во многом зависят как от стадии эксплуатации месторождения, так и внешних факторов, определяющих спрос и цены на минеральное сырье, а также стратегию развития производства.

Эффективность внедрения мероприятий на примере нескольких шахт приведены на рис. 21. Очень большой прирост производственной мощности угольных шахт приносит сокращение сроков монтажа используемого очистного оборудования. Возможно применение следующих способов оптимизации монтажей применяемой техники:

- интенсификация процесса монтажа за счет приобретения специального оборудования;
- изменение шахтной инфраструктуры;

- привлечение специализированных организаций, предоставляющих комплексные услуги по транспортированию и монтажу оборудования;

- приобретение дополнительного комплекта или частей очистного оборудования.

Усреднение руды на подземных горных работах осуществляется путем управления нагрузок на добычные забои. Проектные решения, принятые на стадии проектирования, не являются постоянными и уточняются по мере получения новой информации по геологии месторождения, развитию техники и изменении конъюнктуры на сырьевом рынке.

Очень большой прирост производственной мощности угольных шахт приносит сокращение сроков перемонтажа очистного оборудования. Ввод дополнительного лавокомплекта обеспечивает максимальную ритмичность добычных работ и повышает производительность «шахта-лавы» на 10-30 %. Этому способствует создание специальных подразделений, которые обосновывают инвестиционные проекты, разрабатывают и внедряют новые производственные инициативы.

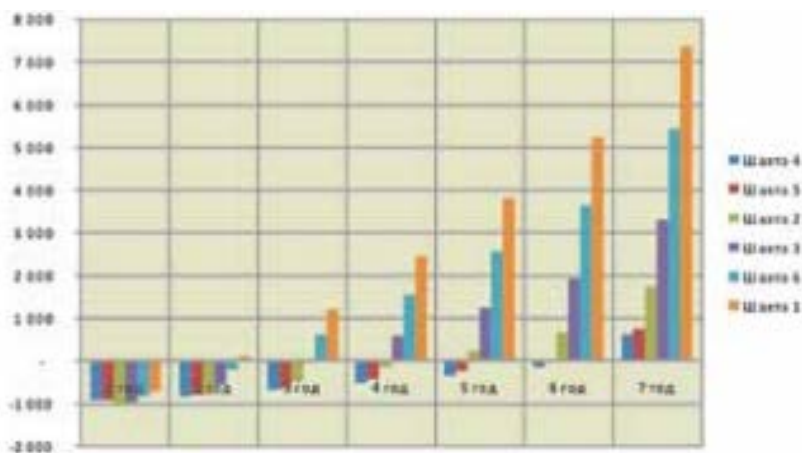


Рис. 21. Эффективность внедрения данных мероприятий на примере нескольких шахт

Среди главных факторов, определяющих оптимальное планирование производственной деятельности горного предприятия, следует выделить [50]:

- вид полезного ископаемого и область его применения;
- экономическую эффективность проекта, включая накопленный дисконтированный денежный поток;
- обеспеченность рудника извлекаемыми запасами в пределах каждой выемочной единицы;
- производственную мощность горного предприятия;
- техническую и технологическую возможность обеспечивать необходимый уровень добычи;
- долгосрочный прогноз рыночной конъюнктуры добываемого сырья.

Горное предприятие, действующее в рыночной экономике, стремиться к обеспечению максимальной экономической эффективности. При этом главными критериями инвестиций в горное производство служат внутренняя норма доходности, период окупаемости и накопленный дисконтированный денежный поток.

Для оптимизации производственной мощности рудника предлагается критерий чистого дисконтированного дохода (ЧДД), который апробирован на примере уранового месторождения Горное [51]. На основании исследования оптимальная мощность рудника по экономическому критерию чистого дисконтированного дохода меньше, чем его мощность, определенная по горнотехническим факторам. При проектировании добывающих предприятий на новых месторождениях необходимо, наряду с обоснованием мощности подземного рудника по горнотехническим факторам, следует установить по экономическому критерию ЧДД. Окончательный выбор при проектировании должен быть сделан в пользу производительности рудника, обоснованного экономически, при таком подходе появляется возможность получения существенного экономического эффекта при разработке месторождения.

При установленной годовой производительности рудника необходимо определить число выемочных единиц, находящихся одновременно в очистной выемке, с целью обоснования

производительности каждой выемочной единицы по объему и качеству добываемой руды для поставки потребителю минерального сырья с согласованным содержанием. При обосновании производительности выемочной единицы, наряду с горно-геологическими условиями, также следует учесть технические возможности используемого доставочного оборудования и установленные графики выдачи руды.

Приведенные рациональные способы обеспеченности подготовленными и готовыми к выемке запасами по выемочным единицам при подземной разработке месторождений влияют на своевременное выполнение плановой производительности и успешно могут быть использованы на действующих горных предприятиях [52]: оптимальная годовая производительность рудника обосновывается с учетом применяемых систем разработки и их удельного веса, площади всех блоков, находящихся в очистной выемке и всего месторождения в целом; при ведении подземных горных работ для обеспечения плановой производительности рудника следует своевременно обеспечить проходку всех проектных выработок с соблюдением управления подготовленностью запасов; перенесение невыполненных подготовительных работ на более поздние периоды осложняют перспективы развития предприятия, приводит к отставанию подготовки очистной линии, снижает надежность выполнения заданий по добыче угля, ухудшает качество и ритмичность производства; объем добычи угля в единицу времени при проведении качественной горно-подготовительной работы должны быть равны объему подготовленных запасов выемочного столба; введение дополнительного лавокомплекта обеспечивает максимальную ритмичность добычных работ, сокращение сроков перемонтажа очистного оборудования и повышение производственной мощности угольных шахт; критериями инвестиций в горное производство, обеспечивающими максимальную экономическую эффективность, служат внутренняя норма доходности, период окупаемости и накопленный денежный поток; при проектировании рудника установление его мощности по горнотехническим факторам и экономическому критерию чистого дохода должен быть сделан в пользу мощности, обоснованной экономически; максимальное

количество камер, находящихся на стадии очистной выемки, количество рудной массы, выдаваемой на поверхность в единицу времени, напрямую влияет на производственную мощность рудника.

Таким образом, рациональное управление подготовленностью запасов к выемочным работам при подземной разработке влияют на своевременное выполнение плановой производительности предприятия. На подземных горных работах от подготовленности выемочных единиц к добыче полезного ископаемого зависит ритмичность процесса выемки минерального сырья и плановая производственная мощность рудника. В этой связи обоснование производительности каждой выемочной единицы по объему и качеству добываемой руды позволяет осуществлять поставку потребителю планового объема минерального сырья с требуемым содержанием. Далее обеспечение подготовленности запасов к добыче по выемочным единицам позволит добывать запланированные объемы минерального сырья с учетом обеспечения производительности горного предприятия. Приведенные передовые способы обеспечения подготовленными запасами находящихся в работе выемочных единиц могут быть использованы на подземных горных работах.

2.5. Воздействие добычи руд по выемочным единицам на производительность рудника

Установление рациональной последовательности освоения участков залежей с различным качеством и условиями залегания способствует обоснованию оптимальной производительности рудника при разработке месторождения, в результате этих действий отработка запасов осуществляется эффективно с минимальными потерями добываемого сырья. По данным практики производительность рудника зависит от условий залегания месторождения, его размеров и запасов, технологии и организации горных работ, и она на современных горных предприятиях колеблется в пределах от 100 тыс. т/год до 5 млн. т/год. Установленная производственная мощность рудника влияет на себестоимость добычи и переработку полезного

ископаемого, приведенные затраты, ожидаемую или полученную прибыль, эффективность вложения капитала и технико-экономические показатели действующего предприятия.

На подземных горных работах учет добычи и показателей извлечения из недр ведется по каждой выемочной единице рудника и шахты. В этой связи количество одновременно находящихся в эксплуатации выемочных единиц определяется исходя из необходимости отработки различных по качеству запасов полезных ископаемых в соотношениях, обеспечивающих наиболее комплексное извлечение полезных ископаемых из недр и поставку требуемого объема и заданного качества минерального сырья потребителем при оптимальной концентрации горных работ.

На стадии проектирования месторождения определяется соответствие планируемых систем разработки фактическим его горно-геологическим условиям в части рационального извлечения сырья из недр и безопасности горных работ по каждой выемочной единице, а также планируемого объема горно-подготовительных и нарезных выработок, вскрышных работ для управления подготовленностью запасов к выемочным работам. Поэтому в период эксплуатации месторождения с целью обеспечения эффективности горных работ следует предпринять меры для определения рационального числа выемочных единиц, соответствующих горно-геологическим и горнотехническим условиям, и производительности рудника.

Горно-геологические и горнотехнические условия разработки месторождения Жаман-Айбат позволяют вести отработку системами разработки с открытым выработанным пространством [53]. Проектом приняты следующие параметры системы разработки: расстояние между барьерными целиками - 125 м; ширина барьерного целика - 40 м, а при проведении панельного штрека по барьерному целику ширина барьерного целика увеличивается на ширину штрека; сетка расположения междукамерных целиков - 19х19 м; пролет камеры - 9 м; при мощности отработки более 12 м оставляются сдвоенные междукамерные целики. С целью рациональной разработки рудная залежь делится на выемочные единицы - панели шириной 125 м, ее длина составляет 300-700 м и ограничивается контуром

залежи. Панели между собой разделяются по длине барьерными целиками, ширине охранным целиком транспортно-доставочных выработок. Подготовка панелей заключается в проведении с доставочного штрека панельного штрека по оси барьерного целика с заездами на панели, который используется для подготовки двух спаренных панелей. Нарезными выработками в панели являются разрезной и вентиляционный штреки со сбойкой на сборно-вентиляционный штрек. Рациональное управление сосредоточением горных работ и оптимальным числом выемочных единиц на руднике обеспечивает проектную производительность подземного рудника.

При освоении месторождений минерального сырья следует выбрать эффективные высокопроизводительные геотехнологии подземной отработки рудных залежей при различных условиях их залегания. В этой связи на основе разработанных технологических схем отработки необходимо было обосновать производительность и параметры выемочной единицы и определить их количество в одновременной работе для обеспечения требуемой мощности рудника в объеме 5,5 млн. т в год [54]. Для этого необходимо оценить запасы, полноту и качество извлечения полезного ископаемого по горизонтам, разрезам, выемочным единицам, а также по месторождению в целом.

По результатам выполненных расчетов определены запасы руды по горизонтам, рудным телам, используемым системам разработки, и для отработки залежей принята этажно-камерная система разработки с выпуском руды на траншейное днище, расположенное вкрест простираения рудного тела. Выбранный вариант системы разработки позволяет управлять на руднике подготовленностью запасов и использовать производительное оборудование для очистных и горнопроходческих работ, что обеспечит высокую интенсивность подготовки выемочных единиц для воспроизводства запасов по категории «готовые к выемке». Для обеспечения производительности рудника при использовании погрузочно-доставочной машины ПДМ «TORO 400E» в одновременной работе должно находиться 12 выемочных единиц, а при ПДМ «TORO 500E» - 9 выемочных единиц.

Успешное освоение месторождения определяется эффективностью отработки запасов и правильный выбор геотехнологической стратегии их освоения, формирующейся на основе рационального сочетания способа и схем вскрытия, технологии добычи руды, комплексов геотехники, определяют уровень капитальных и эксплуатационных затрат [55]. Лабораторией подземной геотехнологии ИГД УрО РАН выполнено обоснование принципиальных технических и технологических решений и определены основные технико-экономические показатели освоения запасов нижних горизонтов жилы № 175.

При изыскании рационального варианта вскрытия и системы разработки нижних горизонтов жилы вскрытие нижних горизонтов месторождения предусматривается в два этапа (рис. 22): I этап - этаж 316/266 м и II этап - этаж 266/216 м. Все выработки пройдены и проходятся в лежащем боку жилы и отнесены к горно-капитальным. Крепление вскрывающих выработок и сопряжения подготовительных и нарезных выработок принимается штангами в сочетании с металлической сеткой и набрызгбетоном толщиной 5 см. Камерные выработки крепятся монолитным бетоном. Поскольку для основных пород месторождения: кварцев, пегматитов, гнейсов и гнейсогранитов, - выветривание не характерно, эксплуатация всех подготовительных и нарезных выработок принята без крепления (после необходимой обделки кровли в процессе проходки выработки).

Лабораторией для горно-геологических и горнотехнических условий жилы № 175 выполнен ряд работ, направленных на выбор и обоснование эффективной подземной геотехнологии. Результаты данных комплексных исследований показывают преимущество камерной системы разработки с формированием и последующим обрушением податливых междукамерных целиков (МКЦ) трапецевидной формы. Технология является инновационной, так как включает в себя усовершенствованные элементы и процессы; внедрена в производство и обеспечивает получение дополнительной прибыли.

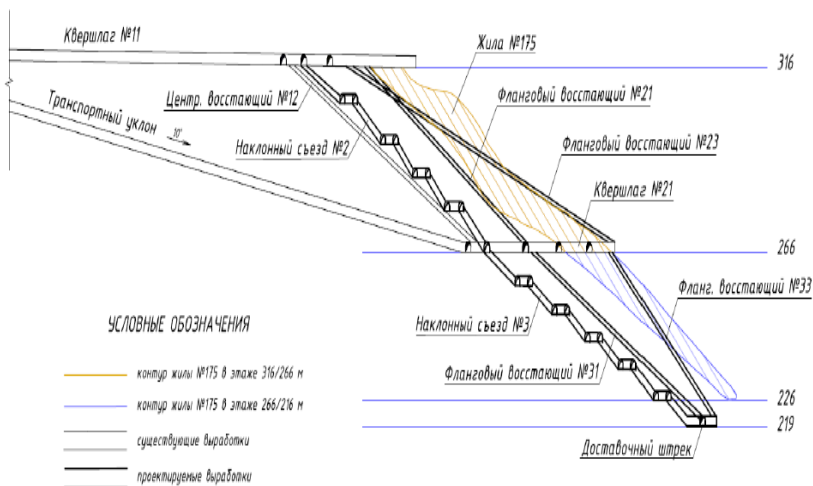


Рис. 22. Схема вскрытия нижних горизонтов жилы № 175

В рассматриваемых условиях данная система отвечает требованиям, предъявляемым к технологии подземной добычи, и позволяет достичь:

- максимальной безопасности горных работ;
- высокой производительности очистной выемки;
- наиболее полного экономически оправданного извлечения из недр запасов полезного ископаемого;
- необходимого качества добытого полезного ископаемого;
- наиболее эффективного проветривания горных выработок за счет общешахтной депрессии;
- низкой себестоимости и экономической эффективности добычи.

Таким образом, для выемки запасов жилы № 175 в этажах 316/266 и 266/216 м принимается вариант камерной системы разработки с последующим обрушением МКЦ. Последовательный нисходящий порядок отработки запасов этажей обеспечит наибольшую безопасность ведения горных работ и высокий уровень полноты и качества извлечения руды из блоков.

При разработке месторождения соблюдение запланированного объема добычи руды по руднику и обеспечение требуемого качества потребителя зависит от нахождения оптимальной нагрузки на каждую выемочную единицу в процессе ведения добычных работ. Эта задача успешно решается во время составления плана развития горных работ при тщательном учете горно-геологического состояния выемочных единиц на момент планирования. При оценке схем выемки запасов руды необходимо учитывать и увязывать основные технологические процессы добычи руды в выемочной единице между собой с учетом тщательного технико-экономического анализа технологии добычи, научных достижений и опыта работ горных предприятий.

Расположение и последовательность отработки камер и целиков в этажах 316/266 и 266/216 м показаны на рис. 23. На всех процессах очистной выемки применяется высокопроизводительное самоходное оборудование в соответствии с принятым порядком отработки и технологией добычных работ по выемочным единицам.

Выбор и обоснование эффективной подземной геотехнологии показывает преимущество камерной системы разработки с формированием и последующим обрушением податливых МКЦ трапецевидной формы.

Технология является инновационной, так как включает в себя усовершенствованные элементы и процессы; внедрена в производство и обеспечивает получение дополнительной прибыли. В этих условиях порядок отработки выемочных единиц отвечает требованиям, предъявляемым к технологии подземной добычи, и позволяет достичь:

- максимальной безопасности горных работ;
- высокой производительности очистной выемки по выемочным единицам;
- наиболее полного экономически оправданного извлечения из недр запасов полезного ископаемого;
- необходимого качества добытого полезного ископаемого;
- наиболее эффективного проветривания горных выработок за счет общешахтной депрессии;

- низкой себестоимости и экономической эффективности добычи.

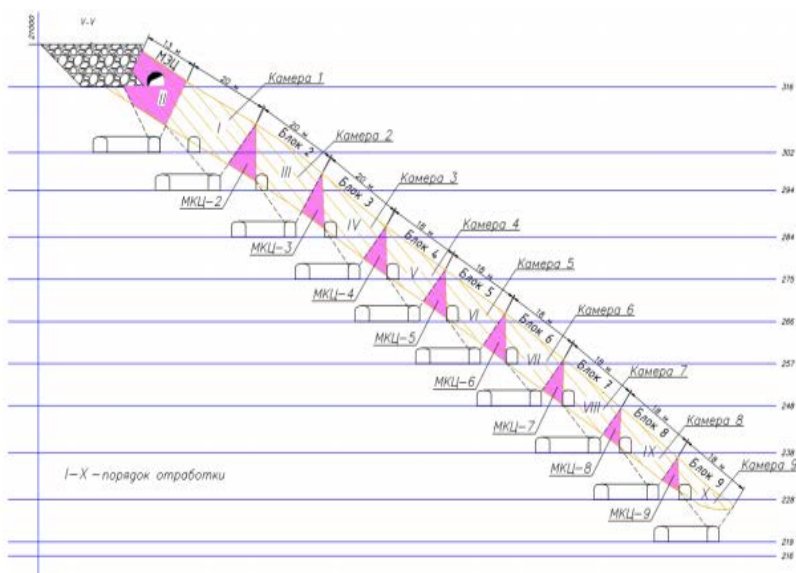


Рис. 23. Порядок отработки выемочных единиц

Следовательно, для выемки запасов жилы № 175 в этажах 316/266 и 266/216 м принимается вариант камерной системы разработки с последующим обрушением МКЦ. При эксплуатации Кыштымского месторождения выбранная система разработки позволяет без изменения параметров корректировать производственную мощность, что актуально при изменении конъюнктуры рынка гранулированного кварца.

На основании изучения влияния добычи руд по выемочным единицам подземных горных работ на производительность рудника можно сделать выводы о том, что при соответствии основных технических и технологических параметров разработки годового плана к фактическим геологическим и горнотехническим условиям месторождения происходит рациональное извлечение полезных ископаемых, способствующее эффективному освоению запасов минерального

сырья из недр [56]: эффективность горных работ повышается при обосновании рационального числа выемочных единиц в соответствии с горно-геологическими и горнотехническими условиями месторождения, и обеспечении проектной производительности рудника; обоснование числа выемочных единиц для обеспечения годовой мощности рудника следует определять в соответствии с производительностью используемых погрузочно-доставочных машин.

Таким образом, принятые технологические и технические решения по разработке месторождения при соответствующем ресурсном обеспечении и рациональном использовании имеющихся горных возможностей позволяют поставить стабильный объем добычи потребителю и достичь максимальной величины мощности рудника. Обоснование наиболее полного и комплексного извлечения полезных ископаемых из недр и получение товарного минерального сырья заданного качества достигается при установлении рационального сосредоточения горных работ и оптимального числа выемочных единиц, обеспечивающих проектную производительность подземного рудника. Передовые опыты планирования развития горных работ с целью обеспечения производительности предприятия, при оптимальной нагрузке на каждую выемочную единицу в процессе ведения добычи минерального сырья, могут быть использованы на действующих рудниках.

3. ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ РУД

3.1. Планирование подземных горных работ с учетом подготовленности запасов полезных ископаемых

Обеспечение эффективной работы рудника и рациональное освоение богатств недр достигается при тщательном управлении подготовленностью запасов к выемочным работам в период эксплуатации месторождений полезных ископаемых. При несоблюдении нормативов подготовленности запасов в процессе ведения подземных горных работ наблюдается невыполнение плана по добыче руды с требуемым содержанием полезных ископаемых потребителя. Избыток подготовленности запасов влияет на экономику горного предприятия из-за увеличения затрат на подготовительные и нарезные работы по выемочным единицам подземного рудника. Поэтому обоснованные в соответствии с горно-геологическими и горнотехническими условиями месторождения нормативы вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов обеспечивают ритмичную работу горного предприятия при своевременном выполнении производственного плана добыче минерального сырья. В этой связи в процессе подземной разработки месторождений обоснованное планирование развития добычных работ и целесообразное управление подготовленностью запасов минерального сырья обеспечивает рациональное освоение недр горным предприятием.

На подземных горных работах объем готовых к выемке запасов зависит от производительности рудника, поэтому для обеспечения надежности работы всей горнотехнической системы следует обосновать рациональное число выемочных единиц. Для этой цели в период эксплуатации месторождения первоочередной задачей является обеспечение рудника подготовленными запасами для устойчивого развития горных работ. При превышении обоснованных нормативов подготовленных и готовых к выемке запасов замораживаются оборотные средства производства и увеличиваются расходы на поддержание горных выработок. Изменение объемов

подготовленности запасов от принятых нормативов влияет на интенсивность разработки, концентрацию горных работ и рациональное использование богатств недр. Нормативы обеспеченности рудника готовыми к выемке запасами в основном зависят от его производительности и количества одновременно находящихся в подготовке и нарезке выемочных единиц. В этой связи обоснование рациональных значений нормативов с различной степенью подготовленности запасов к добыче с учетом всех влияющих факторов является важной задачей рудника при планировании добычных работ.

Величины нормативов запасов зависят от интенсивности ведения горных работ, рациональных схем подготовки и нарезки выемочной единицы, степени выполнения производственных процессов технологического цикла [57]. При существенном влиянии приведенных факторов изменяются нормативы обеспеченности предприятия подготовленными запасами сырья, поэтому они устанавливаются для каждого горного предприятия в отдельности и корректируются по мере уточнения изменений в условиях разработки.

По данным практики производства горных работ на Таштагольском руднике была проведена оценка динамики движения подготовленных и готовых к выемке запасов (рис. 24 и 25). Из графиков следует, что для большинства действующих блоков рудника движение запасов готовых и подготовленных к выемке характеризуется в общем случае вероятностным характером и происходит пилообразно: за счет ввода новых горизонтов и залежей, в результате отработки с учетом потерь, в связи с приростом и списанием запасов по данным доразведки месторождения. Очевидно, что выполнение утвержденного норматива запасов в общем плане маловероятно, поскольку объемы запасов блоков, вводимых в отработку, содержание полезных компонентов в руде и интенсивность производственных процессов при проходке и очистной добыче подвержены воздействию большого числа случайных факторов. Из-за большой неподтверждаемости объемов запасов и качества руды при планировании развития горных работ на этаже и в блоках необходимо всегда иметь некоторый резерв,

гарантирующий выполнение годовой программы не ниже установленного.

Резкое изменение кривой фактической обеспеченности подготовленных запасов (рис. 24) происходит, как правило, в момент ввода новых блоков в эксплуатацию. Превышение фактической обеспеченности норматива объясняется следующим: часть блоков имела запасы, превышающие средние, одновременно было введено в отработку дополнительное число блоков, гарантирующих выполнение плана по добыче металла.

Комплекс горно-подготовительных выработок обеспечил перевод в категорию подготовленных запасы нижележащего горизонта, что повысило объем подготовленности запасами в 4,6 раза. Это объясняется проведением на горизонте основных откаточных штреков и сбоек с вентиляционными стволами в соответствии с требованиями безопасного производства работ при вскрытии запасов горизонта.

Что касается готовых к выемке запасов (рис. 25) велись работы по нарезке и обушиванию запасов блоков и после этого перешли в категорию полностью готовых. Фактическая обеспеченность запасами рассматриваемой категории на этот период составила 8,5 месяца. Далее эти блоки находились в процессе отработки, поэтому обеспеченность готовыми запасами снизилась до 7 мес. при нормативе 6 мес. В этот период проводились нарезные и очистные работы в блоках, по завершению которых, фактическая обеспеченность предприятия готовыми запасами составила 11,5 месяца, что превысило норматив примерно в 2 раза. В течение следующих пяти лет в подготовленных блоках проводили нарезные, буровые и очистные работы. Фактическая обеспеченность готовыми запасами составила 7,3-9,3 мес., изменяясь в пределах 1,3-3,3 мес., то есть норматив был превышен в 1,2-1,6 раза. Снижение уровня фактической обеспеченности предприятия готовыми запасами от 11,5 до 7,3 мес. объясняется неравномерностью ведения работ при воспроизводстве и погашении запасов.

Для обеспечения стабильной работы рудника были подготовлены запасы новых блоков и начаты работы по переводу их в готовые, не снижая при этом объемов добычи. В этот период

фактическая обеспеченность превышала норматив в 1,2-1,8 раза при максимальном значении 10,6 мес.

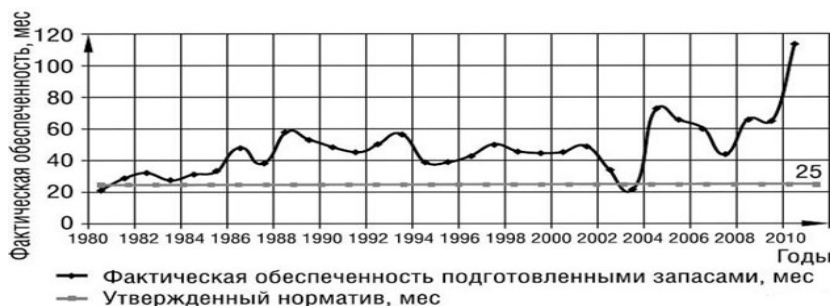


Рис. 24. Движение подготовленных запасов на Таштагольском руднике



Рис. 25. Движение готовых к выемке запасов на Таштагольском руднике

Доработка части подготовленных и готовых к добыче балансовых запасов в пределах годовой производительности, отсутствия должного финансирования горнопроходческих работ послужило причиной резкого понижения уровня обеспеченности горного предприятия готовыми запасами: от 10 до 3,5 мес. и достигло критического уровня. Это привело к снижению качества сырья, поставляемого потребителю. Далее наблюдается резкое увеличение обеспеченности запасами рассматриваемой

категории до 7,7 месяцев. Однако, в дальнейшем из-за отсутствия достаточных объемов подготовленных запасов и невозможности ведения нарезных и буровых работ, величина готовых запасов вновь снизилась в 3,2 раза и составила всего 40% от нормативного значения.

Анализ работы предприятий показывает, что нормативы обеспеченности рудника подготовленными и готовыми запасами, в основном, не исполняются вследствие нарушений выполнения технологических операций и процессов при производстве проходческих, нарезных и буровых работ.

Технологические процессы в выемочной единице подвержены влиянию большого числа случайных факторов, поэтому следует установить долю их воздействия на своевременность подготовки запасов. Для этого на основании данных практики определяют интенсивность производственных процессов при воспроизводстве и погашении запасов блоков, исходя из надежности выполнения комплексов подготовительных, нарезных и очистных работ. В качестве основы служат статистические данные о потоках отказов и восстановлений технологических процессов и реализаций в блоке, установленные на основе хронометражных наблюдений.

Физический смысл надежности работы рудника заключается в готовности производственных систем по воспроизводству и погашению запасов сохранять свои проектные параметры в процессе эксплуатации. Это предполагает выполнение системой элементарная выемочная единица функции своевременности подготовки запасов к отработке, сохраняя при этом установленные технологические показатели.

При обеспечении устойчивого развития горнотехнической системы уменьшается негативное воздействие внешних факторов. Повышение производственной мощности рудника, увеличение скорости проходки подготовительно-нарезных работ и замена оборудования на производительное позволит повысить стабильность горнотехнической системы на 12,14% [58]. Оценка устойчивости горнотехнической системы к изменению цен на металлы и их содержания в руде при подземной разработке месторождения железной руды Малый Куйбас (рис. 26) показала их существенное влияние на ее эффективность. Так, при

снижении содержания полезного компонента в руде на 30 % значение коэффициента запаса устойчивости меньше нуля, при отклонении содержания полезных компонентов в руде на +30 %, коэффициент запаса устойчивости горнотехнической системы увеличивается при подземной разработке железорудных и медно-колчеданных месторождений в 2,6-3 раза.

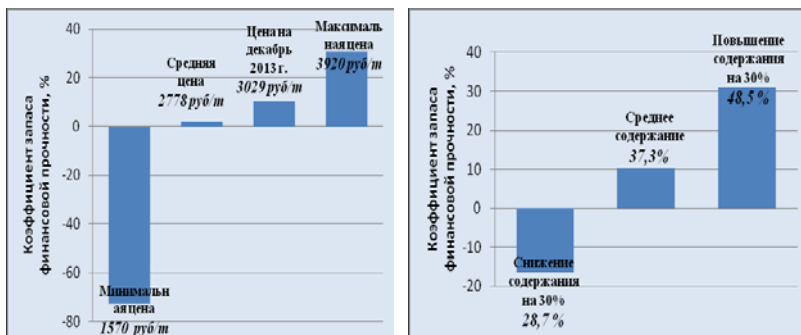


Рис. 26. Динамика коэффициента запаса устойчивости горнотехнической системы при изменении цен на металлы, содержания полезных компонентов для условий месторождения Малый Куйбас

Динамика устойчивости горнотехнической системы для условий подземной разработки месторождений железных руд Малый Куйбас при изменении технико-экономических показателей представлена на рис. 27. Из графика видно, что наибольшее влияние оказывает производственная мощность подземного рудника. Объемы подготовительно-нарезных работ, транспортные расходы и разубоживание руды оказывают приблизительно одинаковое влияние.

Увеличение производственной мощности позволяет повысить устойчивость горнотехнической системы в 1,2-1,5 раза, а снижение уменьшает в 1,3-2 раза. Таким образом, существенное влияние изменчивости внешних негативных факторов на технико-экономические показатели подземной разработки рудных месторождений обуславливает необходимость оперативного реагирования на стадии эксплуатации

месторождений за счет создания различного рода резервных запасов, реализация этих мероприятий гарантирует требуемую устойчивость горнотехнической системы, позволит обеспечить эффективность горного производства и снизить риск экономических потерь.

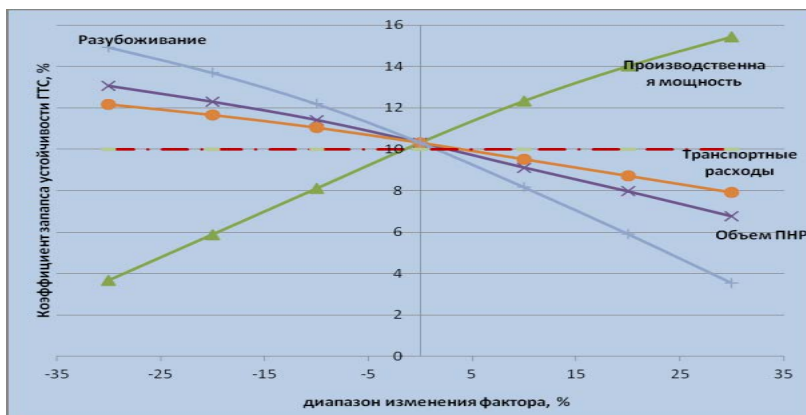


Рис. 27. Динамика коэффициента запаса устойчивости горнотехнической системы для условий месторождения Малый Куйбас

Нормативы подготовленности запасов на подземных рудниках, способствующие ритмичному выполнению плана и наиболее рациональному использованию запасов минерального сырья, отражают технический прогресс в горной промышленности. Соблюдение принятого на руднике рационального управления подготовленностью к выемке запасов способствует обеспечению выполнения производительности рудника и равномерности ведения горных работ с требуемым качественным составом добываемого сырья. Значительное расхождение в нормативах подготовленности запасов на рудниках является основанием уточнения их величин на конкретном горном предприятии. Оптимальное управление подготовленностью запасами полезных ископаемых для конкретных условий подземного рудника позволяет повысить качество планирования горных работ и улучшить показатели

производственной деятельности предприятия по рациональному использованию недр. При этом обеспечивается своевременная подготовка выемочных единиц к добыче и стабилизация показателей добываемого минерального сырья.

Недостаточный объем подготовленных и готовых к выемке запасов приводит к неритмичности процесса добычи руды, сокращению фронта очистных работ, невыполнению производственного плана по добыче руды, снижению и нарушению планомерности отработки месторождения. Нормативы подготовленности запасов по подземным рудникам республики [59], способствующие своевременному выполнению плана по горным предприятиям и наиболее рациональному использованию имеющихся запасов минерального сырья, отражающие технический прогресс и учитывающие горно-геологические условия месторождения, приведены в табл. 2.

Соблюдение приведенных нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов способствует обеспечению выполнения плановой производительности и ритмичности производства горных работ с требуемым качественным составом добываемого сырья на горных предприятиях. Значительное расхождение величины нормативов подготовленности запасов на рудниках является основанием обоснования их в будущем на конкретном горном предприятии при подземной разработке месторождений. При ведении добычных работ не допускается выборочная отработка богатых или легкодоступных участков месторождения, приводящая к необоснованным потерям балансовых запасов полезных ископаемых [60]. При составлении плана технико-экономическими расчетами обосновываются оптимальные параметры и предельные сроки отработки выемочной единицы. Каждая выемочная единица отражает состояние и движение запасов полезных ископаемых, фактическое выполнение показателей потерь, разубоживания и положение горных работ. При постоянных горнотехнических и горно-геологических условиях разработки чрезмерное увеличение числа выемочных единиц приводит к замораживанию значительных финансовых средств.

Таблица 2

Нормативы запасов руды по подземным рудникам и шахтам

Показатели	Ед. изм.	Наименование рудника и шахты				
		Рудник Жомарт	Рудник Нурказган	Рудник Абыз	Шахта Молодежная	Шахта ДНК
Вскрытые запасы	мес.	20,5	23,5	23,5	73,4	87,0
Подготовленные запасы	мес.	8,0	6,0	6,0	15,9	24,0
Готовые к выемке запасы	мес.	3,5	3,0	4,0	6,0	9,0

Горное предприятие является производственной структурой, в состав которой входят добычные участки и забои, а также перегрузочные пункты, обеспеченные определенным объемом запасов. Поддержание оптимального соотношения на руднике между вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами связано с определенными затратами. Избыток вскрытых запасов приводит к замораживанию средств, увеличению себестоимости, а недостаток снижает темпы горных работ, получение прибыли от реализации товарной руды за счет уменьшения объемов добычи и переработки.

На действующих рудниках должны быть установлены нормативы минимальной обеспеченности вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами. Обоснованные нормативы подготовленности запасов на горнодобывающем предприятии повышает надежность технологических систем, в этой связи обеспеченность ими рассчитываются в соответствии с очередностью строительства подземного рудника и последовательностью ввода добычных горизонтов в эксплуатацию [61]. Вследствие этого с целью рациональной эксплуатации месторождения для каждой выемочной единицы разрабатывается проект с учетом состояния и движения запасов руд. Изучение закономерности изменения вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов на подземных рудниках показывает на необходимость обоснования нормативов

подготовленности запасов для обеспечения ритмичности работы рудника и эффективности разрабатываемых месторождений. Принятое соотношение нормативных и фактических показателей подготовленности запасов (рис. 28, 29), обеспечивает стабильную добычу руды по шахте «10-летия независимости Казахстана» (ДНК) (рис. 30).

Оперативное управление и контроль за соблюдением качественных характеристик поставляемого потребителям минерального сырья сокращает размах колебаний средних значений содержания металлов в добытой руде. Стабилизация качества и повышение однородности содержания в рудном сырье улучшает извлечение полезных компонентов при переработке и оказывает влияние на общую экономическую эффективность сквозного извлечения металлов от руды в недрах до готовой продукции. Поэтому при ежегодном планировании развития подземных горных работ следует обратить особое внимание на планомерность отработки месторождения, обеспечение оптимального уровня извлечения полезных ископаемых из недр и исключение выборочной отработки богатых участков, снижающих промышленной ценности месторождения. Наряду с этим добыча полезных ископаемых требуемого объема и качества зависит от соответствия планируемого объема горно-подготовительных и нарезных выработок установленным нормативам подготовленности к выемке запасов, рационального количества одновременно разрабатываемых выемочных единиц.

Установление постоянных нормативов величин подготовленности запасов не учитывает вероятностный характер ведения горных работ, структуру и взаимосвязь работы в выемочных единицах. Необоснованная степень подготовленности полезных ископаемых требует выполнения значительных объемов горных работ, поэтому резкое превышение установленного норматива вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов на подземных рудниках в условиях рынка является нежелательным.

При планировании развития подземных горных работ, разрабатываемых в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, изучение обоснования закономерности изменения вскрытых, подготовленных и

готовых к выемке запасов способствует рациональному и эффективному использованию богатств недр с наилучшими технико-экономическими показателями.

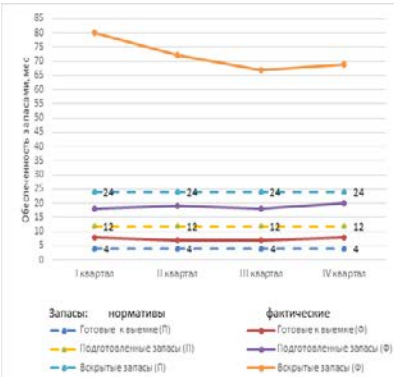


Рис. 28. Соотношение нормативных и фактических показателей подготовленности запасов

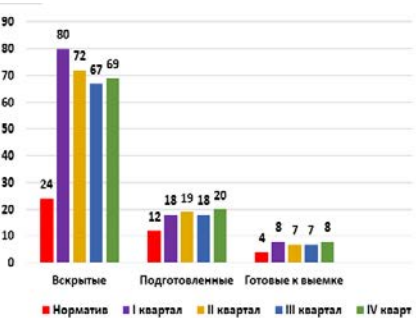


Рис. 29. Сопоставление нормативных и фактических показателей подготовленности запасов

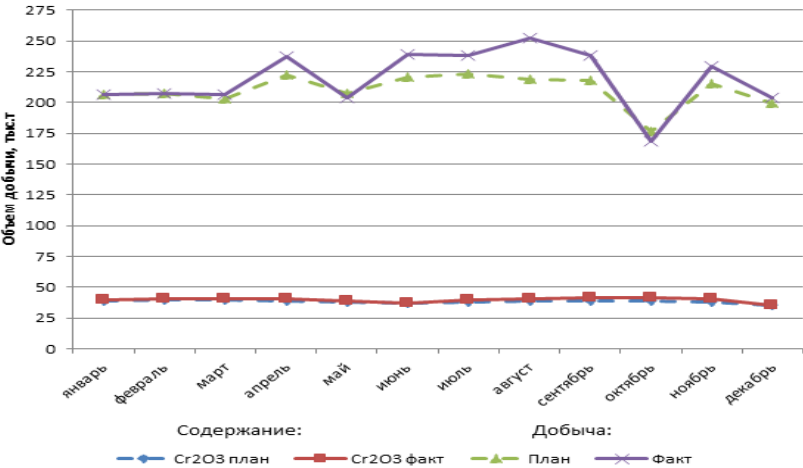


Рис. 30. График добычи руды по шахте «10-летия независимости Казахстана» на 2016 год

Использование передового опыта в период планирования подземных горных работ с учетом подготовленности запасов при разработке действующих месторождений полезных ископаемых имеет важное значение для повышения надежности горнотехнической системы. В этой связи при производстве подземных горных работ следует управлять подготовленностью запасами для конкретных условий рудника и обосновать рациональное число одновременно находящихся выемочных единиц для выполнения плана с требуемым объемом и качеством добычи полезного ископаемого.

3.2. Воздействие подготовленности запасов руд на управление горными работами

Обеспечение эффективного функционирования рудника и рациональное использование богатств недр возможно при правильном обосновании управления подготовленностью запасов полезных ископаемых к выемке в период составления планов развития горных работ. Несоблюдение принятого целесообразного управления подготовленностью запасов минерального сырья приводит к невыполнению плана по добыче руды с требуемым содержанием. Чрезмерная подготовленность запасов полезных ископаемых воздействует на экономику горнодобывающего предприятия из-за увеличения невероятных затрат на подготовительные и нарезные работы на руднике. В этой связи при планировании развития горных разработок следует учесть воздействие подготовленности к выемке запасов на управление добычными работами в соответствии с горнотехническими и горно-геологическими условиями эксплуатируемого месторождения.

При составлении плана горных работ недропользователем должны определяться очередность отработки запасов, способы вскрытия и системы разработки месторождения полезных ископаемых, способы проведения горно-капитальных, горно-подготовительных, нарезных и эксплуатационно-разведочных работ [62]. На горном предприятии обоснованные способы управления подготовленностью запасов полезных ископаемых и оптимальные параметры выемочных единиц воздействуют на

рациональный уровень полноты извлечения полезных ископаемых из недр.

В плане горных работ должны приводиться рациональные объемы и сроки выполнения следующих основных работ:

- календарный график горных работ с объемами добычи и требуемого качества полезного ископаемого потребителем;
- объемы горно-капитальных, горно-подготовительных, нарезных и эксплуатационно-разведочных работ.

Обеспечение своевременного выполнения плана горных работ требует урегулирования следующих технологических решений:

- механизация и автоматизация производственных процессов;
- мероприятия по соблюдению нормируемых потерь полезного ископаемого;
- сохранение в недрах или складирование забалансовых запасов для их последующего промышленного освоения;
- необходимость детальной и эксплуатационной разведки в процессе добычи руды;
- геологическое и маркшейдерское обеспечение горных работ;
- меры безопасности работы производственного персонала и объектов окружающей среды от вредного воздействия работ;
- технические средства и мероприятия по достоверному учету количества и качества добываемого минерального сырья.

Нормативы подготовленных и готовых к выемке запасов по подземным рудникам республики, способствующие ритмичному выполнению плана горного предприятия и наиболее рациональному использованию запасов минерального сырья, отражающие технический прогресс и учитывающие горно-геологические условия, составляют в пределах 6,0-24,0 и 3,0-9,0.

Изучение воздействия вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов в период ведения горных работ показывает на необходимость установления нормативов подготовленности запасов с целью обеспечения ритмичной и эффективной разработки месторождений [63]. Нарушение ритмичности работы горного предприятия при выполнении программы по добыче полезного ископаемого может происходить из-за недостаточного изучения закономерности

Готовые к выемке запасы уступа ограничены от выработанного пространства откосом и верхней площадкой уступа, снизу - плоскостью основания данного уступа, по флангам плоскостями, проведенными перпендикулярно к линии фронта работ по концам его длины под углом откоса уступа, а со стороны массива плоскостью, проведенной от границы заходки по целику под углом откоса уступа (рис. 31).

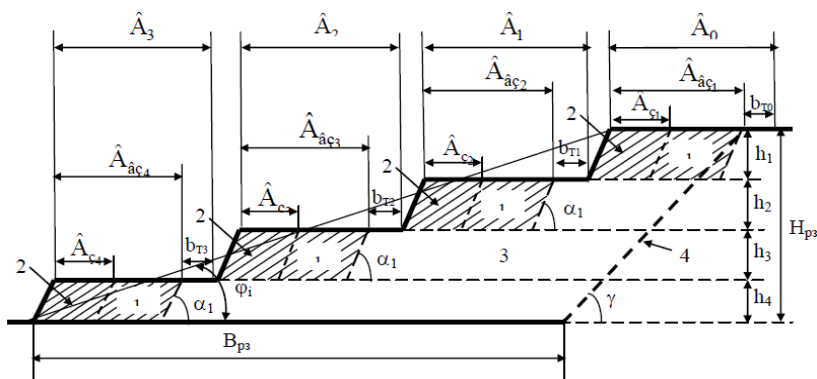


Рис. 31. Поперечный разрез рабочей зоны: 1- вскрытые запасы уступов; 2 - готовые к выемке запасы уступов в составе вскрытых запасов; 3 - долговременные запасы; 4 – граница долговременных запасов

Готовыми к выемке запасами должна быть обеспечена стабильная работа выемочно-погрузочного оборудования, а в добычных участках необходимо подготовить наличие всех добываемых видов и категорий полезных ископаемых по качеству. Установление рационального варианта управления развитием горных работ в соответствии с количеством горного оборудования, надежностью системы и производительностью горного предприятия облегчает задачи оптимизации объемов подготовленности запасов. В целом обоснованное рациональное соотношение и сопоставление нормативных и фактических показателей подготовленности запасов полезного ископаемого

воздействует обеспечению стабильной добычи руды на горных предприятиях.

Всестороннее изучение влияния подготовленных и готовых к выемке запасов на календарное планирование горных работ при разработке месторождений подземным способом в различных горно-геологических и горнотехнических условиях воздействует рациональному и эффективному использованию богатств недр с наилучшими технико-экономическими показателями [64]. Использование имеющегося практического опыта по рациональному управлению подготовленностью запасов при разработке действующих месторождений полезных ископаемых исключает возможность выборочной отработки богатых и легкодоступных участков за счет оптимального планирования развития горных работ, а также повышает надежность отработки залежи.

3.3. Обоснование управления подготовленностью запасов руд на подземных горных работах с использованием цифровых технологий

При освоении недр важнейшей задачей подземного рудника является решение проблемы эффективного планирования горных работ с целью обоснования рациональной его деятельности на протяжении определенного периода времени. В этой связи следует установить последовательность выполнения подготовительных и добычных работ на горизонтах, оптимальное распределение необходимых ресурсов и прогнозирование будущей проблемы освоения месторождения, приводящих к изменению планов подготовки и добычи полезного ископаемого по выемочным единицам, являющимся показателем качества планирования добычи руд на горном предприятии. Поэтому при планировании добычи минерального сырья использование возможности моделирования подземных горных работ, способствующих выполнению производственных задач эксплуатации, созданию цифровых моделей для представления качественных и количественных характеристик разрабатываемых залежей полезных ископаемых, имеет

существенное значение при обосновании управления подготовленностью запасов.

Во время производства подземных горных работ необходимо обратить внимание на соответствие системы разработки к фактическим горно-геологическим условиям в части рационального извлечения полезных ископаемых из недр и безопасности горных работ по каждой выемочной единице, а также планируемого объема горных выработок нормативам подготовленности запасов и выполнению объема добычи руд. Ежегодно при составлении плана горных работ необходимо предусмотреть восполнение объемов подготовленности запасов в соответствии с установленными на горном предприятии нормативами, обосновать оптимальные параметры выемочных единиц, уровень полноты извлечения руд из них и управление подготовленностью к выемке запасов полезных ископаемых. Тогда определение рационального количества одновременно находящихся в разработке выемочных единиц с использованием цифровых систем путем визуализации добычи полезных ископаемых требуемого количества и качества представляет важную задачу освоения недр.

Вопросы научного обоснования проектирования геотехнологии должны базироваться на более широкое использование адаптивности конструктивных параметров систем и технологических процессов к изменяющимся условиям, надежность технологических процессов и устойчивость работы рудника [65]. Общая концепция научного обоснования технических решений развития горнопромышленного комплекса заключается в широком использовании информационной технологии и компьютерной имитации для обеспечения научной информацией с целью надежного управления планирования горных работ при разработке рудных месторождений.

Планирование горных работ на основе геоинформационной системы открывает путь к автоматизации при решении целого спектра геолого-маркшейдерских и горнотехнических задач [66]. В рамках системы решается автоматизированный учет состояния балансовых и промышленных запасов угля в недрах и контроль проведения

подготовительных выработок, текущее и перспективное управление календарным планированием горных работ.

Построение проектных выработок осуществляется в программе визуализации построением их вектора направления, длины выработок и их сечений. Полевые выработки, как правило, невозможно однозначно привязать к существующим поверхностям, вследствие этого их привязка осуществляется к предварительно задаваемой плоскости. В результате построения различных объектов формируется визуальная модель угольной шахты, а также дальнейшее развитие сети горных выработок (рис. 32).

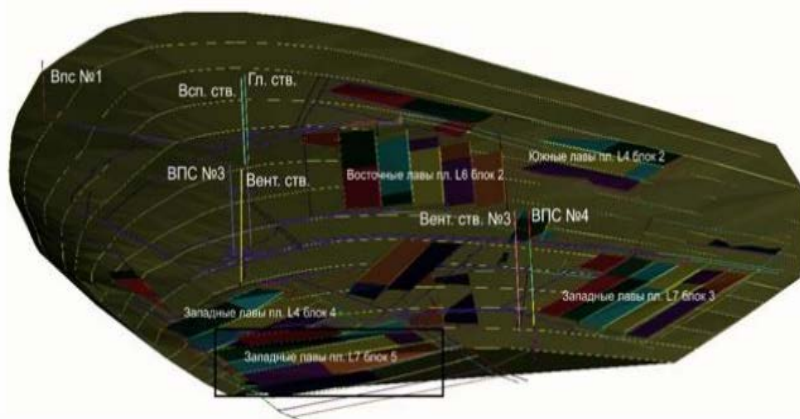


Рис. 32. Объемная визуализация угольного предприятия

Рассмотренная технология построения модели угольной шахты создает предпосылки для качественного изменения подходов к использованию горной графической документации и обеспечивает персонал горнодобывающих предприятий инструментарием для полноценного анализа возможных вариантов развития горных работ.

Оптимальное управление подготовленностью запасами для конкретных условий подземного рудника позволяет повысить качество планирования добычи минерального сырья и улучшить показатели разумного использования недр. При удобном нормировании подготовленности запасов использование информационной технологии позволяет своевременно принять

решение по планированию добычных работ. Для этого формируются положения горных работ на начало и конец планируемого периода, подготовка варианта годовой программы на месяц и текущее планирование. Формирование календарного графика работ с учетом управления подготовленностью запасов, согласование планов работы и оптимизация горных работ по видам планирования способствует рациональному освоению месторождения.

Использование цифровых технологий с переводом горно-графических данных в цифровой вид позволяют облегчить процесс получения исходной информации для планирования и проектирования горных работ, обосновать рациональные нормативы подготовленности запасов руд на подземных горных работах и определить эффективные способы добычи полезного ископаемого по выемочным единицам [67]. В период освоения месторождений полезных ископаемых применение информационной системы для обоснования управления подготовленностью запасов руд к выемке с учетом геологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения имеет важное значение при эксплуатации богатств недр.

3.4. Обоснование рационального количества выемочных единиц на горных работах

Отслеживание планируемого объема вскрышных работ при разработке месторождений, подготовительных и нарезных выработок, нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов способствует рациональному извлечению полезных ископаемых из недр и безопасности горных работ по каждой выемочной единице. Для этого при производстве горных работ следует обосновать рациональное количество одновременно разрабатываемых выемочных единиц с целью обеспечения добычи полезных ископаемых требуемого объема и содержания руды. Обоснованные параметры выемочных единиц при ритмичной работе рудника должны обеспечить безусловное выполнение производственного плана, учитывать специфику горно-геологических условий, способствовать наиболее рациональному использованию запасов минерального сырья,

соответствовать минимальному объему горно-капитальных и горно-подготовительных работ.

В период ведения горных работ установление оптимальной нагрузки на забои разрабатываемых выемочных единиц и соблюдение календарных графиков добычи полезного ископаемого из каждой выемочной единицы и определение сроков их погашения создают благоприятные условия разработки имеющихся участков месторождения. Поэтому соответствие фактических горно-геологических условий месторождения рациональному извлечению полезных ископаемых из недр и безопасности горных работ по каждой выемочной единице, планируемых объемов подготовительных и нарезных выработок нормативам подготовленности запасов способствует выполнению запланированного объема добычи полезного ископаемого. Целесообразному решению вышеуказанных задач способствует своевременное управление геологическими данными о качественном составе добываемого полезного ископаемого по каждой выемочной единице и в целом по предприятию.

При разработке месторождений в процессе составления годового плана горных работ следует обратить внимание на обоснование и принятие следующих технических решений для обеспечения следующих задач [68]:

- рациональное ведение горных работ, исключаящее выборочную отработки более богатых залежей;
- оптимальная концентрация горных работ при добыче минерального сырья с целью исключения их разбросанности;
- обеспечение восполнения подготовленности запасов полезных ископаемых при разработке месторождения;
- соблюдение нормативов готовых к выемке запасов полезных ископаемых по выемочным единицам, их качество, нормативы потерь и разубоживания;
- определение количества выемочных единиц исходя из необходимости отработки различных по качеству запасов в соотношениях, обеспечивающих наиболее полное извлечение полезных ископаемых из недр с получением заданного качества при оптимальной концентрации горных работ.

Изменение горно-геологических условий в пределах выемочной единицы и технологии очистных работ влияют на подготовленность запасов, в этой связи расчет их осуществляется в соответствии методическими указаниями.

На горных работах оптимальное управление подготовленностью запасов обеспечивает равномерную достаточность всех добычных единиц готовыми к выемке запасами, их стабильную работу с целью достижения принятой производительности и усреднения качественного состава добываемого сырья, каждую добычную единицу запасами в количестве, необходимом для ее максимальной производительности. Регулирование объемов готовых к выемке запасов на добычных уступах, размеры формирования рабочей зоны карьера, соответствующее установленной производительности открытой разработки и эксплуатационному коэффициенту вскрыши, повысить надежность работы горнотехнической системы - карьер.

На подземном руднике Нурказган при разработке месторождения системой поэтажного обрушения, расчетной производительности выемочной единицы составляет 79,2 тыс. т/мес., среднем запасе выемочной единицы 294,0 тыс. т и четырех одновременно работающих выемочных единицах обеспечивается проектная производительность предприятия [69]. В этой связи следует отметить, что обоснование рационального числа выемочных единиц на действующем руднике в соответствии с горно-геологическими и горнотехническими условиями способствует успешному выполнению производственного плана.

Составление плана горных работ связано с реализацией проектных решений в период производства подготовки руды к добыче. Важным элементом планирования является создание моделей выемочных единиц, для чего в GeoTech-3D существуют стандартные и специализированные средства [70]. Планирование традиционно делится на долгосрочное, среднесрочное и краткосрочное. Долгосрочное или календарное планирование осуществляется при создании проекта отработки месторождения и выполняется в основном проектной организацией.

Наличие трехмерных моделей, отражающих геологию месторождения и фактическое состояние горных работ, создает

основу для проектирования. Сам проект представляет собой модели тех объектов горной технологии, которые должны быть реализованы в процессе разработки месторождения. Для их создания используются как стандартные (для программной платформы GeoTech-3D), так и специализированные инструменты:

- параметрического проектирования подземных горных выработок;
- моделирования конструктивных элементов и узлов системы разработки;
- моделирования конструктивных элементов борта карьера по заданным параметрам (рис. 33);
- автоматизированного проектирования массовых взрывов на карьерах.

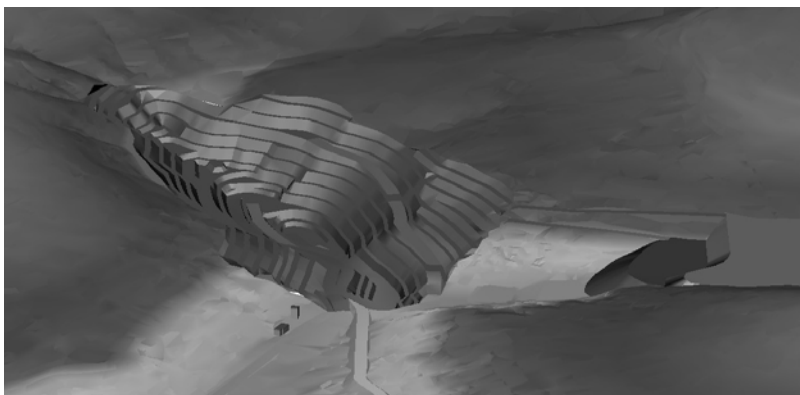


Рис. 33. Модель карьера и топоповерхности в среде GeoTech-3D

Перспективным для проектирования является использование базы данных моделей стандартных конструктивных элементов и узлов систем разработки, что значительно упрощает и ускоряет процесс нахождения оптимальных технологических решений особенно применительно к подземным горным работам.

На горном предприятии в основном осуществляется среднесрочное и краткосрочное планирование с учетом

геометрии горных работ на основании использования моделей выемочных единиц. При краткосрочном планировании важной задачей является организация процесса подготовки и добычи полезных ископаемых, что осуществляется путем построения планов-графиков работы оборудования. Планирование горных работ, направленное на реализацию проектных решений с учетом имеющихся материальных и трудовых ресурсов, а также заданных объемных и качественных показателей добываемого минерального сырья имеет важное значение для рациональной отработки запасов руд по выемочным единицам.

В GeoTech-3D это реализовано в виде интерактивной расстановки моделей единиц оборудования на модели карьера с автоматизированным формированием графика их работы. В этих условиях важной задачей оперативного планирования является формирование потоков руды заданного качественного состава минерального сырья, что достигается управлением регулирования объемов добычи по забоям выемочных единиц.

Таким образом, для открытых горных работ формирование моделей выемочных единиц по горизонтам осуществляется с помощью инструмента автоматизированного формирования прирезок на основе модели карьера. При уменьшении периода планирования прирезки могут разделяться, для чего существует инструмент их интерактивного разбиения на части. Наличие данных опробования, в том числе получаемых по результатам бурения взрывных скважин, и моделей рудных тел позволяет при планировании наряду с объемными учитывать и качественные характеристики формируемых рудопотоков при ведении горных работ.

Многолетний опыт работы с горными предприятиями показал, что переход на новую технологию инженерного обеспечения, к тому же сильно отличающуюся от предыдущей, требует определенной перестройки сложившейся практики работы. Поскольку основой автоматизированной технологии являются трехмерные модели объектов горной технологии, доступ к которым получают все использующие модели специалисты, то критичным становится процесс их поддержания в актуальном состоянии, что требует систематической работы

всех подразделений, участвующих в инженерном обеспечении горных работ.

При разработке месторождений полезных ископаемых неравномерность ведения горных работ, колебание проектной производительности отдельных выемочных единиц в процессе добычи и изменчивость качественного состава руд влияет на ритмичное выполнение плана горного предприятия [71]. Вследствие этого в процессе добычи минерального сырья обоснование рационального количества выемочных единиц с учетом горно-геологических условий месторождения, производственной мощности рудника, планового содержания добываемой руды и равномерной готовности запасов благоприятствует нахождению целесообразного варианта планирования горных работ. В результате своевременного управления подготовленностью запасов сырья происходит нахождение эффективного способа эксплуатации месторождения минерального сырья по выемочным единицам действующего горного предприятия.

4. ОБОСНОВАНИЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО С УЧЕТОМ УСРЕДНЕНИЯ РУД

4.1. Влияние усреднения руд на обоснование подготовленности запасов на горных работах

В случае возникновения поставки однородной по составу руды на обогатительную фабрику по результатам добычных работ в течение длительного периода повышаются технологические показатели обогащения при строгом выдерживании намеченного режима обогатительного передела. Для усреднения руд при добыче требуется детальное изучение вещественного состава рудной массы и установление ее пространственного расположения по отдельным горизонтам и блокам эксплуатируемого месторождения. С целью рационального усреднения качества полезных ископаемых следует проводить технологические и организационные мероприятия на основании обеспечения требуемого постоянства качества добываемых руд и первичной переработки. Для этого необходимо управлять качеством добываемых руд с целью формирования стабильного содержания полезных компонентов в добываемой рудной массе и качества рудного потока, поступающего на обогатительную фабрику. Достижению указанной цели способствует надежное выделение в разрабатываемой залежи отдельных технологических сортов руд и обеспечение их добычи в соответствии с принятым режимом горных работ на руднике. Для реализации этой системы необходимо принимать во внимание следующие условия: изучение возможности применения селективной добычи минерального сырья; наиболее комплексное использование всех сортов добываемых руд; своевременное обеспечение требований мер по охране недр при освоении месторождения.

Под усреднением понимают комплекс технологических операций и организационных мероприятий по доведению до однородного состояния сырья, в соответствии с существующими требованиями обогащения в определенных объемах, путем механического воздействия на разнородную рудную массу.

Относительно высокая стабильность показателей усреднения качества может быть достигнута за счет организации гибкого управления добычными забоями и транспортом в течение суток и смен. Высокая степень однородности состава руды может быть достигнута путем раздельной выемки качественно разнородных участков забоев, поддержания резервных участков с разными качественными характеристиками руды. В этой связи изучение влияния усреднения руд на обоснование управления подготовленностью запасов для обеспечения однородного состава при разработке месторождений представляет актуальную научную задачу в процессе ведения горных работ.

Технология открытой добычи многосортных руд сложного состава рассматривается путем формирования и стабилизации качества рудной массы на основе оптимального планирования развития горных работ в карьере и повышения достоверности запасов по геологическим данным [72]. Разработанная геолого-информационная база положена в основу предлагаемой технологии добычи многосортных руд в режиме усреднения качества, основным отличием технологии от традиционной состоит в увязке процесса усреднения с развитием горных работ в карьере. Для этой цели предлагается методика оптимизации направления развития горных работ с использованием в качестве оптимизационного критерия интегрального показателя качества руды с использованием концепции динамического программирования.

Технология открытой добычи многосортных руд сложного состава рассматривается нами как формирование и стабилизация качества рудной массы путем оптимального планирования развития горных работ в карьере на основе повышения геологических данных достоверности запасов и их дифференциации на промышленно-технологические сорта в соответствии с предельной функциональной структурой (рис. 34). Отсюда следует, что управление качеством, на котором базируется новая технология открытой добычи многосортных руд, является сложной замкнутой системой. Эффективность ее функционирования, в первую очередь, зависит от достоверности исходной горно-геологической информации о запасах, что предопределяет необходимость ее количественной оценки.

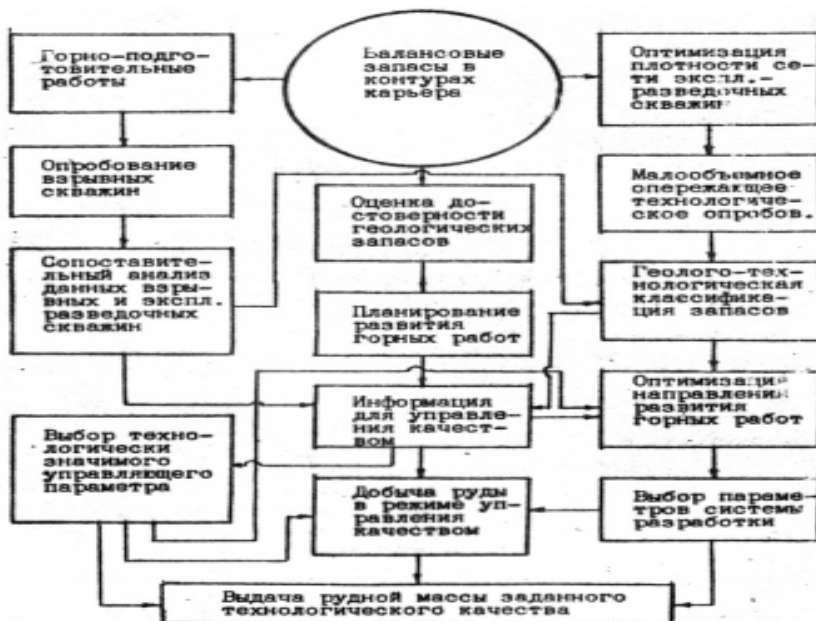


Рис. 34. Функциональная схема систем управления качеством при открытой добыче многосортных руд

При одном и том же значении ошибок оценки параметров морфологии качественные и количественные потери возрастают тем интенсивнее, чем меньше горизонтальная мощность рудной залежи. Если высота добычного уступа численно равна или меньше горизонтальной мощности залежи, то потери минимальны. Выводы могут послужить предпосылкой для обоснования высоты уступа с целью обеспечения полноты и качества выемки запасов многосортных руд.

На основании геолого-структурного анализа рудного поля установлено, что выделенные технологические типы руд соответствуют генетическим типам оруденения. Это позволяет определить закономерности поуступного распределения технологических сортов руд для открытой добычи.

Разработанная геолого-информационная база положена в основу предлагаемой технологии добычи многосортных руд в режиме усреднения качества. Основное отличие новой технологии от традиционной состоит в увязке процесса усреднения с развитием горных работ в карьере. Для этой цели предлагается методика оптимизации направления развития горных работ с использованием в качестве оптимизационного критерия интегрального показателя качества.

Методика оптимизации направления развития горных работ с использованием идей динамического программирования на основе интегрального показателя качества иллюстрируется на рис. 35. Вначале устанавливается оптимальное соотношение добываемых сортов руд по показателю E_{τ_k} . На основании экспериментальных исследований сортового усреднения качества установлено, что смешивание однотипных руд не приводит к ухудшению показателей качества их смеси. При смешивании разнотипных руд качество смеси падает по линейному закону.

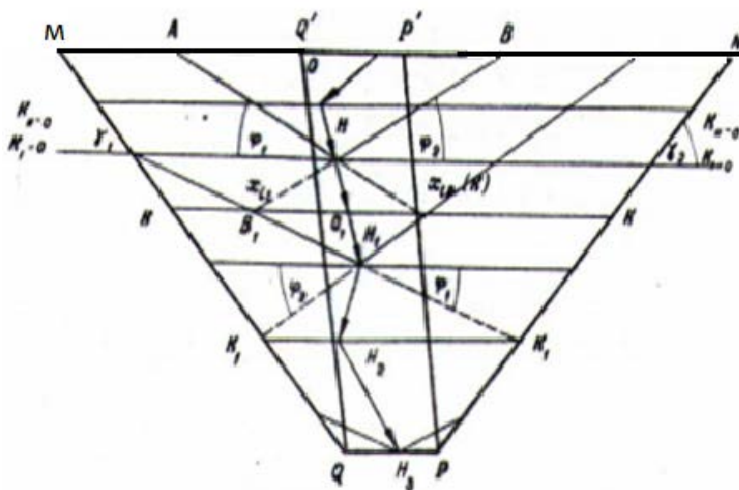


Рис. 35. Схема к определению оптимальной области углубки карьера

Принципиально возможна организация посортной добычи и усреднение свинцово-цинково-баритовых руд, если степень окисления до 20% отн. Сульфидные свинцово-цинковые и

смешанные свинцово-цинковые руды могут добываться и обогащаться как отдельно, так и в смеси без ухудшения качества. При этом цинковые карбонатные подлежат раздельной добыче и складированию в спецотвале. Цинк методом флотации не извлекается.

Равномерное вовлечение к разработке выемочных единиц с определением требуемого качественного состава добытого полезного ископаемого является действенной системой обеспечения кондиции при ведении горных работ. Стабилизация качества в процессе добычи руды способствует рациональному освоению запасов рудника и повышению эффективности функционирования горного предприятия. Поэтому управление качеством добываемого сырья следует производить с текущего планирования горных работ и продолжать по всей горно-технологической цепи добычи, то есть необходимо осуществлять опробование рудного тела и отбитой руды по каждому забою и ее потоками на поверхности. Регулирование качества товарной руды и устранение отставания вскрышных работ достигается при создании системы управления горными работами с целью обеспечения плановой добычи различных сортов руды на каждом эксплуатационном горизонте по мере углубления карьера.

В период эксплуатации месторождений регулирование качества руды предусматривает прогнозирование готовых к выемке запасов и оперативной информации о качественном состоянии рудной массы на любом этапе ее транспортирования к обогатительной фабрике [73]. При ведении подземных горных работ процесс стабилизации качества добытого сырья начинается с анализа содержания руд в выемочных единицах и планов распределения полезных компонентов в них. В задачу маркшейдерской службы рудника входит расчет соотношения объемов руды, например, поступающей из действующих четырех выемочных единиц, и для определения ее среднего содержания используется формула - метод определения средневзвешенного значения добываемой руды

$$C_T = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3 + C_4 V_4}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad (1)$$

где C_1 - содержание полезного компонента в товарной руде; C_1, C_2, C_3, C_4 - средние содержания полезного компонента в действующих забоях; V_1, V_2, V_3, V_4 - объемы руды в забоях.

Горные предприятия заранее знают требования потребителя к качеству товарной руды и общее ее количество, которое должно поступить на фабрику, поэтому определяют объемы руды и ее качество, извлекаемую из каждого действующего забоя на руднике. Для успешного планирования забойного усреднения руды на подземных горных работах необходимо иметь данные о качестве запасов готовых к выемке панелей или блоков, либо резервные объемы складированной руды в пределах рудничной площадки. Для подземного рудника нами предлагается способ забойного усреднения рудного сырья, например, при панельно-столбовой системе разработки месторождения, суть которого заключается в следующем. Одновременно находящихся в работе выемочных единицах содержание руды в панелях составляет $C_1=1,11$ г/т, $C_2=1,22$ г/т, $C_3=1,06$ г/т и $C_4=1,45$ г/т. Плановая суточная добыча руды по панелям обоснована $V_1=V_2=V_3=V_4=1000$ т/сутки. С целью планирования добычи руды определяется плановое средневзвешенное значение содержания добываемой руды по руднику $C_{\text{ср}} = 1,21$ г/т. Затем устанавливается отклонения от среднего содержания, имеющегося полезного ископаемого в процентах по разрабатываемым панелям $P_1=0,917\%$, $P_2=1,008\%$, $P_3=0,876\%$, $P_4=0,834\%$. Далее с учетом приведенных отклонений обосновывается суточный объем добычи руды по каждой панели $V_1=1090$ т, $V_2=992$ т, $V_3=1142$ т, $V_4=1199$ т. Незначительное увеличение объема добычи руды в отдельных панелях связано с усреднением содержания полезного ископаемого непосредственно при производстве подземных горных работ с исключением их в дальнейшем. Расчеты показывают, что объем добычи по третьей и четвертой панели превышает ранее запланированный объем из-за низкого и высокого качества руды в них для обеспечения плановой величины содержания добываемой руды по руднику. Предлагаемое забойное усреднение добываемого сырья по панелям показано на рис. 36.

Своевременное обоснование плановых объемов добычи минерального сырья по панелям с учетом содержания

добываемых руд способствует безусловному выполнению производственного плана предприятия при ритмичной работе по добыче полезных ископаемых. Таким образом, рекомендуемый способ забойного усреднения руд может использоваться на любом конкретном руднике с учетом планируемого объема и содержания добываемой руды на подземных горных работах. Внедрение предлагаемого метода усреднения в период производства горных работ обеспечивает равномерное качество добытого минерального сырья, поступающего на обогатительную фабрику.

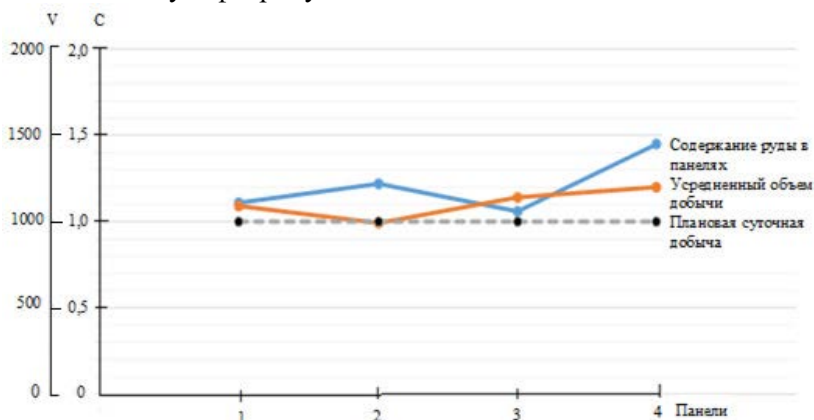


Рис. 36. Забойное усреднение содержание руды на подземных горных работах

Обеспечение внутренней однородности состава добытой рудной массы в усредняющих средствах в горных выработках или на поверхности рудника, контроль показателей качества руды, отправляемой потребителям, являются составной частью управления качеством полезного ископаемого. Нормативы минимальной обеспеченности подготовленными запасами и их расчет с учетом надежности систем разработки и технологических процессов по усреднению добываемой руды, применяемой на руднике, способствуют устойчивому выполнению производственной задачи горного предприятия. Осуществление стабилизации качества руды требует установления порядка отработки группы залежей, рационального

планирования отработки эксплуатационных участков и оперативного управления объемами добычи из отдельных блоков в соответствии с подготовленностью запасов руд. Воздействие геологических, горнотехнических, технологических и организационных факторов являются случайными величинами, в этой связи они иногда приводят к колебаниям качества содержания добываемых руд и производительности каждого единичного потока руды. При панельно-столбовой системе разработки предлагается способ забойного усреднения минерального сырья, учитывающий объемы и содержание добываемой руды по выемочным единицам, на подземных горных работах. В связи с этим обеспечение стабилизации качества добываемой продукции рудника с учетом требований последующей переработки сырья, то есть способы усреднения руд, должны решаться на стадии проектирования разработки месторождения и планирования горных работ с целью улучшения технико-экономических показателей предприятия.

4.2. Управление подготовленностью запасов при планировании горных работ

Установление рациональной величины подготовленности запасов руды при ведении добычных работ способствует получению значительного экономического эффекта в период освоения недр и созданию благоприятных условий для целесообразной разработки месторождений. Поэтому на рудниках следует стремиться к определению оптимальных величин вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов в период эксплуатации месторождений. В связи с этим обеспечение необходимого изменения качества продукции и объемов производства зависят от рационального управления подготовленностью готовых к выемке запасов, имеющихся в разрабатываемых панелях, блоках и участках. Для достижения указанной цели следует формировать производственные резервы запасов, поддерживающие заданный календарный объем добычи, сырья и уровень эффективности применяемых технологических схем разработки залежей.

Рентабельная работа предприятий в горной промышленности может быть обеспечена на основе результатов реализации практики технического совершенствования и прогрессивных технологических решений при составлении проектной документации. Проектные решения по разработке месторождения должны являться результатом творческой индивидуальной работы инженеров-проектировщиков для достижения высокой степени оптимизации и достоверности принятых заключений. При эксплуатации каждой выемочной единицы рудник составляет проект на ее отработку, в котором обосновываются методы определения и учета показателей извлечения полезных ископаемых с целью обеспечения необходимой полноты, достоверности и оперативности установления объемов добычи.

Управление нормирования запасов руды по степени подготовленности к добыче следует обосновать для выбранной системы разработки с учетом выполнения нижеследующих работ:

- нормативы подготовленности запасов руды по принятой системе должны соответствовать содержанию добываемого сырья;
- показатели полноты использования недр и качества руды следует рассчитать для применяемой системы разработки;
- определение запасов по степени подготовленности при производстве добычных работ.

При обосновании нормативов запасов следует учитывать возможность использования наиболее прогрессивной техники и технологии добычи. По степени подготовленности запасы должны:

- обеспечить безусловное выполнение производственных планов при ритмичной работе предприятия;
- учитывать специфику горно-геологических и горнотехнических условий;
- способствовать наиболее рациональному использованию запасов руд;
- соответствовать принципу минимального объема горно-капитальных, горно-подготовительных и вспомогательных

работ, а также максимальной экономии трудовых и материальных затрат.

В работах [74-76] рассмотрена методика оперативного планирования и оптимизации суточной добычи угля с учетом требований качества сырья, экономической эффективности и технологических возможностей. В период эксплуатации месторождения составляется недельно-суточный план-график с указанием планируемых объемов добычи угля на каждый роторный экскаватор и производится непосредственное управление горнотранспортным потоком угля. Вскрышное оборудование на разрезе обеспечивает наличие готовых к выемке запасов угля, и добыча его производится без задержки, т.е. вскрышные работы ведутся с соответствующим опережением к добычным работам. На отдельных участках, где невозможно завести железнодорожные пути в угольные забои, погрузку угля предусматривается производить экскаватором ЭКГ-8И в автосамосвалы БелАЗ-75131 (рис. 37). Автосамосвалы подвозят уголь к ближайшим железнодорожным забойным тупикам, откуда он отгружается в вагоны МПС. В процессе анализа использования экскаваторно-автомобильного комплекса вытекает вывод о необходимости изменения процессов автотранспортной вскрыши на основе замены устаревших моделей автосамосвалов на новые, позволяющей увеличить производительность автотранспорта на 690 м³/смену. При этом вышеприведенные целесообразные мероприятия по улучшению организации транспортирования вскрышных пород способствуют рациональному управлению производству горных работ при разработке месторождения.

В результате районирования определены места создания резервов для обеспечения регулирования режима и направлений ведения горных работ, которые приводят к требуемому поддержанию эффективности изменения значений технологических параметров [77]. Создание подготовленных и готовых к выемке запасов, необходимого количества и качества, которые располагаются на отдельных участках и дополнительных рабочих площадях, обеспечивают управление качеством добываемой продукции и объемов производства при планировании горных работ.

Проведенные исследования позволили установить, что основными направлениями решения проблемы являются:

- «разнесение» во времени и пространстве подземных и открытых работ;
- формирование необходимых резервов;
- применение специальных технологических схем;
- выбор рациональных направлений и режима фронта горных работ.

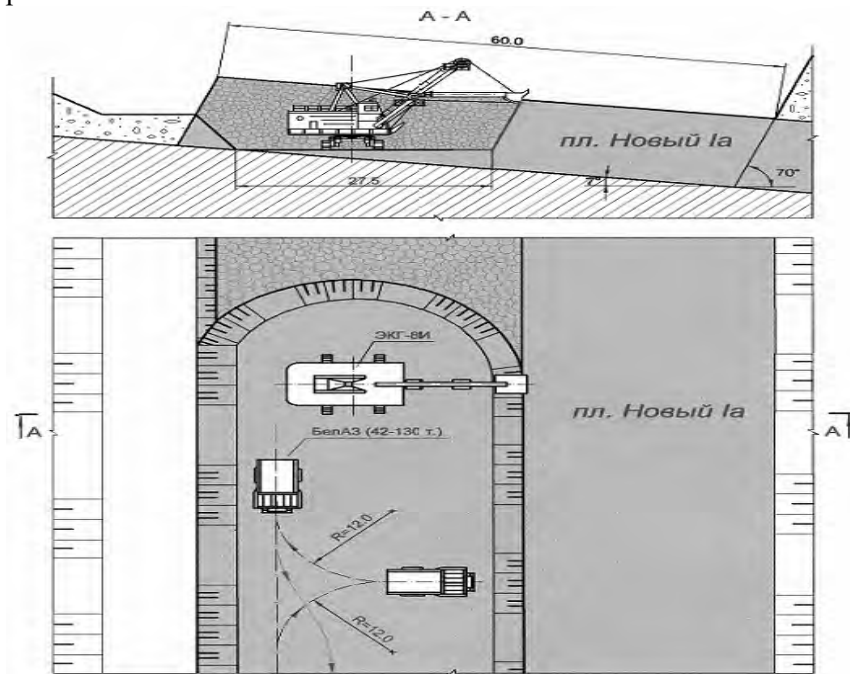


Рис. 37. Схема ведения добычных работ экскаватором мехлопатов ЭКГ-8И с погрузкой в автосамосвалы

Для «разнесения» во времени и пространстве подземных и открытых горных работ необходима подготовка достаточного количества запасов различного качества, располагаемых на отдельных автономных участках и дополнительных рабочих площадях (рис. 38).

Объемы запасов, которые необходимо готовить, определяются на основе зависимости производительности экскаваторов от объема взрываемого блока и времени работы с пониженной производительностью или остановки участка. Длительность остановок участка может достигать 2,0-8,0 месяцев.



Рис. 38. Структура резервов при комбинированной разработке угольных месторождений

Учитывается также структура запасов по качеству. Создание автономных участков, обеспечивающих «разнесение» горных работ в пространстве и подготовку запасов угля различного качества, как правило, требует изменения схем вскрытия, транспортирования и отвалообразования.

При этом определяются направления развития фронта работ и обосновываются соответствующие технологические схемы.

Возможности достижения значений установленных параметров по участкам месторождения устанавливаются в процессе выполненного горно-геометрического анализа. На основе полученных данных осуществляется районирование месторождения, то есть разбиение участка залежи на

технологические блоки - участки недр с близкими горнотехническими и технологическими параметрами.

На основе результатов районирования определяются места создания резервов, обеспечивающих регулирование режима и направлений ведения горных работ, что приводит к требуемому для поддержания эффективности изменению значений технологических параметров.

Создаются резервы по следующим направлениям:

- мощность и количество оборудования – обеспечивают необходимые изменения производительности, объемов и рост производства работ;

- автономные участки разреза с благоприятными условиями отработки – обеспечивают снижение затрат на отработку участка;

- подготовленные и готовые к выемке запасы необходимого количества и качества, располагаемые на отдельных автономных участках и дополнительных рабочих площадях – обеспечивают необходимые изменения качества продукции и объемов производства.

Формирование производственных резервов для поддержания заданного уровня эффективности обеспечивается применением соответствующих технологических схем, а возможности реализации этих схем, в свою очередь, зависят от горно-технологических условий месторождения.

При планировании горных работ используются модели выемочных единиц, несущие в своей структуре информацию о содержании полезного ископаемого и другие технологические свойства руд [78]. Решение задачи годового планирования основано на инструментах интерактивного формирования прирезок с автоматическим определением объемных и качественных показателей по руде и вскрыше. Работа инструмента строится на использовании каркасных моделей текущего и конечного положения карьера, а также блочной модели рудных тел.

На основе картографических данных и БД, предоставленных горными предприятиями (ОАО «Апатит» и СЗФК), была создана модель горнорудного района. Модель горнорудного района, в свою очередь, включает в себя:

- топоповерхности (рис. 39), карьеров, подземных горных выработок, промышленных площадок, отвалов, хвостохранилищ, объектов гражданской и промышленной инфраструктуры;
- скважинного и бороздового опробования, рудных тел, вмещающих пород и геологических нарушений;
- полей напряжений, полученных в результате построения сеточной трехмерной геомеханической модели района залежи и расчета напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов.

Используя локальную детализацию информации, удалось, с одной стороны, дать полное модельное представление местности с объектами инфраструктуры на большой площади, что необходимо при проектировании горно-обогатительных комплексов и полезно при решении различных задач и, с другой стороны, дать высокую детализацию информации в месте ведения горных работ.

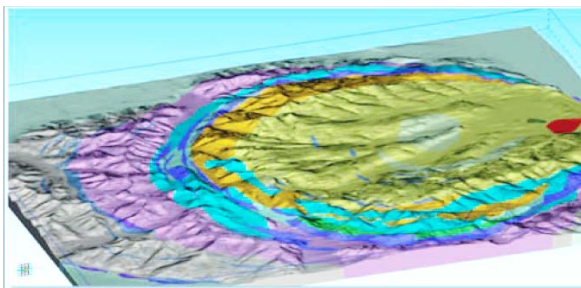


Рис. 39. Геотехнологическая модель Хибинского массива, рельеф

Ведение горных работ зачастую связано с использованием массовых взрывов (МВ), которые являются одним из самых сложных, трудоемких и ответственных технологических процессов. Для автоматизации процесса проектирования МВ с использованием моделей геологических и технологических объектов разработаны инструменты (рис. 40): формирования взрывного блока; задания конструкции скважинных зарядов; размещения скважинных зарядов в границах взрывного блока; формирования схемы коммутации и комплекта технологической документации.

Для управления горными работами необходима оперативная и достоверная информация о технологических и техногенных процессах. Для получения этой информации используются системы мониторинга. В MINEFRAME реализована работа с двумя видами мониторинга: карьерного транспорта и сейсмических событий. Применительно к решению задач горной технологии мониторинг карьерного транспорта, используемый совместно с инструментами оперативного планирования, позволяет выйти на решение задачи оперативного управления объемными и качественными показателями перемещаемой горной массы. Мониторинг сейсмических событий (СС), дающий информацию о месте и степени разрушения массива горных пород, позволяет путем применения алгоритмов обработки СС выделить потенциально опасные зоны для ведения горных работ.

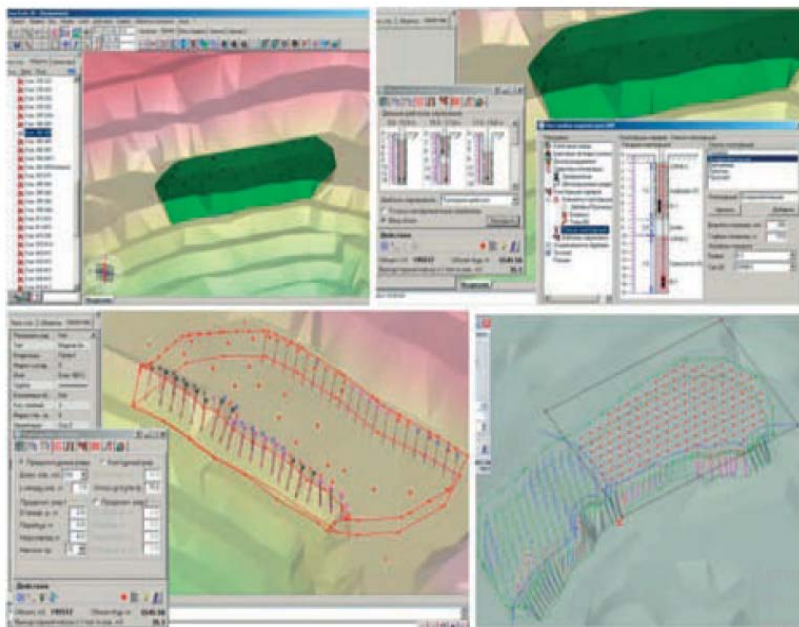


Рис. 40. Автоматизированное проектирование массовых взрывов на карьерах

В связи с развитием компьютерных технологий направление развития средств имитационного моделирования технологических процессов и формирование единого информационного пространства предприятия решаются с широким использованием беспроводной связи и мобильных устройств. В этих условиях применение компьютерных технологий для комплексного решения проблемы освоения и управления планирования горных работ позволяет повысить эффективность разработки месторождений полезных ископаемых.

Таким образом, при календарном планировании горных работ следует управлять за выполнением объемов горно-подготовительных и нарезных выработок для своевременного ввода каждой выемочной единицы в эксплуатацию в соответствии с утвержденным годовым планом горных работ [79]. В этих условиях рациональное управление количеством одновременно находящихся в работе выемочных единиц обеспечивает добычу минерального сырья требуемого объема и качества с оптимальной нагрузкой на забой, а также применения усреднения добычи по выемочным единицам. Поэтому соблюдение планируемых графиков подготовки блоков, панелей и горизонтов в период эксплуатации месторождения в соответствии с управлением подготовленностью запасов полезных ископаемых к выемочным работам обеспечивает ритмичную работу рудника.

4.3. Обоснование усреднения содержания добываемых руд с учетом подготовленности их к выемке

В период составления календарного плана развития горных работ следует обосновать технические решения для обеспечения оптимальной концентрации добычных блоков и панелей, исключить их разбросанность и выемку сырья на нескольких горизонтах при разработке месторождений полезных ископаемых. В этих условиях подтверждение подготовленности к выемке запасов с учетом усреднения содержания добываемых руд представляет важную задачу эксплуатации недр. На практике с целью осреднения качества минерального сырья

осуществляются операции, в результате которых стабилизируются в определенных пределах колебание показателей кондиции для заданного объема руды. На горных работах существуют приемы смешивания добытых объемов руд, отличающихся по минералогическому и физическим свойствам, различными способами в период добычи или специальных складах. Стабильность качества руды оценивается величиной отклонения от планового среднего содержания полезных компонентов в контролируемом периоде времени. В процессе промышленной разработки любого месторождения обоснование управления подготовленностью к выемке запасов следует осуществлять с целью обеспечения требуемого качества добываемого сырья потребителей. В этих условиях обоснование оптимального объема добычи из каждой выемочной единицы способствует обеспечению рационального уровня полноты извлечения минерального сырья, наиболее полному, комплексному и эффективному использованию балансовых запасов основных и совместно с ними залегающих руд.

На способы стабилизации качества руды при подземной добыче руды воздействуют разные организационные и производственно-технологические операции [80]. На рис. 41 представлена предлагаемая систематизация способов стабилизации состава руды. При этом выделяются основные виды воздействий на процесс стабилизации: организационные и производственно-технологические.

Организационная составляющая включает в себя планирование, организацию и управление горного производства, осуществляемого в режиме усреднения качества руды в технологической схеме рудника. Для этого следует определить этапность их выполнения - календарное, текущее и месячное планирование, оперативное управление. Основной целью организационных мероприятий является обеспечение заданного уровня показателя качества руды в объемах добычи. Организационные воздействия на качественные характеристики добываемой руды влияют на количественно-качественные зависимости, на базе которых устанавливается количество и качество руды для обеспечения среднего уровня показателей качества в объеме добычи или в рудопотоке на определенный

период времени. На стадии оперативного управления существенно уменьшаются единичные объемы разнокачественной рудной массы, участвующих в стабилизационном процессе вместе с усреднением, что приводит к снижению амплитуды колебания руд. Производственно-технологические работы производятся с целью смешивания единичных объемов рудной массы для достижения равномерного распределения управляемого компонента в результирующем объеме сырья.

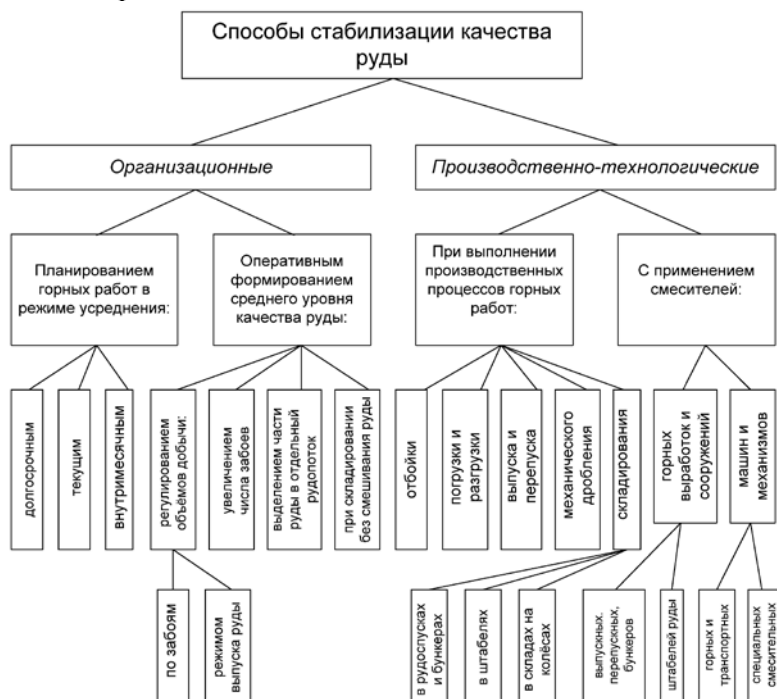


Рис. 41. Систематизация способов стабилизации качества руды при подземно добыче

Производственно-технологические работы различаются в зависимости от типа смесителя, которые в руднике могут быть механическими устройствами или горнотехническими сооружениями в виде рудоспуска, бункера, штабеля.

Технологическая схема рудника, включающая в себя совокупность производственных процессов и технических средств, в той или иной мере, способных выполнять смесительные функции, представляет в потенциале мощный стабилизатор, способный при рациональном его использовании существенно снизить изменчивость состава добытой руды.

При производстве добывания минерального сырья подземным способом оперативный контроль качеством в процессе добычи полезных ископаемых в соответствии с подготовленностью запасов к выемке осуществляется путем регулирования числа забоев и в достаточной степени создаются условия для календарного планирования и управления добычными работами.

Стабилизация качества запасов по степени готовности зависит от достоверности создаваемой модели очистных забоев, производственных и климатических условий района по мере подвигания фронта добычных работ. Технический норматив готовых к выемке запасов определяется расчетными объемами сырья в наилучшей последовательности отработки этапов.

Достижение необходимой качественной однородности рудной массы, усреднение ее качества и смешивание объемов руд оценивается величиной отклонения содержания компонентов от среднего в контролируемый момент времени при обосновании стабильности качества руды.

На подземных горных работах способы управления качеством руды делятся на горно-технологические, организационные и экономические. Горно-технологические способы осуществляются путем выбора систем разработки и совершенствованием производственных процессов очистных работ. Организационное управление качеством руд выполняется созданием определенного порядка выемки руды, транспорта, и дополнительной регламентации горных работ. Экономическое управление качеством руд основано на изучении влияния качества сырья на конечные результаты с производственными возможностями рудника и конъюнктурой рынка.

Точки пересечения вдоль кривых приведенной стоимости для каждого этапа планируемой добычи используются при определении балансовых баллов в стадиях добычи, переработки

и сбыта, полностью используется и оптимизируется чистая приведенная стоимость операции [81]. Данные шахты со средним содержанием 6 г/т золота и логарифмическая дисперсия 1.2 применяются к модели и показывают преимущества представления пороговых значений приведенной стоимости для различных систем. Ограничения добычи в конкретной модели показывает оптимальный предел отсечения, при выполнении операции по маркетингу, составляет 2,84 г/т. Идентификация сдерживающих факторов при добыче полезных ископаемых и определение максимальных затрат позволяют оценить чистую приведенную стоимость.

Рост требований к качеству продукции и экологичности технологии производства, объективное снижение качества сырья требуют поиска новых организационных и технико-экономических решений. Поэтому эффективное использование минерального сырья включает применение рациональных способов планирования горных работ на основе инновационных технологических решений при освоении недр.

При оперативном планировании и управлении горно-добычными работами, а также при осуществлении одновременного формирования требуемого уровня качества руды минимизируются отклонения текущих показателей от средней плановой величины. Для повышения концентрации металлов в руде и разделения ее по сортам руды используются современные средства сортировки руды. Впоследствии за счет управления качеством полезного ископаемого обеспечивается внутренняя однородность состава добытой рудной массы в усредняющих средствах в горных выработках или на поверхности рудника, а также осуществляется выходной контроль по всем показателям качества сырья, отправляемого потребителям.

Регулирование содержания минерального сырья возникает в случае рационального управления горными работами и приводит к значительному улучшению процессов во всей цепочке добычи. Для этого в период добычи руды следует принять меры, направленные на улучшение регулирования ее содержания, интегрированный подход к отбору проб,

моделирование состояния ресурсов и общее управление качеством добываемого полезного ископаемого.

Формирование добываемых руд определенного качества является сложным процессом и зависит от природных свойств руд и технологии выемки рудных залежей. Поэтому усреднение содержания руды следует решить на стадии проектирования разработки месторождения и определить способы стабилизации качества выдаваемой продукции с учетом подготовленности запасов и требований последующей их переработки.

Использование производственных данных улучшает прогноз содержания руды и наибольшее повышение качества происходит при применении практических данных, полученных в результате ведения горных работ. В горной промышленности практические данные предоставляют ценные информации о качестве добываемого сырья для календарного планирования добычи полезных ископаемых. В приведенных условиях использование производственных данных дают ценные информации для обоснования подготовленности запасов руд и повышения качества добываемого сырья.

Обеспечение будущих поставок металлов является ключевой проблемой в политике, науке и экономике, потому что доступное количество полезных ископаемых ограничено [82]. Разработка различных сортов руды в основном в результате растущего спроса и рациональных технологических улучшений добыча низкосортных руд стала прибыльной. Увеличение расходов, связанных с падением содержания добываемой руды, ограничивают доступность добываемых ресурсов с точки зрения устойчивости.

Обеспечение стабилизации качества добываемой продукции рудника с учетом усреднения руд следует решить на стадии календарного планирования добычи минерального сырья. Необоснованная степень подготовленности полезных ископаемых к выемке на подземных рудниках требует выполнения значительных объемов горных работ. Поэтому нормативы запасов по степени подготовленности к выемке должны соответствовать проектной мощности подземного рудника при календарном планировании горных работ с учетом качества добываемой руды.

При производстве подземных горных работ на усреднение качества добываемой руды влияют несколько характерных особенностей технологических факторов на применяемые системы разработки (рис. 42). В этих условиях последовательность добычи полезного ископаемого на любом горизонте рудника включает следующие основные режимы отработки: последовательный и выборочный. Поэтому обоснование рациональных способов, влияющих на качество потока руды и стабильность содержания добытого сырья в условиях подземных горных работ, имеет важное значение при освоении месторождения.

Число находящихся в работе добычных забоев влияет на определение уровня усреднения качественного состава общего потока добываемой руды. На подземных горных работах наличие подготовленных и готовых к выемке запасов облегчает управление процессом добычи в режиме усреднения и позволяет снизить колебания содержания потока руды. Количество находящихся в работе выемочных единиц зависит от производительности рудника и порядка отработки залежей, поэтому их величина должна соответствовать принятой последовательности отработки запасов сырья с учетом обеспечения планового объема добычи полезного ископаемого.

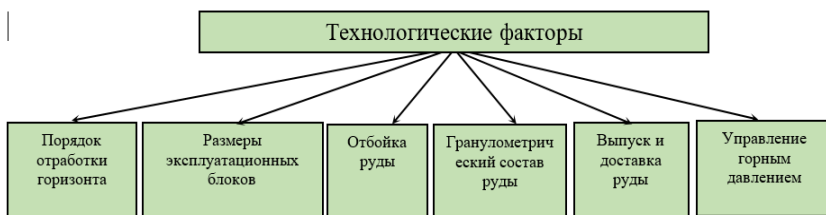


Рис. 42. Технологические факторы, определяющие качество рудопотока и его стабильность

В условиях интенсивной эксплуатации месторождений и закономерного уменьшения содержания качества добываемых руд, главным образом, за счет выемки более богатых запасов следует вести поиск новых инженерных и горно-

технологических решений по забойному усреднению добычи полезного ископаемого. Для этой цели на подземных рудниках появляется возможность повышения практического использования и создания принципиально новых технических решений, соответствующих горно-геологическим условиям ведения горных работ.

При разработке месторождений обеспечение требуемого качества руды зависит от состояния готовых к выемке запасов и рудной массы в них на любом этапе ведения добычи минерального сырья. Стабилизация качества добываемых руд требует проведения анализа их содержания в выемочных единицах и распределения полезных компонентов в них. В этих условиях геолого-маркшейдерская служба рудника должна заранее определить объемы и качество руды, добываемой из действующих выемочных единиц, для обеспечения плановых показателей добычи сырья на руднике. Затем обоснование нормирования подготовленности запасов с учетом содержания и объемов планируемых к добыче руд по панелям на предприятии осуществляется в следующей последовательности. В задачу маркшейдерской службы рудника входит расчет соотношения объемов руды, например, поступающей из действующих четырех выемочных единиц, и для определения ее среднего содержания используется методика расчет средневзвешенного значения добываемой руды.

С использованием метода определения средневзвешенного значения находится среднее содержание добываемой руды и осуществляется расчет соотношения объемов минерального сырья с двумя полезными компонентами, поступающих из действующих четырех выемочных единиц по формуле

$$(C_1 + C_2)_T = \frac{(C_1+C_2)_1 V_1 + (C_1+C_2)_2 V_2 + (C_1+C_2)_3 V_3 + (C_1+C_2)_4 V_4}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}, \quad (2)$$

где $(C_1 + C_2)_T$ - содержание полезных компонентов в товарной руде; $(C_1 + C_2)_1$ - содержание полезных компонентов в выемочной единице; V_1, V_2, V_3, V_4 - объемы добываемой руды из выемочных единиц.

Данные календарного планирования горных работ позволяют определить качество и объемы поставляемой руды на обогатительную фабрику, так как на этой стадии известны плановые показатели извлекаемых запасов из каждого действующего забоя на руднике. Поэтому при ведении подземных горных работ данные о качестве готовых к выемке запасов, в разрабатываемых панелях или блоках, способствуют успешному решению планирования забойного усреднения руды. Для этого необходимо знать плановые величины и качественные показатели добываемых руд, находящихся в выемочных единицах, а также планируемый объем добычи в целом по руднику.

Панельно-столбовая система разработки применяется на подземных рудниках ТОО «Корпорации Казахмыс» для отработки пологих и наклонных рудных залежей при устойчивых рудах и вмещающих породах средней ценности руды [28]. При подземной разработке горизонтальных и пологопадающих рудных залежей с углом падения до 10^0 проходятся с доставочного штрека панельные штреки, заезды в панель через каждые 40 м, разрезной штрек, проходимый с первого заезда и вентиляционный штрек, расположенный по центру камеры (рис. 43). В этих условиях к нарезным работам относятся объемы раскоски разрезного штрека до ширины, равной пролету между целиками, и по длине, равной ширине трех камер. Далее при производстве добычных работ нами предлагается способ забойного усреднения медно-цинковой руды панельно-столбовой системой разработки, суть которого заключается в нижеследующем.

Одновременно находящихся в работе выемочных единицах содержание меди и цинка в руде в панелях, а также плановая суточная добыча руды по панелям приведены в табл. 3. Для этих условий по указанным данным определяется усредненный объем, добываемой руды из каждой выемочной единицы с учетом имеющихся отклонений по содержанию, планируемый к добыче. Далее для оптимального планирования добычи полезных ископаемых устанавливается плановое средневзвешенное значение содержания добываемой руды по меди и цинку.

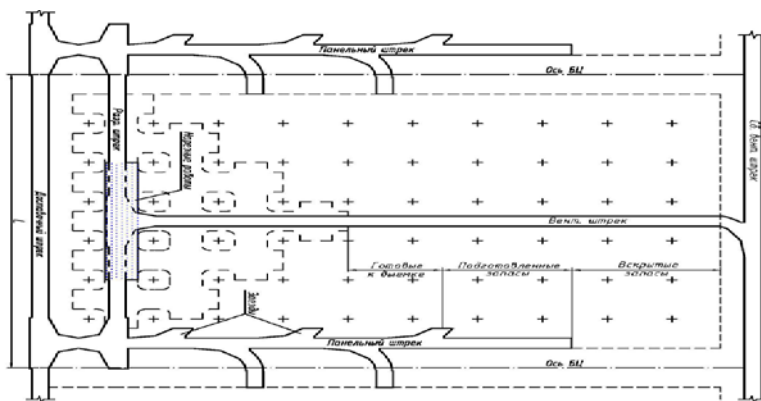


Рис. 43. Панельно-столбовая система разработки

Затем по данным средневзвешенного значения устанавливаются отклонения от среднего содержания добываемых руд, имеющих полезных ископаемых в процентах, в разрабатываемых панелях рудника (табл. 4). После этого с учетом приведенных расхождений содержания добываемых полезных ископаемых обосновывается плановый усредненный суточный объем добычи руды из каждой панели.

Таблица 3

Содержание меди и цинка в руде в панелях

Cu	Содержание, %	Средневзвешенное содержание, %	Объем, т/сутки	
C1,1	0,97	1,185	V1	900
C1,2	1,31		V2	900
C1,3	1,07		V3	900
C1,4	1,39		V4	900
Zn				
C2,1	1,91	2,020	V1	900
C2,2	2,42		V2	900
C2,3	1,79		V3	900
C2,4	1,96		V4	900

Полученные данные служат основанием для календарного планирования добычи полезного ископаемого по очистным забоям панелей горного предприятия в течение определенного периода эксплуатации месторождения.

При подземной разработке месторождения пространственное расположение каждой выемочной единицы на горизонтах влияет на оперативное планирование добычных работ. В этой связи для анализа параметров усреднения содержания полезных компонентов по выемочным единицам рудника предлагается создать блочную модель расположения обрабатываемых залежей на горизонтах (рис. 44).

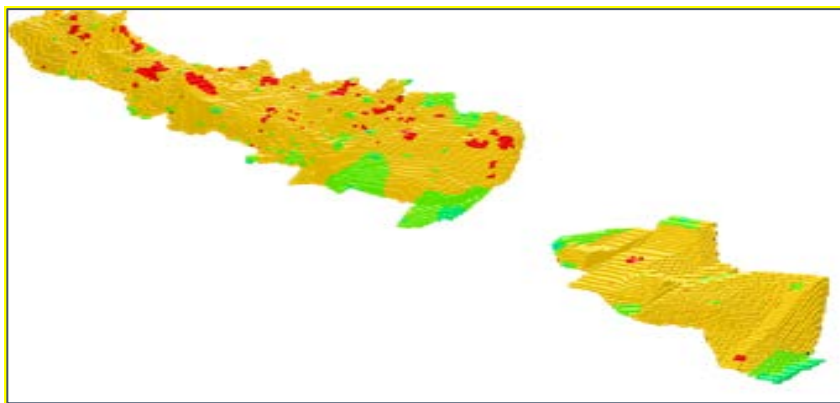


Рис. 44. Блочная модель подземных горных выработок

Таблица 4
Плановая добыча руд с усредненным содержанием

Панели	Отклонение от среднего содержания, %		Усредненный суточный объем добычи, т.
	По меди (Cu)	По цинку (Zn)	
1	1,222	1,058	1025
2	0,904	0,835	753
3	1,107	1,128	1006
4	0,852	1,031	848

Использование такой блочной модели предоставляет возможность работать с различными по содержанию блоками, отличающихся от традиционного подхода, что позволяет в свою очередь с большим разрешением оценить локализацию бедных и богатых руд по горизонтам. Вследствие этого подобный подход к добыче руд на подземном руднике позволяет осуществлять подсчет объемов и качественных показателей минерального сырья по выемочным единицам, находящимся в процессе очистных работ, с разным содержанием полезных компонентов.

Изменение объема минерального сырья от плановой в отдельных панелях связано с усреднением содержания полезного ископаемого по двум компонентам добываемых руд непосредственно при производстве подземных горных работ. Объемы добычи по первой и третьей панели превышают ранее запланированные объемы, а по второй и четвертой панели уменьшается, с целью обеспечения плановой величины содержания добываемой руды. Рост и уменьшение объемов добычи по панелям объясняется увеличением объема добычи руды с низким содержанием полезного компонента, позволяющего равномерную отработку залежей с усреднением качества минерального сырья. Предлагаемое забойное усреднение содержания медно-цинковой руды при панельно-столбовой системе разработки показано на рис. 45.

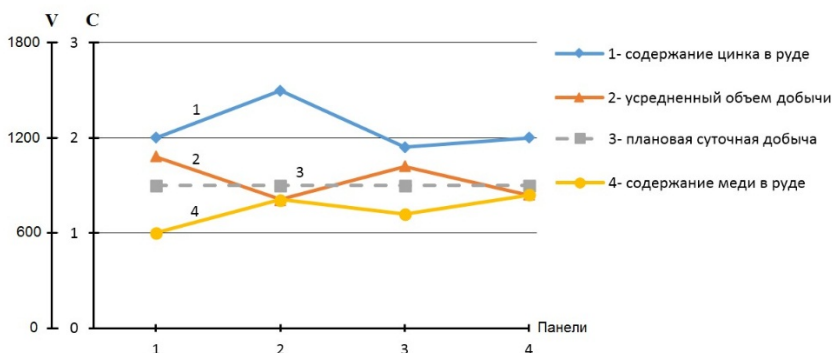


Рис. 45. Забойное усреднение содержания медно-цинковой руды

Своевременное выполнение производственного плана на действующем горном предприятии требует обоснования планируемых объемов добываемого минерального сырья по панелям с учетом его содержания для обеспечения рационального освоения недр и ритмичной работы рудника. Приведенное забойное осреднение содержания многокомпонентных руд, учитывающее планируемые объемы и содержания добываемой руды по разрабатываемым панелям, предлагается использовать при производстве подземных горных работ. Рекомендуемый способ забойного усреднения в период подземной разработки месторождений обеспечивает равномерное качество добытого минерального сырья, в течение определенного периода, поступающего на обогатительную фабрику.

На подземных горных работах к элементам стабилизации для достижения желательной качественной однородности рудной массы относится усреднение ее качества, достигаемое путем смешивания объемов руд, отличающихся по минералогическому составу. Отклонение среднего содержания компонента в руде, в течение планируемого периода, требует принятия мер по управлению осреднением ее качества. Стабилизация содержания добываемой руды зависит от порядка отработки группы залежей, рационального и оперативного регулирования объемов добычи, находящихся в работе действующих забоях, в соответствии с подготовленностью запасов по выемочным единицам. Изменение объема добываемой руды в отдельных панелях объясняется усреднением содержания полезного ископаемого по двум компонентам руд при ведении подземных горных работ и обеспечением запланированной величины содержания добываемой руды из них. В целом последовательность применения забойного осреднения зависит от горно-геологических условий разрабатываемых залежей и следует регулировать ее на стадии составления календарного плана добычных работ. Обоснование оптимального варианта забойного усреднения, соответствующего объему и содержанию добываемой руды из каждой панели, направлено на улучшение технико-экономических показателей освоения месторождения.

4.4. Планирование развития горных работ с учетом подготовленности запасов и усреднения содержания руд

При планировании развития горных работ регулируются задачи обеспечения выполнения плана добычи полезных ископаемых, планомерного развития горных работ в соответствии с техническим проектом и перспективным планом, рационального использования и непрерывного восполнения вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов с целью создания необходимых резервов и ритмичной работы горного предприятия. Планирование и управление процессами транспорта горной массы необходимо осуществлять таким образом, чтобы обеспечить рациональное выполнение плановых показателей добычи и перевозок, стабилизации качественного состава в период рабочей смены в течение планируемого периода. Процессы оперативного планирования и управления горными работами являются основными звеньями реализации перспективных и текущих планов развития производства и добычи полезного ископаемого.

Повышение надежности работы карьера может быть достигнуто путем сокращения числа звеньев в последовательном соединении, повышения надежности работы каждого звена карьера, резервирования оборудования, создания запасов полезного ископаемого и опережения вскрышных работ [83]. Горнотехническая система «карьер» состоит из подсистем вскрышных и добычных работ, имеющих самостоятельные цели и задачи, направленные на выполнение единой функции - добычи руд. Резерв готовых к выемке запасов на каждом горизонте позволяет вести горные работы независимо от вышележащего горизонта в течение некоторого промежутка времени.

Анализируя результаты можно отметить увеличение величины резервной полосы площадок при повышении объема готовых к выемке запасов на горизонте для различных вариантов распределения длины фронта работ на уступах. Изменение с глубиной величины готовых к выемке запасов ΔP_i , длины фронта работ L_i на уступе, резервной полосы рабочих площадок ΔB_i для четырех вариантов представлено на рис. 1.

Коэффициент готовности технологической цепи соответствует надежности работы верхнего рабочего горизонта, а надежность работы других горизонтов будет зависеть не только от коэффициента готовности уступов, но и от запаса между ними. Коэффициент готовности характеризует вероятность работоспособности горнотехнической системы «карьер» в произвольно выбранный момент времени, определяет готовность этой системы к работе и позволяет оценивать эксплуатационные качества системы.

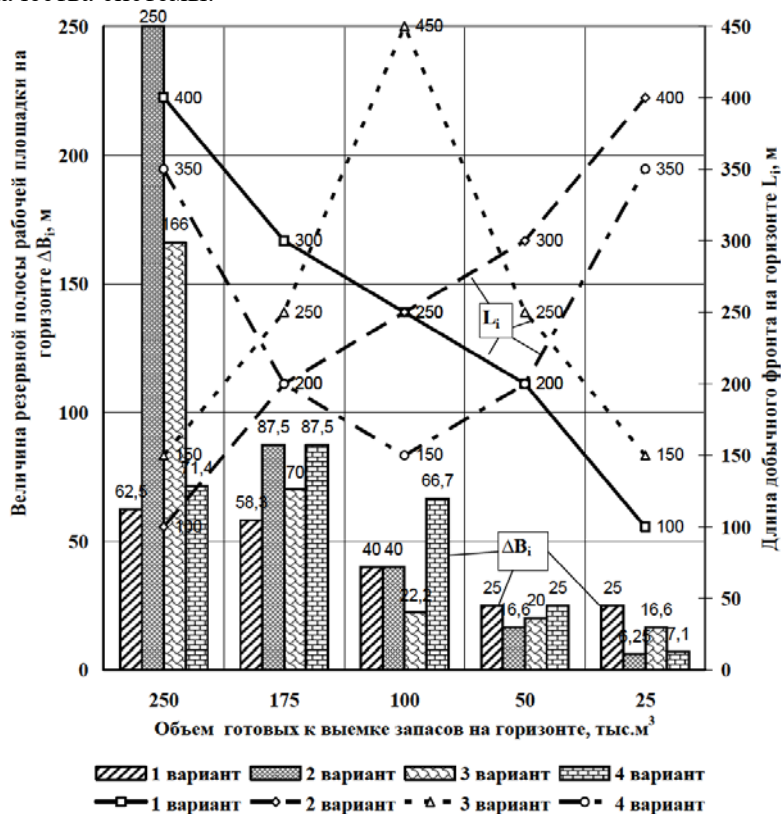


Рис. 1. График изменения с глубиной величины готовых к выемке запасов ΔP_i , резервной полосы рабочих площадок ΔB_i для четырех вариантов распределения длины фронта работ L_i на уступе

Снижение риска недостижения проектной производительности системы «карьер» может быть достигнуто в том случае, когда объем готовых к выемке запасов вышележащего добычного уступа больше, чем нижележащего; для вскрышных уступов - опережение вскрыши вышележащего уступа должно быть меньше, чем нижележащего. Таким образом, рабочий борт карьера в разрезе должен принять вогнутую форму во вскрышной части и выпуклую – в добычной. При этом риск недостижения проектной производительности системы «карьер» может быть снижен на 10...20 % для карьеров, разрабатывающих крутопадающие рудные месторождения.

Установление распределения величины готовых к выемке запасов и опережения вскрыши на момент окончания подготовки ряда или всех горизонтов в процессе разработки карьера, обеспечивающие низкий уровень риска недостижения проектной производительности системы «карьер», позволяет осуществлять оптимальное планирование развития горных работ и формирования рабочего борта карьера.

Система автоматизированного проектирования и планирования горных работ Mineframe имеет развитые средства для составления плана горных работ [84]. При этом инструменты планирования основаны на вариантной оценке объемных и качественных показателей выемочных единиц, таких, как уступ, прирезка, блок. Исходными данными для процесса планирования являются плановые показатели добычи по объему и качеству руды, объемы выемки вскрыши, направление развития горных работ, положение карьера на начало планируемого периода, модель геологической обстановки. В основе метода решения задачи текущего планирования лежит интерактивный подбор выемочных единиц, обеспечивающих заданный объем и качество руды на планируемый период. Автоматизация процессов планирования включает в себя: определение объемов руды по степени подготовленности; формирование прирезок; расчет качественных показателей полезного ископаемого в них; набор годового плана; переход к квартальному плану; месячное планирование; недельно-суточное планирование.

Годовой план обычно разрабатывается на предприятии за несколько месяцев до начала нового года. Планирование

начинается от предполагаемого на конец года положения горных работ. Далее составляется план по руде, рассчитываются объемы запасов по степени подготовленности и, если их не хватает, предусматривается вскрытие новых горизонтов. Инструменты Mineframe позволяют определить объемы руды по степени подготовленности: готовые к выемке запасы (рис. 46), подготовленные к выемке запасы и вскрытые запасы. Исходными данными для такой классификации являются проектный угол откоса уступа и минимальная ширина рабочей площадки ($B_{\min}$). Определение запасов руды происходит путем построения эквидистантных контуров от исходного положения карьера.

Результатами работы инструмента являются объемы каждого вида запасов по горизонтам и контуры, показывающие пространственное расположение этих запасов в карьере. На основании анализа выделенных запасов можно отстраивать прирезки. Прирезки представляют собой часть уступа с относительно однородными геологическими условиями и технологическими параметрами разработки. Модели прирезок (рис. 47) обычно имеют форму скошенной призмы. Ее подошва одной стороной повторяет нижнюю бровку, положение другой задает ширину прирезки. Обычно, уровень подошвы – это отметка нижележащего горизонта, в некоторых случаях подошва следует форме почвы или кровли пласта. Верх прирезки создается точно по форме площадки верхнего горизонта, повторяя ее рельеф. Боковые поверхности прирезки отстраиваются по фактическому или проектному углу откоса обрабатываемого уступа. Каждая прирезка содержит информацию об объеме и качестве полезных ископаемых с разбивкой на разновидности горных пород.

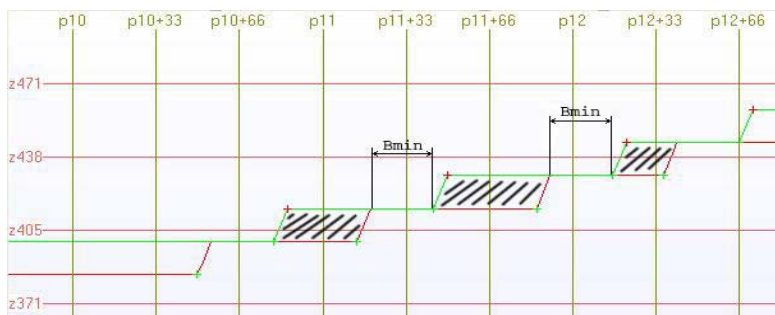


Рис. 46. Готовые к выемке запасы в карьере

Прирезку можно отнести к определенному периоду разработки (год, квартал, месяц), можно разбить на произвольное количество свободно конфигурируемых частей с отнесением каждой к своему периоду разработки в соответствии с логикой развития горных работ на данном уступе (рис. 48).

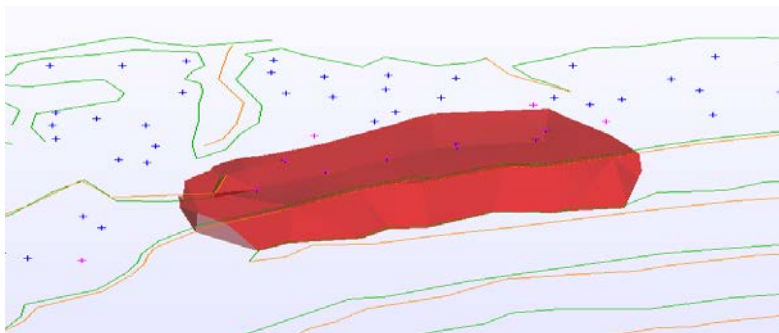


Рис. 47. Модель прирезки

Для контроля набора объемов и качественных показателей в прирезках по планируемым периодам используется сводная таблица (рис. 49), которая может находиться в открытом состоянии во время создания и модификации прирезок. По мере появления новых или изменения старых прирезок данные в таблице также будут синхронно изменяться. Также имеется

возможность в произвольном порядке отображать/скрывать прирезки, относящиеся к определенному периоду отработки.

Подсчет качественных показателей может быть произведен инструментальными средствами Mineframe тремя способами: с использованием блочных моделей рудных тел с рассчитанными заранее параметрами распределения качества полезных ископаемых, методом метро-процентов с использованием моделей проб или путем применения процедуры интерполяции к блочной модели самой выемочной единицы.

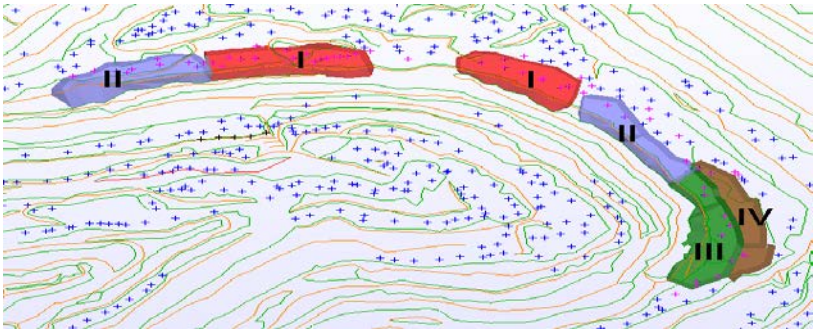


Рис. 48. Календарное разбиение прирезок

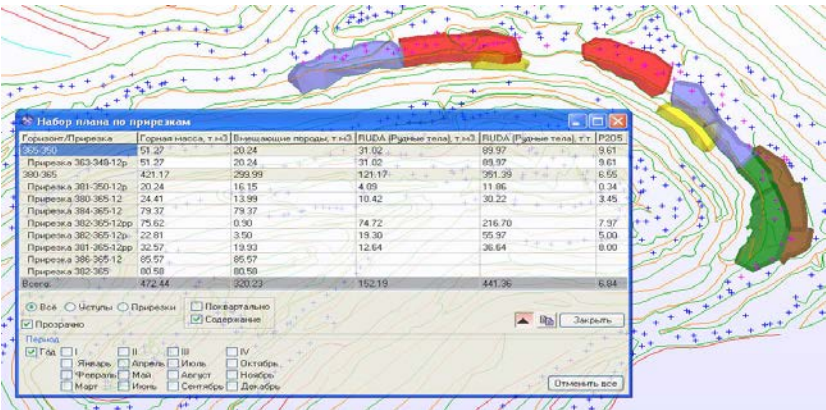


Рис. 49. Набор плана по прирезкам

При подсчете объемных и качественных показателей выемочных единиц производится учет всех геологических объектов, представленных в ее границах. На последнем этапе планирования сформируется модель карьера на конец планируемого периода. Осуществляется это корректировкой положения верхних и нижних бровок по границам созданных прирезок (рис. 50).

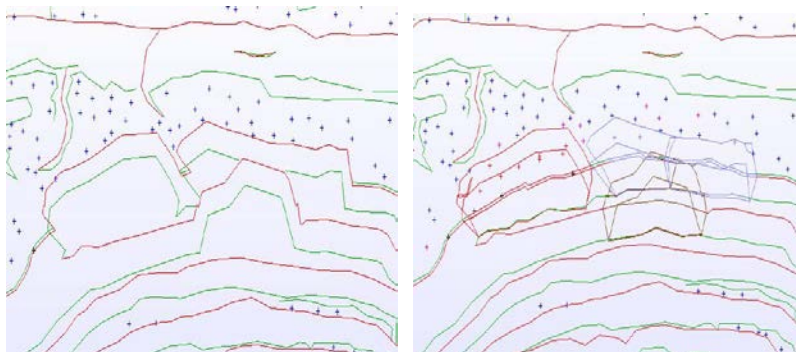


Рис. 50. Карьер на начало (слева) и конец (справа) периода планирования

Процесс планирования заключается в интерактивном регулировании нагрузки на каждый забой. Он осуществляется с помощью специального инструмента, который показывает каждую заходку в виде диаграммы, по оси абсцисс которой размещена шкала элементарных подвижек, по оси ординат – шкала содержаний опробованных полезных и вредных компонентов. В заголовке каждой заходки отображены: общий объем, отработанный объем и остаток. Нагрузка на забой представлена прямоугольниками различных цветов (отражают состояние нагрузки - планируемая, утвержденная к отработке, отработанная). Внутри каждого прямоугольника (нагрузки) отображены объем и качественные показатели. Также отображаются суммарные сменные показатели - объем и качество по компонентам.

Таким образом, процесс планирования заключается в подборе таких нагрузок на забой, чтобы объемные и качественные показатели смены находились в пределах плановых показателей. Во многих случаях ручной подбор вариантов распределения нагрузок на забой является сложной задачей. Для облегчения решения этой задачи предусмотрен автоматизированный режим, в котором происходит поиск вариантов нагрузок, отвечающих плану. Специалисту остается лишь выбрать наиболее рациональный.

Задачи планирования горных работ могут быть сведены к определению необходимой для достижения требуемых характеристик углетока скорости подготовки запасов, производительности оборудования и параметров рабочей зоны [85]. На производительность работы оборудования оказывают влияние параметры рабочей площадки и функциональное время работы, обслуживания горнотранспортного оборудования. Определение параметров рабочих площадок угольного разреза с учетом требуемых значений скорости подготовки запасов полезного ископаемого базируется на устойчивой взаимосвязи между геометрическими размерами рабочих площадок, отрабатываемой панели, предельным значением угла рабочего борта и функциональным временем работы оборудования (рис. 51).

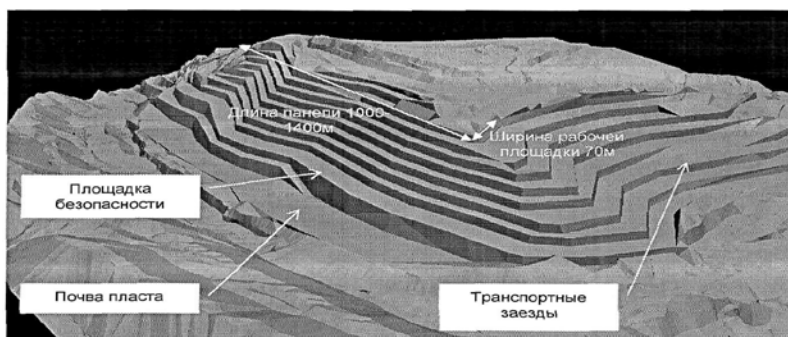


Рис. 51. Конструкция рабочего борта при отработке панели

На первом этапе определяются возможные варианты обеспечения своевременной подготовки запасов. Далее, исходя из необходимых значений скорости понижения горных работ и ширины рабочей площадки, определяется конструкция рабочего борта. Ширина рабочих площадок при работе экскаватора с погрузкой в автомобильный транспорт определяется схемой подъезда автосамосвалов, необходимыми безопасными расстояниями, габаритными размерами и рабочими параметрами горнотранспортного оборудования. Согласно результатам расчета, для экскаватора с ковшом емкостью 30-35 м³ рациональная ширина рабочей площадки, исходя из необходимой скорости подготовки запасов, составляет 70 м. При этих параметрах обеспечивается двухсторонний подъезд автосамосвалов и создается технологическая возможность функционального времени работы этого комплекса. Последовательность планирования горных работ с учетом необходимой скорости подготовки запасов используется при оптимизации параметров рабочих площадок разрезов при подготовке запасов угля к выемке.

Основой для полноценного управления качеством руды, отгружаемой на обогатительную фабрику, рационального освоения месторождения, является характер размещения качественных показателей месторождения [86]. Получение данных для текущего планирования следует уточнить в соответствии с данными эксплуатационной разведки и пространственным положением их исходя из производственных нужд. В результате повышения точности прогнозов при планировании коэффициент потерь руды на рассматриваемых участках в среднем снизился на 0,03%. На основании разработанных теоретических принципов многомерной геометризации доказана возможность улучшения эффективности прогнозирования качественных показателей залежей и рационализации их освоения.

В период освоения месторождений полезных ископаемых применение информационной системы для обоснования управления подготовленностью минерального сырья к выемке с учетом геологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения имеет важное значение при

эксплуатации богатств недр. Осуществление стабилизации качества руды требует установления порядка отработки группы залежей, рационального планирования отработки эксплуатационных участков и оперативного управления объемами добычи из отдельных блоков в соответствии с подготовленностью запасов руд.

При разработке месторождения формирование календарного плана развития горных работ осуществляется с учетом подготовленности запасов к выемке и усреднения содержания добываемых полезных ископаемых. Планомерное управление качеством добываемой руды способствует решению стабилизации и усреднения руд. Достижение установленных требований к усреднению уменьшает колебания качественного состава добываемого сырья и повышает эффективность разработки месторождения. Далее учет горно-геологических особенностей месторождений и динамики формирования рабочей зоны повышает экономическую результативность и надежность проектных решений. Использование системы Mineframe при планировании горных работ повышает производительность труда и создает условия для повышения оперативности технологических решений. При длительном сроке планирования горных работ возможны значительные масштабы отклонения планируемых показателей качества руды от фактических. Осуществление своевременного анализа горно-геологических особенностей рудных месторождений и динамики формирования рабочей зоны повышает экономическую эффективность и надежность проектных решений. Многомерная поэтапная геометризация качественных показателей залежей улучшает результативность работы рудников и рационализации освоения месторождения. Перспективное и текущее планирование с использованием горно-геометрического метода прогнозирования качественных показателей руды повышает технико-экономические показатели рудника. Таким образом, управление обеспечения подготовленностью запасов, стабилизацией качества добываемой руды и способом ее усреднения должны решаться в период проектирования и планирования горных работ.

4.5. Усреднение содержания руд при календарном планировании горных работ

При разработке месторождений управление качеством минерального сырья имеет цель повышения содержания полезных компонентов в добытой руде и формирование стабильного по кондиции рудного потока. Для решения данной задачи следует определить в рудной залежи технологические типы руд и обеспечить добычу их в рациональном режиме усреднения. На горных работах система управления качеством добываемых руд зависит от изменчивости свойства рудной залежи и принятия оптимальных решений техническими средствами. При ведении горных работ определяющим фактором успешной работы любого горного предприятия является эффективное управление подготовленностью запасов руд и планирование производства с учетом усреднения содержания добываемого минерального сырья с целью формирования стабильного по качеству рудного потока. Для этого следует изучить последовательность выполнения подготовительных и очистных работ, планов подготовки блоков к выемке и добычи сырья для рационального планирования развития производства на руднике.

Управление качеством продукции представляет комплекс конкретных задач, совокупность которых позволяет осуществить стабилизацию качества добываемого сырья [87]. К ним относятся разработка методов определения качественных показателей руды, изучение закономерностей распределения полезных компонентов в недрах, выбор оптимального порядка отработки рудных тел, обеспечивающего минимальную дисперсию показателей добытой руды, планирование отработки эксплуатационных участков и оперативное управление объемами добычи. Усреднение содержания руды является сложной задачей и рациональное ее решение требует использования методов математического анализа. Среднее содержание сырья внутри выемочного блока в текущий момент времени определяется как средневзвешенное по всем видам запасов очистных забоев. Для расчета количества выемочных блоков для выполнения плана

добычи следует рассмотреть все варианты с учетом подключения резервных выемочных единиц.

Сложные гидро- и горно-геологические условия, возрастающее значение повышения экономической эффективности открытых горных работ, контроля и управления качеством определяют необходимость разработки методики оперативного планирования, оптимизации суточной добычи сырья с учетом его качественных характеристик в добычных забоях.

Способы стабилизации качества руд могут быть организационными и технологическими [88]. Организационные способы осуществляются за счет организационно-управляющих мероприятий при календарном и текущем планировании горных работ, а также при управлении конкретными потоками руды, начиная от забоев и кончая потребителями. К технологическим способам стабилизации качества руд относятся средства, основанные на создании и использовании специальных конструктивных систем усреднения, вносящих определенные коррективы в технологичную схему рудника. На рис. 52 показан вариант комбинированной технологической схемы с подземным усреднительным комплексом, который способен эффективно обслуживать общий рудопоток карьера и подземного рудника. Этот усреднительный склад на поверхности, состоит из трех штабелей, один из которых находится в состоянии отгрузки, второй - в загрузке и третий - в резерве.

При перепуске рудной массы, добытой в карьере, через систему подземных горных выработок обеспечиваются более высокие показатели стабилизации качества рудной массы. В этих условиях улучшаются эти показатели при применении подземных усреднительных систем. Достоинства таких усреднительных систем, по сравнению со складами, расположенными на земной поверхности, в том числе и карьерных, заключаются в значительно меньшем их воздействии на окружающую среду.

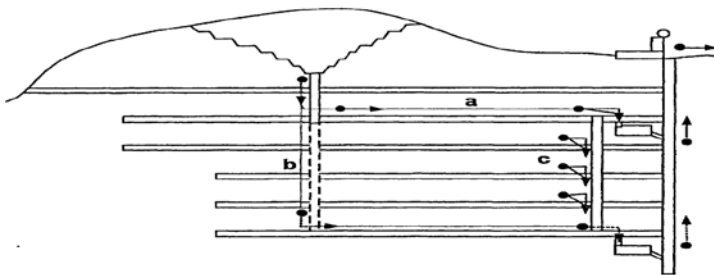


Рис. 52. Подземный усреднительный комплекс для совместной эксплуатации рудником и карьером:
а и б - возможные трассы потока рудной массы из карьера;
с - рудопоток подземного рудника

При проектировании разработки месторождения открыто-подземным способом следует создавать максимально возможное количество общих для карьера и рудника производственных объектов, что позволит существенно снизить общие производственные затраты и уменьшить площади отчуждаемых земель.

Эффективное управление качеством продукции горного предприятия возможно только на базе действенной информационной системы контроля качества руды на всех стадиях и по всей технологической схеме горного производства [89]. На современных горных предприятиях механизм проверки и управления качеством рудной массы должна быть подвергнута коренному совершенствованию в следующих направлениях: применение приборов и систем для получения и передачи оперативной и достаточно полной информации о показателях качества со всех узловых пунктов технологической схемы добычи и первичной переработки руды; изменение организационной структуры управляющих и контролирующих звеньев с созданием системы оперативного управления подготовленностью запасов к выемочным работам; разработка методологии выработки оптимальных решений при оперативном управлении качеством рудной массы на руднике.

При рациональной отработке запасов определяются эксплуатационные блоки, панели и забои, обеспечивающие содержание добываемых полезных компонентов в усредненном

или раздельных потоках руды [90]. Для этой цели прогнозируется развитие горных работ на значительный период с учетом вероятных требований рынка. При перспективном планировании отработки определяется порядок и последовательность развития горных работ, гарантирующих установленное качество добываемой руды. С целью текущего планирования отработки определяются объемы и темпы подготовительных, нарезных и очистных работ, позволяющие обеспечить намеченное качество добытого полезного ископаемого. Годовой план добычи предусматривает распределение нагрузки на выемочные блоки с целью усреднения содержания руд в подготовленных и готовых к выемке запасах.

Стабилизация качества рудного сырья улучшает извлечение полезных компонентов при переработке и оказывает влияние на общую экономическую эффективность сквозного извлечения металлов от руды в недрах до готовой продукции. Эффективное планирование горных работ с учетом усреднения содержания добываемых руд благоприятствует формированию стабильного по качеству рудного потока на предприятии. Выбор оптимального порядка отработки рудных тел и планирование, а также оперативное управление подготовленностью запасов к выемочным работам и объемами добычи обеспечивает минимальную дисперсию показателей добытой руды. Стабилизация качества добываемого сырья требует уточнения параметров разрабатываемых рудных тел и внутреннего строения залежей. Сокращение колебания средних значений содержания металлов происходит при оперативном управлении за соблюдением качественных характеристик поставляемого потребителям руды. Осуществление оптимизации процесса планирования горных работ позволит сократить расходы на производственные операции и снизить себестоимость добычи. При этом использование метода компьютерного планирования горных работ позволяет получить качественные показатели руды и изучить закономерности размещения сырья в недрах. Далее на подземных горных работах для успешного рационального планирования забойного усреднения руды следует иметь данные о качестве готовых к выемке запасов в действующих панелях и блоках.

5. ИЗЫСКАНИЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

5.1. Планирование развития добычных работ в зависимости от подготовленности запасов к выемке

Успешное функционирование горного предприятия при эксплуатации месторождения зависит от подготовленности запасов полезных ископаемых и эффективного планирования горных работ к добычным работам. Для этой цели следует прогнозировать состояние проблемы подготовки запасов к добычным работам, так как от этого зависит нормальная деятельность горных компаний. Основной задачей планирования развития добычных работ с учетом подготовленностью их к выемке является обеспечение надежной деятельности предприятия, поэтому при производстве добычи обязательно следить за соответствием степени готовности запасов минерального сырья к отработке в дальнейшем. Тогда соблюдение планомерности отработки запасов месторождения обеспечивает достижение оптимального уровня извлечения полезных ископаемых из недр и исключает выборочное освоение богатых участков при его добыче и осложнение условий разработки.

Обоснование рационального количества одновременно находящихся в работе выемочных единиц с целью обеспечения добычи минерального сырья планируемого объема и качества имеет важное значение при планировании развития добычных работ. Для этого необходимо определить оптимальные нагрузки на забои разрабатываемых выемочных единиц и соблюдать календарные графики добычи полезного ископаемого из каждой выемочной единицы и сроки ее погашения после отработки. Впоследствии верификация принятого годового плана развития горных работ в соответствии намеченным заданием предприятия по производству товарной продукции и рациональному использованию минеральных ресурсов на планируемый год имеет важное значение для горного предприятия.

К особенностям технологии годового планирования относятся учет горной массы, руды и пород вскрыши с разбивкой

по горизонтам, а также объемов вывоза руды на переработку и пород вскрыши на перегрузки и отвалы с использованием различных транспортных схем [91]. Технология набора объемов для годовой программы близка к технологии перспективного планирования горных работ. Набор объемов выполняется по кварталам. При подготовке годовой программы учитываются параметры производительности выемочного и транспортного оборудования, существующие схемы дорожного развития в карьере и на отвалах, мощности перерабатывающих цехов и технологических линий.

При разработке каждого варианта квартального плана выполняется анализ объемных и качественных показателей руд, попадающих в контуры отработки. Функционал K-MINE по подготовке годовых планов включает задачи автоматического подсчета объемов по горизонтам, расчет качественных показателей руд в выемочных единицах (рис. 53).

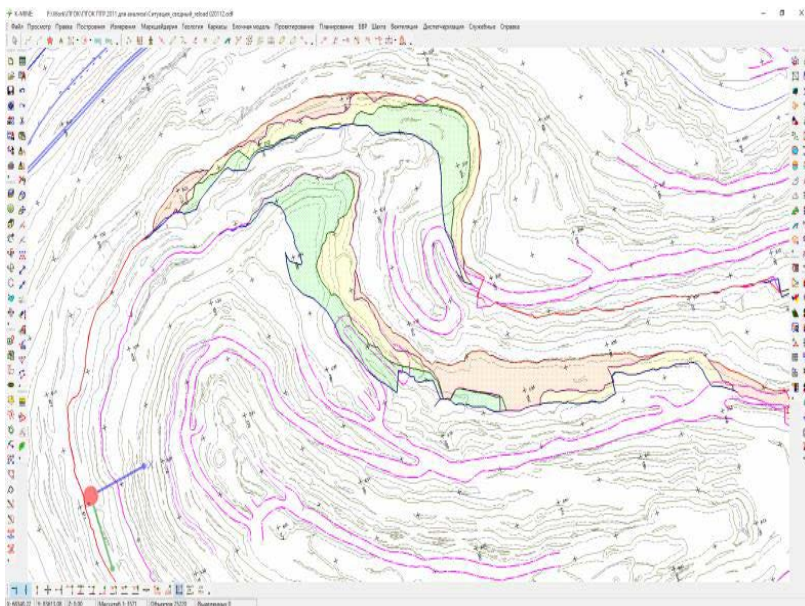


Рис. 53. Пример подготовки годовой программы горных работ: поквартальная разбивка объемов на погоризонтных планах

При подготовке программ выполняется контроль показателей потерь и разубоживания руд, а также попадания контуров годовой программы в перспективные или проектные контуры. При выходе этих показателей за пределы заданного норматива выполняется их корректировка.

По результатам разработки годовой программы формируется набор положений горных работ, погоризонтные планы, текстовая и табличная документация, которая проходит проверку в экспертно-технических центрах и согласовывается в горнотехнических инспекциях.

С целью регулирования комплексного показателя степени обогащения рекомендована методика геометризации, учитывающая данные текстур и структур руды [92]. На основе методики возможно выделение перспективных для разработки участков в плане и по глубине, а также производство календарного планирования объемов добычи с решением задачи стабилизации качества минерального сырья. Предлагаемая разработанная методика геометризации качественных показателей минерального сырья с использованием программных средств обработки геологических данных позволяет выделять зоны добываемой руды с повышенными содержаниями железа, титана и ванадия, являющимися стратегическим сырьем.

Геометризация месторождений - изображение на графиках структурных и качественных особенностей месторождений полезных ископаемых. Она включает изучение, систематизацию и математическую обработку морфологических особенностей залежей полезных ископаемых, выяснение основных закономерностей и характера размещения полезных и вредных компонентов внутри рудных тел. Методика геометризации состояла в следующем: построены графики изолиний содержания железа, титана, ванадия, железа в магнитной фракции по Главному карьеру (рис. 54); построена блочная модель горизонта +55 м с выделением в каждом блоке содержания железа, титана и ванадия.

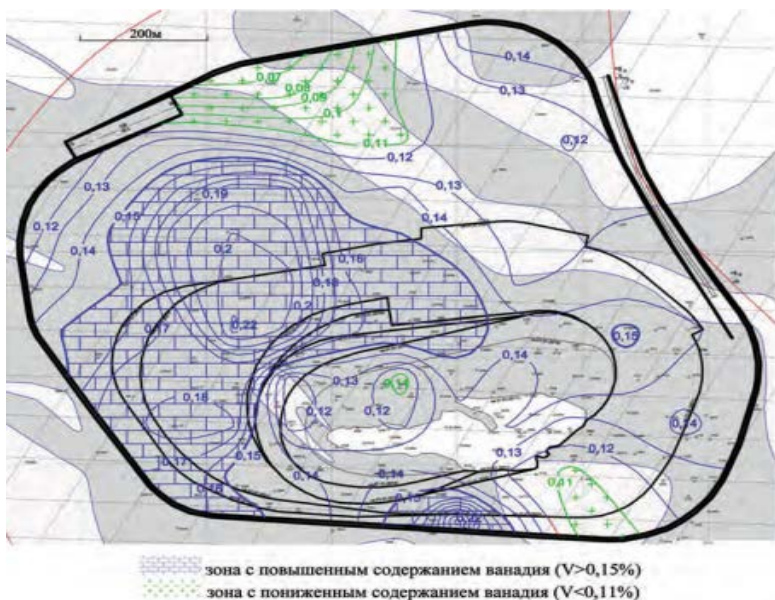


Рис. 54. Зональность распределения содержания титана на гор. +55 м
Главного карьера

Произведенный статистический анализ по карьерам позволил выделить зоны с повышенным и пониженным содержанием титана, ванадия. Дальнейшим этапом являлось построение изолиний по содержанию основных элементов и нанесение зон на горизонтах. На рис. 52 показаны зоны с повышенным и пониженным содержанием железа, титана и ванадия на горизонте +55 м. Методика геометризации качественных характеристик титаномагнетитовых руд в карьере ОАО «Качканарский ГОК «Ванадий» представлена в виде блок-схемы на рис. 55. Развитием предложенной методики является геометризация комплексного показателя обогатимости, который бы кроме химического состава учитывал данные текстур и структур руд. На основе полученной методики возможно выделение перспективных для разработки участков в плане и по глубине, а также производство календарного планирования

объемов добычи с решением задачи стабилизации качества полезного ископаемого.

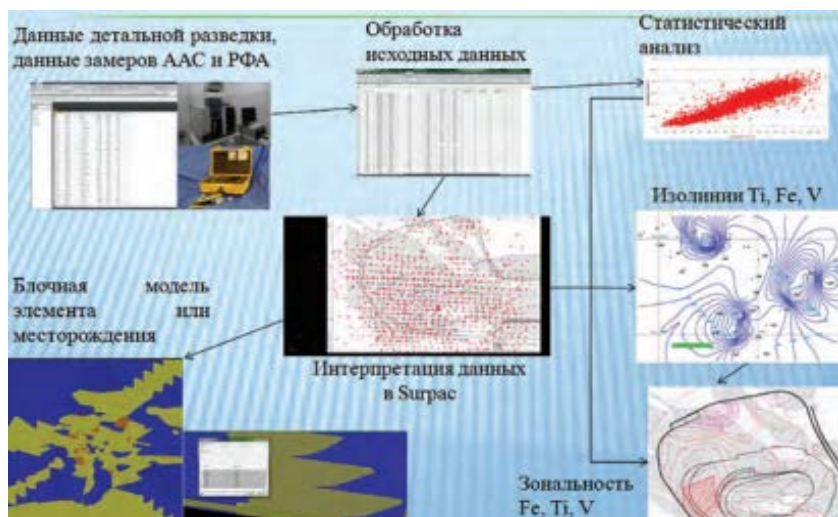


Рис. 55. Блок-схема методики геометризации качественных характеристик титаномagnetитовых руд в карьере ОАО «Качканарский ГОК «Ванадий»

Разработанная методика геометризации качественных показателей минерального сырья с использованием программных средств обработки геологических данных (Surpac) позволяет выделять зоны добываемой руды с повышенными содержаниями железа, титана и ванадия, являющимися стратегическим сырьем. Выполненный анализ и геометризация геоданных месторождения способствует нарезать технологические типы руд в карьере для управления их качеством и обоснования более эффективного обогащения. Далее на основе установления технологических типов руд, требующих особых режимов обогащения, обоснована последовательность формирования рабочей зоны карьера, с выделением участков и блоков селективной разработки, а также последующего усреднения руд в процессе подготовки руды.

Осуществление стабилизации качества руды требует установления порядка отработки группы залежей рудника, рационального планирования развития горных работ и оперативного управления объемами добычи из отдельных блоков в соответствии с подготовленностью запасов. Обоснование управления подготовленностью запасов полезных ископаемых, формирование стабильного содержания полезных компонентов в добытой руде и качества рудного потока требует рационального планирования развития горных работ.

При планировании развития подземных горных работ следует обратить внимание на планомерность отработки, обеспечение оптимального уровня извлечения полезных ископаемых и исключение выборочной отработки богатых участков, снижающих промышленную ценность месторождения. Наряду с этим добыча полезных ископаемых требуемого объема и качества зависит от соответствия планируемого объема горно-подготовительных и нарезных выработок установленным нормативам подготовленности запасов и рационального числа одновременно разрабатываемых выемочных единиц.

При освоении месторождений рациональное планирование развития горных работ с целью управления подготовленностью запасов руд к добычным работам благоприятствует выполнению плана рудника. При этом создание необходимого запаса требуемого объема и качества является показателем обоснования устойчивости решения проблемы целесообразного планирования добычи руд на предприятии. В данном случае обеспечение запасами различной величины подготовленности с учетом фактора надежности производственных процессов зависит от концентрации горных работ и рационального использования руд. Достаточность на горных предприятиях запасов разной степени подготовленности должна определяться с учетом ее оптимального уровня и фактора надежности производственных процессов. Соблюдение качественных характеристик добываемого полезного ископаемого и обеспечение его объемных показателей по выемочным единицам повышает надежность работы предприятия и экономическую эффективность планирования развития горных работ. Снижение уровня изменчивости показателей качества руды достигается при

постепенном регулировании на стадиях планирования и управления добычными работами. Формирование стабильного содержания полезных компонентов в добытой руде и качества минерального сырья происходит при обосновании целесообразного количества одновременно эксплуатируемых выемочных единиц на руднике. Геометризация геоданных залежей позволяет выделить технологические типы руд в карьере и осуществить календарное планирование объемов добычи с решением задачи стабилизации качества полезного ископаемого. При соблюдении данных условий регулирования способа подготовки запасов и добычи руды в процессе очистных работ достигается обоснование целесообразного варианта освоения участков сырья на разрабатываемых горизонтах. В период эксплуатации залежи рациональное планирование процесса добычи минерального сырья с обоснованием управления подготовленностью отрабатываемых участков к выемке в соответствии с развитием горных работ имеет важное значение при освоении богатств недр.

5.2. Управление подготовленностью запасов полезных ископаемых с учетом развития горных работ

При разработке месторождений полезных ископаемых возникает необходимость обоснования объемов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов в период развития горных работ с целью обеспечения добычи минерального сырья заданного свойства. Наиболее полное и комплексное извлечение из недр минерального сырья достигается при обосновании количества одновременно находящихся в эксплуатации выемочных единиц с учетом выбранного варианта системы разработки. При этом обеспечение получения товарного сырья с определенным качеством при освоении месторождений способствует отработке различных по кондиции запасов руд и оптимальной концентрации горных работ.

В период освоения месторождений управление подготовленностью запасов обосновывается с целью обеспечения выполнения производственных планов при ритмичной работе предприятий с учетом горно-геологических и

климатических условий района. Это обстоятельство по всей вероятности способствует наиболее рациональному использованию запасов, соответствует принципу рационального развития горных работ в соответствии с горно-капитальными и горно-подготовительными работами, а также максимальной экономии трудовых и материальных затрат. Поэтому при определении нормативов запасов по степени подготовленности к выемке с использованием компьютерного моделирования и современных программных средств достигаются наилучшие результаты в условиях развития горных работ.

На горных работах подготовленные запасы характеризуют ближайшую перспективу добычных работ, поэтому содержание полезного компонента в подготовленных запасах к выемке должно соответствовать предусмотренной кондиции, утвержденной планом. Планирование управления запасов по подготовленности имеет своей целью обеспечение надежной работы рудника по добычанию минерального сырья и обосновывается при составлении календарных планов с учетом развития добычных работ. Запасы полезного ископаемого, разделенные по степени подготовленности к добыче на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, позволяют рационально управлять развитием горных работ на горном предприятии.

Разработана методика определения объемов вскрытых и подготовленных запасов сложноструктурного рудного месторождения Голец Электрический [93]. Обоснование методики определения объема подготовленности запасов осуществляется с учетом конкретных условий эксплуатации месторождения, а также состояния залегания рудного тела. Если объемы подготовленных запасов принимались по нормативным документам, тогда в дальнейшем необходимо разработать методику для определения их непосредственно на каждом горизонте, вовлеченного в одновременную отработку. В ходе исследований определено оптимальное соотношение длины экскаваторных блоков на каждом из горизонтов, включенных в параллельную добычу, что позволяет упорядочить производительность экскаватора и транспорта, сократить время маршрута и тем самым снизить затраты на транспортировку.

По результатам анализа известных методик определения объемов вскрытых и подготовленных запасов применительно к сложноструктурным рудным месторождениям формирование величины подготовленных запасов к выемке необходимо осуществлять в следующей последовательности: обосновываются параметры элементов системы разработки; определяется необходимый объем подготовленных запасов; рассчитываются площади поперечного сечения горной массы $S_{ГМ}$ и полезного ископаемого $S_{ПИ}$, включаемые в горизонты отработки (рис. 56).

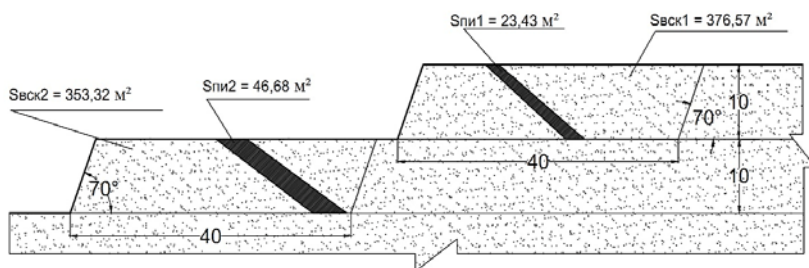


Рис. 56. Схема горизонтов, включенных в одновременную отработку, используемая для подсчета подготовленных запасов: $S_{вск1}$, $S_{вск2}$ - площадь вскрышных пород на 1 и 2 горизонте; $S_{пи1}$, $S_{пи2}$ - площадь полезного ископаемого на 1 и 2 горизонте

Далее в соответствии с развитием горных работ определяется длина экскаваторного блока по горизонтам. Для этого методом вариантов для каждой длины горизонта рассчитывается объем вскрышных пород и полезного ископаемого, устанавливается текущий коэффициент вскрыши. Расчет ведется на всю длину карьерного поля в несколько этапов подготовки запасов. Находится среднее отклонение текущего коэффициента вскрыши от эталонного на данном этапе добычи. Далее по критерию минимального среднеквадратического отклонения коэффициента вскрыши определяется рациональное соотношение длин экскаваторных блоков на каждом из горизонтов. В дальнейшем предлагается необходимость разработки методики определения непосредственно объемов

подготовленных запасов для каждого горизонта, вовлеченного в одновременную отработку с учетом развития горных работ.

При разработке месторождения создание подготовленных и готовых к выемочным работам запасы необходимого объема и качества, располагаемые на рабочих площадях, гарантируют необходимые свойства продукции и объемы производства. Формирование производственных резервов с целью поддержания принятого уровня эффективности обеспечивается при рациональном управлении подготовленностью запасов минерального сырья и благоприятных горно-технологических условиях реального месторождения. Непосредственное влияние на расчет подготовленных запасов оказывает применяемая система разработки и стабилизация уровня подготовленности запасов появляется при использовании на горных работах автотранспорта. В этих условиях снижается объем лишних подготовленных запасов и при разработке месторождения плечо откатки, в результате снижаются затраты на при ведении горных работ.

На Новороссийском месторождении мергелей разработана методика выбора направления развития подготовительных горных работ при отработке запасов полезного ископаемого в бортах карьера, позволяющая производить интегрированную оценку выбранного направления развития добычи руд с учетом напряженно-деформированного состояния массива пород в кровле горной выработки, расположенной в борту карьера [94]. Информация о распределении пороодообразующих элементов в теле полезного ископаемого и интеграция параметров технологической схемы добычи и ценности минерального сырья позволяет определить направление развития фронта подготовительных работ в пространстве карьера.

Ценность минерального сырья, поступающего непосредственно на обжиг, происходит с учетом зависимости извлекаемой ценности сырья от содержания CaCO_3 , силикатного и глиноземного модулей представленной на рис. 57. Увеличение зоны оптимальности (рис. 57) предполагает $S_1 \rightarrow \max$, $S_2 \rightarrow \max$, $S_3 \rightarrow \max$. С увеличением S_1 , S_2 , S_3 повышается экономическая эффективность производства цемента за счет снижения величины применения корректирующих добавок.

Данная модель позволяет производить интегрированную оценку выбора направления развития подготовительных горных работ с учетом применения подземных горных выработок в условиях напряженно-деформированного состояния массива пород в кровле горной выработки, расположенной в борту карьера. Обоснование рациональной последовательности подготовки полезного ископаемого к выемке в плане и направление отработки необходимо производить на основе трапециевидно-блочной и геолого-промышленной модели месторождения, позволяющую производить интегрированную оценку ценности сырья и параметров технологической схемы добычи мергеля.

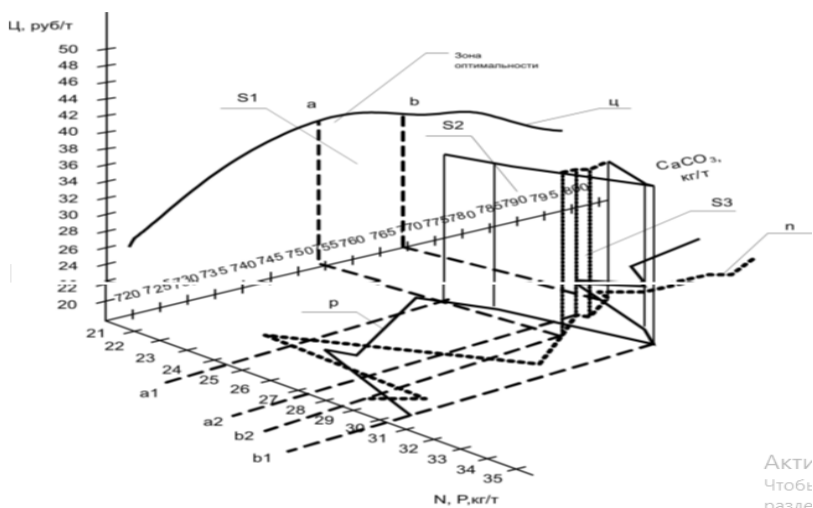


Рис. 57. Функция зависимости извлекаемой ценности сырья от содержания в нем силикатного, глиноземного модулей и CaCO_3 :. где ц - извлекаемая ценность минерального сырья от содержания CaCO_3 ; п - глиноземный модуль; р - силикатный модуль; $\text{S}_1, \text{S}_2, \text{S}_3$ - площадь, ограниченная зоной оптимальности по извлекаемой ценности, глиноземного и силикатного модулей соответственно, ед^2 .

Формализация планирования развития горных работ и решение задачи управления подготовленностью запасов с учетом процесса добычи руд требуют учета характеристики горно-

геологических условий месторождения. При этом использование рационального подхода позволяет оптимизации планов добычных работ с учетом усреднения технологических ситуаций, факторов времени и экономических показателей разработки месторождения.

Обеспечение стабилизации качества добываемой продукции рудника с учетом подготовленности запасов полезных ископаемых и развития горных работ, способов усреднения руд на стадии проектирования разработки и планирования горных работ улучшает технико-экономические показатели предприятия. Тогда осуществление стабилизации качества руды согласно с порядком отработки залежей, рациональным планированием отработки участков и оперативным управлением добычи из отдельных блоков в соответствии с подготовленностью запасов полезного ископаемого повышает эффективность использования недр.

Обоснование рационального числа выемочных единиц на горном предприятии достигается при надежной работе всей горнотехнической системы в период эксплуатации месторождения. Для этого первоочередной задачей рудника является обеспечение рудника подготовленными к выемке запасами для обеспечения устойчивого развития добычных работ. При обосновании величины подготовленных и готовых к выемке запасов добыча руды происходит в плановом периоде рациональным способом, в результате уменьшаются расходы на поддержание горных выработок.

Управление запасами по подготовленности к выемочным работам и развитием горных работ обеспечивает добычу руды необходимого качества и запланированного объема. Регулирование режима и направлений подготовки полезных ископаемых стабилизирует изменения особенности продукции и уровень подготовленности запасов к добычным работам. Рациональная подготовка минерального сырья к выемочным работам благоприятствует созданию подготовленных запасов необходимого количества и кондиции, располагаемые на отдельных участках. Планирование развития горных работ и решение производственной проблемы управления подготовленностью запасов позволяет оптимизировать планы

добычи минерального сырья с учетом усреднения технологической обстановки. Рациональное планирование отработки залежей и обоснование величины подготовленности к выемке запасов с учетом развития добыча руды способствует своевременному выполнению плановой добычи и повысить эффективность освоения недр.

5.3. Изыскание подготовленности запасов при условии усреднения содержания полезного ископаемого

При открытой разработке месторождений улучшению экономической деятельности работы карьера способствует обоснованные нормативы подготовленности запасов к выемочным работам. Обеспечение наиболее подходящего режима ведения горных работ, позволяющего организовать благоприятную эксплуатацию оборудования при применяемой системе открытых разработок, способствует осуществлять усреднение руд в период добычи полезного ископаемого. Гарантирование подготовленными запасами выемочных работ на открытых горных работах стабилизирует выполнение добычи с усреднением содержания полезного ископаемого при высокой степени организации производства. Календарное планирование развития добычи минерального сырья при установленном объеме вскрыши должно обеспечить создание необходимых запасов руд требуемого объема и качества для их выемки. В этой связи при производстве добычных работ рациональное управление подготовленностью запасов руды, способствующие стабилизации усреднения содержания добываемого полезного ископаемого, улучшают его качества в период добычи и показатели дальнейшей переработки.

Решение задач годового планирования основано на формировании определенных объемных и качественных показателей рудной залежи. Они должны опираться на использовании каркасных моделей текущего и конечного положения карьера, а также блочной модели рудных тел. В этих условиях управление резервом подготовленных и готовых к выемке запасов, располагаемых на отдельных участках, способствуют усреднению качества добываемой продукции и

объемов добычи. При этом выбор рационального направления и режима развития фронта горных работ благоприятствует планированию добычи минерального сырья.

Управление качеством добываемого полезного ископаемого заключается в подготовке полной и объективной информации о кондиционных показателях добываемой руды в выемочных забоях на этапе планирования горных работ. В результате обеспечения оперативного многозабойного управления процессом добычи происходит стабилизация качества добываемого сырья в транспортных потоках. Для этой цели технологическое картирование добычных участков осуществляется с учетом качества добываемого сырья на основе опробования и составления недельно-суточного план-графика согласно с планируемым объемом добычи.

Процесс кучного выщелачивания успешно применяется для руд с очень низким содержанием базовых металлов медь, цинк, никель и кобальт, а также драгоценных металлов золото и серебро [95]. В этой области существующие методы, разработанные в мире в течение последних нескольких десятилетий, применяются для решения проблемы регулирования и управления отходами в горной промышленности, планирования добычи полезного ископаемого с усредненным содержанием и обеспечения высокого уровня защиты окружающей среды в контексте наилучших доступных технологий.

Межзабойное усреднение качества рудного сырья связано с расчетом объемов руды, поступающих из различных забоев, для обеспечения стабильного качества при любом состоянии горных работ [96]. При этом учет изменения среднего содержания компонента в потоке руды в течение планируемого периода служит средством для активного управления внутрикарьерным усреднением руд и выдачей сырья требуемого качества.

Колебания качества руды создают значительные трудности в переработке руды, ухудшая показатели обогащения, поэтому получение рудопотока на входе обогатительного комплекса с требуемыми параметрами является важной актуальной задачей для любого предприятия [97]. В работе разработаны модели и алгоритмы формирования технологических схем стабилизации

качества полезного ископаемого «Информационные системы поддержки принятия решений при формировании эффективных технологических схем стабилизации качества полезного ископаемого», состоящий из модулей «Трехмерный редактор забоя - развал», «Валовая выемка», «Экскавация», «Автотранспорт» и «Усреднительный склад». В результате проведенного анализа выявлены этапы, на которых происходит управление стабилизации качества полезного ископаемого в карьере:

- стабилизация качества на рабочей площадке карьера;
- внутризабойная стабилизация качества;
- стабилизация на этапе формирования схемы потока руды между забоем и усреднительным складом;
- стабилизация на усреднительных внутрикарьерных складах (рис. 58).

Реализация технологических схем стабилизации качества полезного ископаемого включает обоснование параметров сетки скважин, зарядов и схемы коммутации для обеспечения минимальных сдвиговых деформаций контактов полезного ископаемого и вскрыши в скальных горных породах.

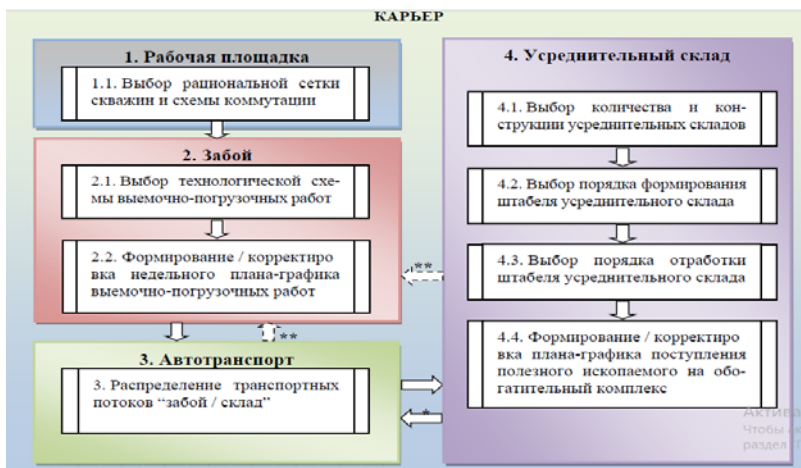


Рис. 58. Этапы стабилизации качества полезного ископаемого в карьере

Технологические способы управления стабилизации качества полезного ископаемого при выемочно-погрузочных работах учитывают положение границ валовой и селективной выемки при отработке контактов залежи в рыхлой и скальной горной массе, предусматривают использование валовой, простой и сложной селективной выемки, штабелирование горной массы в забое экскаватора.

Разработанные модели, адекватны реальному процессу, позволяют оптимизировать поток руды карьера по параметрам стабилизации качества полезного ископаемого в режиме реального времени и прогнозировании содержания полезного сырья и вредных примесей по забоям карьера. Коэффициент усреднения руды на складе находится в прямой зависимости от интенсивности и объема рудообмена, роста объемов, поставляемой на склад руды позволяет улучшить качество усреднения. Информационная система в режиме предсказания позволяет получить более качественную оптимизацию процесса усреднения полезного ископаемого по сравнению с режимом работы в реальном времени.

В Казахстане разрабатывают несколько месторождений железных руд с утвержденными суммарными запасами свыше 6 млрд. т, среди которых Соколовско-Сарбайское, Лисаковское, Атасуйское, Атансорское и др. [98]. Основные балансовые запасы железных руд сосредоточены в Костанайской и Карагандинской областях, где на их базе действуют горно-обогатительные предприятия. Степень подготовленности запасов к промышленному освоению составляет 53,2 %.

Выполненный горно-геометрический анализ фактических состояний действующих железорудных карьеров, разрабатывающих крутопадающие залежи железной руды, свидетельствует о том, что горные работы на всех высокопроизводительных карьерах достигли глубин, при которых необходимо определять новые граничные контуры.

Установленная в современных экономических условиях зависимость изменения объемов извлечения вскрышных пород от формируемой цены на железорудный концентрат (рис. 59) свидетельствует о падении производительности карьеров из-за постепенного выбытия активного рудного фронта горных работ.



Рис. 59. График зависимости линий трендов объемов выемки вскрышных пород и добычи железной руды от формируемой цены реализации железорудного сырья на мировом рынке

С целью поддержания заданной производительности карьера по добыче железной руды необходимо обеспечить вовлечение в разработку законсервированных запасов под существующими транспортными коммуникациями по мере понижения глубины ведения горных работ в карьере. Данное решение, являясь приростом подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого с нулевым коэффициентом вскрыши, приведет к снижению себестоимости добычи железной руды за счет сокращения затрат на выполнение вскрышных работ до 20 %, отвалообразования и транспортировку вскрышной массы до 12 %.

Установленная зависимость, отображенная на рис. 56, примет тенденцию к обеспечению карьером сырой железной рудой производственных мощностей действующего горно-обогатительного комбината в сохранившихся условиях сниженной цены железорудного концентрата и уменьшенных объемов извлечения вскрышных пород, обеспечивающих продвижение фронта горных работ с целью формирования нормативных объемов подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого (рис. 60).

Исследованные вопросы максимального извлечения запасов железной руды с глубоких горизонтов карьеров при минимизации вскрышных работ основываются на анализе

современного состояния действующих глубоких карьеров, разрабатывающих крутопадающие месторождения железной руды, поэтому необходимо уточнение конкретных горнотехнических условий разработки в каждом отдельно взятом карьере. Вовлечение в разработку геологических запасов под существующими транспортными коммуникациями позволит действующим горнодобывающим предприятиям снизить себестоимость добычи железной руды в карьерах за счет нулевого коэффициента вскрыши.

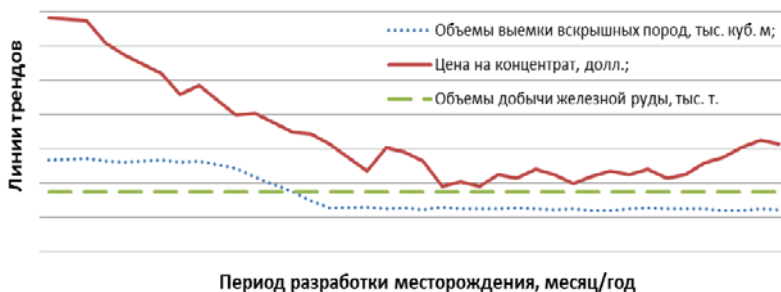


Рис. 60. График зависимости линий трендов объемов выемки вскрышных пород и добычи железной руды от вовлечения в разработку законсервированных запасов под существующими транспортными коммуникациями

Изыскание подготовленности запасов руд на открытых разработках способствует стабилизации усреднения содержания добываемого полезного ископаемого и улучшению его качества при добыче. Определение объемных и качественных показателей залежей, выбор рационального направления и режима развития горных работ благоприятствует планированию добычи руд с усредненным их свойством. Управление процессом добычи и стабилизации качеством сырья в транспортных потоках достигается при оперативной оптимизации суточной добычи угля с учетом требований кондиции. При открытой разработке месторождений наилучшие доступные технологии обеспечивают подготовленность запасов руд с усредненным содержанием и высокий уровень защиты окружающей среды. Долгосрочное планирование способствует управлению внутрикарьерным

усреднением руд и выдачей сырья требуемого качества для обогащения. В процессе эксплуатации месторождения осуществление планирования селективной выемки и выбор оптимальной последовательности отработки залежей позволяет осуществить качественную оптимизацию процесса усреднения полезного ископаемого и управление качеством руды. Обеспечение поступления на обогащение стабильного качества с минимальными отклонениями от технологических требований происходит при учете поступающего каждого единичного потока руды. Стабилизация качества рудного сырья с учетом подготовленности и усреднения содержания добываемых полезных ископаемых способствует повышению общей эффективности извлечения металлов при переработке и технико-экономические результаты горного предприятия.

5.4. Планирование горных работ с учетом нормативов подготовленных запасов

Установление оптимальной величины подготовленных и готовых к выемке запасов в период эксплуатации месторождений полезных ископаемых способствует созданию благоприятных условий в дальнейшем для их целесообразной разработки [69]. Обеспечение необходимых объемов по количеству и качеству добываемых руд зависит от величины готовых к выемке запасов, имеющихся в разрабатываемых элементарных выемочных единицах (ЭВЕ): панелях, блоках и участках. Для достижения указанных целей следует формировать производственные резервы запасов, поддерживающих заданный календарный объем добычи и уровень эффективности применяемых технологических схем разработки месторождения. При открытой разработке участок запасов руды считается подготовленной, если она в начале планируемого периода вполне доступна для начальных производственных процессов: бурения, взрывания и механического рыхления [99].

При открытой, как и при подземной разработке месторождений, решение задачи подготовленности запасов сводится к определению оптимальной последовательности извлечения запасов ЭВЕ при планировании отработки рудного

тела. Для этого следует учесть то, что рудное тело состоит из нескольких тысяч или миллионов блоков, соответственно модели планирования горных работ для такой структуры очень сложны, что приводит к объемным комбинаторным линейным задачам.

Подобные оптимизационные задачи в горной практике рассматриваются для экономической оценки и планирования горных работ практически на всех технологических этапах производства. Одним из наиболее близких примеров таких задач является планирование последовательности отработки блоков ЭВЕ, которое направлено на поиск оптимальной последовательности добычи в определенных конечных границах с установленными производственными мощностями (по количеству и качеству) в каждый период разработки месторождения, где критерием оптимальности считается чистый дисконтированный доход (ЧДД). Общепринятая практика постановки и решения этих задач состоит в описании рудного тела путем построения трехмерной блочной модели (рис. 61), поэтому данная задача планирования последовательности добычи сырья также известна, как проблема блочного планирования [100].

На примере открытых горных работ, при решении задачи планирования блоков предпочтителен подход, основанный на разделении отработки карьера на отдельные этапы, с установлением для каждого этапа своих оптимальных контуров с помощью алгоритма, предложенного Lerchs и Гроссман (1965) [101] с последующими усовершенствованиями и множествами интерпретаций этого метода от различных авторов, которые для решения проблемы планирования видоизменяли классическую задачу оптимизации различными вариантами и комбинациями ограничений и переменных [102,103]. Получаемые при этом задачи решаются с помощью стандартных алгоритмов целочисленного программирования.

Далее предлагается вариант решения задачи формирования плана развития горных работ карьера с учетом степени подготовленности запасов в рамках классических оптимизационных моделей планирования цели рудника методами целочисленного программирования с добавлением в задачу ограничительных условий по готовности запасов руды в

блоках к непосредственным производственным процессам: бурению, взрыванию, механическому рыхлению, то есть подготовленные запасы.

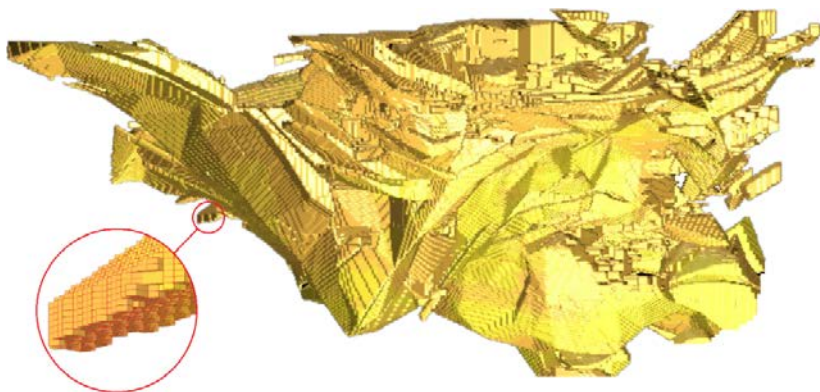


Рис. 61. Цифровая блочная модель рудного тела

При планировании горных работ используются модели выемочных единиц, несущие в своей структуре информацию о содержании полезного ископаемого и других технологических свойствах руд. Решение задачи годового планирования осуществлено на инструментах интерактивного формирования прирезок с автоматическим определением объемных и качественных показателей по руде и вскрыше. Работа инструмента строится на использовании каркасных моделей текущего и конечного положения карьера, а также блочной модели рудных тел (рис. 62).

Геометрическое описание месторождения и качественно однородных зон является исходной информацией для рассматриваемой задачи. Эта информация формируется по результатам геометризации месторождения, выполненной непосредственно геолого-маркшейдерской службой рудника. В базе данных она представлена массивами координат точек, образующих дискретные линейно-координатные модели рудных тел и отдельных участков.

Этап моделирования геометрических объектов обеспечивает формирование дискретной объемно-координатной модели обрабатываемого участка рудного тела в виде перечня ЭВЕ с указанием их пространственного положения и геометрических характеристик. На следующем этапе рассчитывают параметры отработки ЭВЕ на основе моделирования продолжительности и взаимоувязки во времени технологических процессов по воспроизводству и извлечению запасов руды в выемочных единицах.

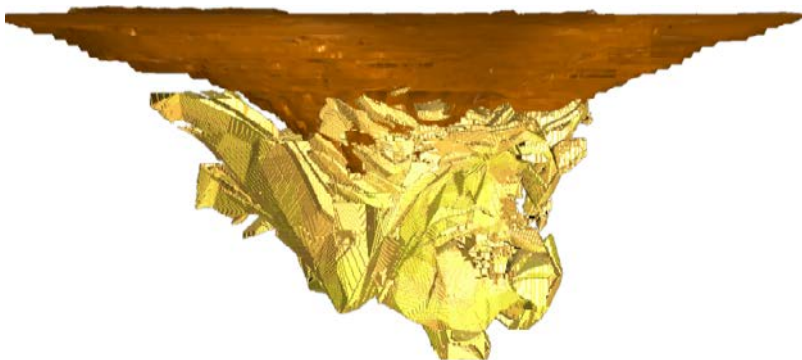


Рис. 62. Цифровая модель открытой разработки месторождения

Планирование развития горных работ с применением цифровых технологий осуществляется через пространственное моделирование карьерного поля, в пределах которого будут рассматриваться возможные варианты отработки запасов месторождения. Для автоматизированного планирования развития горных работ создаются цифровые имитационные модели геометрических контуров следующих объектов:

- контуры рудных тел, ограниченные установленными промышленными кондициями содержания полезных компонентов;
- очертания однородных зон, характеризующиеся одинаковыми качественными признаками, например, содержание полезного компонента, минеральный состав руды и содержание вредных примесей;

- контуры зон по горнотехническим условиям;
- выемочные участки, оконтуриваемые подготовительными выработками в пределах контура рудного тела;
- элементарные выемочные единицы – уступы, панели, блоки и камеры.

Каждый блок характеризуется своим содержанием металла, плотностью, литологией и другими соответствующими признаками, которые получены с помощью методов геостатистической оценки, специально разработанных для решения проблемы пространственной природы оруденения.

Приоритет между блоками является одним из наиболее важных наборов ограничений, так как процесс извлечения проходит от поверхности до дна минерализации. Закон соразмерного развития горных работ применим к каждому блоку в модели: невозможно получить доступ к данному блоку в определенное время, если блоки, которые находятся выше, уже не были извлечены, либо предварительно не были пройдены вскрывающие и подготовительные выработки.

Обеспечение нормативов запасов по степени подготовленности сводится к решению задачи оптимизации горных работ. Где одним из ограничителей должно учитываться условие обеспечения минимально необходимыми резервными подготовленными запасами для обеспечения плановой производительности рудника по добыче. Также необходимо введение новых переменных, представляющих готовые к выемке блоки и соответствующие новые ограничения, описанные далее.

Рассматриваемая в дальнейшем математическая модель целочисленного программирования является продолжением классических моделей, с введением новых переменных и ограничителей, которые обозначают блоки подготовленных запасов руды.

Пусть B - множество блоков, b - количество блоков, i - элементарный блок (один из множества). Каждый блок имеет определенное количество атрибутов, таких как тоннаж и сорт руды; эти атрибуты позволяют определить экономическую ценность каждого блока в множестве B . Допустим, что для каждого блока i известны тоннаж t_i , сорт руды c_i и чистый

дисконтированный доход, заданный ϕ_i^t , если блок i отправляется на фабрику в период t , и o_i^t , если блок i отгружается в отвалы пустых пород в период t .

В данной модели также решается вопрос отгрузки добытой горной массы на фабрику или на отвалы пустых пород в зависимости от бортового содержания. Для каждого периода t устанавливаются ограничения на количество добываемого материала (d^t) и на количество отправляемой на переработку руды (p^t). Вместе с тем, на каждом этапе разработки должны быть обеспечены минимальные нормативы подготовленных запасов руды nz^t , доступных для выемки с началом следующего этапа. Для этого ограничим все блоки от участия в формировании требуемого нормативного резерва запасов, и включим только рудные блоки, содержание полезного компонента в которых выше определенного бортового содержания c_6 . Для этого необходимо ввести дополнительные параметры:

если $c_i \geq c_6$, то $\bar{c}_i = c_i$, иначе $\bar{c}_i = 0$.

Это необходимо для того, чтобы придать модели гибкость в выборе содержания полезного компонента, при этом не допуская включения низкосортных блоков для выполнения требований по качеству добываемых.

В модели используются три вида двоичных переменных.

Первый вид - это переменная для обозначения запасов блоков, отгружаемых после добычи на фабрику для обогащения: если блок i добывается и обогащается в период t ,

то $dp_i = 1$, иначе $dp_i = 0$

Второй вид переменной описывает горную массу отработываемого блока, отгружаемую на отвал пустой породы: если блок i извлечен и отгружен на отвал пустой породы в период t ,

то $pp_i = 1$, иначе $pp_i = 0$

И третий тип переменной используется для определения доступных для добычи блоков (подготовленных запасов):

если блок i доступен (подготовлен) в период t ,

то $pz_i = 1$, иначе $pz_i = 0$

Целевой функцией модели является максимизация чистого дисконтированного дохода (чистой приведенной стоимости, NPV):

$$\text{Max } \sum_{i \in B} \sum_{t=1}^T [\phi_i^t \text{дп}_i - o_i^t \text{пп}_i] \quad (1)$$

далее приведены ограничители для данной функции, согласно поставленной задаче:

$$\sum_{t=1}^T (\text{дп}_i + \text{пп}_i) \leq 1 \text{ для каждого } i \in B \quad (2)$$

$$\text{пз}_i \leq \text{дп}_i^{t+1} \text{ для каждого } i \in B, t \in \{1, \dots, T-1\} \quad (3)$$

$$\sum_{i \in B} T_i \bar{c}_i \text{пз}_i \geq \text{нз}^t \text{ для каждого } t \in \{1, \dots, T-1\} \quad (4)$$

$$\text{дп}_i, \text{пп}_i, \text{пз}_i \in \{0, 1\} \text{ для каждого } i \in B, t \in \{1, \dots, T\} \quad (5)$$

Целевая функция (1) представляет собой максимизацию совокупного дисконтированного денежного потока. Граничная функция (2) означает, что невозможно выбрать два разных значения для блока, т. е. блок может быть принят только одно из заданных значений – отгрузка на переработку либо на отвал пустых пород. Ограничение (3) показывает, что подготовленный блок должен быть извлечен и отправлен на фабрику на следующем этапе. Ограничение (4) обеспечивает условие по минимальным подготовленным резервным запасам согласно установленному нормативу (в пересчете на единицы извлекаемого металла), которые должны быть доступны для добычи с начала следующего этапа. Ограничение (5) обозначает свойства переменных, применяемых в модели. Также в модели учитывались стандартные для классической модели ограничители, устанавливающие верхнюю границу по добыче руды для каждого этапа.

Уровень организации системы потоков руды зависит от создаваемых резервов мощностей выемочных единиц и порядка их отработки, что приводит к получению некоторого результата в виде повышения производительности рудника. Вследствие

вышеизложенного, проблема формирования системы рудопотоков, на основе их оптимальной организации связана с определением экономически выгодных резервов, имеющихся подготовленных и готовых к выемке запасов [69].

Задача, рассматриваемая в этой статье, заключается в разработке графика отработки блоков, подобного классической задаче, но с включением дополнительных ограничений - обеспечением достаточного количества подготовленных и готовых к выемке запасов руды в блоках, которые легко доступны в начале каждого планируемого этапа разработки. Визуализация результатов реализации полученной математической модели и их сравнение со стандартной классической моделью приведены на рис. 63. Здесь, *а)* - стандартная модель оптимизации календарного графика отработки карьера без учета резервов подготовленности запасов; *б)* - предлагаемая модель планирования последовательности отработки запасов карьера, учитывающая нормативы подготовленных и готовых к выемке запасов. Анализируя полученные графики последовательности извлечения блоков карьера по этапам разработки можно сделать следующие выводы. В первую очередь можно заметить, что при планировании графика отработки запасов с учетом нормативов по подготовленности запасов геометрическая форма донной части карьера имеет значительную горизонтальную поверхность, следовательно, и большую площадь. Соответственно, скорость понижения горных работ при варианте *б)* ниже скорости углубления карьера, *а)*. Но наиболее интересным свойством полученной геометрической формы является то, что карьер *б)* имеет больше доступных запасов руды, и это является существенным достоинством данной модели с точки зрения удобства эксплуатации имеющихся мощностей техники, а также стабильности и безопасности принятых технологических операций.

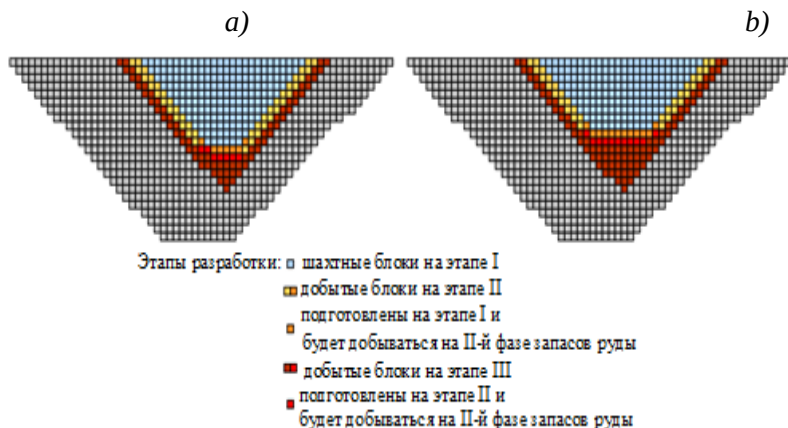


Рис. 63. Результаты моделирования развития горных работ:

- a) стандартный подход планирования;
 b) предлагаемая модель с учетом нормативных резервов подготовленных и готовых к выемке запасов

Каждый блок в полученном графике содержит следующую информацию: этап и годы отработки, содержание и сорт обрабатываемых блоков, тоннаж рудных блоков, подготовленных на текущем этапе и готовых к выемке на следующем этапе отработки. Календарные планы в обоих случаях похожи, и они оба обеспечивают примерно одинаковое количество добычи, но объемы резервов подготовленных и готовых к выемке запасов блоков, а соответственно и содержание полезных компонентов сильно различаются. Из-за различных скоростей понижения горных работ, в календарном плане варианта b) на каждом этапе отработки количество добываемой руды на 5-7% меньше, чем при варианте, a). Однако при этом, вариант b) гарантирует наличие достаточного количества подготовленной руды в течение по крайней мере 6 месяцев на начало каждого периода, что является несомненным достоинством предлагаемой модели планирования горных работ.

Согласно этой модели, как только этапы распланированы, календарь отработки корректируется таким образом, чтобы всегда было достаточно готовых к выемке запасов для обеспечения процессов добычи и переработки в течение

нескольких месяцев. Однако в модели стратегической оптимизации невозможно учесть непредвиденные технологические сбои, которые могут повлиять на производство. Хотя эту проблему можно попытаться решить введением в расчеты коэффициента резервных запасов, определяемого по опыту работы индивидуально для каждого месторождения исходя из конкретных условий их разработки, что может явиться предметом дальнейших исследований для дополнения и совершенствования оптимизационной модели подготовленности минерального сырья.

Рассмотренная модель, из-за включения в нее дополнительных требований и ограничений по обязательным резервам блоков, в какой-то степени уступает в оптимальности принимаемых решений с точки зрения получения максимальной прибыли, по сравнению с аналогичными оптимизационными моделями, не учитывающими потребности резерва в подготовленных запасах руды. Тем не менее, геометрическая суть этих решений, полученных в ходе реализации предлагаемой математической модели, демонстрирует сравнительно лучшие эксплуатационные возможности с позиции плановости и ритмичности отработки запасов в блоках.

Планирование календарных планов горных работ с учетом нормативов по степени подготовленности запасов к выемке:

- обеспечивает выполнение производственных планов при ритмичной работе предприятия;
- гарантирует стабильное качество потоков руды за счет достаточного количества блоков разных сортов для целей усреднения;
- позволяет учитывать специфику горно-геологических и горнотехнических условий за счет коэффициента резерва запасов;
- в целом способствует наиболее рациональному использованию запасов полезных ископаемых.

Предлагаемый способ годового планирования горных работ формирует приближенные оптимальные графики с учетом следующих эксплуатационных показателей: производственная мощность по горной массе, минимально необходимый объем добычи, количество новых выемочных единиц, усреднение,

скорость добычи, непрерывность и последовательность добычи. Использование предлагаемого порядка планирования горных работ с учетом управления подготовленностью запасов к выемке позволяет с использованием цифровых технологий осуществить пространственное моделирование карьерного поля для нахождения рационального варианта моделирования рудного тела путем построения трехмерной блочной модели. Рекомендуемая модель обоснования последовательности отработки полезных ископаемых на открытых разработках учитывает нормативы подготовленных и готовых к выемке запасов, а также обеспечивает наличие достаточного количества подготовленной руды в течение нескольких месяцев работы карьера.

5.5. Способ обоснования количества резервов подготовленных запасов с учетом содержания добываемых руд

В настоящее время одной из важных задач, стоящих перед горными предприятиями является обеспечение планомерной и ритмичной работы рудников, и экономически рационального использования производственных мощностей. В этом смысле величина и соотношение резервов подготовленных запасов в значительной степени влияют на конечные результаты работы горного предприятия.

На открытых разработках одним из основных условий достижения планомерной и ритмичной производительности карьера является создание резервов подготовленных запасов полезного ископаемого в период ведения горных работ. Тогда эти запасы позволяют вести добычные работы на горизонте независимо от вышележащего горизонта в течение определенного промежутка времени.

В практике эксплуатации месторождения величина и соотношение подготовленных и готовых к выемке запасов зависит от количества действующих выемочных единиц, одновременно находящихся в различных стадиях отработки [104]. Соотношение количества выемочных единиц, находящихся в различных стадиях цикла отработки, является

одним из условий формирования фронта горных работ, обеспечивающего ритмичную и надежную работу рудника в целом. Величина резерва фронта горных работ оказывают непосредственное влияние на стабильность качества добываемой руды и возможность управления им в случае резких колебаний содержания полезных компонентов в рудной залежи. Сокращение количества резервов выемочных единиц может вызвать нарушение производственного ритма рудника и невыполнение запланированных объемов добычи, а необоснованно увеличенные резервы фронта горных работ влекут за собой увеличение расходов за счет дополнительных затрат на поддержание горных выработок.

На основании вышесказанного можно утвердить, что совершенствование методики определения величины резервов подготовленных запасов руды на основе оценки параметров развития активного фронта открытых горных работ является актуальной задачей и способствует повышению эффективности разработки месторождения.

Вопросы развития фронта горных работ, регулирование объемов готовых к выемке запасов на уступах, оптимальное формирование рабочей зоны карьера, установление производительности предприятия, повышение надежности работы горнотехнической системы и регламентация нормативов подготовленности запасов рассматривались в трудах [105,106], а также специалистами отраслевых институтов, что нашло отражение в Методических указаниях ВНИМИ, ВНИИцветмет и ВИОГЕМ. В них указаны факторы, которые должны учитываться при определении параметров активного фронта горных работ и нормативов подготовленности запасов. Однако сравнительный анализ методик, выполненный для одних и тех же условий, показал различие полученных расчетных фронта горных работ и нормативов запасов более чем в полтора раза. Причинами являются отличие базы исходных данных и алгоритмов расчета нормативов.

Нормирование объемов резервов подготовленных запасов представляет собой технико-экономическую задачу, при решении которой надо учитывать зависимость характера движения запасов от различных условий, а также выгоду или

убытки, связанные с механизмом управления запасами. Объем подготовленных запасов зависит от многих факторов, учет которых в комплексе зачастую весьма сложная задача, ввиду недостатка либо полного отсутствия исходных данных для расчетов.

Произведенный анализ состояния подготовленности запасов на карьерах Казахстана показал, что в реальном производственном процессе периоды стабильной отработки выемочных единиц чередуются с периодами отказов, когда полностью или частично не поступает за расчетное время в запланированном объеме и качестве рудная масса.

На открытых разработках для исключения срыва добычи, обеспечения непрерывности и согласованности выполнения отдельных периодов цикла отработки необходимо предусмотреть резерв количества выемочных единиц с подготовленными запасами.

Идея создания к выемке запасов сырья заключается в использовании фактических данных действующих предприятий для выявления зависимостей, определяющих параметры рационального и согласованного развития горных работ по стабильному извлечению запасов руды в необходимом количестве и качестве при обосновании резервов подготовленных запасов.

При решении поставленной задачи используются следующие методы исследований: анализ теоретических работ, нормативно-методическая база расчета параметров фронта горных работ и фактических данных практики разрабатываемых месторождений, методы математической статистики и регрессионного анализа.

Установление нормативного количества выемочных единиц, по степени подготовленности к добыче, на руднике следует проводить совместно с оптимизацией всей системы усреднения добываемой руды, так как количество действующих добычных забоев, следовательно, и число отдельных потоков руды является одним из наиболее важных факторов, определяющих уровень усреднения качественного состава руды в общем потоке, выдаваемом горным предприятием.

С целью выявления зависимости однородности качественного состава добываемого сырья от числа отрабатываемых добычных забоев при открытом способе разработки использовались фактические недельно-суточные графики добычных работ карьеров (тестовый карьер 1) и (тестовый карьер 2). Разброс фактических значений содержания металлов в сменных объемах добываемого сырья при различном количестве добычных забоев приведены в табл. 5.

В условиях действующего горного предприятия ряд параметров процесса усреднения, независящих от числа добычных единиц, можно считать постоянными и определить по данным эксплуатации. Поэтому решение задачи определения влияния числа добычных забоев на уровень внутрирудничного усреднения можно упростить. В связи с этим выполнен статистический анализ соотношений количества подготовленных запасов к числу действующих выемочных единиц.

Для анализируемого периода наблюдений и размаха колебаний предпочтительней с точки зрения коэффициента корреляции оказалась экспоненциальная аппроксимация. Теснота связи оказалась существенной, то есть корреляционное соотношение $\eta=0,87$, средняя ошибка аппроксимации $\delta=0,05$. На рис. 64 приведен график, построенный по полученным данным, показывающий зависимость между количеством действующих выемочных единиц и отклонением содержаний металла от средних плановых показателей, что позволяет сделать следующий вывод: увеличение количества работающих забоев при прочих равных условиях ведет к уменьшению колебаний качества добываемой руды. По фактическим данным влияния количества добычных единиц на среднее содержание металла в добываемой руде, можно получить эмпирическую формулу для приближенной оценки дисперсии содержания усредняемого компонента, либо для обратной задачи - установления требуемого количества действующих выемочных единиц по требуемому содержанию полезного компонента в общем потоке руды.

Таблица 5

Фактические дисперсии сменных содержаний хрома и железа

Количество добычных единиц	тестовый карьер 1	тестовый карьер 2
	Хром (доля ед.)	Железо (доля ед.)
2	0,26	0,36
3	0,20	0,29
4	0,17	0,25
5	0,16	0,19
6	0,13	0,15
7	0,12	0,14
8	0,10	0,13

Далее следует также отметить, что похожая зависимость наблюдается при изучении влияния протяженности фронта добычных работ и соответственно количества готовых к выемке запасов на изменчивость качественных и технологических свойств добываемого сырья - при относительно незначительном фронте добычных работ среднее содержание компонента в добываемой руде может существенно отличаться от заданного.

Колебания производительности добычных забоев и возможность их аварийного выхода из строя, неравномерность проведения горных работ и горных выработок, изменчивость качественного состава полезного ископаемого в недрах и ряд других факторов, требуют, чтобы кроме действующих выемочных единиц всегда имелось некоторое число резервных. Готовые к выемке запасы, сосредоточенные в действующих и резервных выемочных единицах, должны способствовать сохранению фронта добычных работ, стабильной работе предприятия, возможности усреднения качества добываемой руды и планомерной отработке месторождения.

В интересах выполнения установленных требований к однородности качественного состава сырья горные предприятия часто вынуждены иметь запасное количество очистных забоев, следовательно, и вспомогательное число готовых к выемке запасов. В связи с этим при определении оптимальных величин

готовых к выемке запасов полезных ископаемых месторождений, разрабатываемых в режиме усреднения, необходимо учитывать требования стабилизации качественного состава добываемого минерального сырья.

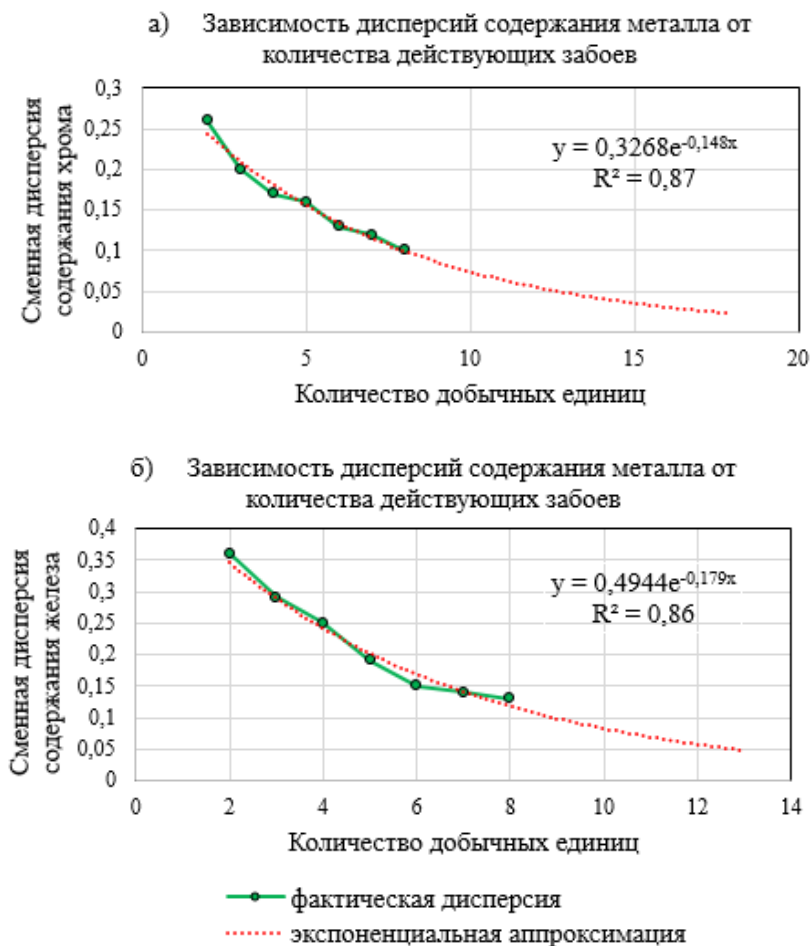


Рис. 64. Зависимость дисперсий содержания металла от количества действующих забоев

Наличие добычного фронта работ и количества готовых к выемке запасов облегчает управление процессом добычи руды в режиме усреднения и позволяет снизить колебания качества сырья в отдельных и в общерудничном потоках. Изучение опыта эксплуатации действующих карьеров показало, что количество обрабатываемых блоков и количество резервов подготовленных запасов рудника также являются величинами взаимозависимыми. В периоды стабильной и ритмичной добычи эти резервы, исходя из действующих мощностей, обеспечивают достижение требуемой производительности при оптимальном уровне организации рудопотоков. Анализ данных показал, что рассматриваемые факторы в достаточной степени коррелируются между собой и позволяют выявить функциональную зависимость.

Примером в этом отношении может служить зависимость между числом обрабатываемых выемочных единиц и подготовленными запасами, полученная по средним данным эксплуатации, в периоды стабильной добычи, на ряде карьеров (тестовый карьер 1) и (тестовый карьер 2) (рис. 65).

Путем аппроксимации эмпирических данных, в результате которой получаем функциональную зависимость:

$$Q_p = (0,3 \cdot n - 0,09) \cdot k_p, \quad (3)$$

где Q_p - количество резервов подготовленных запасов, т.; n - количество действующих забоев, шт; k_p - коэффициент резерва, учитывающий специфику условий разработки конкретного месторождения, принимается в пределах $1,1 \div 1,5$ в зависимости сложности условий разработки.

Приведенная связь между числом обрабатываемых добычных забоев и количеством подготовленных запасов вполне определенная и достаточно надежная для использования. Наличие этой прямой пропорциональной связи позволяет проблеме установления рациональной величины резервов подготовленных запасов свести к определению оптимального количества обрабатываемых блоков, обоснованных, в свою очередь, с точки зрения требуемого усреднения потоков руды.

Далее нами изучена изменчивость содержания полезного компонента в зависимости от количества действующих очистных забоев. На основе анализа фактических данных ряда действующих карьеров, была установлена эмпирическая зависимость между числом эксплуатируемых выемочных единиц и подготовленными запасами. На основе данной зависимости, в отношении усреднения потоков руды, получена эмпирическая формула, позволяющая достаточно надежно рассчитать объемы подготовленных запасов карьера для известного установленного количества действующих забоев.

Исследование распределения объемов подготовленных запасов в зависимости от величины действующих забоев позволило установить количественные показатели их изменения и при планировании горных работ задаться определенными их значениями, и оценить целесообразность создания резервов выемочных единиц с достаточным уровнем надежности.

Полученные эмпирические зависимости в целом близки к теоретическим расчетам. Принятое эмпирическое распределение варьирующего признака приближается к теоретическому расщеплению при достаточно большом объеме выборки.

Предлагаемый способ определения резервов подготовленных запасов является достаточно упрощенным, но может применяться для оперативного определения количества ресурсов при недостатке либо отсутствии исходных данных для расчета по существующим методикам. В результате предложена формула для определения резерва выемочных единиц, гарантирующих отсутствие дефицита подготовленных запасов с достаточной надежностью.

По величине эмпирической зависимости, полученной на основе регрессионного анализа статистических данных, можно решить задачу установления необходимого количества действующих добычных единиц для достижения требуемого качества в общем рудопотоке.

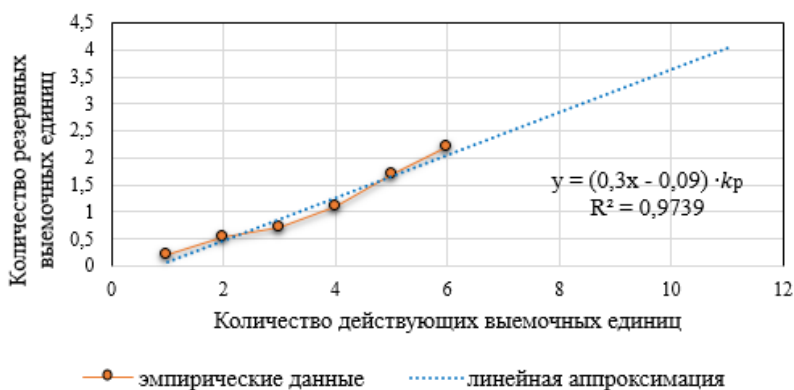


Рис. 65. Эмпирическая зависимость между числом обрабатываемых блоков и количеством резервных запасов

Полученные расчетные данные свидетельствуют о том, что в зависимости от требуемого уровня надежности обеспечения заданной производительности тестового рудника, в одновременной работе необходимо иметь от 11 до 18 выемочных единиц. Это соответствует обеспеченности подготовленными к добыче запасами от 8 до 14 месяцев. При оптимизации фактического фронта горных работ по подготовленным запасам до рекомендуемых значений можно обеспечить получение экономического эффекта в результате минимизации технологических срывов из-за недостатка подготовленных резервов и стабилизации качества потока руды, что благоприятно влияет на уровень извлечения полезного компонента на обогатительной фабрике. Обоснование рациональной величины готовых к выемке запасов минерального сырья, разрабатываемого в режиме усреднения, следует осуществлять с учетом требований стабилизации качественного состава добываемой руды. Усреднение качества добываемых полезных ископаемых и планомерная их отработка благоприятствует стабилизации содержания потоков добытой руды и обеспечению надежности работы горного предприятия.

6. ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ С УЧЕТОМ УСРЕДНЕНИЯ РУД ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ

6.1. Основные положения при определении нормативов запасов полезных ископаемых по степени подготовленности

Нормирование запасов полезных ископаемых осуществляется по степени подготовленности к добыче, имеющегося минерального сырья, в процессе разработки месторождения. Определение и классификация запасов по степени подготовленности к добыче приведены в соответствии с инструкциями по установлению и учету вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых и опубликованными научными работами [107-110].

Расчет нормативов добываемой руды к выемке производится с учетом существующих горно-геологических, горнотехнических и организационных факторов разработки месторождения, а также исходя из условий обеспечения установленной плановой производительности горного предприятия.

Горнодобывающие предприятия обязаны систематически вести учет состояния и движения вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых в целях определения обеспеченности предприятия этими запасами, обоснованного планирования объемов и направлений горных работ в соответствии с производственной мощностью рудника.

В основу классификации запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче положено выполнение определенных видов горнопроходческих работ для подготовки запасов к добычным работам, а также проведение необходимых горно-капитальных выработок.

Обеспеченность горного предприятия вскрытыми, подготовленными и готовыми к выемке запасами полезного ископаемого определяется как частное от деления количества этих запасов на среднемесячную добычу планируемого периода. Плановым промежутком для определения обеспеченности

горного предприятия запасами полезного ископаемого считается полугодие, следующее за отчетным периодом.

Оценка состояния и движения запасов полезных ископаемых при разработке рудных месторождений является составной частью общего учета основной деятельности горного предприятия, поэтому его необходимо вести систематически на протяжении всего срока работы рудника.

Учет состояния и движения запасов минерального сырья осуществляется с целью определения на момент планирования горных работ:

- фактического состояния запасов сырья (количество, качество и пространственное размещение в недрах) в границах обрабатываемого каждого эксплуатационного блока и участка залежи полезного ископаемого;

- степени подготовленности запасов к добыче на определенный момент времени в период эксплуатации месторождения;

- количественного и качественного изменения в запасах, происходящих в связи с уточнением их контуров, плотности и содержания металла или другого полезного компонента, изменением технических границ залежи полезного ископаемого, перераспределением запасов по степени подготовленности к добыче и их отработки в процессе добычи сырья.

Анализ состояния и движения запасов по степени подготовленности способствует рациональному планированию геологоразведочных и горных работ, является необходимым условием определения заданного уровня различных категорий обрабатываемых запасов. Обеспечение постоянной оценки запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче осуществляется маркшейдерской и геологической службами горного предприятия в процессе освоения недр.

6.2. Определение количества добычных единиц для обеспечения плановой производительности карьера

При разработке месторождения число выемочных единиц, добывающих руду нескольких сортов, устанавливается отдельно для каждой категории полезного ископаемого. В этих условиях

расчет количества выемочных единиц, обеспечивающих плановую производительность карьера по i -му сорту руды, определяется по формуле

$$N_i = \frac{1,2 \cdot A_{mi}}{n_i \cdot k_i \cdot a_{ci}}, \quad (4)$$

где N_i – нормативное число выемочных единиц, обеспечивающих выполнение плановой производительности карьера по i -му сорту руды; A_{mi} – плановая месячная производительность карьера, тонн/мес.; n_i – количество смен работы карьера по добыче в течение рассматриваемого периода, см/мес.; k_i – средний коэффициент использования выемочной единицы; a_{ci} – средняя сменная производительность выемочной единицы тонн/см.; 1,1 – коэффициент резерва, компенсирующий неравномерность производства добычных работ.

Производительность открытой разработки месторождений полезных ископаемых зависит от числа выемочных единиц, находящихся в одновременной эксплуатации. В этой связи нами приведена зависимость производительности карьера от числа выемочных единиц, установленная на основе фактических эксплуатационных данных ряда карьеров по добыче черных металлов, показана на рис. 66.

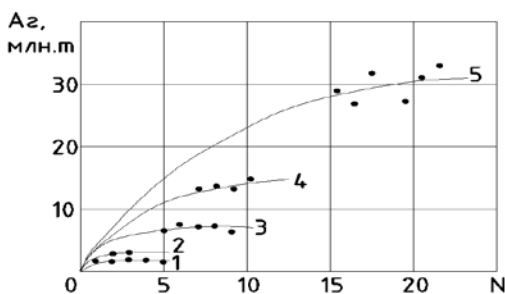


Рис.66. Зависимость производительности карьера от числа выемочных единиц, установленная на основе фактических эксплуатационных данных ряда карьеров по добыче черных металлов

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых в период осуществления добычи минерального сырья

установление рационального количества выемочных единиц на горных работах способствует устойчивому обеспечению плановой производительности предприятия, в результате этого происходит целесообразное освоение запасов недр земли.

6.3. Обоснование нормативов готовых к выемке запасов руд на открытых горных работах

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых нормативы готовых к выемке запасов в зависимости от отдельного сорта добываемого минерального сырья определяются по формуле

$$Q_i = N_i \cdot a_{\tau_i} \cdot (1 + t_i \cdot V_{a_i}) k_{z_i}, \quad (5)$$

где a_{τ_i} - средняя производительность экскаватора в интервале времени между взрывами в добычном забое, т; t_i - нормативный коэффициент вероятности, обеспечивающий отсутствие дефицита запасов по соответствующему сорту; V_{a_i} - коэффициент вариации производительности экскаватора; k_{z_i} - коэффициент учитывающий наличие зачищенных запасов в составе готовых к выемке.

При производстве горных работ нормативы готовых к выемке запасов руд на открытых разработках в целом устанавливаются, как сумма нормативов по i -му и j -му сортам, по формуле

$$Q_{гв} = Q_i + Q_j. \quad (6)$$

Средняя производительность экскаватора a_{τ_i} рассчитывается исходя из среднесменной его производительности a_{c_i} , коэффициента использования k_i и продолжительности времени τ_i работы

$$a_{\tau_i} = \tau_i \cdot k_i \cdot a_{c_i}. \quad (7)$$

На открытых разработках нормативы готовых к выемке запасов в единицах времени по карьеру устанавливаются по формуле

$$Q_{ГВ} = P_i(1 + t_i \cdot V_{a_i})k_{3_i} \cdot \tau_m + (1 - P_j)(1 + t_j \cdot V_{a_j})k_{3_j} \cdot \tau_m, \quad (8)$$

где P_i , P_j – доли сортов руды в плановом объеме добычи по карьеру, доли ед.; τ_m – средний интервал времени между сменными взрывами руды в добычном забое карьера, мес.

При интервале времени между взрывами руды в добычном забое карьера равной одной неделе $\tau_m = 0,25$ мес, при двухнедельном интервале $\tau_m = 0,5$ мес. и так далее.

Значения показателей, входящих в формулу (8), установлены в результате статистического анализа данных работы Донского ГОКа за 12 месяцев 2019 года для различных интервалов времени между взрывами в добычных забоях рудника, приведены в табл. 6.

Обеспеченность горного предприятия готовыми к выемке запасами зависит от производительности рудника и устанавливается с учетом горно-геологической и горнотехнической характеристики разрабатываемого месторождения, условий подготовки и применяемой системы разработки.

Таблица 6

Значения показателей, определяющих нормативы готовых к выемке запасов

Интервал времени между взрывами руды в забоях		t_i	V_{a_i}	k_{3_i}	t_j	V_{a_j}	k_{3_j}
τ_m , неделя	τ_m , месяц						
1	0,25	2,1	0,6	1,2	2,1	0,6	1,3
2	0,50	2,1	0,6	1,2	2,1	0,5	1,3
3	0,75	2,1	0,5	1,2	2,1	0,4	1,3
4	1,00	2,1	0,4	1,2	2,1	0,4	1,3

Обоснованные нормативы готовых к выемке запасов руд при различных интервалах времени между взрывами руды на открытых горных работах для добываемых сортов руды приведены в табл. 7.

Таблица 7

Нормативы готовых к выемке запасов

Сорт руды	Интервал времени между взрывами руды, мес.			
	$\tau_m = 0,25$	$\tau_m = 0,5$	$\tau_m = 0,75$	$\tau_m = 1,0$
<i>i</i> -я руда	0,8	1,5	2,0	2,5
<i>j</i> -я руда	0,8	1,5	2,0	2,5
В целом по карьеру	0,8	1,5	2,0	2,5

При установлении рациональных нормативов готовых к выемке запасов в соответствии с установленной производительностью горного предприятия в период освоения месторождений полезных ископаемых открытым способом обеспечивается устойчивая работа карьера по добыче минерального сырья.

6.4. Установление нормативов подготовленных запасов полезного ископаемого

Подготовленные запасы руды на карьерах нормируются из условий обеспечения нормальной работы горнотранспортного оборудования на добычных уступах и рациональной величины готовых к выемке запасов. При этом во избежание дефицита подготовленности полезного ископаемого необходимо учитывать неравномерность проведения горных работ в карьере и обоснованность определения величины подготовленных запасов с целью перевода их готовым к выемке.

На открытых разработках нормативы подготовленных запасов устанавливают, как сумму нормативов запасов полезных ископаемых, по отдельным сортам добываемых руд

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi i} + Q_{\Pi j} = Q_i + \sum_{j=1}^{h_{y_i}} Q_{\Pi i} + t' \sigma_{Q_{\Pi i}} + \Delta Q_{\Pi i} + \\ + Q_j + \sum_{j=1}^{h_{y_j}} Q_{\Pi j} + t' \sigma_{Q_{\Pi j}} + \Delta Q_{\Pi j}, \quad (9)$$

где $Q_{\pi i}, Q_{\pi j}$ – нормативы подготовленных запасов по отдельным сортам руд, т; $Q_{\pi i}, Q_{\pi j}$ – запасы соответственно разных сортов в i -м временном целике под рабочей площадкой вышележащего уступа, т.; h_{yi}, h_{yj} – число добычных уступов соответственно на рудах разного сорта; $t' \sigma_{Q_{\pi i}}, t' \sigma_{Q_{\pi j}}$ – резерв подготовленных запасов, компенсирующий неравномерность проведения добычных работ, т.; $\Delta Q_{\pi i}, \Delta Q_{\pi j}$ – имеющийся резерв подготовленных запасов, компенсирующий погрешность их определения для разных сортов соответственно.

Запасы руды во временных целиках рассчитывают из выражения:

$$Q_{\pi} = L \cdot h \cdot l \cdot \rho, \quad (10)$$

где L, h, l – соответственно среднее значение длины, высоты и минимально допустимой ширины n -го временного целика под рабочей площадкой вышележащего уступа, м; ρ – средняя плотность добываемого сырья, т/м³.

Резервы подготовленных запасов, компенсирующих неравномерность проведения добычных работ, определяются по формуле

$$t' \sigma_{Q_{\pi}} = 0,3 \cdot Q_i. \quad (11)$$

Резервы подготовленных запасов, компенсирующих погрешность их определения, принимают по данным эксплуатации рудных месторождений равным 4% от суммы первых двух полученных нормативов по формуле

$$\Delta Q_{\pi} = 0,04 \cdot \left(Q_i + \sum_{j=1}^{h_y} Q_{\pi} \right). \quad (12)$$

Показатели, необходимые для расчета нормативной величины подготовленных запасов во временных целиках под рабочими площадками вышележащих уступов, определены по исходным данным табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные месторождения для расчета нормативов запасов руды

Показатели	Обозначение	Единица измерения	Значение показателей	
			<i>i</i>	<i>j</i>
1	2	3	4	5
Плановая годовая производительность карьера по руде	Q_{Γ}	тыс. т/год	1120	190
Тип экскаватора на добыче	-	-	ЭКГ-8И	ЭКГ-5А
Среднесуточная производительность экскаватора	d_c	тыс. т/сут	3,5	2,3
Коэффициент вариации производительности экскаватора	V_d	-	0,6	0,5
Коэффициент использования экскаватора	$k_{\text{э}}$	-	0,65	0,65
Количество суток работы карьера в месяц	S	сут/мес	30	30
Интервал времени между взрывами руды в забое	t_m	неделя	2,1	2,1
Средняя производительность экскаватора в интервале между взрывами руды	d_t	тыс. т	69,8	44,8
Минимально допустимая ширина рабочей площадки на добычном уступе	l	м	35	35
Высота добычного уступа	h	м	10	10
Плотность руды	ρ	т/м ³	3,6	3,2
Число добычных уступов	n_y		3	3
Планируемая длина фронта добычных работ	$L_{\text{п}}$	м	180	20
Коэффициент зачищенных запасов	k_3		1,2	1,3

Рациональные нормативы подготовленных запасов, обеспечивающие устойчивую работу карьера по добыче руды открытым способом, рассчитанные по вышеприведенным формулам, сведены в табл. 9.

Таблица 9

Нормативы подготовленных запасов в единицах массы и времени

Сорт руды	Интервал времени между взрывами в добычном забое, мес.							
	$t_m = 0,25$		$t_m = 0,5$		$t_m = 0,75$		$t_m = 1$	
	тыс.т	мес.	тыс.т	мес.	тыс.т	мес.	тыс.т	мес.
<i>i</i> -я руда	325	3,5	400	4,3	450	4,8	500	5,3
<i>j</i> -я руда	39	2,5	51	3,2	60	4,0	68	4,3
В целом по карьере	364	3,4	451	4,1	510	4,7	568	5,2

При освоении месторождений установление рациональных нормативов подготовленных запасов полезного ископаемого в добычных забоях, в различных интервалах времени между взрывами и принятии во внимание вышеприведенных технико-экономических показателей открытого способа разработки, приводит к планомерному обеспечению добычи минерального сырья на горном предприятии.

6.5. Определение нормативов вскрытых запасов на карьерах

На открытых горных работах рациональные нормативы вскрытых запасов по карьере определяются в зависимости от числа добычных уступов и принятых нормативов подготовленных запасов руд каждого сорта, добываемого полезного ископаемого, по формуле

$$Q_v = Q_{v_i} + Q_{v_j} = 0,5 \left[Q_{п_i}(h_{yi} + 1)Q_{п_j}(h_{yj} + 1) \right], \quad (13)$$

где Q_v – нормативы вскрытых запасов в целом по карьере, тыс. т; Q_{v_i} и Q_{v_j} – нормативы вскрытых запасов соответственно по

богатым и бедным рудам карьера, тыс. т; h_{yi} и h_{yj} – число добычных уступов соответственно на i -х и j -х добываемых рудах.

Расчет нормативов вскрытых запасов выполнены для двух вариантов: 1) при $h_y=2$ и 2) при $h_y=3$ и приведены в табл. 10.

Нормирование объемов готовых к выемке запасов представляет собой технико-экономическую задачу, при решении которой надо учитывать зависимость характера движения запасов от различных условий, а также выигрыш и убытки, связанные с механизмом управления запасами.

Оптимальная величина готовых к выемке запасов при открытой разработке крутопадающих месторождений определяется минимумом суммарных затрат на добычу полезного ископаемого.

Таблица 10

Нормативы вскрытых запасов в единицах массы (тыс. т) и времени (мес.)

Сорт руды		Интервал времени между взрывами в добычном забое, мес.							
		$t_m = 0,25$		$t_m = 0,5$		$t_m = 0,75$		$t_m = 1$	
		тыс.т	мес.	тыс.т	мес.	тыс.т	мес.	тыс.т	мес.
$h_y=2$	i -я руда	486	5,2	598	6,4	674	7,2	749	8,0
	j -я руда	57	3,6	76	4,8	90	5,7	102	6,5
	В целом по карьеру	543	5,0	674	6,1	764	7,0	851	7,8
$h_y=3$	i -я руда	648	7,8	798	8,6	898	9,6	998	10,7
	j -я руда	76	4,8	102	6,5	120	7,6	136	8,6
	В целом по карьеру	724	6,6	900	8,2	1018	9,3	1134	10,3

При ведении открытых горных работ рассматриваются затраты: 1) на перегоны экскаваторов ($C_{пер}$); 2) на поддержание в течение года на всех горизонтах запасов, необходимых для полного удаления полезного ископаемого над резервной полосой ($C_{рез}$); 3) от увеличения текущего коэффициента добычи (C_k); 4) от снижения производительности карьера по полезному ископаемому из-за необходимости поддержания запасов (C_m); 5)

от невыполнения плана из-за недостаточного резерва, при условии обеспечения надежного функционирования системы карьера (C_o).

Оптимальный объем готовых к выемке запасов должен соответствовать минимуму суммарных затрат:

$$\sum C_{\text{доб}} = C_{\text{пер}} + C_{\text{рез}} + C_{\text{м}} + C_{\text{к}} + C_o \rightarrow \min. \quad (14)$$

Исходя из условия выполнения заданного уровня усреднения добываемого сырья, установленной производительности карьера и соблюдения проектных параметров рабочих площадок на добычных уступах были определены нормативы вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов, которые обеспечивают:

- работу в карьере нормативного числа выемочных единиц, необходимого и достаточного для удовлетворения требований по усреднению качественного состава добываемого сырья и достижения заданной производительности рудника;

- равномерную обеспеченность всех выемочных единиц готовыми к выемке запасами на нормативном уровне;

- обеспеченность каждой выемочной единицы запасами отбитой руды в количестве, необходимом для ее максимальной производительности в принятом интервале времени между взрывами руды в добычном забое.

При ведении горных работ не следует допускать неравномерную обеспеченность добычных работ готовыми к выемке запасами, то есть избыток для одних добычных единиц и недостаток для других. Поэтому необходимо стремиться к равномерной обеспеченности запасами всех добычных единиц рассматриваемого сорта руды, то есть по богатым и бедным рудам карьера. Соблюдение приведенных условий способствуют достижению максимальной эффективности работы карьера в период ведения горных работ.

Одним из наиболее важных показателей, определяющих нормативной величины готовых к выемке запасов, является интервал времени между взрывами полезного ископаемого в добычном забое. Таким образом, необходимо организовать буровзрывные работы, чтобы массовый взрыв полезного ископаемого производился во всех забоях одновременно с

интервалом времени между взрывами 2-3 недели. Это позволит, наряду с повышением ритмичности работы горнотранспортного оборудования, сократить время простоев в период производства взрывных работ и увеличить производительность карьера.

Управление запасами отбитой руды в карьерах необходимо осуществлять таким образом, чтобы в каждом добычном забое на момент взрыва величина отбитой горной массы была достаточной для обеспечения нормальной производительности экскаватора в интервале времени между взрывами.

При открытой разработке месторождений обоснование рациональных объемов вскрытых запасов обеспечивает транспортный доступ к выполнению подготовительных работ без проведения разрезных траншей и вскрышных работ, а также осуществление в дальнейшем очистных работ на горизонтах по добыче готовых к выемке запасов.

6.6. Установление нормативного количества выемочных единиц по степени подготовленности к добыче

При планировании горных работ формирование потоков руды на открытых разработках должно производиться на основе определения экономически рациональных подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых. Для этого следует осуществлять своевременное проведение подготовительных и разрезных работ по подготовке выемочных единиц в соответствии с их проектной производительностью.

Анализ работы карьеров и произведенные расчеты показали, что одним из наиболее важных показателей, определяющих нормативную величину готовых к выемке запасов, является интервал времени между взрывами по отбойке полезного ископаемого в добычном забое.

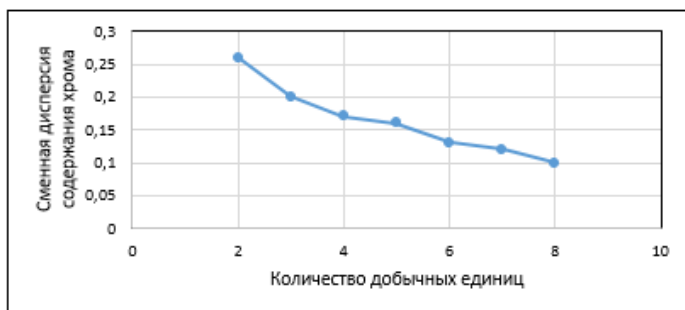
По рассчитанным нормативам для условий карьеров Донского ГОКа экономически целесообразным следует считать режим буровзрывных работ с постоянным двух-трехнедельным интервалом времени между взрывами руды в добычных забоях.

Анализ графиков (рис. 67), построенных по полученным данным, показал прямую зависимость между количеством действующих забоев и отклонением содержаний металла от

средних плановых показателей, что позволяет сделать следующий вывод: увеличение количества работающих забоев при прочих равных условиях ведет к уменьшению колебаний качества добываемой руды.

В дальнейшем, по фактическим данным влияния количества добычных единиц на среднее содержание металла в добываемой руде, можно получить эмпирическую формулу для приближенной оценки дисперсии содержания усредняемого компонента.

а)



б)

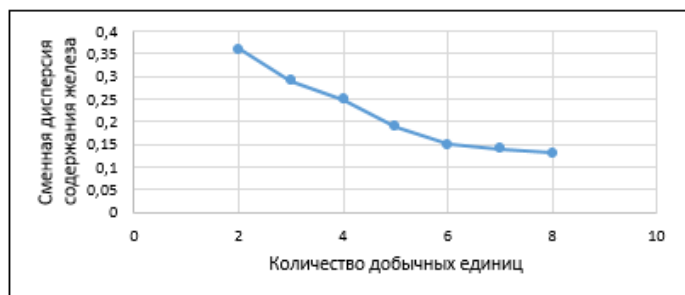


Рис. 67. Зависимость дисперсий содержания металла от количества действующих забоев

Для выполнения требований к однородности качественного состава сырья горные предприятия часто вынуждены иметь вспомогательное количество очистных забоев, следовательно, и дополнительное количество готовых к выемке запасов. В связи с этим при определении оптимальной величины

готовых к выемке запасов полезных ископаемых месторождений, разрабатываемых в режиме усреднения, необходимо учитывать требования стабилизации качественного состава добываемого сырья.

Количество отрабатываемых блоков и объем готовых к выемке запасов рудника являются величинами взаимозависимыми. Примером в этом отношении может служить зависимость между числом отрабатываемых забоев и готовыми к выемке запасами, полученная по средним данным эксплуатации ряда карьеров ССГПО и Донского ГОКа (рис. 68).

Путем аппроксимации эмпирических данных получаем практически функциональную связь:

$$Q_{\text{гв}} = (0,26 \cdot n - 0,09) \cdot k_p, \quad (15)$$

где $Q_{\text{гв}}$ – количество готовых к выемке запасов, тонн; n – количество действующих забоев, шт; k_p – коэффициент резерва, учитывающий специфику условий разработки конкретного месторождения, принимается в пределах $1,1 \div 1,5$ в зависимости от сложности условий разработки.

При обосновании нормативного количества выемочных единиц по степени подготовленности к добыче рекомендуется: для расчета количества резервных выемочных единиц, при недостаточном количестве исходных данных, следует использовать выявленную эмпирическую зависимость между числом отрабатываемых добычных забоев и количеством готовых к выемке запасов, которая является вполне определенной и достаточно надежной. Наличие прямой пропорциональной связи между числом отрабатываемых блоков и готовыми к выемке запасами позволяет решить задачу определения оптимального объема готовых к выемке запасов руд, с точки зрения усреднения рудопотоков, следует свести к определению оптимальной численности разрабатываемых блоков.

На основе анализа фактических данных ряда действующих карьеров, была установлена эмпирическая зависимость между числом эксплуатируемых забоев и готовыми к выемке запасами. На основе данной зависимости, в аспекте усреднения потоков руды, получена эмпирическая формула, позволяющая

достаточно надежно рассчитать объемы готовых к выемке запасов для известного установленного количества действующих забоев.

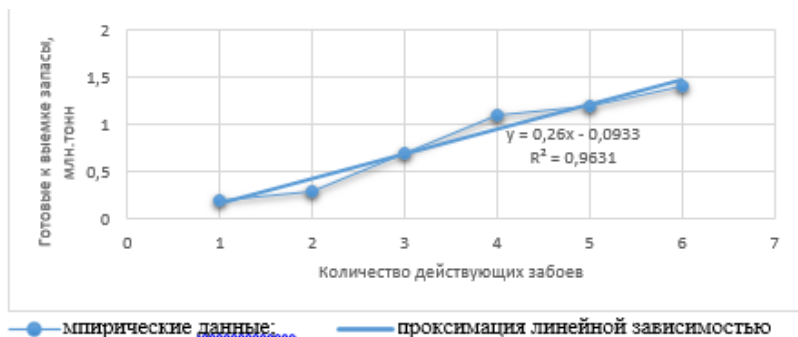


Рис. 68. Зависимость между числом обрабатываемых добычных забоев и количеством готовых к выемке запасов

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых готовые к выемке запасы, сосредоточенные в действующих и резервных выемочных единицах, способствуют сохранению фронта добычных работ, стабилизации работы горного предприятия, осуществлению усреднения качества добытой руды и планомерной отработке месторождения минерального сырья.

Соблюдение рациональной величины готовых к выемке запасов в период осуществления добычи полезного ископаемого позволяет наметить эффективные технологические решения при управлении горными работами на действующих горных предприятиях и оптимизировать выполнение подготовки сырья в стадии эксплуатации месторождения открытым способом.

7. УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ С УЧЕТОМ УСРЕДНЕНИЯ ДОБЫВАЕМЫХ РУД ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ

7.1. Установление нормативов подготовленности запасов с учетом усреднения добываемых руд при подземной разработке

При подземном способе разработки на производительность рудника в основном влияет число очистных забоев, то есть панелей, находящихся в стадии добычи руды. В случае, если производительность рудника заранее установлена (является заданной или плановой величиной), тогда число панелей, находящихся в стадии добычи полезного ископаемого, должно обеспечить выполнение установленных планов по добыче руды и при этом должны быть минимально необходимыми.

Каждая панель до начала добычи руды находится в стадии подготовки, поэтому из N_0 очистных панелей в общем случае можно поделить N_0 панелей, находящихся в стадии подготовительных работ до начала добычи сырья, и N_b панелей, находящихся в стадии добычи полезного ископаемого.

В этом случае панели N_b , находящиеся в стадии добычи руды, можно разделить на две группы, одна из которых состоит из n_b основных панелей, а вторая из m_b резервных. Это разделение является условным, так как на шахте нет панелей, которые были бы только резервными. В процессе добычи руды каждая панель находится последовательно в работе, плановом или неплановом простое. Однако, в каждую единицу времени (смену, сутки) на шахте из всех N_b панелей принимающих участие в добыче руды, в среднем работает только n_b панелей. Таким образом, если $m_{во}$ – необходимое и достаточное число резервных панелей, которое при n_b основных панелях в стадии добычи руды обеспечивает выполнение плановой производительности шахты из очистных работ, тогда общее число панелей, находящихся в очистной выемке, должно определяться суммой:

$$N_o = n_b + m_b + N_{\text{бо}}, \quad (16)$$

где $N_{\text{бо}}$ – нормативное число панелей в стадии буровых работ до начала добычи руды.

В одно и то же время в стадии добычи руды находятся панели с различным уровнем готовых к выемке запасов относительно их исходной величины. Как правило, одинаковое число панелей имеют уровень готовых к выемке запасов как выше, так и ниже среднего уровня. Поэтому среднее количество готовых к выемке запасов в панели, находящейся в стадии добычи руды, можно принять равным половине из исходной величины

$$q_r = 0,5q_{\text{гисх}}, \quad (17)$$

где $q_{\text{гисх}}$ – средняя величина исходных балансовых запасов панели, т.

Изменение величины запасов по степени подготовленности к добыче в процессе подземной разработки обусловлено систематической отработкой и пополнением вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов шахты. При этом, излишки вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов руд на действующих рудниках является скачкообразным. Ввод каждого блока в стадию проведения горно-подготовительных работ увеличивает вскрытые запасы шахты на величину запасов блока; ввод каждой панели в стадию производства нарезных работ увеличивает подготовленные запасы шахты на величину запасов панели; ввод каждой панели в стадию очистной выемки увеличивает готовые к выемке запасы шахты на величину запасов панели. В связи с этим нормативы подготовленности запасов при подземной разработке месторождений должны учитывать скачкообразный характер изменения каждой категории запасов по степени подготовленности к добыче. Это означает, что при нормировании их следует установить область допустимых колебаний величины имеющихся вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов рудника.

Методика нормирования запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добычным работам, в соответствии с вышеизложенными предположениями, при подземном способе разработки сырья должна предусматривать определение

нормативного числа панелей в стадиях выполнения очистных, нарезных и горно-подготовительных работ. В этих условиях нахождение области допустимых колебаний нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов от установленных величин в результате нормирования их средних минимально необходимых значений представляет важную задачу эксплуатации месторождения.

7.2. Обоснование нормативного числа панелей, находящихся в стадии добычи руды

Минимально необходимое число панелей, находящихся в стадии добычи руды, обеспечивающее выполнение плановой производительности подземного рудника, рассчитывается по формуле

$$N_{\text{во}} = \frac{1,1 \cdot A_{\text{п}} \cdot \alpha}{S \cdot d \cdot k \cdot n_3}, \quad (18)$$

где $N_{\text{во}}$ – нормативное число панелей, находящихся в стадии добычи руд; 1,1 – коэффициент резерва, учитывающий вариацию производительности и коэффициента использования добычных единиц (панелей); $A_{\text{п}}$ – плановая производительность шахты в рассматриваемый период времени (месяц, квартал, год), т; S – число смен работы шахты по добыче руды в течение рассматриваемого периода времени; d – средняя сменная производительность очистного забоя, т; k – средний коэффициент использования добычной единицы в смену; n_3 – число одновременно действующих (в смену) очистных забоев в панели; α – коэффициент учитывающий долю добычи руды из очистных работ, доли ед.

При этом нормативное число основных (действующих в смену) панелей устанавливают из равенства:

$$n_{\text{во}} = N_{\text{во}} \cdot k, \quad (19)$$

где $n_{\text{во}}$ – нормативное число основных панелей в стадии добычи руды.

На подземных рудниках обоснование нормативного числа панелей, находящихся в стадии добычи руды, производится с учетом обеспечения плановой производительности подземного рудника и ритмичной работы панелей, действующих в смену.

Рациональная нормативная обеспеченность подземных горных работ благоприятно воздействует на среднемесячную производительность горного предприятия на планируемом периоде времени. В этой связи обоснование вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых на подземных рудниках следует осуществлять соразмерно с установленным нормативным числом выемочных единиц в соответствующих стадиях эксплуатации месторождения.

7.3. Определение нормативов готовых к выемке запасов при ведении подземных горных работ

Установление нормативного числа панелей N_{60} , находящихся в стадии бурения взрывных скважин до начала выпуска руды, определяют с учетом неравномерности процессов очистной выемки

$$N_{60} = \frac{n_{60} \cdot T_6}{T_в} \cdot k_{р6}, \quad (20)$$

где N_{60} – нормативное число панелей в стадии бурения взрывных скважин до начала выпуска руды; n_{60} – нормативное число основных (действующих в смену) панелей в стадии выпуска руды; $T_в$, T_6 – соответственно средняя продолжительность выпуска извлекаемых запасов панели и средняя продолжительность бурения взрывных скважин в панели до начала выпуска руды, мес.; $k_{р6}$ – коэффициент резерва панелей в стадии бурения взрывных скважин. По данным работы шахт Донского ГОКа $k_{р6} = 1,4$.

При производстве подземных горных работ нормативы готовых к выемке запасов устанавливаются по формуле

$$N_г = q_{гисх} (0,5N_{60} + N_{60} \pm 0,5k_{нг}), \quad (21)$$

где $N_г$ – нормативная величина готовых к выемке запасов шахты, т; $q_{гисх}$ – средняя величина исходных балансовых запасов панели, т; N_{60} – нормативное число панелей в стадии выпуска руды; N_{60} – нормативное число панелей в стадии бурения взрывных скважин до начала выпуска руды; $k_{нг}$ – коэффициент

неравномерности ввода панелей в стадию выпуска руды. По данным работы шахт Донского ГОКа $k_{\text{нг}} = 1,7$.

Средняя величина балансовых запасов панели определяется по формуле

$$q_{\text{гисх}} = \frac{1}{N_E} \sum_1^{N_E} q_{\text{г}i}, \quad (22)$$

где $q_{\text{г}i}$ – исходные балансовые запасы i -ой панели в рассматриваемый период времени, т; N_E – число рассматриваемых панелей.

Нормирование готовых к выемке запасов при ведении подземных горных работ обеспечивает наиболее рациональный режим бесперебойной работы имеющихся мощностей оборудования и позволяет оценить резервы системы разработки для оценки подготовленных запасов руд к добычным работам. При этих условиях особенно возрастает роль нормирования запасов с целью повышения качества добываемого сырья и наиболее полного извлечения запасов полезного ископаемого. В этих условиях стабилизация запасов по степени подготовленности к выемке достигается созданием их резерва, зависящего от достоверности имеющихся запасов добываемых руд, по мере подвигания горных работ. Обоснование целесообразных нормативов готовых к выемке запасов при ведении подземных горных работ обеспечивает рациональную отработку имеющихся запасов сырья на месторождении.

7.4. Обоснование нормативов подготовленных запасов на подземных рудниках

На подземных горных работах обоснование нормативов подготовленных запасов осуществляется с использованием следующей формулы

$$N_{\text{п}} = q_{\text{гисх}} (0,5N_{\text{во}} + N_{\text{бо}} + N_{\text{но}} \pm 0,5k_{\text{нг}}), \quad (23)$$

где $N_{\text{п}}$ – нормативная величина подготовленных запасов шахты, т; $q_{\text{гисх}}$ – средняя величина исходных балансовых запасов панели; $N_{\text{во}}, N_{\text{бо}}, N_{\text{но}}$ – нормативное число панелей соответственно в стадии выпуска руды, в стадии бурения взрывных скважин до начала выпуска руды и в стадии нарезки до начала очистной

выемки; $k_{\text{нп}}$ – коэффициент неравномерности ввода панелей в стадию производства нарезных работ. В условиях Донского ГОКа составляет $k_{\text{нп}} = k_{\text{нг}} = 1,7$.

Число панелей в стадии нарезки $N_{\text{но}}$ определяется с резервом, компенсирующим неравномерность очистных и нарезных работ

$$N_{\text{но}} = \frac{n_{\text{во}} \cdot T_{\text{н}}}{T_{\text{в}}} k_{\text{рн}}, \quad (24)$$

где $N_{\text{но}}$ – нормативное число панелей в стадии нарезки до начала очистной выемки; $T_{\text{в}}$, $T_{\text{н}}$ – соответственно средняя продолжительность выпуска извлекаемых запасов панели и средняя продолжительность нарезных работ в панели до начала очистной выемки (бурения взрывных скважин), мес.; $n_{\text{во}}$ – нормативное число основных панелей в стадии выпуска руды; $k_{\text{рн}}$ – коэффициент резерва панелей в стадии проведения нарезных работ.

При системах разработки с обрушением руды и вмещающих пород коэффициент $k_{\text{рн}} = 1,5$.

Величину средней продолжительности нарезных работ $T_{\text{н}}$ определяют следующим образом:

$$T_{\text{н}} = \frac{1}{N_{\text{Е}}} \sum_1^{N_{\text{Е}}} T_{\text{н}i} \quad (25)$$

$$T_{\text{н}i} = \frac{W_{\text{н}i}}{n_{\text{бн}} \cdot d_{\text{н}i}}, \quad (26)$$

где $T_{\text{н}}$, $N_{\text{Е}}$ – средняя продолжительность нарезных работ в панели до начала очистной выемки и число рассматриваемых панелей; $T_{\text{н}i}$ – продолжительность нарезных работ, проводимых в i -ой панели до начала очистной выемки, мес.; $W_{\text{н}i}$ – объем нарезных работ в i -ой панели до начала очистной выемки, м³; $n_{\text{бн}}$ – число бригад, занятых на нарезных работах в i -ой панели; $d_{\text{н}i}$ – средняя производительность одной бригады при выполнении нарезных работ в i -ой панели, м³/мес.

Рациональные нормативы подготовленных запасов на подземных рудниках должны обеспечить безусловное выполнение производственных планов при ритмичной работе предприятия по добыче полезных ископаемых и соответствовать принципу минимальных объемов горно-капитальных работ.

Величина подготовленных запасов зависит от интенсивности ведения горных работ, рациональных схем подготовки и нарезки выемочной единицы или ее части, степени совмещенности производственных процессов на рудниках. При изменении указанных факторов нормативы обеспеченности горного предприятия подготовленными запасами корректируются по мере изменения условий разработки месторождения.

7.5. Установление нормативов вскрытых запасов при подземной разработке

Нормативы вскрытых запасов на подземных рудниках определяются по следующей формуле

$$H_B = q_{\text{виск}} (0,5N_{\text{вво}} + N_{\text{бво}} + N_{\text{нво}} + N_{\text{пво}} \pm 0,5k_{\text{нв}}), \quad (27)$$

где H_B – нормативная величина вскрытых запасов шахты, т; $q_{\text{виск}}$ – средняя исходная величина извлекаемых запасов блока, т; $N_{\text{вво}}$, $N_{\text{бво}}$, $N_{\text{нво}}$, $N_{\text{пво}}$ – нормативное число блоков соответственно в стадии выпуска руды, бурения взрывных скважин до начала выпуска руды, нарезных работ до начала очистной выемки (бурения взрывных скважин), горно-подготовительных работ до начала нарезных; $k_{\text{нв}}$ – коэффициент неравномерности ввода блоков в стадию производства горно-подготовительных работ. По данным работы шахт при системах подэтажного обрушения коэффициент $k_{\text{нв}} = 1,5$.

Число блоков $N_{\text{вво}}$ определяют, исходя из нормативного числа панелей $N_{\text{во}}$ и среднего числа панелей z в стадии выпуска руды в одном блоке

$$N_{\text{вво}} = \frac{1}{z} N_{\text{во}}, \quad (28)$$

где $N_{\text{вво}}$ – нормативное число блоков в стадии выпуска руды; z – среднее число панелей в стадии выпуска руды в одном блоке; $N_{\text{во}}$ – нормативное число панелей в стадии выпуска руды.

Число блоков $N_{\text{бво}}$ в стадии бурения взрывных скважин до начала выпуска руды устанавливают с резервом, компенсирующим неравномерность процессов очистной выемки

$$N_{\text{бво}} = \frac{n_{\text{во}} \cdot T_{\text{бв}}}{z \cdot T_{\text{вв}}} k_{\text{рбв}}, \quad (29)$$

где $N_{\text{бво}}$ – нормативное число блоков в стадии бурения взрывных скважин до начала выпуска руды; $n_{\text{во}}$, z – нормативное число основных панелей в стадии выпуска руды и среднее число панелей в стадии выпуска руды в одном блоке; $T_{\text{вв}}$ и $T_{\text{бв}}$ – средняя продолжительность соответственно выпуска извлекаемых запасов блока и бурения взрывных скважин до начала выпуска руды, мес.; $k_{\text{рбв}}$ – коэффициент резерва блоков в стадии бурения взрывных скважин. В условиях Донского ГОКа $T_{\text{бв}}=T_{\text{б}}; k_{\text{рбв}} = 1,4$.

Число блоков $N_{\text{нво}}$ в стадии проведения нарезных работ до начала бурения взрывных скважин рассчитывают с резервом, компенсирующим неравномерность процессов горных работ, по формуле

$$N_{\text{нво}} = \frac{n_{\text{во}} \cdot T_{\text{нв}}}{z \cdot T_{\text{вв}}} k_{\text{рнв}}, \quad (30)$$

где $N_{\text{нво}}$ – нормативное число блоков в стадии проведения нарезных работ до начала бурения взрывных скважин; $n_{\text{во}}$, z – нормативное число основных (действующих в смену) панелей в стадии выпуска руды и среднее число панелей в стадии выпуска руды в одном блоке; $T_{\text{вв}}$ и $T_{\text{нв}}$ – соответственно средняя продолжительность выпуска извлекаемых запасов блока и средняя продолжительность нарезных работ в блоке до начала очистной выемки (бурения взрывных скважин); $k_{\text{рнв}}$ – коэффициент резерва блоков в стадии проведения нарезных работ. В условиях Донского ГОКа $T_{\text{нв}}=T_{\text{н}}; k_{\text{рнв}} = 1,6$.

Число блоков $N_{\text{пво}}$ в стадии проведения горно-подготовительных работ до начала нарезки определяют с резервом, компенсирующим неравномерность производства горных работ, согласно следующей формуле

$$N_{\text{пво}} = \frac{n_{\text{во}} \cdot T_{\text{пв}}}{z \cdot T_{\text{вв}}} k_{\text{рпв}}, \quad (31)$$

где $N_{\text{пво}}$ – нормативное число блоков в стадии проведения горно-подготовительных работ до начала нарезки; $n_{\text{во}}$, z – нормативное число основных (действующих в смену) панелей в стадии выпуска руды и среднее число панелей в стадии выпуска руды в одном блоке; $T_{\text{вв}}$ и $T_{\text{пв}}$ – соответственно средняя продолжительность выпуска извлекаемых запасов блока и средняя продолжительность горно-подготовительных работ в

блоке до начала проведения нарезных работ, мес.; $k_{\text{рпв}}$ – коэффициент резерва блоков в стадии производства горно-подготовительных работ. В условиях Донского ГОКа коэффициент $k_{\text{рпв}} = 2,1$.

Средняя исходная (первоначальная) величина извлекаемых балансовых запасов блока, состоящего из группы панелей, определяются из равенства:

$$q_{\text{виск}} = \omega \cdot q_{\text{гиск}}, \quad (32)$$

где $q_{\text{виск}}$ – средняя исходная величина балансовых запасов блока, т; ω – среднее число панелей в одном блоке; $q_{\text{гиск}}$ – величина балансовых запасов панели, т.

Число выемочных единиц (панелей, блоков), нормируемых в каждой стадии производства горных работ, следует рассчитывать с точностью до одной десятой, округляя значение в большую сторону.

Обоснованные нормативы вскрытых запасов при подземной разработке месторождений характеризуют перспективу добычи полезных ископаемых и позволяют определить срок существования подземных горных работ. При снижении подготовленных запасов следует осуществлять вскрытие рудных залежей на разрабатываемых горизонтах с целью увеличения интенсивности вскрышных работ на месторождении. В этих условиях содержание полезного ископаемого в контурах вскрытых запасов на новых горизонтах должны обеспечить рациональное извлечение их из недр с восполнением отработанных запасов с большим минимально-промышленным содержанием.

При подземной разработке месторождений установление рациональных нормативов вскрытых полезных ископаемых позволяет своевременно осуществлять выполнение объемов подготовленных и готовых к выемке запасов в процессе ведения очистных работ на руднике.

7.6. Рекомендации по планированию развития подземных горных работ с учетом нормативов подготовленности запасов и усреднения добываемых руд

Для обеспечения плановой производительности рудника следует иметь в одновременной работе необходимое и достаточное количество добычных единиц. Количество запасов в выемочной единице зависит от применяемой системы разработки на подземных горных работах. Нормативы готовых к выемке запасов зависят от интенсивности отработки действующих блоков и подготовительно-нарезных работ при подготовке следующих участков. Также при нормировании запасов необходимо учитывать специфические условия ведения горных работ, характеризующиеся колебаниями производительности отдельных добычных единиц и возможностью их аварийного выхода из строя, неравномерностью проведения подготовки новых участков, изменчивостью качественного состава руд в недрах и рядом других факторов.

Производительность рудника зависит не столько от величины вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов, а также от числа действующих выемочных единиц. Число добычных единиц и величина готовых к выемке запасов оказывает существенное влияние на однородность качественного состава добываемого сырья. Поэтому влияние подготовленных и готовых к выемке запасов на производительность рудника и усреднение сырья следует установить только через число действующих выемочных единиц.

Исходя из вышеизложенного, при обосновании количества готовых к выемке запасов следует учесть необходимое число действующих добычных единиц с планируемым содержанием полезного компонента, которые являются одним из основных факторов, влияющих на уровень внутрирудничного усреднения.

Нормативы готовых к выемке запасов зависят от интенсивности горно-подготовительных и нарезных работ на рудниках. Соответственно, при отставании выполнения запланированных объемов горно-подготовительных работ не оказывает отрицательного влияния на количество готовых к

выемке запасов и процесс добычи в целом, то можно сделать следующие выводы:

- коэффициент резерва компенсирует отставание подготовительных работ в краткосрочном периоде;
- количество подготовленных и готовых к выемке запасов является сверхнормативным (имеется большой резерв запасов).

Однородность качественного состава добываемой руды и производительность рудника в значительной степени зависят от количества действующих выемочных единиц. Под выемочной единицей понимается полностью оборудованный добычной забой, обеспеченный готовыми к выемке запасами, который, в результате производства добычных работ, образует транспортный поток рудной массы.

При установлении рационального уровня однородности качества сырья и производительности рудника в проектной документации число выемочных единиц должно обеспечивать выполнение планируемых объемов добычи полезного ископаемого и быть при этом минимально необходимым.

Расчет числа выемочных единиц, обеспечивающего выполнение требований к внутрирудничному усреднению качественного состава добываемого сырья и установленной производительности рудника, должен производиться в следующей последовательности:

- расчет числа выемочных единиц, обеспечивающего выполнение установленной производительности рудника;
- расчет характеристик усреднения качества руды при добыче;
- определение эффективности усреднения качества руды на складе;
- расчет числа выемочных единиц, обеспечивающего выполнение требований к усреднению качества руды;
- выбор оптимального количества выемочных единиц, обеспечивающего выполнение плановой производительности рудника, а также требований к усреднению добываемого сырья.

При планировании развития подземных горных работ с учетом нормативов подготовленности запасов и усреднения добываемых руд на горных предприятиях рекомендуется: осуществлять количественную и качественную геометризацию

действующих и планируемых добычных единиц, в увязке с мониторингом качества добываемых руд в процессе эксплуатации рассматриваемых добычных единиц. Затем по результатам полученных данных выявить период стабильности количественных и качественных показателей добываемых руд, далее взамен нормативов подготовленных и готовых к выемке запасов, принять то количество добычных единиц, при которых были достигнуты требуемые показатели качества и количества отгружаемой на фабрику руды.

Использование нормативов по подготовленности запасов руды, предусматривающих улучшение условий внутрирудничного усреднения за счет установления нормативного числа добычных единиц, обеспечивающих одновременно достижение установленной производительности и требований к усреднению руды, позволяет снизить колебания качественного состава добываемого сырья, поступающего на обогатительную фабрику, и повысить экономическую эффективность отработки месторождения.

Осуществление планирования подземных горных работ в зависимости от величин нормативов подготовленности запасов и усреднения добываемых руд способствует обеспечению планомерной эксплуатации месторождения полезных ископаемых на действующих горных предприятиях с наилучшими технико-экономическими показателями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка месторождений полезных ископаемых связана с соблюдением содержания добываемого сырья в течение определенного периода с целью улучшения обогащения, поступающей руды на обогатительную фабрику. В этой связи изучение обоснования нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов с учетом стабилизации содержания добываемой руды при различных горно-геологических и горнотехнических условиях добычных работ осуществляется с целью рационального планирования и улучшения технико-экономических показателей освоения месторождений. В этих условиях оптимальное управление подготовленностью запасами для конкретных условий ведения добычных работ позволяет повысить качество выемки минерального сырья и улучшить показатели производственной деятельности рудника по целесообразному использованию недр. Соблюдение стабилизации качества и повышение однородности содержания добываемых руд способствует улучшению степени извлечения полезных компонентов при обогащении сырья, в результате этого возрастает эффективность переработки и технико-экономические показатели предприятия.

В наибольшей степени рациональное и комплексное добывание полезных ископаемых из недр и получение товарного сырья заданного качества достигается при установлении целесообразной концентрации добычных работ и оптимального числа выемочных единиц, обеспечивающих проектную производительность действующего горного предприятия. Для этой цели обоснование приемлемой нагрузки на каждую выемочную единицу в соответствии с горно-геологическими и горнотехническими условиями отрабатываемых залежей способствует выполнению производительности рудника по добыче руды с плановым содержанием. Тогда передовые опыты управления развитием горных работ, гарантирующие в процессе ведения добычи сырья плановую производительность рудника с оптимальной нагрузкой на каждую выемочную единицу, могут быть использованы на действующих горных предприятиях.

Всестороннее изучение способов управления

подготовленностью запасов при эксплуатации месторождений полезных ископаемых способствует обоснованному и эффективному использованию богатств недр с наилучшими технико-экономическими показателями. В связи с этим использование рационального опыта управления подготовленностью запасов исключает возможность выборочной отработки богатых и доступных участков при оптимальном планировании развития горных работ с целью повышения надежности работы действующего в эксплуатации рудника.

Неритмичность ведения горных работ, колебание производительности отдельных выемочных единиц в период ведения горных работ и изменчивость качественного состава руд влияет на равномерное выполнение плана горного предприятия. Поэтому в процессе добычи сырья обоснование рационального количества выемочных единиц с учетом производственной мощности рудника, планового содержания добываемой руды и размеренной готовности запасов руд благоприятствует нахождению целесообразного варианта управления подготовленностью запасов при календарном планировании добычи полезного ископаемого.

При разработке месторождений в соответствии с подготовленностью запасов по выемочным единицам, находящихся в работе действующих забоях, следует осуществлять стабилизацию содержания добываемой руды, рационально и оперативно регулировать объемы добычи в соответствии с порядком отработки группы залежей. Изменение объема добываемой руды в отдельных панелях при календарном планировании горных работ объясняется усреднением содержания полезного ископаемого по двум компонентам руд при ведении подземных горных работ и обеспечением запланированной величины содержания добываемой руды из них. Забойное осреднение зависит от горно-геологических условий разрабатываемых залежей и регулирования его на стадии составления календарного плана добычных работ. Обоснование оптимального варианта забойного усреднения в соответствии с объемом и содержанием добываемой руды в каждой панели направлено на улучшение технико-экономических показателей эксплуатируемого месторождения.

Реализация стабилизации качества руды на горных предприятиях зависит от выбора порядка отработки группы залежей, рационального планирования отработки эксплуатационных участков и оперативного управления объемами добычи из отдельных блоков в соответствии с подготовленностью запасов руд. В данных условиях воздействие горнотехнических, технологических и организационных факторов являются случайными величинами, поэтому следует учитывать колебания качества содержания добываемых руд и производительности каждого единичного потока руды при планировании горных работ. Предлагаемый способ забойного усреднения минерального сырья при панельно-столбовой системе разработки учитывает объемы и содержание добываемой руды по выемочным единицам на подземных горных работах. Поэтому обеспечение стабилизации качества добываемой продукции рудника с учетом требований последующей переработки сырья следует решить на стадии проектирования разработки месторождения и планирования горных работ с целью улучшения плановых показателей горного предприятия.

Применение цифровой технологии при обосновании рациональных нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов руд на подземных рудниках позволяет облегчить процесс получения исходной информации с переводом горно-графических данных в цифровой вид для планирования и проектирования горных работ и определить эффективные способы добычи полезного ископаемого по выемочным единицам рудника. В процессе освоения месторождений применение информационной системы при обосновании управления подготовленностью минерального сырья к выемке с учетом горно-геологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения имеет важное значение при эксплуатации богатств недр.

Учет неравномерности производства горных работ, колебания проектной производительности отдельных выемочных единиц в процессе добычи и изменчивости качественного состава руд, способствует установить влияние на ритмичное выполнение плана горного предприятия. Поэтому в период добычи полезных ископаемых обоснование

рационального количества выемочных единиц с учетом горно-геологических условий, производственной мощности рудника, планового содержания добываемой руды и равномерной готовности запасов руд благоприятствует нахождению рационального варианта управления планирования добычных работ. В результате своевременного проведения этих действий происходит установление эффективного способа освоения залежей полезного ископаемого с учетом его качества и добычи в соответствии с подготовленностью запасов руд.

На горных предприятиях своевременное выполнение запланированного объема добычи и повышение эффективности освоения недр происходит при рациональном планировании отработки залежей и обосновании величины подготовленности к выемке запасов с учетом развития добычи руды. При выполнении этих условий достигается обоснование целесообразного варианта освоения участков сырья на разрабатываемых горизонтах с соблюдением регулирования способа подготовки запасов и добычи руды в процессе очистных работ. Тогда аргументированное распланирование процесса добычи минерального сырья в соответствии развитием горных работ и своевременное управление подготовленностью отработываемых залежей к выемке влияет на усреднение содержания добываемых руд в соответствии с их расположением при разработке участков залежей на горизонтах. В текущих условиях гарантирование поступления стабильного качества сырья на обогатительный процесс с минимальными отклонениями от технологических требований происходит при учете поступающего каждого единичного потока руды. Достижение стабилизации качества рудного сырья с учетом управления подготовленностью запасов и усреднения содержания добываемых полезных ископаемых способствует повышению общей эффективности извлечения металлов при переработке поступающего сырья и технико-экономические результаты горного предприятия. Целесообразность создания резервов выемочных единиц с достаточным уровнем надежности достигается при распределении объемов подготовленных запасов в зависимости от величины действующих забоев.

С целью соблюдения оптимизации процесса усреднения минерального сырья в процессе освоения месторождения полезных ископаемых следует осуществлять планирование селективной выемки ресурсов, выбрать оптимальную последовательность отработки залежей и способы управления качеством руды. В этих условиях стабилизация качества рудного сырья с учетом управления подготовленностью запасов и усреднения содержания минерального сырья способствует повышению общей эффективности извлечения металлов при переработке и технико-экономические результаты горного предприятия. Поэтому предлагаемые способы планирования горных работ, по всей вероятности, должны учитывать производственную мощность рудника по полезному ископаемому, рациональный объем добычи, количество выемочных единиц, усреднение руд и показатели их выемки, непрерывность и последовательность добычи минерального сырья на горных предприятиях.

Установление рациональных нормативов готовых к выемке запасов в период освоения месторождений полезных ископаемых открытым способом обеспечивает устойчивую работу карьера по добыче минерального сырья. При формировании обоснованных нормативов подготовленных запасов полезного ископаемого в добычных забоях в различных интервалах времени между взрывами приводит к планомерному обеспечению добычи сырья на горном предприятии. Целесообразное управление запасами в карьерах достигается при обеспечении нормальной производительности экскаватора в интервале времени между взрывами отбитой горной массой в добычных забоях. При открытой разработке месторождений готовые к выемке запасы в действующих и резервных выемочных единицах должны способствовать стабилизации работы горного предприятия, осуществлению усреднения качества добытой руды и планомерной отработки выемочных единиц. Соблюдение принятой величины готовых к выемке запасов позволяет выбрать целесообразные технические решения при управлении горными работами и оптимизировать выполнение подготовки сырья в стадии эксплуатации месторождения.

При нормировании запасов по степени подготовленности на подземных горных работах следует определить нормативное число панелей в стадиях выполнения очистных, нарезных и горно-подготовительных работ, а также области допустимых колебаний подготовленности запасов. Обоснованная нормативная обеспеченность горных работ влияет на среднемесячную производительность рудника, поэтому следует определить ее в различных стадиях эксплуатации месторождения. Стабилизация запасов по степени подготовленности к выемке достигается созданием их резерва, зависящего от достоверности имеющихся запасов добываемых руд, по мере подвигания горных работ. Величина подготовленных запасов зависит от интенсивности ведения горных работ, рациональных схем подготовки и нарезки выемочной единицы, поэтому должны корректироваться по мере изменения условий эксплуатации залежей. На подземных горных работах установление рациональных нормативов вскрытых запасов способствует своевременному выполнению объемов подготовленных и готовых к выемке запасов в процессе ведения очистных работ на руднике. При эксплуатации месторождения обоснованные рациональные нормативы подготовленности запасов улучшает внутрирудничное усреднение добытой руды, позволяет снизить колебания качественного состава добываемого сырья, поступающего на обогатительную фабрику и повышает экономическую эффективность освоения недр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ракишев Б.Р. Горное дело // Известия НАН РК. Серия геологическая. 2011. №1. -С.68-85.
2. Литвиненко В.В., Туртыгина Н.А. Техничко-экономическая эффективность от стабилизации качества руды.
3. Гусманов Ф.Ф., Папунин А.О. Проблемы и задачи горнорудной промышленности в управлении качеством продукции горного производства / Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа - регионам». Екатеринбург, 2016. -С.374-375.
4. Никулина Ю.В. Методы и автоматизация подсчета запасов месторождения полезных ископаемых с использованием информационных технологий.
5. М.М. Латыпова. Управление горным предприятием и система информации.
6. Кожиев Х.Х. Классификация способов управления качеством руд при подземной добыче.
7. Калыбеков Т., Муртазаев М.А., Рысбеков К.Б., Солтабаева С.Т. Влияние подготовленности запасов полезных ископаемых на стабилизацию добычи руды при подземной разработке месторождений. // Горный журнал Казахстана, 2018. - №5. - С.17-21.
8. Порцевский А.К. Управление качеством рудной массы на открытых горных работах. –М.:1998.
9. Мининг С.С. Нормирование запасов железистых кварцитов по степени подготовленности к добыче в карьере ОАО «Лебединский ГОК».
10. Азарян В.А. Цели и задачи создания комплексной системы управления качеством руд в рудопотоках карьеров.
11. Федоров А.В., Ромашкин Ю.В. Управление подготовленными к выемке запасами угля на разрезах СУЭК в целях оптимизации операционных затрат // ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. №5. 2016. -С. 364-379.
12. Фомин С.И., Чан Динь Бао, Базарова Е.И. Нормирование запасов руды по степени подготовленности к выемке при проектировании открытой разработки месторождений // Маркшейдерия и недропользование. №2(88), 2017. -С.53-56.
13. Акишев А.Н., Бахтин В.А., Васильев П.В. Нормирование запасов при выемке кимберлитовых руд с учетом извлекаемой ценности алмазов // Горный информационно-аналитический бюллетень. –М.: Горная книга. № 12. 2011. -С. 222-226.

14. Азарян В.А. Разработка функциональной схемы управления качеством в рудопотоках карьеров с целью повышения эффективности работы. Качество минерального сырья / Сборник научных трудов. –Кривой Рог: Октан-принт 2011. –С.60-63. <http://irbis-nbuv.gov.ua/.../>.

15. Фомин С.И., Шевелев В.А., Маринин М.А. Определение количества добычных единиц, обеспечивающих достижение установленной производительности карьера и требований к внутрикарьерному усреднению руды.

16. Луценко С.А. Определение объемов вскрышных работ при изменении производительности карьера по руде // Вісник Криворізького національного університету, вип. 43, 2016. -С.16-21.

17. Рысбеков К.Б., Калыбеков Т., Солтабаева С.Т. Изучение влияния нормативов подготовленности запасов на стабилизацию добычи руд на открытых горных работах // Вестник КазНИТУ, 2018. - №4. - С.101-107.

18. Ракишев Б.Р. Показатели доступности извлечения минеральных ресурсов из недр при открытых работах // Экологія і природокористування. Випуск 8, 2005.-С.54-60.

19. Фрейдина Е.В., Ботвинник А.А., Дворникова А.Н. Методологические основы и инструментарий для развития робастного управления горными работами на карьерах. Ч. 1: Система принятия решений в контексте управления качеством добываемого полезного ископаемого. №2. 2014. –С.110-124.

20. Адилханова Ж.А., Фарахов К.А. Информационное обеспечение автоматизированной системы оперативного управления процессом рудоподготовки на открытых разработках / Информационные технологии в горном деле: доклады Всероссийской научной конференции с международным участием. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. -С.7-12.

21. Лукичев С.В. Компьютерные технологии для комплексного решения задач освоения и эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых / Информационные технологии в горном деле: доклады Всероссийской научной конференции с международным участием. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. -С.110-117.

22. Титов Р.С. Основы подхода к оптимизации запасов по степени их подготовленности к добыче.

23. Голубин К.А., Ермолаев В.А. Моделирование и анализ состояния открытых горных работ / Сборник материалов IУ Всероссийской, 57 научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» КузГТУ. -Кемерово: КузГТУ, 2012. –С.23-25.

24. Кумыков В.Х., Капанов С.Т. Определение направления развития горных работ в карьере с учетом качества руд. -Усть-Каменогорск: Вестник ВКГТУ, Геология, Горное дело, Metallurgy. № 3, 2006. -С.39-42.

25. Kalybekov T., Yunussov R., Rysbekov K.B., Soltabayeva S.T. Control of reserves readiness and quality characteristics of ore in open pit mining // The 25th World Mining Congress 2018. Proceedings. Open-Pit Minings. Astana, 2018. Kazakhstan. - P.220-226.

26. Вилкул Ю.Г., Азарян А.А., Колосов В.А., Караманич Ф.И. Динамика качества и объемов добычи железорудного сырья в Украине за 2003-2013 гг.

27. Иванов В.С., Винивитин Д.В. Автоматизированная система управления горными работами ОАО «Полтавский ГОК». Использование геоинформационной системы K-MINE в различных сферах деятельности: Сборник докладов III Международного научно-практического семинара «SVIT GIS-2016». -Кривой Рог: Издатель ФЛП Чернявский Д.А. 2016. -С.186-196.

28. Ракишев Б.Р. Приоритетные направления развития горных наук в Казахстане // Горный журнал Казахстана. №1-2, 2013. - С.14-18.

29. Калмыков В.Н., Петрова О.В., Мамбетова Ю.Д. Обоснование параметров технологических резервов устойчивого функционирования горнотехнической системы при подземной разработке медно-колчеданных месторождений // ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. №8, 2017. -С.5-16.

30. Калмыков В.Н., Петрова О.В., Мамбетова Ю.Д. Оценка устойчивости функционирования горнотехнической системы при подземной разработке медно-колчеданных месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. №3. -С. 5-11.

31. Фрейдин А.М., Неверов А.А., Неверов С.А. Подземная разработка рудных месторождений / Под редакцией чл.-корр. РАН В.Н. Опарина. - Новосибирск: ИГД СО РАН, 2010. - 372 с.

32. М.Ж. Битимбаев, Т. Калыбеков, К.Б. Рысбеков, С.Т. Солтабаева. Управление нормативами вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов и качеством руд на подземных горных работах // Горный журнал Казахстана. №7. 2018. -С.16-21.

33. Павлишина Д.Н. Управление качеством руд с использованием радиометрических методов контроля содержания полезных компонентов (На примере месторождения «Олений ручей»). Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, -Апатиты. 2016. -27 с.

34. Луценко С.А. Планирование развития горных работ в карьере при изменении спроса на железорудную продукцию. Science Review. 5(5), Vol.1, October 2017.

35. Костянский А.Н., Мельникова И.Е. Влияние качества руды на величину экономически целесообразного коэффициента вскрыши. Качество минерального сырья / Сборник научных трудов. -Кривой Рог: КТУ и Октан-принт. 2011. -С.342-346.

36. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Солтабаева С.Т., Жаркимбаева Г.Б. Влияние неравномерности производства горных работ и подготовленности запасов на качественный состав руды // Труды XIV Международной научно-практической конференции «Современная европейская наука - 2018», 30.06 - 07.07.2018, Science and Education Ltd (Англия) - №8. - С.47-52.

37. Черских О.И. Стратегия и параметры развития горных работ на угольном разрезе // Горный информационно-аналитический бюллетень. № 5, 2016. -С. 392-400.

38. Косолапов А.И., Пташник А.И. Исследование влияния мощности оборудования на формирование рабочей зоны карьера и на возможную интенсивность горных работ при разработке крутопадающих месторождений. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 4. (2012 5). -P.404-413.elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311 /3168/1/4a_Keselapev.pdf.

39. Григорьев С.Н., Моргунов И.В. Обоснование наиболее эффективного порядка ведения горных работ при разработке мультимасштабных залежей средних размеров.

40. Игнатов А.О. Управление организацией ведения горных работ при открытой разработке кимберлитовых трубок Европейского севера России.

41. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Солтабаева С.Т. Изучение влияния режима горных работ на производительность горного предприятия при открытой разработке месторождений // Международный научный журнал – приложение РК «Поиск». №3(1). 2018. - С.168-175.

42. Холодняков Д.Г., Логинов Е.В. Управление режимом горных работ и углом откоса рабочего борта карьера // Горный информационно-аналитический бюллетень. №2, 2015. -С.71-74.

43. Билин А.Л. Особенности применения алгоритма профессора С.Д. Коробова для определения границ карьеров и обоснования режима горных работ // Записки Горного института. Санкт-Петербург. Т.198, 2012. -С.55-60.

44. Кочнев К.А. Исследование режима горных работ и поиск рационального порядка отработки крупных угольных месторождений нагорного и нагорно-глубинного типов.

45. Писаренко М.В. Горно-геометрическое обеспечение подготовленности угольных месторождений к промышленному освоению. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Кемерово. 2017. -302 с.

46. Писаренко М.В., Шаклеин С.В. Оценка подготовленности месторождений твердых полезных ископаемых к промышленному освоению // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. №6, 2014. –С.42-46.

47. Т. Калыбеков, К.Б. Рысбеков, А.А. Токтаров. Влияние подготовленности запасов на производительную мощность предприятия на открытых разработках / Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях Индустрии 4.0». -Алматы: КазННТУ им. К.И. Сатпаева. 14-15 марта 2019. - С.200-204.

48. Горно-геологический справочник по разработке рудных месторождений / под ред. А.М. Бейсебаева, М.Ж. Битимбаева, С.Ж. Даукеева. -Алматы: Информационно-презентационный центр МСК РК. 1997. - 575 с.

49. Твердов А.А., Никишичев С.Б., Жура А.В. Решения по повышению эффективности работы горнодобывающих производств.

50. Никишичев С.Б., Твердов А.А., Жура А.В. К вопросу определения оптимального периода долгосрочного планирования для горнодобывающих предприятий // «Горная Промышленность». №6 (94), 2010. -С.42-45.

51. Кузнецов А.Г., Зернов В.И. Определение оптимальной производственной мощности подземного рудника в современных экономических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -М.: Горная книга. № 6, 2010. -С.72-81.

52. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Солтабаева С.Т., Токтаров А.А. Изучение влияния нормативов подготовленности запасов на производительность рудника при подземной разработке месторождений / Научно-практический специализированный журнал. Вестник национальной академии горных наук. Алматы. № 3(8). 2019. - С.36-43.

53. Попов С. ТОО «Корпорация «Казахмыс» рудник Жомарт. Глобус. Геология и бизнес. № 5 (44), 2016. -С.65-68.

54. Демидов Ю.В., Леонтьев А.А., Рыбак В.Л. Геотехнология подземной отработки Кировогорского железорудного месторождения.

55. Барановский К.В., Никитин И.В. Инновационная технология вскрытия и отработки глубоких горизонтов Кыштымского месторождения гранулированного кварца.

56. Калыбеков Т., Солтабаева С.Т., Токтаров А.А. Влияние добычи руд по выемочным единицам на производительность рудника. // «Маркшейдерия и недропользование». 2019. – С.58-60.

57. Вохмин С.А., Загиров Н.Х., Курчин Г.С., Зайцева Е.В. К вопросу оценки обеспеченности Таштагольского рудника подготовленными и готовыми к выемке запасами// Маркшейдерия и недропользование. 2014. № 3. - С. 44-51.

58. Калмыков В.Н., Петрова О.В., Янтурина Ю.Д. Оценка устойчивости горнотехнической системы при освоении рудных месторождений Урала подземным способом. Проблемы недропользования. Вып. 2, Екатеринбург. -2014. -С.96-101.

59. Расчет нормативов запасов руды по степени подготовленности подземных рудников ТОО «Корпорация Казахмыс». П 18-01/09-ПЗ. - Жезказган: Головной проектный институт. -2018. - 26 с.

60. Единые правила по рациональному и комплексному использованию недр при разведке и добыче полезных ископаемых. От 17 ноября 2015 года № 1072 и Министра энергетики Республики Казахстан от 30 ноября 2015 года № 675.

61. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Токтаров А.А., Отарбаев О.М. Планирование подземных горных работ с учетом подготовленности запасов полезных ископаемых. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 5. -С. 34-43. DOI:10.25018/0236-1493-2019-05-0-34-43.

62. Инструкция по составлению плана горных работ. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 18 мая 2018 года № 351.

63. Ракишев Е.Б. Изменение текущих запасов горных пород при углубочной системе разработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. № 1, 2007. - С.251-257.

64. Kalybekov T., Rysbekov K.B., Soltabayeva S.T. The study of the influence of preparedness of the ore reserves on the planning of underground mining operations. Scientific and Technical Internet Conference “Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”. Book of Abstracts. –Petroșani. Romania: UNIVERSITAS Publishing. 2018. -P.26-29.

65. Бессонов И.И. Современное состояние и проблемы отработки рудных месторождений Кольского полуострова.

66. Скаженик В.Б., Балагуров А.В. Пространственная визуализация угольной шахты.

67. Калыбеков Т., Токтаров А.А. Изучение обоснования нормативов подготовленности запасов руд на подземных горных работах с использованием цифровых технологий / В трудах Международного Форума маркшейдеров: «Цифровые технологии в геодезии, маркшейдерии и геомеханике». 19-20 апреля 2019. Караганда. - С.94-99.

68. Правила охраны недр ПБ-07-601-03. Ростехнадзор. 10.07.2017. № 254.

69. Расчет нормативов запасов руды по степени подготовленности подземных рудников ТОО «Корпорация Казахмыс». П 18-01/09-ПЗ. - Жезказган: Головной проектный институт. -2018. - 26 с.

70. Лукичев С.В., Наговицын О.В. Инженерное обеспечение горных работ на основе моделирования объектов и процессов горной технологии.

71. Рысбеков К.Б., Калыбеков Т. Изучение обоснования количества выемочных единиц на горных работах / Труды Международной конференции, посвященной 120-летию академика К. Сатпаева и 85-летию Satbayev University. 2019. -С.687-691.

72. Кумыков В.Х., Акылбаева А.Т. Система управления качеством при добыче многосортных руд // «Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева». Геология, горное дело, металлургия. № 4 (50), 2010. -С.35-39.

73. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Солтабаева С.Т., Турсбеков С.В. Изучение влияния усреднения руд на обоснование подготовленности запасов на горных работах // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета, Серия естественно-технических наук, Том 19, №4. 2019. -С.86-92. (IF 0,105, РИНЦ РФ).

74. Субботин Ю.В., Овешников Ю.М., Самойленко А.Г., Циношкин Г.М. Управление качеством бурых углей Харанорского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. -2012. -№ 4. -С.64-72.

75. Авдеев П.Б., Овешников Ю.М., Циношкин Г.М., Самойленко А.Г. Геотехнологические проблемы разработки Харанорского буроугольного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. -2012. -№4. -С.24-28.

76. Овешников Ю.М., Субботин Ю.В., Циношкин Г.М. Совершенствование технологии работ на Харанорском угольном разрезе с целью обеспечения максимальной производительности.

77. Канзычаков С.В., Василец В.Н., Пикалов В.А., Соколовский А.В. Обоснование направлений развития и режима горных работ на угольных разрезах в условиях комбинированной отработки запасов // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Вып.3: Горный информационно-аналитический бюллетень. -М.: Издательство «Горная книга». -2015. -№4 (специальный выпуск 15). -С.12-22.

78. Лукичёв С.В. Компьютерные технологии для комплексного решения задач освоения и эксплуатации месторождений твёрдых полезных ископаемых / Информационные технологии в горном деле: доклады Всероссийской научной конференции с международным участием. -Екатеринбург: ИГД УрО РАН. -2012. -С.110-117.

79. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Ким Н.Х., Солтабаева С.Т. Обоснование нормирования подготовленности запасов при планировании горных работ //

Известия научно-технического общества «Кахак». 2019. № .—С. 80. Г.Г. Ломоносов, Н.А. Туртыгина. Систематизация способов стабилизации состава рудной массы в подземном руднике // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008 (12):120-122

81. R.C.A. Minnitt. Cut-off grade determination for the maximum value of a small Wits-type gold mining operation.

82. Nadine Rötzer, Mario Schmidt. Decreasing Metal Ore Grades - Is the Fear of Resource Depletion Justified? Resources 2018, 7, 88.

83. С.И. Фомин, А.И. Пономарёв, В.А. Шевелев. Нормирование готовых к выемке запасов при формировании рабочей зоны карьера // Известия ТулГУ. Наука о Земле. Вып. 2. 2012. -С.176-183.

84. О.В. Наговицын, А.Ю. Алисов. Средства автоматизированного планирования открытых горных работ в системе Mineframe // Вестник МГТУ, том 12, №4, 2009. -С.609-613.

85. Жуков А.Л. Оптимизация параметров рабочих площадок разрезов при подготовке запасов угля к выемке / Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. -Екатеринбург: Уральский государственный горный университет. 2008. -19 с.

86. П.И. Федоренко, А.В. Переметчик, Т.А. Подойницына. Геометризация показателей качества и планирование добычи железорудных месторождений.

87. О.В.Эрих. Управление качеством руды при планировании горных работ.

88. Чала Дечасса Кебеде. Исследование и развитие комбинированной (открыто- подземной) геотехнологии с учетом качества руды и экологических последствий / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. –М.: МГТУ. 2004. -43 с.

89. Муканова А.К., Кауметова Д.С., Хватина Н.В. Рудничная информационная система качества рудной массы. Структура информационно-управляющей системы качества руд.

90. Гусманов Ф.Ф., Папунин А. О. Управление качеством руды - основа горно-технологического менеджмента / Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа - регионам». -Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2018. –С.400-401.

91. Использование геоинформационной системы K-MINE в различных сферах деятельности: Сборник докладов III Международного научно-практического семинара «SVIT GIS-2016». -Кривой Рог: Издатель ФЛ-П Чернявский Д.А. 2016. -280 с.

92. В.Л. Яковлев, Ю.В. Лаптев, А.М. Яковлев. Методика геометризации качественных характеристик Гусевгорского месторождения титаномагнетитовых руд.

93. Б.Л. Тальгамер, Ю.Г. Рославцева, Н.В. Мурзин. Обоснование объемов подготовленных и вскрытых запасов полезных ископаемых сложно- структурных рудных месторождений // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. Т. 41. № 2. -С.102-110.

94. М.А. Земляной, А.В. Денисов. Методика выбора направления развития подготовительных горных работ при отработке запасов полезного ископаемого в бортах карьера (на примере Новороссийского месторождения мергеля). <http://cyberleninka.ru/Грнти/p/14975421>.

95. Caner Zambak. Heap leaching technique in mining. Within the Context of best available techniques (BAT).

96. Ракишев Б.Р. Геотехнологическое управление качеством минерального сырья. -Алматы: КазНТУ. 2009. -319 с.

97. М. Зарубин, Л. Стаценко, В. Зарубина, Е. Фионин. Разработка информационной системы формирования технологических схем стабилизации качества полезного ископаемого. Mining of Mineral Deposits. Volume 11 (2017), Issue 4, pp. 59-70.

98. Четверик М.С., Бабий Е.В., Швец Д.В., Тойманов Н.Т., Акилбаев Т.И. Обоснование перспективных направлений по

извлечению балансовых запасов руд при открытой их добыче // Геотехнічна механіка. №132. 2017.-С.85-95.

99. Инструкция по определению и учету вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых на горных предприятиях министерства черной металлургии СССР. Белгород. 1974. -39 с.

100. Caccetta, L. Application of optimisation techniques in open-pit mining. Handbook of Operations Research in Natural Resources. Weintraub A., Romero, C., Bjørndal, T., and Epstein, R. (eds.). Springer, New York. pp 547-559.

101. Lerchs, H., Grossmann, I. Optimum design for open pit mines. CIM Bulletin, (58), 47-54. DOI:10.1017/S0004972700029154.

102. Amankwah, H., Larsson, T., Textorius, B. (2014). A maximum flow formulation of a multi-period open-pit mining problem. Operational Research, (14), 1-10. DOI:10.1007/s12351-013-0140-7.

103. Kuzmenko, S., Kaluzhnyi, Ye., Moldabayev, S., Adamchuk, A., Toktarov, A. (2019). Optimization of position of the cyclical-and-continuous method complexes when cleaning-up the deep iron ore quarries. Mining of Mineral Deposits, (13), 104-112. DOI:10.33271/mining13.03.104.

104. Богуславский Э.И. Управление качеством руды: Учеб. пособие/Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2002. -78 с.

105. Maxim Seredkin, Alexander Zabolotsky, Graham Jeffress. In situ recovery, an alternative to conventional methods of mining: Exploration, resource estimation, environmental issues, project evaluation and economics. Ore Geology Reviews 79 (2016). pp 500-514.

106. A. Balasubramanian. An overview of mining methods. Technical Report · February 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.15761.63845.

107. Адигамов Я.М., Зарайский В.Н. Нормирование запасов руд по степени подготовленности к добыче. -М.: Недра. 1978. -264 с.

108. Методические рекомендации по определению нормативов запасов полезных ископаемых по степени подготовленности к добыче на стадии проектирования горных предприятий Минчермета СССР. -Белгород: ВИОГЕМ. 1981. -24 с.

109. Отраслевая инструкция по геолого-маркшейдерскому учету состояния и движения разведанных запасов железных, марганцевых и хромовых руд на предприятиях МЧМ СССР. -Белгород: ВИОГЕМ. 1978. -39 с.

110. Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Токтаров А.А. Методические указания и рекомендации по планированию развития открытых и подземных горных работ и обоснованию нормативов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов с учетом усреднения добываемых руд. -Алматы: Satbayev University, 2020. -24 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1. ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ ЗАПАСОВ РУДНОГО СЫРЬЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ И ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ	6
1.1. Влияние подготовленности запасов на стабилизацию добычи руды при подземной разработке месторождений....	6
1.2. Воздействие подготовленности запасов на стабилизацию добычи руд на открытых горных работах.....	11
1.3. Регулирование подготовленности запасов и качественных характеристик руд при открытой разработке.....	21
1.4. Управление подготовленностью к выемке запасов и качеством руд на подземных горных работах	32
2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩНОСТЬ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	40
2.1. Влияние неравномерности производства горных работ и подготовленности запасов на качественный состав руды.....	40
2.2. Воздействие режима горных работ на производительность карьера при разработке месторождений.....	44
2.3. Влияние подготовленности запасов на производственную мощность карьера	56
2.4. Изучение влияния подготовленности запасов на производительность рудника.....	64
2.5. Воздействие добычи руд по выемочным единицам на производительность рудника.....	70
3. ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ РУД	78
3.1. Планирование подземных горных работ с учетом подготовленности запасов полезных ископаемых.....	78
3.2. Воздействие подготовленности запасов руд на управление горными работами.....	89

3.3.	Обоснование управления подготовленности запасов руд на горных работах с использованием цифровых технологий.....	92
3.4.	Обоснование рационального количества выемочных единиц на горных работах.....	95
4.	ОБОСНОВАНИЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО С УЧЕТОМ УСРЕДНЕНИЯ РУД.....	101
4.1.	Влияние усреднения руд на обоснование подготовленности запасов на горных работах.....	101
4.2.	Управление подготовленностью запасов при планировании горных работ	108
4.3.	Обоснование усреднения содержания добываемых руд с учетом подготовленности их к выемке	116
4.4.	Планирование развития горных работ с учетом подготовленности запасов и усреднения содержания руд.....	129
4.5.	Усреднение содержания руд при календарном планировании горных работ.....	139
5.	ИЗЫСКАНИЕ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ.....	143
5.1.	Планирование развития добычных работ в зависимости от подготовленности запасов к выемке...	143
5.2.	Управление подготовленностью запасов полезных ископаемых с учетом развития горных работ.....	149
5.3.	Изыскание подготовленности запасов при условии усреднения содержания полезного ископаемого.....	155
5.4.	Планирование горных работ с учетом нормативов подготовленных запасов.....	161
5.5.	Способ обоснования количества резервов подготовленных запасов с учетом содержания добываемых руд.....	171

6.	ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ С УЧЕТОМ УСРЕДНЕНИЯ РУД ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ	180
6.1.	Основные положения при определении нормативов запасов полезных ископаемых по степени подготовленности.....	180
6.2.	Определение количества добычных единиц для обеспечения плановой производительности карьера...	181
6.3.	Обоснование нормативов готовых к выемке запасов руд на открытых горных работах.....	183
6.4.	Установление нормативов подготовленных запасов полезного ископаемого.....	185
6.5.	Определение нормативов вскрытых запасов на карьерах.....	188
6.6.	Установление нормативного количества выемочных единиц по степени подготовленности к добыче.....	191
7.	УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЗАПАСОВ С УЧЕТОМ УСРЕДНЕНИЯ ДОБЫВАЕМЫХ РУД ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ.....	195
7.1.	Установление нормативов подготовленности запасов с учетом усреднения добываемых руд при подземной разработке.....	195
7.2.	Обоснование нормативного числа панелей, находящихся в стадии добычи руды.....	197
7.3.	Определение нормативов готовых к выемке запасов при ведении подземных горных работ.....	198
7.4.	Обоснование нормативов подготовленных запасов на подземных рудниках.....	199
7.5.	Установление нормативов вскрытых запасов при подземной разработке.....	201
7.6.	Рекомендации по планированию развития подземных горных работ с учетом нормативов подготовленности запасов и усреднения добываемых руд.....	204
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	207
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	213

**Рысбеков Канай Бахытович,
Калыбеков Турсын**

**Управление подготовленностью запасов полезных ископаемых
при разработке месторождений**

Подписано в печать 17.06.2021 г.
Тираж 500 экз. Формат 60х84х 1/16. Бумага типогр. №
1. Уч.-изд.л.14,2. Заказ № 276. Цена договорная.

Издание КазННТУ им. К. И. Сатпаева
Издательство “PolyTech”
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

ISBN 978-601-323-260-7

