

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

*На правах рукописи
УДК 622.271*

Норова Хуршида Юнусовна

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РУДНЫМ
ПОТОКОМ НА СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание степени магистра по специальности 5А540203 –
«Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом»

Работа рассмотрена и
допускается к защите

Зав. кафедрой «Горное дело»:

_____ к.т.н. Тухташев А.Б.

«___» _____ 2012 г.

Научный руководитель:

_____ к.т.н., доц. Уринов Ш.Р.

«___» _____ 2012 г.

НАВОЙ – 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РУДНЫМ ПОТОКОМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ	10
1.1. Современные тенденции в развитии открытого способа добычи	10
1.2. Анализ современного состояния технологии открытой разработки сложноструктурных месторождений.....	26
1.3. Анализ горно-геологических характеристик сложно-структурных месторождений.....	33
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ РАБОТ С ПОЛНОТОЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	41
2.1. Исследование распределения полезного компонента в недрах и оценка показателей сложности рудных контуров.....	41
2.2. Исследование влияния высоты обрабатываемого уступа на эффективность извлечения полезных ископаемых из недр	46
2.3. Разработка эффективных параметров сети опробования при подготовке запасов к их отработке в условиях карьера Мурунтау	49
Основные выводы.....	52
3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РУДНОГО ПОТОКА КАРЬЕРА НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ.....	54
3.1. Систематизация техногенных массивов при открытой разработке месторождений сложного строения	56
3.2. Разработка новых принципов, приемов и критерии оценки использования техногенных ресурсов на открытых разработках	63

3.3. Разработка новых концепции развития и использования системы техногенных ресурсов на открытых разработках.....	67
Основные выводы.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	85
ПРИЛОЖЕНИЯ	97

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Мировые тенденции развития золотодобывающей промышленности в современных условиях во многом определяются факторами истощения запасов и обеднения ранее кондиционных месторождений. Для обеспечения и поддержания достигнутого уровня выпуска золота многие горные предприятия расширяют сырьевую базу за счет доразведки краевых частей месторождений переходных рудных зон и вовлечения в переработку некондиционных запасов минерального сырья, накопленного в техногенных образованиях. Поэтому по мере выработки запасов месторождений дальнейшее развитие горно-перерабатывающих комплексов все в большей степени определяется готовностью к переработке некондиционного сырья из таких образований. В результате методы и средства формирования рудного потока на месторождениях с условными границами рудных тел должны разрабатываться на основе многокритериальной оценки вариантов совместной разработки месторождений природного и техногенного происхождения.

На сложноструктурных месторождениях с условными границами рудных тел критерием принятия решений служат требования к качеству перерабатываемого полезного ископаемого, поэтому основой для формирования рудного потока является опробование, в соответствии с которым отстраиваются выемочные контуры и происходит управление разубоживанием извлекаемой руды. Именно здесь зарождаются предпосылки для реального объединения рудных потоков разрабатываемых месторождений природного и техногенного происхождения. Поэтому эффективность использования сырьевых ресурсов в этом случае можно повысить в результате выбора рациональных параметров сети опробования, а формирование рудного потока карьера повысить в результате разработки технологии цикличного развития и использования системы техногенных

ресурсов. Такие ресурсы в этом случае выполняют роль буферного элемента, позволяющего скорректировать как параметры рудного потока, так и технико-экономические показатели получения товарной продукции.

В связи с вышеизложенным, разработка метода управления рудным потоком на сложноструктурных месторождениях природного и техногенного происхождения является актуальной задачей науки и практики горного производства.

Степень изученности проблемы. Разработка метода управления рудным потоком на сложноструктурных месторождениях при разделении потоков вытекает из задачи более полной и комплексной переработки природных ресурсов, повышения степени извлечения полезных ископаемых из недр, уменьшения вредного воздействия на окружающую среду.

Анализ организации рудопотоков показывает значительные колебания в потоках как качественных характеристик (содержание «полезного» компонента), так и количественных («ритмичность» рудопотока по объемам), что приводит к потерям. В настоящее время существующая система организации рудопотоков на горнодобывающих предприятиях различных отраслей сложилась на основе проектных решений при их создании и на основе действующих технологических связей между поставщиками и потребителями без учета комплексного подхода в использовании природных ресурсов.

Наращивание мощностей действующих крупных карьеров происходит за счет поэтапного расширения их границ в плане и на глубину. Однако при этом вследствие ухудшения горнотехнических условий в связи с ростом глубины отработки карьеров наблюдается непрерывное снижение технико-экономических показателей. Оснащение карьеров современным горно-транспортным оборудованием, совершенствование технологии и организации производства и другие факторы технического прогресса

направлены на компенсацию негативных процессов, связанных с ростом глубины карьеров.

Опыт работы крупных карьеров показывает, что формирование рудопотоков возможно лишь на основе учета закономерности развития карьерного пространства, условий производства горных работ за достаточно длительные периоды разработки месторождений и циклического использования техногенных ресурсов. Реализация такого методического подхода требует динамической постановки задачи с учетом всего многообразия влияющих факторов.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Работа выполнялась в соответствии с тематическим планом по инновационному проекту Центральной научно-исследовательской лаборатории Навоийского горно-металлургического комбината на тему: «Управление качеством разделения грузопотоков полезных ископаемых на глубоких карьерах».

Цель исследования – разработка метода управления рудным потоком на сложноструктурных месторождениях на основе реализации усовершенствованной системы непрерывного планирования открытых горных работ.

Идея работы заключается в том, что использование техногенных минеральных ресурсов с последовательным циклическим снижением содержания обеспечивает формирование рудного потока карьера с заданными характеристиками.

Задачи исследования:

- анализ методов управления рудным потоком при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом
- исследование взаимосвязи технологических параметров горных работ с полнотой извлечения полезных ископаемых

– повышение эффективности формирования рудного потока карьера на основе исследования техногенных ресурсов

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является объединенный карьер «Мурунтау–Мютенбай». Предмет исследования – методы управления рудным потоком на сложноструктурных месторождениях при отработке природных и техногенных рудных тел.

Методы исследований. Диссертационная работа выполнена с применением комплексных методов исследований, включающих научные обобщения и экспериментальные исследования в промышленных условиях метода управления рудным потоком на сложноструктурных месторождениях на основе многокритериальной оценки использования минерально-сырьевых ресурсов при совместной разработке месторождений природного и техногенного характера, а также методов математической статистики и корреляционного анализа результатов исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Эффективность использования запасов сырьевых ресурсов природного происхождения повышается путем разработки эффективных параметров сети опробования полезных ископаемых.

2. Управление геометрических размеров выемочных забоев с учетом сложности геологических контуров при отработке рудных тел позволяет регулировать потери руды при отработке контактной зоны.

3. Эффективность рудного потока карьера увеличивается при использовании выявленного во внешних техногенных образованиях геометрической анизотропии содержания золота, характер которой зависит от способа формирования их образования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана экономико-математическая модель, предусматривающая определение эффективной сети эксплуатационной разведки с

использованием заданных погрешностей геологоразведочной информации (межгрупповая вариация содержаний металла в блоке).

2. Установлены зависимости потерь и разубоживания руды при отработке контактных зон от сложности геологического контура рудного тела, содержания в руде и прихватываемых породах, затрат на добычу и переработку.

3. Взаимосвязь технологических параметров горных работ с полнотой извлечения рудных тел, позволили установить эффективные параметры сети опробования при подготовке запасов к отработке в условиях карьера Мурунтау

Научная и практическая значимость результатов исследования:

– разработан метод нормирования потерь и разубоживания руды в зависимости от сложности контуров рудного тела, содержания в руде и вмещающих породах и прихвата вмещающих пород

– разработан метод оперативного управления рудным потоком карьера на основе применения динамических кондиций, повышающий эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов при освоении месторождений природного и техногенного происхождения с условными границами рудных тел;

Реализация результатов. На карьере Мурунтау Навоийского горно-металлургического комбината внедрена методика нормирования, используется система циклического управления рудопотоком на основе динамических кондиций с циклическим вовлечением складов. Реализован способ управления качеством с заменой бедной части руды из карьера наиболее богатой рудой со складов.

Результаты исследований используются при планировании горных работ на карьере Мурунтау Навоийского горно-металлургического комбината, в учебном процессе в Навоийском государственном горном институте при чтении лекций по профилирующим дисциплинам для

бакалавров направлений «Горное дело», «Горная электромеханика» и магистрантов специальности «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых».

Апробация работы. Основные положения магистерской диссертации докладывались на научно–технической конференции одаренных студентов и магистрантов на тему: «Фан ва техника тараққиётида ешлар» в 2010–2012 гг. в г. Навоий.

Опубликованность результатов. Основные результаты работы изложены в 9 печатных работах, в том числе 7 статьях и 2 тезисах докладов в журналах и сборниках научных трудов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, изложенных на 96 страницах, включая 7 рисунков, 17 таблиц, 114 наименований использованной литературы, а также приложения.

Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность кандидату технических наук, доценту Уринову Ш.Р., а также коллегам по работе в Навоийском горно-металлургическом комбинате за полезные консультации и поддержку на разных этапах работы.

1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РУДНЫМ ПОТОКОМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

1.1. Современные тенденции в развитии открытого способа добычи

Обеспечение минерально-сырьевыми ресурсами в настоящее время является основополагающим условием развития мирового сообщества. Известно, что и на достаточно отдаленную перспективу материальные потребности человечества на 75-80% будут покрываться за счет полезных ископаемых, относящихся, как правило, к невозобновимым ресурсам.

Если в период промышленной революции критерием успехов национальной экономики являлось динамично развиваемое производство и потребление угля, чугуна и стали, то в условиях современной научно-технической революции таким критерием становится производство и потребление цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов. Эти металлы находят применение в таких наукоемких отраслях, как атомная энергетика, ракетно-аэрокосмическая техника, электроника и химия, металлургия и машиностроение, биология и медицина, определяющих научно-технический прогресс общества.

Мировое потребление минерального сырья и важнейших продуктов его переработки за последние 30 лет возрастало в среднем на 4,7% в год, то есть практически удваивалось каждые 15 лет. При современном уровне добычи из недр ежегодно извлекается около 100 млрд. т горных пород.

Открытый способ добычи твердых полезных ископаемых доминирует сегодня в горнодобывающей промышленности и в перспективе его значение, будет оставаться существенным. Однако на тенденции его развития оказывают все более усиливающееся влияние следующие факторы [1-4]:

– постепенное выбытие из эксплуатации запасов относительно богатых месторождений, что обуславливает постоянное нарастание абсолютных объёмов добычи и переработки горной массы при неизбежном увеличении глубины и масштабов открытых разработок на бедных, по нынешним меркам, месторождениях;

– усиливающееся отрицательное влияние горного производства на окружающую среду, что требует внедрения ресурсосберегающих технологий добычи, переработки и использования минерального сырья и ведет к интенсификации горного производства;

– акцент в сторону производства редких и благородных металлов, что предполагает в качестве основного источника их получения комплексную переработку сырья и резкое увеличение использования техногенных ресурсов;

– необходимость успешного удовлетворения потребностей быстроменяющегося рынка, что делает целесообразным ускоренное развитие мелких горнодобывающих предприятий, открывающихся и закрывающихся по мере возникновения спроса на то или иное минеральное сырье.

Оценить в полной мере влияние тенденции снижения содержания полезного компонента в разрабатываемых месторождениях на параметры карьеров можно лишь, проследив их эволюцию на протяжении достаточно длительного отрезка времени [5]. На территории СНГ за точку отсчета истории развития карьеров (как механизированных горных предприятий) можно принять рубеж 20-30 гг., когда объёмы добычи полезных ископаемых достигли уровня довоенного 1913 г., и тем самым были преодолены последствия войн и разрухи. Этот период развития открытого способа разработки месторождений характеризовался практически исключительно ручным трудом и, с точки зрения механизации, может считаться «доисторическим».

Впервые о карьере, в современном понимании этого слова, стало возможным говорить, начиная с Магнитогорского железорудного карьера, который обладал высокой степенью механизации и был укомплектован лучшим по своему времени зарубежным горным оборудованием. В 1932 г. его производительность по руде достигла 1,0 млн. т, в 1940 г. - 9,4 млн. т, а в военное время превысила 10,0 млн. т в год.

Период развития горных работ от рубежа 20-30 гг. до середины 50-х годов назван периодом карьеров первого поколения. В этот период учеными-горняками и проектировщиками были сформулированы первые принципы и методы проектирования открытых разработок, базирующиеся в основном на эмпирических зависимостях и характеризующиеся статично определенными главными параметрами карьеров.

В 50-60 гг. проектировались карьеры второго поколения. Среди них и ныне действующие карьеры Криворожского железорудного бассейна, Курской Магнитной Аномалии, Кольского полуострова, Урала, Казахстана и других горнопромышленных регионов. На основе научных разработок была создана теория проектирования, применяемая до сих пор и насыщенная аналитическими, графическими и экономико-математическими методами расчетов. В результате этого стало возможным обоснованно выбирать горно-транспортное оборудование, схемы вскрытия, системы разработки, определять направления развития горных работ и главные параметры карьеров. Большинство карьеров, спроектированных в этот период и имевших существенные запасы полезного ископаемого за контурами, подвергались впоследствии неоднократному расширению и реконструкции с увеличением границ и производственных мощностей, т.е., карьеры уже рассматриваются как дискретно изменяющиеся во времени и пространстве системы.

Анализ особенностей развития во времени наиболее крупных карьеров позволяет сделать выводы о переходе количества в качество и о

необходимости изменения подходов к ним как объекту исследований и эксплуатации. Поэтапное строительство карьеров, обоснованное проф. В.С.Хохряковым, показало, что даже у самого крупного по своим параметрам «суперкарьера» выделение во времени и пространстве этапов разработки позволяет первоначально проектировать карьер традиционными методами. Однако увеличение глубины некоторых карьеров до 300-400 м и более (карьеры второго поколения) отчетливо выявил ограниченность или даже неприемлемость традиционных методов проектирования для карьеров третьего поколения (табл. 1.1), представляющих собой эволюционирующие во времени и изменяющиеся в пространстве сложные системы, состоящие из также эволюционирующих подсистем вскрытия, транспорта, безопасности горных работ, безопасности персонала [50].

Таблица 1.1

Максимальные параметры и показатели карьеров

Наименование	Значение		
	1	2	3
Поколение карьера	1	2	3
Глубина карьера, м	100	400	1000
Производительность, млн. т/год			
– по полезному ископаемому	10	30	100
– по горной массе	15	60	400
Срок существования, лет	20	50	100
Количество реконструкций (очередей)	1	3-4	10

Если карьерами первого поколения добывалось преимущественно (до 70-100%) товарное полезное ископаемое, если при втором поколении карьеров полезное ископаемое было «сырым» и требовало обогащения для его реализации, то карьеры третьего поколения ориентированы на комплексную разработку месторождений, когда практически все извлекаемое минеральное сырье подвергается обогащению или предварительной переработке при минимуме отходов производства.

Очень четко проявляется тенденция к созданию горнодобывающих предприятий с большой производственной мощностью. Сегодня в мире насчитывается более 100 карьеров с производительностью по полезному ископаемому более 5 млн. т в год.

Особенность открытых горных разработок состоит в том, что пространственные размеры карьеров, в том числе глубина, непрерывно увеличиваются в процессе эксплуатации, поэтому к категории глубоких можно относить карьеры лишь на определенном этапе их развития, иногда достаточно отдаленном во времени от момента начала их строительства или ввода в эксплуатацию.

В основе понятия «глубокий карьер», естественно, лежит разница отметок дна карьера и поверхности. По оценкам Н.В. Мельникова [47, 48], В.В. Ржевского [60-62], М.В. Васильева [19-24] и других ученых это понятие уместно распространять на карьеры глубиной более 100-150 м.

С учетом особенностей решаемых инженерно-технических и горно-экономических задач глубина, при которой карьер может быть классифицирован как глубокий, определяет неоднозначно.

Так, с точки зрения устойчивости бортов карьер, очевидно, следует считать глубоким, если существенно меняются закономерности, связывающие основные показатели устойчивости с глубиной. Что касается решения вопросов вскрытия карьеров и транспортирования горной массы, то карьер следует считать глубоким, если с применением действующего на карьере вида транспорта без замены его технических средств или пересмотра (реконструкции) схемы вскрытия достижение транспортными средствами нижних горизонтов становится невозможным или неэкономным. При таком подходе понятие «глубокий карьер» не является строго детерминированным и зависит, во-первых, от конкретных горнотехнических условий, во-вторых, изменяется во времени в связи с техническим прогрессом [21].

Так, для автомобильного транспорта (грузоподъемностью 27-40 т) карьер глубиной 100-120 м является глубоким, для 75-120-тонных автосамосвалов глубоким можно считать карьер более 150 м. Если размеры карьера в плане велики и его можно разрабатывать с помощью железнодорожного транспорта до глубины 250-300 м, то при достижении глубины 100-150 м карьер вряд ли следует считать глубоким.

Анализ развития глубоких карьеров во времени и пространстве показывает, что наиболее подвержены изменениям системы безопасности горных работ, транспорта и взаимосвязанные с ними вскрытия глубоких горизонтов.

Железородные карьеры и карьеры цветной металлургии по особенностям геологического строения месторождений, гидрогеологическим условиям и физико-механическим свойствам массива горных пород, технологии разработки, масштабам взрывной отбойки пород, геомеханическим характеристикам массива горных пород мало отличаются друг от друга [24]. При этом в проектах на отработку глубоких горизонтов таких месторождений закладываются предельно допустимые по условиям устойчивости откосов и технической возможности углы наклонов бортов (табл. 1.2).

Борта глубоких карьеров приобретают сложные очертания (в плане и разрезах) трехмерных конструкций, требующих принципиально новых решений по геомеханическому обеспечению устойчивости откосов на различных этапах существования карьера: от стадий проектирования, строительства и до погашения и рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель.

Анализ фактического положения, сложившегося в последние годы в горнодобывающей отрасли, позволяет отметить следующие тенденции открытого способа разработки месторождений:

Таблица 1.2

**Основные технические показатели карьеров при разработке
сложноструктурных месторождений**

Наименование карьера	Глубина карьеров, м		Размеры в плане, м	Угол откоса борта, градус	Технологический транспорт
	Проектная	Фактическая			
Мурунтау (Узбекистан)	630 (1000)	460	3500x2600	30-38	Автомобильно- конвейерный
Кокпатас (Узбекистан)	270	60	2000x800	34-38	Автомобильный
Даугызтау (Узбекистан)	230	60	2300x800	32-39	Автомобильный
Высоковольтное (Узбекистан)	260	-	2400x900	34-38	Автомобильный
Окжетпес (Узбекистан)	100	-	1200x900	35-44	Автомобильный
Косманачи (Узбекистан)	140	-	900x400	35-42	Автомобильный
Тулукуй (Россия, Читинская обл.)	280	280	1000x900	32-38	Автомобильный
Маньбай (Казахстан)	290	290	1000x900	34-39	Автомобильно- железнодорожный
Квартальный (Россия, Свердловская обл.)	120	120	400x300	38-41	Автомобильный
Липовый Лог (Россия, Свердловская обл.)	150	150	500x300	38-45	Автомобильный
Красный камень (Россия, Читинская обл.)	120	120	500x350	41-46	Автомобильный
Сухой Лог (Россия, Иркутская обл.)	650	-	1000x2000	31-40	Автомобильно- конвейерный
Завитая (Россия, Читинская обл.)	300	200	1500x2000	32-38	Автомобильный

– снижение темпов вскрытия и разработки глубоких горизонтов (до 400-500 м);

– переход на комбинированные системы разработки с использованием подземного и открытого способов;

– опережающая отработка части карьерного поля для последующего внутреннего отвалообразования;

- внедрение комбинированных видов транспорта;
- временная консервация бортов на верхних горизонтах для сокращения объемов вскрышных работ.

Поддержание и наращивание мощностей действующих глубоких карьеров происходит за счет поэтапного расширения их границ в плане и на глубину. Однако при этом вследствие ухудшения горнотехнических условий в связи с ростом глубины наблюдается непрерывное снижение технико-экономических показателей. Оснащение карьеров новым горно-транспортным оборудованием, совершенствование технологии и организации производства и другие факторы технического прогресса направлены на компенсацию связанных с ростом глубины карьеров негативных процессов.

В усложняющихся горнотехнических условиях глубоких карьеров характер функционирования отдельных видов транспорта и транспортных систем в целом имеет следующие особенности:

1. Сложность достижения проектной мощности по добыче руды и выемке вскрышных пород. Практически для всех предприятий характерно отставание в производстве вскрышных работ.

2. Трудность вскрытия и освоения глубоких горизонтов. Для отработки глубинной зоны на Сарбайском карьере впервые применены внутрикарьерные железнодорожные тоннели.

3. Применение нескольких видов транспорта одновременно, в том числе и комбинированных. Из крупных глубоких карьеров только на Ковдорском применяется один вид транспорта для технологических перевозок – автомобильный. Для остальных карьеров характерно применение нескольких видов транспорта.

4. Сокращение пространственных размеров глубинной зоны карьеров, т.е. сокращение рудных площадей. На Сарбайском карьере рудная площадь на горизонте 20 м составляла 550, а на горизонте –120 м уменьшилась до 380

тыс. м², что при сохранении мощности по руде на уровне 20 млн. т значительно увеличивает необходимую скорость понижения горных работ в глубинной зоне (более 15 м/год).

5. Частое перемещение транспортных коммуникаций и пунктов перегрузки в карьерном пространстве. Как правило, частота переноса передвижных забойных путей составляет 3-4 раза в год. При этом объем переукладочных работ, например, на карьере ЮГОКа превышает 200 километров в год. Перемещение перегрузочных пунктов с автомобильного на железнодорожный, на Коршуновском карьере происходит практически ежегодно.

6. Малые радиусы поворотов транспортных коммуникаций в плане. Так, в глубинной зоне карьера ЮГОКа радиусы поворота железнодорожных путей на некоторых участках снижены до 80 м.

7. Высокая доля транспортных коммуникаций, расположенных в уклонах и на подъемах, значительная величина средневзвешенного уклона автодорог, которая по глубоким карьерам находится на уровне 8 %.

В совокупности эти и ряд других фактов свидетельствуют о том, что развитие транспортных систем глубоких карьеров отстает от необходимого для обеспечения проектных объемов добычи развития горных работ [28].

Исследования в области карьерного транспорта, как одного из разделов горной науки, интенсивно начали развиваться в 30-е гг., когда основным видом транспорта был железнодорожный. Основы его применения на карьерах разработаны в 1932-1937 гг. И.А. Тимофеевым, впервые установившим преимущества электрифицированного транспорта.

В годы Великой Отечественной войны на карьерах началось применение автомобильного транспорта. Научные основы его использования во взаимосвязи с другими технологическими процессами закладывались в трудах Н.В. Мельникова [47, 48], В.В. Ржевского [60-62], Е.Ф. Шешко [110-

112] , М.В. Васильева [19-24], М.Г. Новожилова [51-53], В.С. Хохрякова [87-90] и др.

Основные положения методики выбора и оценки видов карьерного транспорта отражены в работах [19-24, 47-49, 51, 52, 60-62, 87-90] и др.

Большого внимания заслуживают капитальные труды А.О. Спиваковского, М.Г. Потапова, А.В. Андреева и М.А. Котова. В них определяются область применения, схемы различных видов транспорта и приводятся расчеты основных параметров, а также ряд технико-экономических показателей карьерного транспорта.

В работах [31, 32, 47, 51-53] рассмотрена специфика работы транспорта в карьерах значительной глубины, описана методика оценки эффективности карьерного транспорта, дан технико-экономический анализ различных его видов, в том числе комбинаций автомобильного транспорта с железнодорожным, конвейерным и скиповым подъемом. В работах М.Г. Новожилова и А.С. Фиделева в систематизированном виде представлены основные технологические и тяговые расчеты карьерного транспорта, изложенные в более ранних работах этих авторов [51, 52].

Расчетные показатели основных видов карьерного транспорта, рациональные сочетания мощностей погрузочного и транспортного оборудования и обоснование их параметров нашли отражение в работе К.Е. Винницкого [25]. Расчет основных параметров транспортного оборудования и технико-экономический анализ в значительной степени пополняют работы [12-16, 47].

Вопросы формирования технологических грузопотоков исследованы Ю.И. Анистратовым [6, 7], определения производительности и границ карьеров – А.И. Арсентьевым [11], динамических методов эффективности горного производства – А.С. Астаховым, применения конвейерного транспорта для скальных пород и руд – Шилиным, выбора мощности карьерного оборудования – Ю.А. Чернеговым, формирования структур

комплексной механизации карьеров с техникой непрерывного действия – П.И. Томаковым.

Кроме перечисленных работ основные положения установления сравнительной эффективности различных видов транспорта, технико-экономические показатели и некоторые другие материалы для оценки отдельных видов транспорта приводятся в работах В.В. Ржевского, В.С. Хохрякова, Л.Г. Тымовского, М.Г. Потапова, Б.В. Фаддеева и др. Весьма показательной для разработки экономических основ проектирования карьерного транспорта является работа В.В. Ржевского. В практике проектирования карьеров наибольшее распространение получил метод вариантов, позволяющий комплексно учитывать количественные и качественные зависимости между критерием оценки и основными влияющими факторами.

Однако метод вариантов, как указывали Е.Ф. Шешко и В.В. Ржевский [60-62, 110-112] не дает возможности получить определенные закономерности изучаемых вопросах, прежде всего из-за большой трудоемкости, а также потому, что сравниваемые варианты обычно отличаются друг от друга по целому комплексу переменных. При этом выбранный вариант, в общем, может и не быть наиболее рациональным, так как не исключено, что оптимальный вариант по каким-либо причинам вообще не попал в число рассмотренных.

Аналитический метод технико-экономических расчетов в горном деле впервые разработан Б.И. Бокием и развит в трудах Л.Д. Шевякова [73], М.И. Агошкова [4], В.В. Ржевского [60, 61], П.И. Городецкого, Е.Ф. Шешко [110-112] и др. [6, 7, 31-34].

Многолетний опыт исследований транспортной проблемы глубоких карьеров показывает, что ее решение возможно лишь на основе коренного пересмотра стратегии формирования транспортных систем карьеров, учета закономерности развития карьерного пространства и грузопотоков горной

массы, а также условий производства горных работ за достаточно длительные периоды разработки месторождений, а в идеале – от начала и до конца их разработки [46, 48]. Реализация такого методического подхода требует динамической постановки задачи с учетом всего многообразия влияющих факторов при реализации следующих положений:

1. Транспорт является важным звеном в динамической производственной системе – горно-обогательном комбинате, поэтому сравнительная эффективность различных вариантов формирования транспортных систем должна оцениваться с учетом их взаимосвязи со смежными технологическими процессами: экскавацией, отвалообразованием, переработкой полезного ископаемого и т. п.

2. Условия вскрытия и разработки верхних, средних и нижних горизонтов карьеров существенно различаются, поэтому выбор видов и схем транспорта должны осуществляться дифференцированно для отдельных зон по глубине карьера. При этом на карьерах большой глубины и производительности с длительным сроком эксплуатации одновременное применение нескольких видов и технических средств транспорта и периодический переход от одних видов и схем транспорта к другим являются объективной закономерностью.

Характерными особенностями глубоких карьеров являются значительные пространственные размеры, на большинстве из них запроектирована поэтапная разработка, отсутствует длительный период эксплуатации постоянных бортов. В результате создаются трудности в обеспечении интенсивности развития горных работ при невозможности расположить на рабочих бортах карьеров стационарные транспортные коммуникации и т. п.

При всем многообразии горнотехнических условий и особенностей разработки глубоких карьеров можно выделить несколько характерных зон

по условиям транспортирования горной массы, характеризующихся рядом общих признаков для многих карьеров. К числу таких признаков относятся:

- пространственное расположение рассматриваемой зоны горных работ в карьере по глубине на определенный момент его развития;

- высота подъема горной массы с соответствующих горизонтов рабочей зоны карьера или их группы до поверхности или разгрузки;

- возможность вскрытия определенной группы рабочих горизонтов системой вскрывающих выработок, соответствующих тому или иному виду транспорта, располагаемых вне карьерного пространства на постоянном или временно борту;

- интенсивность производства горных работ (их подвигания и углубки) в определенной зоне карьера и возможность обеспечения требуемых ее значений с помощью того или иного вида транспорта;

- возможность расположения на рабочих горизонтах транспортных коммуникаций того или иного вида транспорта в зависимости от длины фронта работ, ширины рабочих площадок и других параметров системы разработки;

- необходимость селективной разработки и транспортирования горной массы;

- мощность грузопотоков, их стабильность во времени, возможность объединения с грузопотоками других зон карьера.

Для каждого вида транспорта качественная и количественная оценки того или иного признака могут быть в конкретных условиях различными, однако по совокупности значений и характеристик отдельных признаков всегда удается сделать вывод о предпочтительности применения для отработки определенной зоны карьера того или иного вида транспорта.

Обобщение опыта эксплуатации глубоких карьеров, анализ проектов их развития на перспективу и до конца разработки позволяют достаточно четко на каждом из них выделить три основные зоны по глубине, имеющие

по совокупности отмеченных выше признаков существенно различные условия для производства горных работ и транспортирования горной массы:

Верхняя зона характеризуется возможностью организации прямых заездов, стационарностью основных транспортных коммуникаций.

Средняя зона вскрывается средствами железнодорожного и автомобильного транспорта путем организации временных съездов, зачастую с неоднократным изменением направления движения.

Нижней зоне свойственны сложность сооружения даже временных транспортных коммуникаций, ограниченность пространственных размеров, необходимость постоянного производства работ по вскрытию и подготовке новых горизонтов.

Однако высота этих зон и предпочтительные виды транспорта для их вскрытия и разработки на различных карьерах в зависимости от их пространственных размеров существенно различаются. Тем не менее, можно выделить ряд карьеров, имеющих относительно близкие между собой размеры в плане и по глубине, условия для формирования транспортных систем на которых примерно идентичны.

Значительный интерес представляет опыт формирования транспортных схем зарубежных карьеров, где в настоящее время наблюдается тенденция увеличения объемов добычи полезных ископаемых с одновременным увеличением глубины разработок [1-3, 73].

Карьеры, разрабатывающие месторождения руд цветных металлов, имеют глубину более 200 м. Наиболее глубоким карьером мира является медно-молибденовый карьер Бингхем; карьеры Твин Бьютс, Беркли, Сиеритта (США), Эндако (Канада), Антик (Швеция), Чукикамата (Чили). Проектная глубина их превышает 300 м. Железорудные карьеры, как правило, имеют меньшую глубину, не превышающую 200 м.

При этом широкое распространение получили транспортные схемы:

1. Автомобильный транспорт на карьерах глубиной до 150-200 м, причем грузоподъемность автосамосвалов достигает 317 т. Автомобильный транспорт используется в качестве основного и сборочного, и получил наибольшее распространение.

2. Автомобильно-конвейерный транспорт руды и вскрышных пород на карьерах различной глубины и производительности применяется как в начальный период разработки, так и после углубки карьера и отработки его до предельной глубины.

3. Автомобильно-конвейерно-железнодорожный транспорт получил распространение на карьерах США (Лавендер, Резерв Майнинг, Эвелет, Батлер Токонайт), Канады (Шефервилл) Бразилии (Каражас, Агуас Кларас), Австралии (Хамерли, Броуки Хилл). Особенностью таких схем на зарубежных карьерах является применение безэкскаваторных складов, погрузка на которых производится из под штабельных галерей в железнодорожные составы, находящиеся в подземных тоннелях, расположенных под складом.

4. Схема автомобильный транспорт - рудоспуск - дробилка-конвейер (автомобильный транспорт - рудоспуск - подземный железнодорожный транспорт нормальной или узкой колеи) нашла широкое распространение на рудных карьерах Швеции, Канады, Мексики, США.

5. Схемы комбинированного автомобильно-скипово-железнодорожного, автомобильно-скипово-автомобильного транспорта используются на карьерах с ограниченными в плане размерами при глубине 100-200 м, производительностью 8-10 млн. т руды в год. При глубине карьеров 300 м подобные схемы оказываются неэффективными и требуют реконструкции и перехода на автомобильно-конвейерный или автомобильно-конвейерно-железнодорожный транспорт.

Процесс формирования транспортных систем карьеров включает в себя не только переход на новые схемы транспорта, но и модернизацию горно-

транспортного оборудования, которая на зарубежных карьерах имеет свои особенности:

1. Обилие типоразмеров и большой выбор оборудования, в особенности автомобильного, скреперного, конвейерного, скипового, позволяют при проектировании закладывать в проекты оборудование с параметрами, близкими к оптимальным.

2. Транспортные системы на протяжении всего периода разработки являются весьма стабильными, а перевооружение транспортного оборудования производится на большинстве карьеров путем замены на более мощное производительное или же введением дополнительного звена (конвейерного или скипового) без коренной перестройки транспортной системы.

Сравнение результатов отечественного и зарубежного опыта дает возможность установить общие тенденции в развитии формирования транспортных систем глубоких карьеров: широкое применение автомобильного транспорта на различных стадиях разработки карьеров, а также переход на большинстве карьеров на комбинированные виды транспорта.

Таким образом, в развитии открытого способа добычи отчетливо проявляются тенденции на следующие факторы:

- вовлечение в разработку бедных месторождений, увеличение масштабов горных работ и глубины карьеров;
- увеличение углов наклона бортов глубоких карьеров на нижних горизонтах;
- применение новых способов вскрытия глубоких горизонтов;
- повышение внимания к геомеханическому обеспечению горных работ в глубоких карьерах;
- использование комбинированных видов транспорта в глубоких карьерах;

– использование компьютерных технологий решения горно-геологических и проектных задач.

Сформулированные выше особенности и возникающие трудности при углублении открытых горных работ в полной мере характерны и для карьера Мурунтау. Решение возникающих проблем при дальнейшем развитии этого карьера с глубиной создадут благоприятные условия для эффективной разработки не только сложноструктурного золоторудного месторождения, но и для других аналогичных месторождений, разрабатываемых открытым способом на большой глубине.

1.2. Анализ современного состояния технологии открытой разработки сложноструктурных месторождений

Изменчивость горно-геологических характеристик месторождений эндогенного происхождения существенно влияет на эффективность добычи полезных ископаемых, значительно усложняя выбор технологических параметров буровзрывных, выемочно-погрузочных, транспортных и других процессов горного производства. Как правило, при разработке сложного в структурном отношении месторождения неизбежно возникают проблемы технологического и технического порядка, связанные с организацией работ, выбором и управлением параметрами технологических процессов, управлением качеством рудопотока и т.д.

Многообразие природных и горнотехнических условий предопределяет применение различных вариантов использования горнотранспортной техники. Инженерной задачей в этом случае является выбор оборудования, наиболее соответствующего условиям конкретного карьера. При этом он должен быть осуществлен как для технологического потока в целом так и для каждого технологического процесса в частности. Поэтому решение указанной задачи начинается с определения общей структуры элементарных

технологических потоков, а основой для их формирования служит объединение отдельных процессов горного производства в единую технологическую схему с учетом:

- физико-механических свойств горных пород (влияют на необходимость проведения и способы предварительной подготовки пород к выемке);

- морфологических особенностей строения месторождения (влияют на выбор способов предварительной подготовки пород к выемке и собственно выемки полезных ископаемых);

- потребительских свойств горной массы (влияют на выбор способов предварительной подготовки пород к выемке, технологию ведения выемочно-погрузочных и транспортных работ и складирования горной массы);

- параметров месторождения (влияют на выбор системы разработки, типов и типоразмеров горнотранспортного оборудования).

Таким образом, прослеживается очевидная взаимосвязь структуры технологического потока с горно-геологическими характеристиками месторождения. При этом на сложно-структурных месторождениях участки карьеров со сходными признаками и одинаковой технологией горнотранспортных работ предложено объединять в природно-технологические зоны карьеров, что положено в основу формирования структуры технологических потоков.

При разработке месторождения Мурунтау основу комплексной механизации составляют экскаваторно-автомобильные комплексы [74-80]. Это связано с тем, что горные работы ведутся селективно с выделением различных по качеству сортов полезного ископаемого. Причем даже в течение смены потребительские свойства горной массы в одном забое могут меняться по несколько раз. Поэтому производительность элементарных грузопотоков в таких условиях является величиной случайной, что

значительно усложняет управление горными работами. Методически эта задача решается путем выделения в карьерах природно-технологических зон (породной, рудно-породной и рудной), из которых на основе элементарных взаимозависимых грузопотоков формируются общие грузопотоки карьера товарной и забалансовой руды и вскрышных пород заданной производительности.

Управление качественными и количественными характеристиками элементарных грузопотоков осуществляется на основе их жесткой зависимости друг от друга путем перераспределения степени загрузки горнотранспортного оборудования в соответствии с плановыми заданиями на текущий момент времени.

Степень насыщения массива рудными телами $C_{т.нас}$ требует различного подхода к организации буровзрывных, выемочно-погрузочных и транспортных работ. В карьере, в зависимости от этого, выделены: рудная зона, представленная мощными простыми и несложными рудными залежами и участками ($C_{т.нас}=0,7$); рудно-породная зона, состоящая из сложных и весьма сложных рудных залежей и участков ($C_{т.нас}=0,25$), и породная зона, не содержащая рудных тел. Параметры природно-технологических зон карьера приведены в табл. 1.3.

Под коэффициентом сложности строения рудных тел понимается отношение площади рудного тела к длине его контакта с вмещающими породами.

Такое строение месторождения предопределило формирование грузопотоков постоянного качества.

Под коэффициентом сложности строения рудных тел понимается отношение площади рудного тела к длине его контакта с вмещающими породами.

Параметры природно-технологических зон карьера Мурунтау

Наименование зоны	Параметры зоны			
	Коэффициент сложности строения рудных тел	Доля горной массы в контуре карьера, %	Извлекаемый объем, млн. м ³ /год	Доля пород различной прочности на сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа
Рудная зона	0,08	25	10-12	$\sigma_{сж}=90-120$ (35%) $\sigma_{сж}=120-140$ (55%) $\sigma_{сж} >140$ (10%)
Рудно-породная зона	0,22	35	14-16	$\sigma_{сж} =80-90$ (20%) $\sigma_{сж} =90-120$ (60%) $\sigma_{сж}=120-140$ (15%) $\sigma_{сж} >140$ (5%)
Породная зона	0	40	10-15	$\sigma_{сж} =80-90$ (80%) $\sigma_{сж} =90-120$ (20%)

Такое строение месторождения предопределило формирование грузопотоков постоянного качества только из породной зоны. В рудной и рудно-породной зонах параметры этих грузопотоков носят случайный характер. В связи с этим управление выемочно-погрузочным комплексом приобретает особое значение, поскольку в конечном итоге на завод должна поставляться руда не только в определенном количестве, но и с определенным качеством (допустимое колебание содержания $\pm 8\%$). Такое управление обеспечивается:

- использованием метода непрерывного проектирования и планирования горных работ, базирующегося на разработанном программном обеспечении, что позволяет своевременно принимать корректирующие решения при изменениях горно-геологической, технической, технологической, экономической или экологической ситуации;

– введением в структуру технологических потоков буферных элементов, что обеспечивает адаптацию горных работ к изменению ситуации в горно-перерабатывающем производстве;

– оперативным перераспределением погрузочно-транспортных средств в зависимости от поставленных задач, ситуации в забоях и состояния техники;

– контролем работы погрузочно-транспортного комплекса, осуществляемым в реальном времени.

Одно из основных направлений технического прогресса при разработке глубоких карьеров - внедрение циклично-поточной технологии (ЦПТ) горных работ с использованием комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта. С позиций ресурсосбережения внедрение циклично-поточной технологии (с шириной ленты 1200 мм) при сокращении расстояния перевозки автомобильным транспортом на 1÷3 км уменьшает потребность в автосамосвалах САТ-785 на 9÷26 штук, высвобождает 40-120 рабочих, снижает расход дизельного топлива на 2,3÷6,8 тыс.т в год и загрязненность атмосферы карьера в 1,5÷2,0 раза. Использование для подъема горной массы с глубины 100-500 м конвейерного транспорта вместо автомобильного уменьшает удельную металлоемкость технологического процесса в 2,5÷3,8 раза и сокращает удельные энергозатраты в 2,6 раза.

Производительность карьера по горной массе в 1990-1995 гг. составляла 28-30 млн. м³/год, а затем стала увеличиваться и в 1997 г. превысила 37 млн. м³. В течение года работы велись на 18-20 горизонтах. При этом темп понижения горных в среднем составляет 10,5 м/год. Однако за последние 10 лет он увеличился на 20-30% и эта тенденция сохраняется и поныне.

Отработка запасов IV очереди карьера характеризуется увеличением его производительности по горной массе до 45 млн. м³ в год (т.е. в 1,4-1,5 раза), которая должна поддерживаться на протяжении 7-8 лет.

Таким образом, развитие выемочно-погрузочного комплекса карьера Мурунтау происходит на фоне увеличивающихся темпов понижения и интенсивности ведения горных работ при комбинированных и разнородных грузопотоках.

Технические характеристики и основные показатели работы экскаваторов в карьере Мурунтау приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Технические характеристики и показатели работы экскаваторов в карьере Мурунтау

Показатели	Значение			
	САТ-5230	ЕХ-3500-2	РН-170	ЭКГ-15
Емкость ковша, м ³ :				
– геометрическая	15,1	13,7	14,8	15,0
– с «шапкой»	18,3	17,7	19,9	18,0
Высота черпания (max), м	14,9	17,2	16,0	16,4
Радиус черпания (max), м	14,8	15,8	16,0	22,6
Высота разгрузки (max), м	10,3	12,4	10,0	10,0
Радиус разгрузки (max), м	14,5	14,9	13,9	20,0
Тип привода	дизельный	дизельный	дизельный	электрический
Продолжительность цикла, с	25	33	33	28
Усилие черпания, кН	1250	1177	1200	1470
Скорость передвижения, км/ч	2,5	0÷2,4	0÷3,0	0,55
Коэффициент:				
– технической готовности	0,83	0,84	0,85	0,81
– КИО плановый	0,52	0,65	0,67	0,67
– КИО фактический	0,39	0,51	0,45	0,51
Производительность:				
– техническая, м ³ /ч	1430	1048	1125	9
– эксплуатационная, м ³ /ч	750	700	790	630
– при плановом КИО, м ³ /мес.	535 000	490 000	540 000	470 000
– при фактическом КИО, м ³ /мес.	400 000	385 000	365 000	360 000
– за 1997 г., м ³	4 093 000	3 534 000	3 848 000	2 349 000
Средний расход дизтоплива, кг/м ³	0,22	0,28	0,24	–

Анализ указанных данных свидетельствуют о том, что сравниваемые экскаваторы сопоставимы друг с другом по своим геометрическим и энергосиловым параметрам. Главными же техническими особенностями

гидравлических мехлопат по сравнению с электрическими следует считать автономность в работе и шарнирное сочленение рукояти ковша со стрелой. Первая особенность позволяет эффективно решать производственные задачи на карьерах с высокой изменчивостью потребительских свойств полезного ископаемого, вторая - ограничивает высоту забоя практически высотой черпания экскаватора.

Анализ показателей работы экскаваторов в карьере Мурунтау свидетельствует о том, что как плановый, так и фактический коэффициенты использования оборудованием календарного времени (КИО) относительно невысоки, в связи с чем их производительность ниже возможной. Такая ситуация объясняется тем, что комплектация экскаваторов автосамосвалами осуществляется с учетом текущих потребностей в руде заданного качества, поскольку управление содержанием в товарной руде начинается с экскаваторных забоев. Поэтому (в зависимости от конкретной ситуации) экскаваторы обеспечиваются автосамосвалами на 30-100 %.

Таким образом, установлено наличие технико-экономических и технологических предпосылок рационализации выемочно-транспортных работ с целью оптимизации качества рудопотока:

- формирование в карьере зон интенсивного ведения горных работ;
- внедрение циклично-поточной технологии;
- техническое перевооружение выемочно-транспортного комплекса новым высоко производительным оборудованием, с увеличенными геометрическими параметрами;
- перспектива внедрения комплексов крутонаклонных конвейеров (КНК-90, КНК-270) для транспортирования руды;

1.3. Анализ горно-геологических характеристик сложно-структурных месторождений

Изменчивость горно-геологических характеристик скальных месторождений существенно влияет на эффективность добычи полезных ископаемых, значительно усложняя выбор технологических параметров буровзрывных, выемочно-погрузочных, транспортных и других процессов горного производства.

Сложноструктурное в геологическом отношении месторождение характеризуется нестационарным характером рудопроявлений, неравномерной и сильной изменчивостью содержаний металла в пробах, а также весьма сложной морфологией рудных тел.

Несколько иной оттенок данному термину придается при его рассмотрении с горно-технологической точки зрения. Как правило, при разработке сложного в структурном отношении месторождения неизбежно возникают сложности технологического порядка, связанные с организацией работ, выбором и управлением параметрами технологических процессов и т.д.

Технологический аспект термина "сложноструктурное месторождение" определяется способом отработки месторождения - валовым или селективным. Сложноструктурное месторождение может быть простым с точки зрения ведения добычных работ, если применяется валовый способ выемки полезного ископаемого, если же ведется селективная выемка рудных тел, то месторождение является сложным не только в геологическом, но и в горно-технологическом отношении.

Наиболее характерными из них являются эндогенные месторождения золота штокверкового типа, такие, как: Мурунтау, Мютенбай, Кокпатас, Бесапантау.

В целом сложноструктурные месторождения золота характеризуются:

- значительными объемами различных по свойствам горных пород и руд в контурах карьерного поля при низких средних содержаниях полезного компонента;

- неоднородностью физико-механических свойств горных пород и различной блочностью массива;

- сложной конфигурацией рудных тел;

- широким диапазоном изменений размеров рудных тел при отсутствии закономерности и неравномерном их распределении в горном массиве.

Одним из путей управления качеством рудного потока на глубоких карьерах является применение комплекса дискретных и непрерывных методов распознавания и сортировки горной массы на иерархических взаимосвязанных уровнях системы «месторождение - карьер - склад». При этом в процессе управления качеством решаются задачи:

- выбор оптимальных кондиций руд;

- определение оптимального уровня потерь и разубоживания руды;

- выбор направления развития горных работ, обеспечивающий добычу руды, с заданным уровнем качества;

- стабилизация качества руды или ее усреднение.

Основываясь на принципе непрерывности рудоподготовки в стабилизации качества рудопотока можно выделить 4 этапа усреднения руды:

- кварталное и месячное планирование добычных работ;

- оперативное планирование интенсивности потока руды из каждого забоя в течении смены (межзабойное усреднение);

- перемешивание руды на промежуточных усреднительных складах;

– формирование рудопотока карьер-завод путем отгрузки руды с различных усреднительных складов (рис. 1.1).

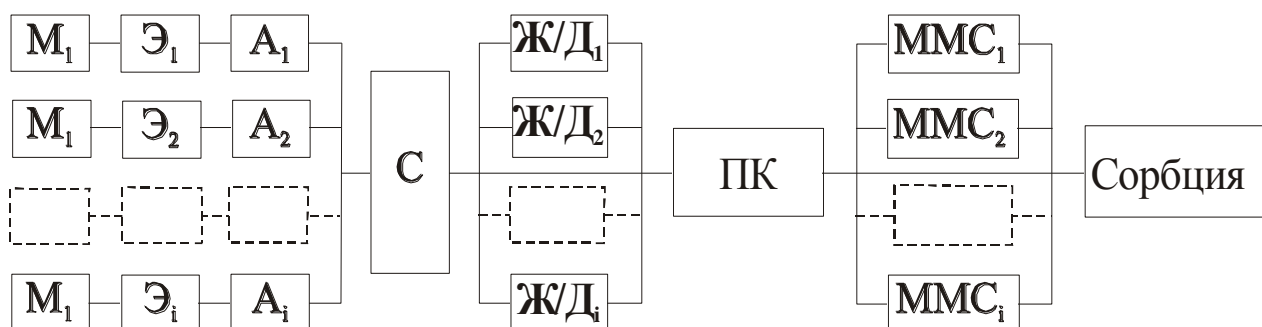


Рис. 1.1. Существующая схема усреднения рудопотока «карьер-завод»

При современном развитии средств и методов управления качеством рудопотока два последних этапа являются определяющими для стабилизации качества руды перед обогащением.

Опытами передовых обогатительных предприятий доказана целесообразность усреднения руд перед обогащением и выявлен экономический эффект от усреднения в обогатительном переделе. Усреднение на прикарьерных складах представляет собой технологический процесс смешивания разнокачественных материалов в определенных порциях, позволяющий получать однородную массу с заданными пределами колебания содержания основного компонента, использовать бедные руды наряду с богатыми. Наличие склада не только способствует планомерной работе перерабатывающего предприятия, но и обеспечивает ритмичную работу карьера за счет запаса складированной продукции. При необходимости выполнять месячные плановые показатели по объему и среднему содержанию рудной массы и колеблемости содержания наличие склада поможет выполнять план равномерно в течение месяца, компенсируя резкие колебания качества, связанные с недрами.

Усреднительные склады карьера Мурунтау расположены на поверхности близ контура карьера на западе и северо-востоке. Вся добытая руда из карьера направляется на прикарьерные перегрузочные усреднительные склады (ППК) автосамосвалами типа R-170 (Юклид, Швеция) и САТ-136 (Катерпиллар, США). Каждый из двух приемных пунктов разбит на шесть секторов. В зависимости от содержания транспортируемой автосамосвалами из карьера руды формируется тот или иной сектор усреднительного склада. Руда разгружается на откос с поперечным перемещением фронта отсыпки параллельно короткой оси штабеля наклонными слоями. Зачистка площадки осуществляется бульдозером, завершая первый этап усреднения полезного ископаемого внутри каждого сектора. Вторым этапом стабилизации качества руды является поперечная отгрузка руды из штабеля, то есть фронт отгрузки перемещается параллельно короткой оси штабеля. Отгрузка осуществляется экскаватором ЭКГ-8И типа прямая лопата в железнодорожные вагоны ВС-105, ВС-130, ВС-140. Полная масса поезда - 1000 т. При этом усреднение состоит в чередовании отгрузки руды из секторов ППК.

Фактический объем склада равен 800 тыс. т или 310 тыс. м³, а накопленный запас руды колеблется от 5 до 15 дней для бесперебойной работы прикарьерного перегрузочного усреднительного склада. Наличие прикарьерного перегрузочного усреднительного склада большой емкости позволяет: во-первых, сохранять бесперебойную работу технологической цепочки «карьер-завод» в случае временного выхода из рабочего состояния любого звена системы «забой-склад»; во-вторых, выполнять технические требования предъявляемые к качеству поставляемой на завод руды. Однако при исследовании проблем, связанных с повышением функциональной эффективности горного производства необходимо принимать во внимание сложные иерархические связи между составляющими его производственными процессами, а также их элементами. Так регулирование

качества рудопотока количеством «вертушек», отгружаемых с разных секторов, ведет к снижению эффективности работы ЭКГ на ППК и необходимости создания резерва производительности, так как работа ЭКГ определяется не технической возможностью, а потребностью в руде с сектора установки ЭКГ. Процесс усреднения на прикарьерных складах является завершающим звеном в системе «карьер-завод». Его работа влияет на надежность работы карьера в целом, снижая эффективность горного производства: неэффективное использование погрузочной техники (4 экскаватора), затраты на формирование и поддержания склада в рабочем состоянии и т.д. Поиск путей повышения производительности комплекса ЦПТ привел к решению транспортировать одной конвейерной линией (№2) породу, а другой (№1) – забалансовую руду. Однако реализация такого решения осложнялась тем, что количество экскаваторов в забоях рудно-породной зоны карьера является величиной случайной (рис. 1.2).

Поэтому производительность циклического звена комплекса также величина случайная, изменяющаяся в широких пределах и, кроме того, не обеспечивающая полной загрузкой, в частности, конвейерную линию №1 забалансовой рудой в течение достаточно длительного периода времени (смена, сутки, неделя). Для устранения этого недостатка было предложено использовать промежуточные накопительно-догрузочные склады, размещаемые на расстоянии 400-800 м от перегрузочного пункта. Сущность такого решения заключается в том, что при недостаточном количестве экскаваторов в забоях (менее 50% требуемой производительности циклического звена) конвейерная линия останавливается, а горная масса накапливается в промежуточном накопительном складе. В дальнейшем при изменении ситуации в забоях или заполнении склада конвейерная линия запускается и горная масса из забоев непосредственно направляется на перегрузочные пункты. Одновременно начинается интенсивная отгрузка горной массы из промежуточного склада. Тем самым достигается более

полная загрузка конвейерной линии и увеличивается производительность комплекса ЦПТ.

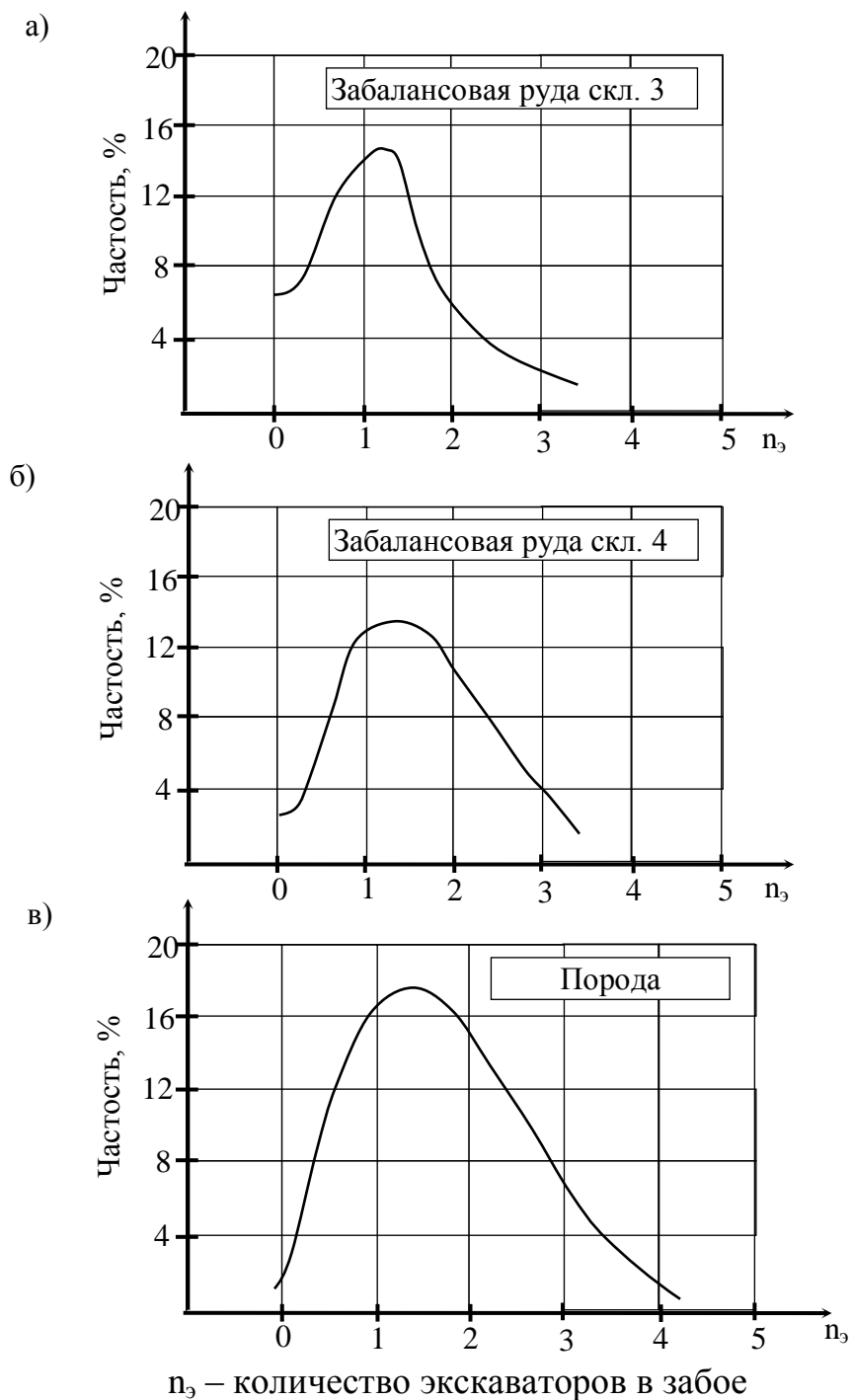


Рис. 1.2. Вероятность нахождения экскаваторов из рудно-породной зоны в составе циклического звена комплекса ЦПТ

Решение задачи выдачи из карьера забалансовой руды через комплекс ЦПТ позволила обеспечить сырьем ГМЗ-1. Так как производственные

мощности завода ниже производительности КЛ-1, из общего рудопотока через комплекс ЦПТ выделялась часть, в которой путем управления выемочно-погрузочным комплексом циклического звена формировались заданные показатели качества (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Динамика и структура объемов горной массы транспортируемой через КЛ-1

Годы	Транспортирование руды через КЛ-1			
	Всего		Для ГМЗ-1	
	Объем, тыс. м ³	Содержание, у.е.	Объем, тыс. т	Содержание, у.е.
1991	4233	1,28	2,3	1,61
1992	5102	1,27	258	1,61
1993	3263	1,24	202	1,28
1994	3872	1,22	372	1,51
1995	6068	1,19	428	1,57
1996	7972	1,18	481	1,55
1997	6862	1,17	606	1,58
1998	6510	1,11	677	1,58
1999	5370	1,14	654	1,45
2000	2926	1,13	650	1,47
2001	4110	1,16	672	1,60
2002	2798	1,10	402	1,80

В ходе решения этой задачи апробированы методы управления качеством рудопотока в системе «забой-промежуточный склад-комплекс ЦПТ». Обоснование комплекта погрузочно-транспортного оборудования предполагает дальнейшую интенсификацию горных работ за счет более полного использования технических, материальных и трудовых ресурсов.

Для обоснования рационального сочетания погрузочно-транспортного оборудования в циклическом звене ЦПТ для условий карьера Мурунтау рассмотрены 36 вариантов экскаваторно-автомобильных комплексов. При этом учтено, что в условиях карьера циклично-поточная технология используется для транспортирования породы и руды суммарным объемом 25,6 млн. м³. Перегрузочные пункты комплекса ЦПТ для руды и вскрыши

располагаются по глубине с шагом 30 м и находятся на горизонтах 465; 435; 405; 375 и т.д. Среднее расстояние транспортирования определяется с учетом количества действующих ДПП в рабочей зоне.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ РАБОТ С ПОЛНОТОЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Процесс управления качеством полезных ископаемых - это совокупность операций опробования, геометризации, перспективного и текущего планирования горных работ, оперативного управления горными работами и усреднения качества полезного ископаемого [73].

В процессе опробования и геометризации качества полезного ископаемого на основе выбранных кондиций решаются задачи оконтуривания и подсчета запасов. Причем, если представить управление качеством рудопотока в виде дискретно-непрерывного процесса в системе «месторождение-карьер-завод», то эти задачи решаются на каждом иерархическом уровне системы, причем с тем большей достоверностью, чем выше уровень системы (приложение 1, табл. П.1.1).

Учитывая, что основой для управления качеством для сложноструктурных месторождений является опробование, а критерием служат кондиции или требования к качеству полезного ископаемого в недрах и к условиям разработки, обеспечивающие наилучшие технико-экономические показатели добычи и переработки сырья, выбор способа и сети опробования и обоснование эксплуатационных кондиций представляются важнейшим звеном в управлении качеством сырья.

2.1. Исследование распределения полезного компонента в недрах и оценка показателей сложности рудных контуров

Прогноз динамики изменения среднего содержания в рудопотоке карьера, основанный на анализе объемов и качества добытой горнорудной массы и темпах ведения горных работ указывает на стабильную тенденцию

неуклонного снижения содержания полезного компонента в рудной массе (рис. П.1.1) в условиях прироста перерабатывающих мощностей ГМЗ-2 (рис. П.1.2), увеличение объемов отгрузки руды на ГМЗ-2 обеспечивается вовлечением в переработку забалансовых руд из добычи и со складов рудника [34, 35].

Анализ добычи горнорудной массы по годам показывает на возможности карьера при существующих темпах ведения горных работ с учетом снижения среднего содержания в руде, поставляемой на завод, обеспечить загрузку производственных мощностей завода за счет вовлечения в переработку забалансовых ($\geq 1,5$ г/т) и убогих ($\geq 1,0$ г/т) руд (рис. П.1.3). При этом расширение сырьевой базы происходит за счет увеличения количества полезного компонента на фоне роста объемов горнорудной массы и уменьшения среднего содержания (рис. П.1.4, П.1.5) [68, 72].

К негативным тенденциям развития горного комплекса можно отнести уменьшение количества вскрытых запасов и снижение прироста подготовленных запасов с ростом глубины карьера (рис. П.1.6).

Все эти тенденции следует учитывать при исследовании технологических схем формирования и анализа параметров рудопотока.

Формирование рудопотока с оптимальными и технологическими параметрами - представляет сложную динамическую систему с заданными входными и выходными параметрами. Преобразование входных параметров (недра, карьер) в параметр на выходе (обоганительный завод) реализуется процессом добычи и переработки руд. В математическом отношении этот процесс отображается преобразованием горно-геологических и горно-технических параметров на входе и выходе системы.

Для достоверной оценки параметров системы к каким относится процесс формирования рудопотока при разработке сложноструктурного месторождения, имеющий столь сложную динамику как во времени так и в пространстве, проведен его анализ в годовых границах добычи и отгрузки

руды на завод за 2002 г. Главным управляемым параметром системы является содержание металла. Вероятностное распределение этого параметра в недрах носит экспоненциальный характер, вариации его в недрах достигает 100 % (рис. П.1.8).

В процессе добычи вероятностное распределение содержаний металла в горнорудной массе постепенно нормализуется (рис. П.1.9), вариация его при отгрузке на завод не должна превышать 15-20%. В настоящее время она составляет 20-30% (рис. П.1.10). Это свидетельствует о том, что усреднение содержания в рудопотоке осуществляется недостаточно эффективно [39, 45].

Анализ погоризонтных сортовых планов по четырем опорным горизонтам в пределах которых добывалась руда в 2002 году и запланированы основные объемы добычи в 2003 году, показывает, что значимых изменений неравномерности оруденения не наблюдается, коэффициент вариации для поля содержаний $\geq 1,5$ г/т колеблется в пределах 76-87% (рис. П.1.11).

Однако, если выделить богатые участки руды для селективной выемки, то неравномерность оставшейся руды значительно снижается: до 19-20% в руде $1,5 \text{ г/т} \leq 3 \text{ г/т}$. При этом объем селективной выемки составит около 5 млн. т руды или 25% от общей добычи. Более технологичным представляется селективная выемка богатой руды с содержанием ≥ 5 г/т, объемы которой составят в пределах 1,3 млн. т (5%) (рис. П.1.12, табл. П.1.2), а коэффициент вариации оставшейся в недрах руде – 31-34%, в добытой руде он не будет превышать 30%, что соизмеримо с амплитудой колебания содержания рудопотока при существующей технологии селективной выемки на стадии отгрузки руды. Проведенный анализ изменения содержаний и объемов руды в контурах четвертой очереди (рис. П.1.12,а) отражает отличие рудных залежей, предстоящих к отработке в дальнейшем. Так по Северному «заливу» содержания в руде по бортам 1,0, 2,0 и 5,0 г/т практически не изменяется с глубиной, запасы руды при этом снижаются, по первой рудной

залежи содержание и запасы руды снижаются, тогда как по второй рудной залежи начиная с 195 горизонта запасы руды и содержание в них увеличиваются [69].

Важным показателем технологичности выемки руды является сложность рудного контура, чем выше сложность рудного контура, тем выше потери и разубоживание руды при ее отработке. Коэффициент сложности рудного контура определяется как отношение длины рудного контура к площади рудной зоны. Для расчета изменения коэффициента сложности рудных контуров (рис. П.1.13). Использовалось программное обеспечение АС Руда. В выделенном полигоне, охватывающим отработанную часть горизонтов +270, +210 и +165 м производился подсчет запасов руды. Большие полигоны, где в подсчете использовалось более 100000 проб разбивались на несколько блоков, и подсчет производился отдельно для каждого блока.

Далее рассчитанные контура конвертировались в специальную форму *.sni, для дальнейшего подсчета площади и длины рудных контуров в геолого-маркшейдерском комплексе программ ГОРНЯК-4 (рис. П.1.14). Выделялись рудные участки отдельно для 1 и 2 рудной залежи по борту 2,0 и 1,5 г/т.

В подсчет длины рудного контура не включались те участки рудных пятен, которые располагались по границе отработанного пространства, и в том случае если в их сторону будут продолжены горные работы, т.е. рудные пятна не полностью отработаны (рис. П.1.15).

Как видно из графиков, по сорту 1,5 г/т сложность контура снижается на 0,01 - 0,03, по горизонтам имеется тенденция снижения с глубиной по 2 рудной залежи. По первой рудной залежи показатель несколько увеличивается, в виду того, что на горизонте +165,0 м руда только вскрывается, и расчет показателя сложности пришелся на краевую часть рудной залежи (рис. П.1.16-П.1.20).

Параллельно с расчетом контуров произведен подсчет запасов в пятнах-включениях более низких сортов. Номера участков таких включений указаны на рисунках.

Содержание металла и объемы пятен-включений (табл. 2.1) позволяют говорить наличии двух технологических схем их отработки. Первая – их отдельная отработка для дальнейшего использования на рудо-сепарационном комплексе. Вторая – валовая выемка и включение в общий рудопоток.

Таблица 2.1

Содержание золота в пятнах-включениях

горизонт	№ пятна-включения	сорт 0,7		сорт 1,0		сорт 1,5	
		т.т	г/т	т.т	г/т	т.т	г/т
165	1			10,5	0,73	31,8	1,17
	2					21,3	1,13
	3					24,3	1,32
	4			5,3	0,95	21	1,29
210	1			50	0,89	99,1	1,2
	2			30	0,79	59,1	1,23
	3					116	1,25
	4	40,6	0,59	205,1	0,86	519,3	1,22
	5					18,5	1,22
	6			6,7	0,84	22,5	1,27
270,00	1			42,70	0,87	282,40	1,24
	2			11,50	0,87	160,90	1,20
	3	24,80	0,56	54,70	0,86	91,10	1,24
	4	15,00	0,60	128,50	0,86	469,20	1,24

Таким образом, различие в сложности рудных контуров для разных участков месторождения требует применения различных технологических схем отработки для обеспечения рационального извлечения запасов из недр. При этом как положительная тенденция для всех участков отмечается уменьшение сложности рудного контура со снижением бортового содержания до 1,5 г/т.

2.2. Исследование влияния высоты отрабатываемого уступа на эффективность извлечения полезных ископаемых из недр

Выбранный способ и параметры сети опробования обеспечивают достоверное определение содержания полезного компонента в недрах, однако для планирования добычи руды и формирования стабильного рудопотока карьер-завод определяющим является среднее содержание в добытой руде, которое регламентируется как ценностью руды в недрах так и рациональным уровнем потерь и разубоживания руды при добыче [70, 71].

Для сложноструктурных месторождений, когда контуры рудных тел имеют изменчивую форму как в плане так и в разрезе при принятой системе разработки уступами, когда потери возникают в основном в приконтактных зонах, определяющим фактором количественных и качественных показателей потерь и разубоживания выступает высота уступа.

На карьере Мурунтау принята, как наиболее рациональная, технология селективной выемки руды с предварительной зачисткой рудного контура. При такой технологии обеспечивается оптимальное соотношение между количеством теряемой руды и объемом разубоживающей горной массы, которое равно примерно 1:2 [93, 96].

Анализ показывает, что при одной и той же системе или технологии разработки, применяемой в аналогичных условиях, но при различной ценности руды, рациональный уровень ее извлечения из недр неодинаков.

История освоения месторождения является тому подтверждением.

Согласно проекта I очереди строительства и отработки карьера Мурунтау, с 1967 по 1971 год добычные работы производились уступами высотой 15 м, которыми добыто около 11 млн. т товарной руды. Добыча производилась простой селективной выемкой руды экскаваторами ЭКГ-4,6. Руда отбивалась совместно с вмещающими породами на неубранную горную массу. Интервал опробования был принят 7,5 м при сетке разведочных и

взрывных скважин 8 x 8 м. Сортные планы разных блоков составлялись на высоту выемочного слоя высотой 15 м. Товарная руда оконтуривалась и добывалась по борту 2,5 г/т. При этом потери составляли около 8 %, а разубоживание - около 19% [42].

С целью совершенствования добычных работ, повышения качества добываемой руды, уменьшения потерь и разубоживания и увеличения полноты выемки полезного компонента из недр - были проведены опытные работы на добычных подступах высотой 7,5 м, выделяемых из уступа высотой 15 м в процессе экскавации после проведения буровзрывных работ на уступе высотой 15 м.

Опытные работы показали положительные результаты - повысилось содержание в погашаемых запасах, потери снизились до 6 %, а разубоживание - до 16%. Такая технология была заложена в проект III очереди отработки карьера Мурунтау [41]. Однако, переход на подступную отработку не позволил уменьшить процент неподтвержденных запасов (по данным эксплуатации и генподсчета), увеличить количество подготовленных запасов.

Кроме того, добычные работы по новой технологии повлекли за собой дополнительные трудности: резко увеличился объем геолого-маркшейдерского обслуживания добычных работ; увеличилось количество рабочих площадок в рудных запасах карьера; затруднилось расположение бурового, экскаваторного и транспортного оборудования, и, самое главное, возник дополнительный источник потерь и разубоживания из-за несоответствия границы разделения уступа на подступы (в процессе экскавации) истинному ее положению после взрывных работ.

Учитывая перечисленные выше достоинства и недостатки подступной технологии и в связи с вовлечением в переработку бедных товарных руд (по борту 2,0) на горизонте +485 м была проведена опытная отработка

добычного уступа высотой 10 м. Опыт работы и проведенные исследования показали эффективность такой технологии.

Потери снизились до 5 %, а разубоживание до 12 %, и с 1977 года отработка руды проводилась 10 м уступами.

Выбор высоты эксплуатационного уступа определялся специальными расчетами, первоначальным условием которых было применение наиболее высокопроизводительной горной техники при сохранении в добыче максимального количества руды и металла. На рубеже 80-90 гг. в переработку начинают вовлекаться забалансовые запасы (по борту 1,5). Расчеты были автоматизированы с использованием ЭВМ и специальных программ. Запасы руды, как правило, растут с увеличением высоты уступа и падают с увеличением бортового содержания. Среднее содержание в руде постепенно падает с увеличением высоты уступа и растет с увеличением бортового содержания (рис. П.1.21).

Комбинируя эти параметры, удается выбрать оптимальную высоту уступа в реальных технико-экономических условиях. В настоящее время она принята в 15 м. При этом потери и разубоживание не превышают 5,0 и 12,0 %, соответственно.

Имеются ли условия для последующего варьирования высотой уступа с целью повышения эффективности эксплуатации? Такие условия имеются. Они имеют противоречивую природу и побуждают менять высоту уступа, как в большую, так и в меньшую сторону. Применение высокопроизводительного горного оборудования для снижения затрат на добычу тонны руды требует дальнейшего увеличения высоты эксплуатационного уступа. С другой стороны, прорывы в области селективности выемки делают экономически оправданной уменьшение высоты уступа.

2.3. Разработка эффективных параметров сети опробования при подготовке запасов к их отработке в условиях карьера Мурунтау

В табл. 2.2 приведены размеры ячеек прямоугольных сетей эксплуатационной разведки, позволяющие выявлять бедные и богатые участки оруденения с заданной вероятностью подсечения рудных тел и установленной погрешностью оценки средних содержаний металла этих участков.

Анализ данных табл. 2.2 позволяет сделать вывод, что применяемые на карьере сети 4 x 4 м и 5,6 x 5,6 м обеспечивают не менее, чем 20-и процентную погрешность расчета средних содержаний металла руд различной сортности. Погрешность оценки содержаний металла богатых сортов руды при указанных сетях разведки может достигать 50 % и более.

Данные табл. 2.2 можно использовать при проектировании параметров сети эксплуатационной разведки, направленной на выявление селекционных сортов руд с заданной ошибкой определения в них содержаний металла. Более корректное решение задачи рационального размещения сети эксплоразведки связано с реализацией экономико-математической модели сети описываемой следующим уравнением:

$$P = A \ln \frac{\sigma_{\max}^2}{\sigma_i^2} - B \frac{\sigma_{\max}^2}{\sigma_i^2} \quad (2.1)$$

где P – экономическая эффективность сети разведки;

σ_{\max} , σ_i – межгрупповые вариации содержаний металла в блоке, рассчитываемые с помощью метода разрежения сети;

A – стоимостная оценка погрешностей геологоразведочной информации;

B – единица затрат на бурение, опробование и вещественный анализ проб.

Таблица 2.2

Размеры ячеек сети эксплуатационной разведки для выявления бедных и богатых руд
с заданной погрешностью определения средних содержаний металла в блоке

Сортность руды	Ориентировочная мощность оруденен. м	Размеры ячеек сети									
		Вероятность подсечения рудного тела, 100 % Погрешность оценки среднего содержания металла 5% - 8%					Вероятность подсечения рудного тела, 100 % Погрешность оценки среднего содержания металла 20%				
		m / l = 1,0		m / l = 0,5			m / l = 1,0		m / l = 0,5		
		A=1,00	A=0,75	A=1,0	A=0,75	A=0,5	A=1,00	A=0,75	A=1,0	A=0,75	A=0,5
C > C _{min} *)	7,0 ÷ 9,0	1,0x1,0	1,0x1,3	1,1x1,1	1,1x1,3	1,0x2,0	3,5x3,5	3,5x4,7	3,7x3,7	3,7x4,9	3,5x7,0
		1,5x1,5	1,5x2,0	1,6x1,6	1,6x2,1	1,5x3,0	4,5x4,5	4,5x6,0	4,8x4,8	4,7x6,2	4,5x9,0
C < C _{min} *)	16 ÷ 20	1,6x1,6	1,6x2,1	1,7x1,7	1,7x2,3	1,7x3,4	8,0x8,0	8,0x10,7	8,3x8,3	8,3x11,1	8,0x16,0
		2,1x2,1	2,1x2,8	2,2x2,2	2,2x2,9	2,1x4,2	10,0x10,0	10,0x13,3	10,3x10,3	10,3x13,7	10,0x20,0

C_{min} *) – минимальное промышленное содержание металла; m/l – отношение между мощностью и протяженностью рудного тела;
A – аспект ячейки сети, равный отношению сторон прямоугольник

Оптимальная сеть находится из условия $\frac{dP}{d\sigma^2} = 0$, которому соответствует соотношение (для квадратной сети);

$$\frac{a_0^2}{L_j^2} = \frac{B}{A} \quad (2.2)$$

где a_0 – сторона ячейки оптимальной сети разведки, ориентированной вкрест простирания рудных тел;

L_j – характерный линейный размер блока.

Исследованиями установлено, что характерный размер эксплуатационного блока не должен быть меньше 60-и метров. При таком размере наибольшее значение коэффициента межгрупповой вариации содержаний металла в блоке 1,250, наименьшее – 0,031; их соотношение определяет величину B/A .

Решение уравнения (2.1) с использованием соотношения (2.2) приводит к результатам, $a_0=4,5$ м.

Бурение скважин через 2 м оказалось неприемлемым по техническим причинам. Из-за высокой трещиноватости пород, усиленной взрывными работами, резко снизился выход шлама, поступающего в соседние уже пробуренные скважины. При сети 4 x 4 м значительно усложняются контуры рудных тел при несущественном увеличении среднего содержания золота в руде. Усложнение контуров превосходит возможности имеющихся высокопроизводительных экскаваторов по селекции выемки. По этим причинам, учтенным в экономических расчетах, данная сеть для месторождения Мурунтау признана нецелесообразной. На практике принята, по соображениям «запаса прочности», промежуточная сеть между расчетной (8 x 8 м) и нецелесообразной (4 x 4 м), а именно 5,6 x 5,6 м. Такая плотность сети скважин оказалась достаточной для эффективного проведения взрывных работ.

Другие параметры эксплуатационной разведки, - необходимый диаметр бурения скважин и длина пробы. Выбор их не потребовал сложных исследований. Задача необходимого диаметра, то есть поперечного сечения пробы, решена еще на стадии детальной разведки. Достоверность пробоотбора обеспечивается уже при диаметре бурения 59 мм. Поэтому диаметр буровзрывных скважин применяются от 161 до 250 мм исходя из условий взрывных работ. Длина пробы принята кратной минимальной возможной высоте уступа, или подступа, – 5 м.

Оптимальный вес отбираемой пробы 15-20 кг (определен расчетным и подтвержден опытным путем).

Основные выводы

1. Исследовано влияние высоты отрабатываемого уступа на эффективность использования запасов. Выявлено, что запасы руды растут с увеличением высоты уступа и падают с увеличением бортового содержания. Среднее содержание в руде постепенно падает с увеличением высоты уступа и растет с увеличением бортового содержания. Установлены оптимальные высоты уступов: при открытой разработке месторождений Мурунтау и Мютенбай в карьере – 15 м, при отработке складов – 10 м с учетом величины потерь и разубоживания не выше 5,0 и 12,0%, соответственно.

2. Разработаны рациональные параметры сети опробования при подготовке запасов и их отработке для условий карьеров Мурунтау и Мютенбай. Рекомендованы размеры ячеек прямоугольных сетей эксплуатационной разведки 4x4 м и 5,6x5,6 м, позволяющие выявлять бедные и богатые участки оруденения с заданной вероятностью подсечения рудных тел и установленной погрешностью оценки средних содержаний металла этих участков.

Решение задачи рационального размещения сети эксплоразведки реализовано с помощью разработанной экономико-математической модели сети и используется при проектировании параметров сети эксплуатационной разведки, направленной на выявление селекционных сортов руд.

3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РУДНОГО ПОТОКА КАРЬЕРА НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ

Особенностью открытых горных работ на современном этапе является постоянное увеличение объемов извлекаемой, перемещаемой и складированной горной массы, что сопровождается соответствующим и согласованным развитием и использованием пространственных и минеральных ресурсов. При этом образующиеся при добыче полезного ископаемого пространства и отходы в сочетании с выделенным пространством для их размещения представляют собой систему техногенных ресурсов, которые требуют рационального подхода к их использованию уже сегодня.

Основной целью исследований является разработка системы технологических, технических и организационных решений, обеспечивающих повышение эффективности работы горно-перерабатывающего комплекса на основе вовлечения в производство техногенных ресурсов.

Идея, положенная в основу достижения поставленной цели, заключается в том, что техногенные ресурсы, образующиеся при открытой разработке месторождений с экономически устанавливаемыми границами «балансовая руда – забалансовая руда», вовлекаются в производство циклично с последовательным приближением интегрального технико-экономического показателя комплекса к технически достижимому уровню за счет управления функциональными объектами в направлении совершенствования технологических процессов на иерархически взаимосвязанных уровнях. При этом в качестве интегрального технико-экономического показателя оценки эффективности работы горно-перерабатывающего комплекса принята максимизация выпуска золота в текущем времени (рис. П.2.1).

Для реализации такого подхода необходимо решение следующих задач:

- определиться с сущностью формирования системы повышения эффективности горно-перерабатывающего комплекса;
- разработать концепцию согласованного развития и использования системы техногенных ресурсов;
- определить принципы, приемы и критерии оценки использования ресурсов;
- систематизировать отвалы по условиям размещения, приемам формирования и структурным особенностям строения;
- усовершенствовать метод планирования горных работ на основе динамических кондиций с учетом анизотропии содержаний в разрабатываемом массиве;
- разработать технологические, технические и организационные приемы рационализации технологических схем и параметров технологических процессов перерабатывающего объекта на основе гравитационно-сорбционной технологии;- разработать технологические, технические и организационные приемы резервирования элементов технологических схем и корректировки параметров технологических процессов перерабатывающего объекта на основе кучного выщелачивания.

Основные параметры деятельности горно-перерабатывающего комплекса определяет его сырьевая база, поэтому максимум внимания уделено приемам ее управления. Только овладение этими приемами позволяет решать задачу максимизации выпуска на конкретном отрезке времени. При этом основные усилия направляются на освоение техногенных месторождений, поскольку их доля в структуре перерабатываемой руды достигает 80%. Таким образом, техногенные ресурсы при вовлечении в разработку рассматриваются в качестве буферного элемента в системе рудного потока карьера.

3.1. Систематизация техногенных массивов при открытой разработке месторождений сложного строения

Известно, что при разработке крутопадающих месторождений на экономическую эффективность и площадь отчуждаемых земель наибольшее влияние оказывают объем перемещаемых пород, потребительские свойства складываемых пород и продолжительность существования отвала, в совокупности определяющие возможность повторного заполнения освобожденного от таких пород пространства отвала с улучшением экономических показателей транспортирования. При этом геологические характеристики пород, горнотехнические условия, технология ведения работ в рабочем пространстве, требования безопасности и время существования определяют основные параметры отвалов, таких как количество и высота ярусов, минимальные размеры в плане. Применяемые параметры отвала должны обеспечивать, кроме того, возможность его отгрузки в случае временного хранения рудной массы [44, 45].

При открытой разработке месторождений Мурунтау и Учкудук накоплен большой опыт формирования и разработки отвалов в различных горнотехнических условиях. Этот опыт систематизирован и представлен в виде классификация внешних техногенных массивов карьера (табл. 3.1), разработанной с учетом принципов и приемов использования техногенных ресурсов. Представленная классификация внешних техногенных массивов карьера позволяет определить рациональную их разработки, ориентируясь на характеристику классификационного признака и конкретные условия его реализации.

Наличие условных границы руды и породы на сложно-структурном месторождении Мурунтау в сочетании с фактическим применением динамических кондиций обуславливает сложное строение складов,

распределение содержания в отдельных зонах которых будет повторять распределение содержания в разрабатываемом горном массиве.

Таблица 3.1

Классификация внешних техногенных массивов карьера

Классификационный признак	Характеристика классификационного признака	Условия применения
1. По способу механизации отвальных работ	1.1. С перемещением пород бульдозерами 1.2. С укладкой пород в заполняемое пространство консольным отвалообразователем 1.3. С укладкой пород экскаваторами, отвальными плугами	1.1. Разгрузка на верхнюю площадку или откос отвала при автотранспорте 1.2. Транспортирование пород конвейерами 1.3. Транспортирование пород железнодорожным транспортом
2. По числу ярусов	2.1. Одноярусные 2.2. Многоярусные	2.1. Отсыпка ведется на рельеф 2.2. Отсыпка ведется на ранее сформированный отвал
3. По повторяемости выемочно-погрузочных и отвальных работ	3.1. Не повторяются 3.2. Повторяются циклично 3.3. Повторяются при переходе к последующему этапу разработки со сменой кондиций на руду	3.1. Возможность опережающей отработки части вытянутого карьерного поля с последующим разовым заполнением породой для постоянного хранения 3.2. Возможность выполнения повторяющегося цикла «опережающая отработка – заполнение – освобождение – опережающая отработка» на смежных участках карьерного поля 3.3. Соответствие потребительских свойств складированных пород и пород в основании отвала
4. По потребительским свойствам пород	4.1. Пустая порода - 1 4.2. Пустая порода - 2 4.3. Минерализованная горная масса 4.4. Забалансовая руда	4.1. Использование в качестве товарной продукции не предусматривается 4.2. Предусматривается использование в качестве дополнительной товарной продукции 4.3. Рассматривается в качестве потенциального сырьевого источника на продолжении прогнозируемого периода 4.4. Рассматривается в качестве реального сырьевого источника на продолжении проектируемого периода
5. По времени хранения пород	5.1. Постоянные 5.2. Временные	5.1. Породы отвала не являются потенциальным сырьем 5.2а. Породы отвала являются потенциальным сырьем 5.2б. Отвал размещается в зоне планируемого развития работ
6. По способу разработки	6.1. Селективная 6.2. Валовая	6.1. При выраженной анизотропии содержания в плане и разрезе 6.2. При не выраженной анизотропии содержания

Такая закономерность была положена в основу гипотезы о возникновении во внешних техногенных формированиях геометрической анизотропии содержаний золота, что потребовало изучения характера его распределения во внешних складах.

Для проверки гипотезы в течение 2008-2009 гг. на внешних рудных складах проводились широкомасштабные оценочные работы силами ГРП-3 и геологической службы рудника Мурунтау. Для оценки характера распределения полезного компонента в техногенных массивах было пробурено более 4000 п.м. скважин различного диаметра по разведочным профилям, отобрано и обработано более 4000 проб. Кроме того, отобрано и обработано более 5000 горстевых проб. Анализ полученных результатов подтвердил выдвинутую гипотезу и позволил разделить внешние склады на несколько типов (табл. 3.2).

Таблица 3.2

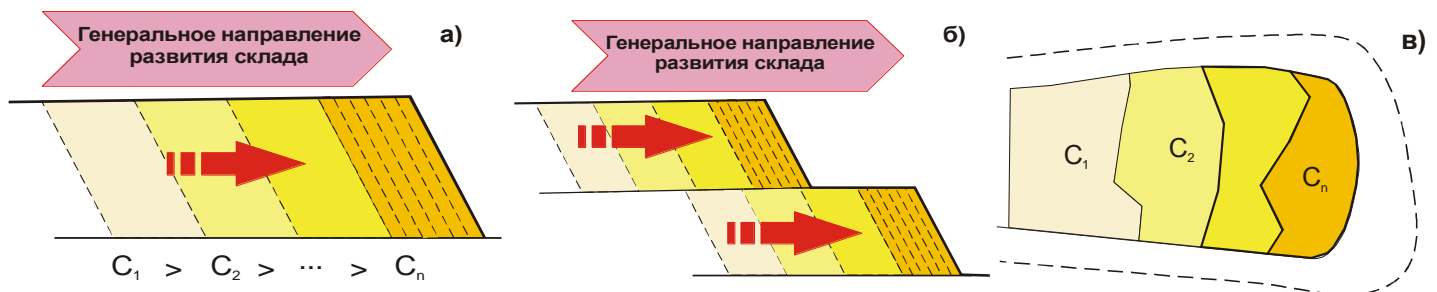
Классификация складов по распределению содержаний

Тип склада	Наличие анизотропии содержаний	Способ разработки забоя
1.	Анизотропия содержаний имеется:	Валовый Селективный
1.1.	– в горизонтальной плоскости	
1.2.	– в вертикальной плоскости	
2.	Анизотропия содержаний отсутствует:	Селективный
2.1.	– многоярусный склад при несогласном формировании ярусов	
2.2.	– склад при формировании ярусов по цикличной технологии	Валовый
	– склад при формировании ярусов по поточной технологии	

К типу 1 отнесены склады, которые формировались по цикличной технологии с доставкой руды автомобильным транспортом и применением периферийного бульдозерного отвалообразования.

Геометрическая анизотропия содержаний золота наиболее характерна и выражена в складах вытянутой конфигурации (подтип 1.1), формирование

которых проводилось преимущественно одним ярусом на протяжении длительного времени. Такая технология предопределяет характер распределения элементарных порций руды, доставляемых автосамосвалами на склад (рис. 3.1). Разгрузка самосвалов на откос склада распределяет элементарный объем руды, доставленный на склад, вдоль откоса на значительную высоту. При этом формируемое элементарной порцией приращение площади пренебрежимо мало. При значительной протяженности фронта разгрузки на складе (что характерно для складов типа 1.1) и предельной высоте яруса склада значимые приращения площади могут быть получены (а в последствии выделены в выемочный блок при отработке склада) при доставке на склад суммарной порции руды, соответствующей, как минимум, суточной производительности 5-6 экскаваторов. В то же время одновременная отработка таким количеством экскаваторов горной массы одного сорта является величиной случайной, что в результате приводит к сглаживанию дисперсии содержаний золота в отвальных заходках.



C_1, C_n – среднее содержание золота в выделенном блоке; **→** – направление формирования яруса склада; - - - элементарная разгруженная порция руды; — — — выделенный блок

Рис. 3.1. Схема формирования складов типа I одним (а) или двумя ярусами (б) с моделью распределения по площади (в) полезного компонента

В условиях использования динамических кондиций происходит формирование значительных усредненных объемов руды по площади склада при одновременной анизотропии среднего содержания полезного компонента

в сторону снижения, согласованной с генеральным направлением развития склада. Границы изменения сортов не могут быть четко оконтурены, поэтому выделение смежных выемочных блоков со значимым различием содержаний полезного компонента невозможно. Изменение качества руды происходит постепенно и с достаточной степенью достоверности может прогнозироваться на длительный период, а его резкие колебания маловероятны. Отличительной особенностью образования складов данного типа является согласованные направления формирования яруса склада и генерального вектора развития отвала.

При многоярусном формировании склада закономерность распределения полезного компонента одинаковы в каждом ярусе (рис. 3.1а, б), а в смежных по высоте ярусах смещение выемочных блоков равнозначного качества минимально (рис. 3.1б).

К подтипу 2.1 отнесены многоярусные склады, которые формировались циклично с доставкой руды автомобильным транспортом при периферийной отсыпке пород. Отличительной особенностью образования складов данного типа являются не согласованные направления формирования ярусов склада. При этом генеральный вектор развития отвала может быть установлен только условно. Такие склады образовывались на ограниченных площадях, а их развитие велось преимущественно в высоту. В результате в таких складах отсутствует анизотропия золота, как по площади, так и по высоте. Однако в объеме склада могут быть оконтурены блоки со значимым различием содержания полезного компонента.

При многоярусном формировании такого склада распределение полезного компонента в нижнем ярусе может совпадать (рис. 3.2а) с закономерностью, установленной для складов типа 2.1. Это возможно в случае, если площадь нижнего яруса была достаточно большой по размеру, а время его заполнения совпало с периодом применения динамических кондиций. При ограниченной площади нижнего яруса в нем изначально

могли выделяться несколько секторов для складирования различных сортов руды. По мере образования новых ярусов направление их формирования, как правило, изменялось (рис. 3.2а). В результате закономерности распределения полезного компонента отличаются в каждом ярусе (рис. 3.2б), а в смежных по высоте ярусах смещение блоков равнозначного качества весьма значительно.

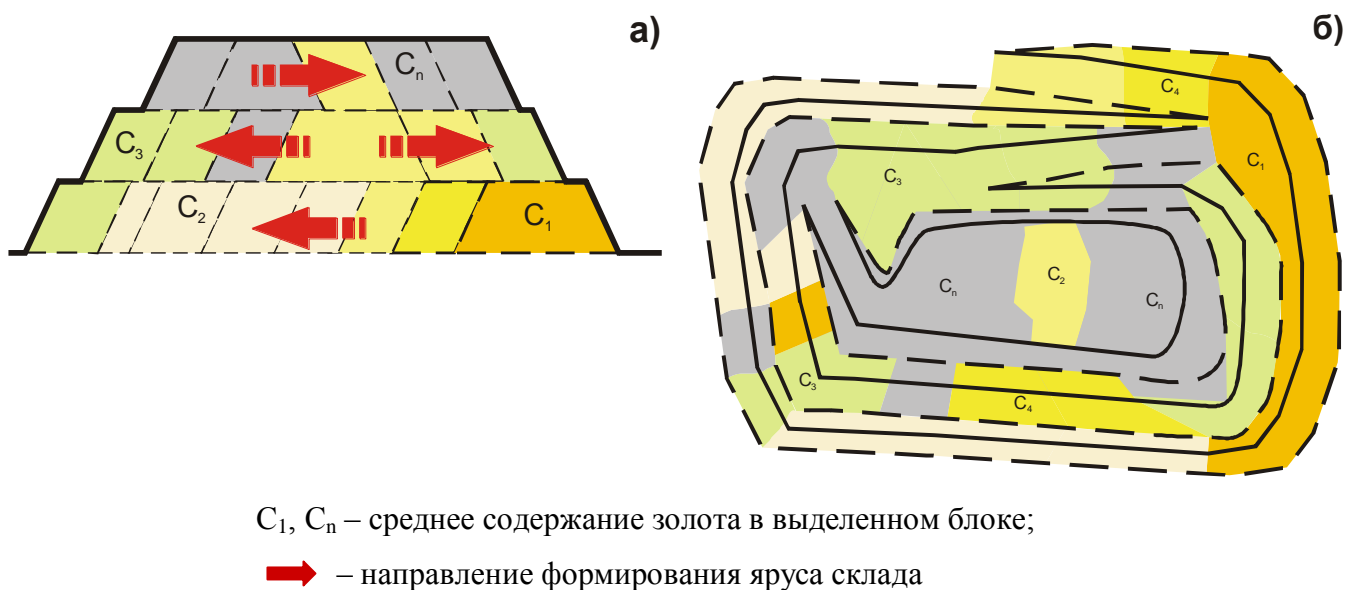


Рис. 3.2. Схема формирования складов типа II несколькими ярусами с моделью распределения по высоте (а) и площади (б) полезного компонента

Границы изменения сортов в этом случае могут быть достаточно четко оконтурены, поэтому возможно выделение выемочных блоков со значимым различием содержаний полезного компонента.

Приведенные особенности распределения полезного компонента в объеме склада позволяют рассматривать такое образование как техногенное месторождение и выполнить для его отработки комплекс технологических процессов открытой разработки месторождений полезных ископаемых. А именно: вскрышные работы по селективной выемке и перемещению руды низкого качества между ярусами склада или за его пределы; а также

селективную отгрузку в переработку руды по внутреннему борту установленному в текущий период.

К подтипу 2.2 отнесены склады руды сорта 1,0-1,5 г/т, добыча которой велась по циклично-поточной технологии, доставка руды – конвейерным транспортом, формирование склада – консольным отвалообразователем.

Консолидация элементарных рудопотоков из отдельных выемочных блоков (экскаваторных забоев) вначале на дробильно-перегрузочных пунктах комплекса ЦПТ, а затем с нескольких ДПП на одной конвейерной линии является весьма эффективной усреднительной системой. В результате все ярусы конвейерных складов одного сорта представляют собой практически однородный по всему объему массив. Выделение в таком массиве блоков со значимыми отличиями содержаний полезного компонента и их селективная отработка невозможна. На складах подтипа 3.2 может использоваться только валовая выемка руды и ее отгрузка в переработку. К этому же подтипу отнесены склады небольшого объема, сформированные по циклической технологии, но селективная отработка которых, из-за ограниченных геометрических размеров, не возможна или не целесообразна.

Классификация складов карьера Мурунтау по технологическому типу приведена в приложении 2 (табл. П.2.1).

К складам типа 1.1 отнесены отработанные склады 3б, 3г, 4в и склады 3е и 4г, существующие в настоящее время.

Таким образом, по результатам опробования геологоразведочных скважин и экскаваторных забоев при отработке внешних складов в 2006-2009 г.г. выполнена классификация техногенных образований карьера Мурунтау по технологическому типу в зависимости от геометрической анизотропии полезного компонента. Предложенная классификация позволяет по технологическому типу склада, определяемому способом его формирования, выбрать не только способ разработки забоев, но и способ управления качественными параметрами рудного потока во времени.

3.2. Разработка новых принципов, приемов и критерии оценки использования техногенных ресурсов на открытых разработках

Под рациональным использованием техногенных ресурсов понимается такое их использование, при котором в полном объеме реализуется технологическая взаимосвязь в виде последовательно выполняемых воздействий во внутреннем и внешнем пространстве карьера на основе применения взаимосвязанных принципов системности, цикличности и согласованности (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Принципы, приемы и критерии оценки использования техногенных ресурсов

Принципы	Приемы	Критерии оценки
Системность	Построение иерархически организованной системы взаимодействия природных и техногенных ресурсов	Способность системы адаптироваться к изменяющимся условиям функционирования
Цикличность	1. Цикличное вовлечение в переработку забалансовой руды с последовательно уменьшающим содержанием. 2. Цикличное использование пространственных ресурсов.	1. Степень использования ресурсного потенциала месторождения. 2. Степень использования пространственных ресурсов
Согласованность	Согласованное развитие и освоение пространственных и минеральных ресурсов природного и техногенного происхождения	Степень соответствия извлеченных объемов и заполняемых пространств, добываемых балансовых запасов и перерабатываемой товарной руды

Принцип системности при разработке месторождений заключается в построении иерархически организованной системы взаимодействия природных и техногенных ресурсов, способность которой адаптироваться к изменению условий функционирования оценивается коэффициентом адаптации. Этот коэффициент характеризует изменение технической производительности системы при перестройке, например транспортной схемы карьера. Способность системы адаптироваться к изменяющимся условиям функционирования оценивается коэффициентом адаптации:

$$K_{\text{ад.сис.}} = \frac{P_c - \Delta P_{\text{изм}}}{P_c} \leq 1,0, \quad (3.1)$$

где $K_{\text{ад.сис.}}$ – коэффициент адаптации системы, доли ед.;

P_c – техническая производительность системы; т;м³

$\Delta P_{\text{изм}}$ – уменьшение технической производительности системы при изменении условий функционирования.

Принцип цикличности заключается в повторном использовании минеральных и пространственных техногенных ресурсов с вовлечением в переработку отходов добычи при цикличном уменьшении содержания в них.

Критерием оценки в этом случае является степень использования ресурсного потенциала месторождения, которая оценивается коэффициентом:

$$K_{\text{рес.пот.}} = \frac{Q + \sum_{i=1}^n Q_{\text{заб}}}{\sum Q} > 1,0, \quad (3.2)$$

где $K_{\text{рес.пот.}}$ – коэффициент использования ресурсного потенциала, доли ед.;

Q_b – количество переработанных балансовых запасов;

$\sum_{i=1}^n Q_{\text{заб}}$ – количество попутно переработанных забалансовых запасов за i

циклов последовательного уменьшения содержания в них $i=1, 2, \dots, n$;

Цикличное использование пространственных ресурсов характеризуется соответствующим коэффициентом [81]:

$$K_{\text{пр.рес.}} = \frac{S + \sum_{i=1}^n S_{\text{ц}i}}{S} > 1,0, \quad (3.3)$$

где $K_{\text{пр.рес.}}$ – коэффициент использования пространственных ресурсов, отн. ед.;

S – проектная площадь поверхности, занимаемая отвалами;

$S_{\text{ц}j}$ – площадь поверхности, заполняемая повторно отвалами при j -том цикле ($i=1, 2, \dots, n$).

Принцип цикличности дополняется принципом согласованности, который требует в согласованном режиме во времени и пространстве использовать пространственные и минеральные ресурсы, размещать временные и постоянные склады при изменении требований к потребительским свойствам руды, обеспечивать отгрузку забалансовой руды из временных складов и повторное заполнение освобожденного пространства и т.п.

Согласованность развития и освоения пространственных и минеральных ресурсов природного и техногенного происхождения оценивается степенью соответствия извлеченных объемов и заполняемых пространств, добываемых балансовых запасов и перерабатываемой товарной руды, который характеризуется коэффициентами пространственных ресурсов и коэффициентом согласованности объемов минеральных ресурсов.

Коэффициент согласованности использования пространственных ресурсов определяется по формуле [94]:

$$K_{\text{пр.рес.}} = \frac{V_{\text{разм}} k_p \cdot k_z}{V_{\text{извл}}} = 1,0, \quad (3.4)$$

где $V_{\text{разм}}$ – объем пространства для размещения извлеченной горной массы;

$V_{\text{извл}}$ – объем извлеченной горной массы;

k_p – коэффициент разрыхления горной массы в отвале; $k_p=1,2\div 1,4$;

k_3 – коэффициент заполнения пространства отвалами; $k_3=0,6\div 0,9$.

При $K_{\text{пр.рес}} > 1,0$ объем заполняемого пространства превышает объем размещаемой горной массы, а при $K_{\text{пр.рес}} < 1,0$ не позволяет разместить извлеченный объем в этом пространстве.

Примером нарушения принципа согласованности является формирование и отработка внешних складов карьера Мурунтау без учета их взаимосвязи в будущем с развитием карьера. В результате руда из таких складов отправлена на переработку, а освобожденное пространство повторно используются только частично.

Такая ситуация указывает на нерациональное использование внешнего пространственного ресурса и несогласованность его освобождения и заполнения с развитием карьера. В этом случае коэффициент пространственных ресурсов $K_{\text{пр.рес}} \gg 1,0$.

Коэффициент согласованности объемов минеральных ресурсов определяется по формуле [94]:

$$K_{\text{мин.рес.}} = \frac{Q_{\text{доб.б}} + \sum_{i=1}^n Q_{\text{скл}}}{Q_{\text{тов.гр}}} = 1,0, \quad (3.5)$$

где $Q_{\text{доб.б}}$ – объем добытой балансовой руды;

$Q_{\text{скл}}$ – объем руды, отгруженной с k -того складов; $k=1, 2, \dots, n$.

$Q_{\text{тов.гр}}$ – товарный грузопоток карьера.

При $K_{\text{мин.рес.}} > 1,0$ имеются излишки, а при $K_{\text{мин.рес.}} < 1,0$ – недостатки руды для комплектования товарного грузопотока карьера.

Таким образом, рациональное использование техногенных ресурсов базируется на последовательно выполняемых технологических воздействиях во внутреннем и внешнем пространстве карьера на основе взаимосвязанных принципов системности, цикличности и согласованности. Применение разработанных критериев и коэффициентов оценки результатов

практической реализации перечисленных принципов позволяет объективно определить эффективность использования минеральных и пространственных техногенных ресурсов.

3.3. Разработка новых концепции развития и использования системы техногенных ресурсов на открытых разработках

В основу формирования системы концепции согласованного развития и использования системы техногенных ресурсов положено, что каждый его объект горного производства является составной частью иерархически организованной системы. Например, при изучении условий, обеспечивающих повышение эффективности (ГПК) при открытой разработке месторождений с экономически устанавливаемыми границами «балансовая руда – забалансовая руда – пустая порода», целесообразно рассмотреть трехуровневую систему «Сырьевая база горно-перерабатывающего комплекса – функциональный элемент (ФЭ) горно-перерабатывающего комплекса – технологический процесс функционального элемента (ФО)» (рис. 3.3).

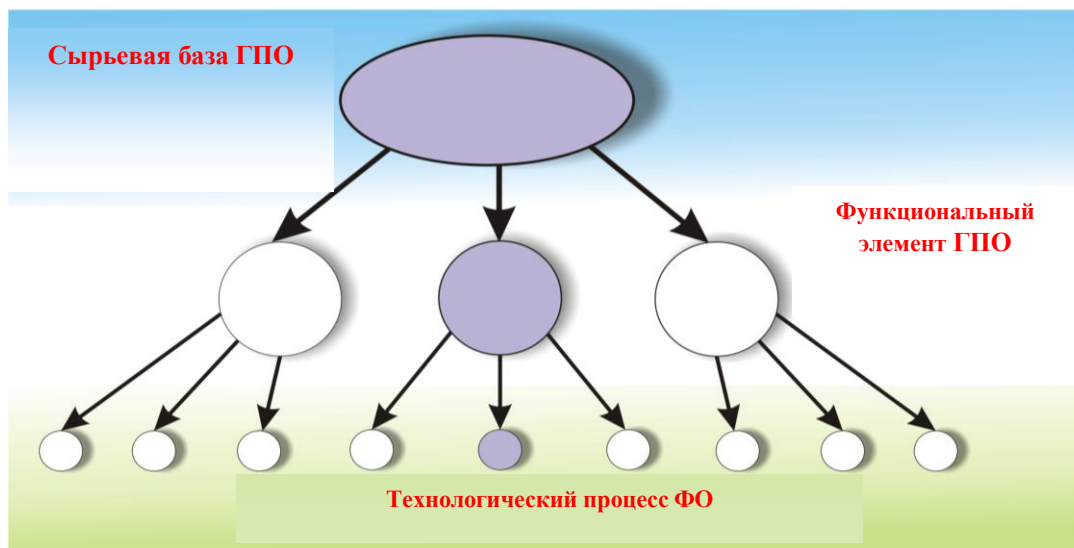


Рис. 3.3. Структурная схема горно-перерабатывающего комплекса

Сущность функционирования рассматриваемого ГПО заключается в преобразовании минерально-сырьевых ресурсов в финансовые ресурсы, поэтому горно-перерабатывающий комплекс как государственное предприятие обязан повышать эффективность такого преобразования, что влечет за собой требование рационального использования минерально-сырьевого потенциала месторождений, как в качественном, так и в количественном выражении. Такое понимание сущности функционирования рассматриваемого комплекса способствует правильной расстановке акцентов при разработке технологических, технических и организационных решений, направленных на повышение его эффективности, что целесообразно начать с анализа его функциональной структуры для уяснения роли каждого элемента в реализации целевой функции.

Верхний иерархический уровень управления – сырьевая база горно-перерабатывающего комплекса. В рассматриваемых условиях на обозримую перспективу остается устойчивая ориентация на открытый способ разработки, обеспечивающий наилучшие технико-экономические показатели. При этом вполне естественно, что на развитие ГПК первостепенное влияние оказывают горно-геологические условия, размеры месторождения и структура потребления минерального сырья. Все это характерно для месторождения Мурунтау, на котором с глубиной изменяются мощность, угол падения и структура рудных залежей. При этом на месторождении вполне отчетливо проявляется структурная особенность – участки прожилкового и штокверкового оруденения, группируясь вокруг «стволовой» части, в совокупности образуют сходящийся книзу пучок рудных тел.

Система иерархических уровней управления характеристиками
горно-перерабатывающего комплекса

Иерархический уровень управления	Объекты управления	Приемы управления	Критерий оценки эффективности управления
Горно-перерабатывающего комплекса	Сырьевые ресурсы месторождений природного и техногенного происхождения	Цикличное вовлечение в освоение сырьевых ресурсов с изменением границы между балансовыми и забалансовыми запасами на основе применения динамических кондиций	Степень использования ресурсного потенциала месторождения
Функциональный элемент горно-перерабатывающего комплекса	Горнодобывающие и перерабатывающие функциональные объекты горно-перерабатывающего комплекса	Технологические, технические и организационные решения по увеличению производственной мощности горно-перерабатывающего комплекса с вовлечением в переработку руды с пониженным содержанием	Производительность объекта с дополнительным выпуском готового продукта в соответствии с функциональным назначением объекта управления
Технологический процесс функционального элемента	Технологические процессы, обеспечивающие выполнение элементом заданных функций	Технологические, технические и организационные решения по повышению эффективности технологических процессов	Интенсивность технологического процесса

Следствием такого строения месторождений (рис. 3.4) является сокращение активной площади рудных залежей по мере увеличения глубины разработки и неизбежность снижения производительности карьера по руде. В этом случае необходимость поддержания производственной мощности ГПК предопределяет вовлечение в переработку отходов горного производства.

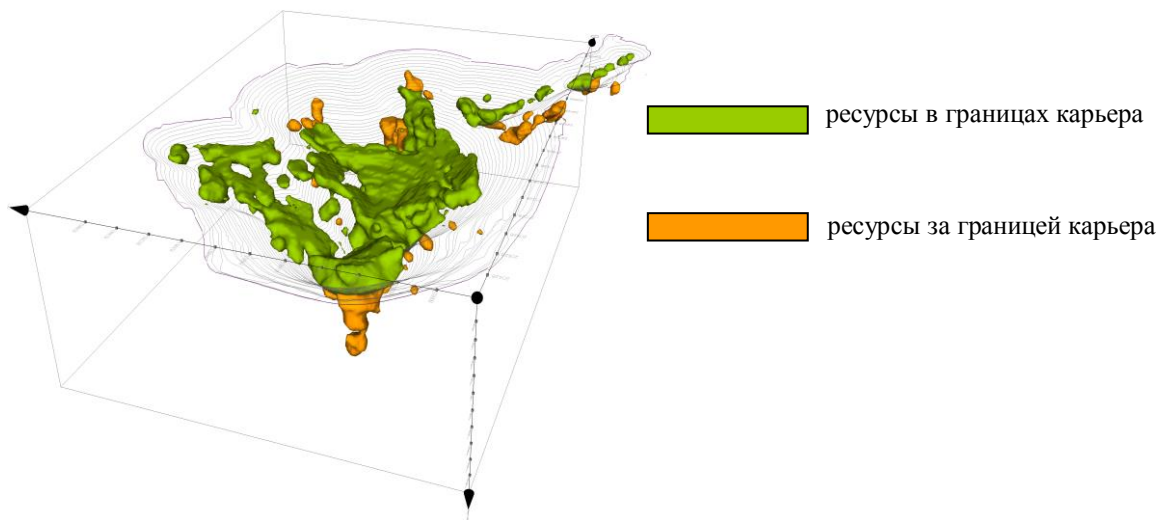


Рис. 3.4. Общий вид месторождения Мурунтау

Другой особенностью строения месторождения Мурунтау является постепенное уменьшение содержания полезного компонента от рудного ствола к флангам залежей, что ориентирует ГПК на расширение выемочных контуров по мере изменения спроса и цены минеральной продукции. Существенную роль в этом случае на извлекаемые запасы месторождений оказывает метод оценки балансовых запасов, что имеет принципиальное значение для крупных и уникальных месторождений.

До настоящего времени оценка месторождений независимо от размера производилась на основе статического подхода, базирующегося на технико-экономических и технологических показателях, достигнутых на ближайших по аналогии горно-перерабатывающих комплексах. Это приводит к тому, что при подсчете запасов формируются статические кондиции, которые вскоре перестают соответствовать фактическим условиям функционирования горно-перерабатывающих производств и приводят к снижению полноты использования ресурсного потенциала месторождений. Такая ситуация имеет наиболее отрицательные последствия для оценки крупных и особенно уникальных по запасам месторождений. Поэтому статический подход к оценке таких месторождений, отработка которых продолжается десятки лет,

неприемлем в силу его несоответствия методу установления границ «балансовая руда – забалансовая руда – пустая порода» по экономическому критерию.

Необходимость перехода на динамическую оценку месторождений подтверждается тем фактом, что компенсация выбывающих из эксплуатации богатых месторождений происходит путем вовлечения в разработку относительно бедных, глубокозалегающих месторождений со значительными запасами [96].

Тенденция снижения содержания в добываемой руде при разработке крупных месторождений неизбежно приведет к расширению выемочных контуров. Такое расширение происходит этапами, что требует перехода от статической к динамической оценке запасов, а следствием такого перехода является увеличение полноты использования ресурсного потенциала месторождений, разработка которых ведется десятки лет.

Именно сырьевая база является основным управляемым параметром ГПК, остальные характеристики которого (объемы горных работ, производительность перерабатывающих объектов, выпуск готовой продукции) – ее производные. Основу этой базы в рассматриваемом случае составляет месторождение Мурунтау, являющееся источником формирования крупных техногенных образований, представленных складами забалансовой руды с содержанием золота более 0,5 г/т и отвалами вскрышных пород со средним содержанием 0,35 г/т, а также месторождение Мютенбай, по существу представляющее оторвавшийся блок месторождения Мурунтау. Однако сегодня горнотехническая ситуация складывается таким образом, что из этих трех источников минерального сырья, не имеющих существенного различия по содержанию, наиболее доступными являются складские запасы, доля которых в переработке приближается к 75-80% [100].

Целью решений верхнего (1-го) иерархического уровня управления системой повышения эффективности работы горно-перерабатывающего

комплекса является увеличение степени использования наиболее доступного ресурсного потенциала месторождения.

Идея, положенная в основу достижения поставленной цели, заключается в том, что сырьевые ресурсы месторождений увеличиваются циклично на основе применением динамических кондиций, а производительность горно-перерабатывающего комплекса изменяется в согласованном режиме с изменением динамических кондиций, смещающих границу между балансовыми и забалансовыми запасами месторождений природного и техногенного происхождения в сторону расширения сырьевой базы.

Для достижения поставленной цели верхнего иерархического уровня потребовалось решение следующих задач:

- обосновать систему кондиций как основу управляющих воздействий при освоении месторождений с экономически устанавливаемыми границами «балансовая руда – забалансовая руда – порода»;

- разработать основы динамического управления минерально-сырьевыми ресурсами при открытой разработке месторождений;

- усовершенствовать систему непрерывного проектирования и планирования открытых горных работ с использованием эффекта анизотропии контролируемого параметра (содержания, среднего размера куска породы и т.п.).

- разработать схему цикличной отдачи от ресурсного потенциала с максимизацией выпуска на основе использования складских запасов в качестве буферного элемента между сырьевой базой и перерабатывающим объектом.

Средний (2-ой) иерархический уровень управления – функциональный элемент горно-перерабатывающего комплекса (рис. 3.6), в качестве которого для дальнейшего анализа с целью повышения производительности и выпуска готовой продукции принимаются объекты (ГПО):

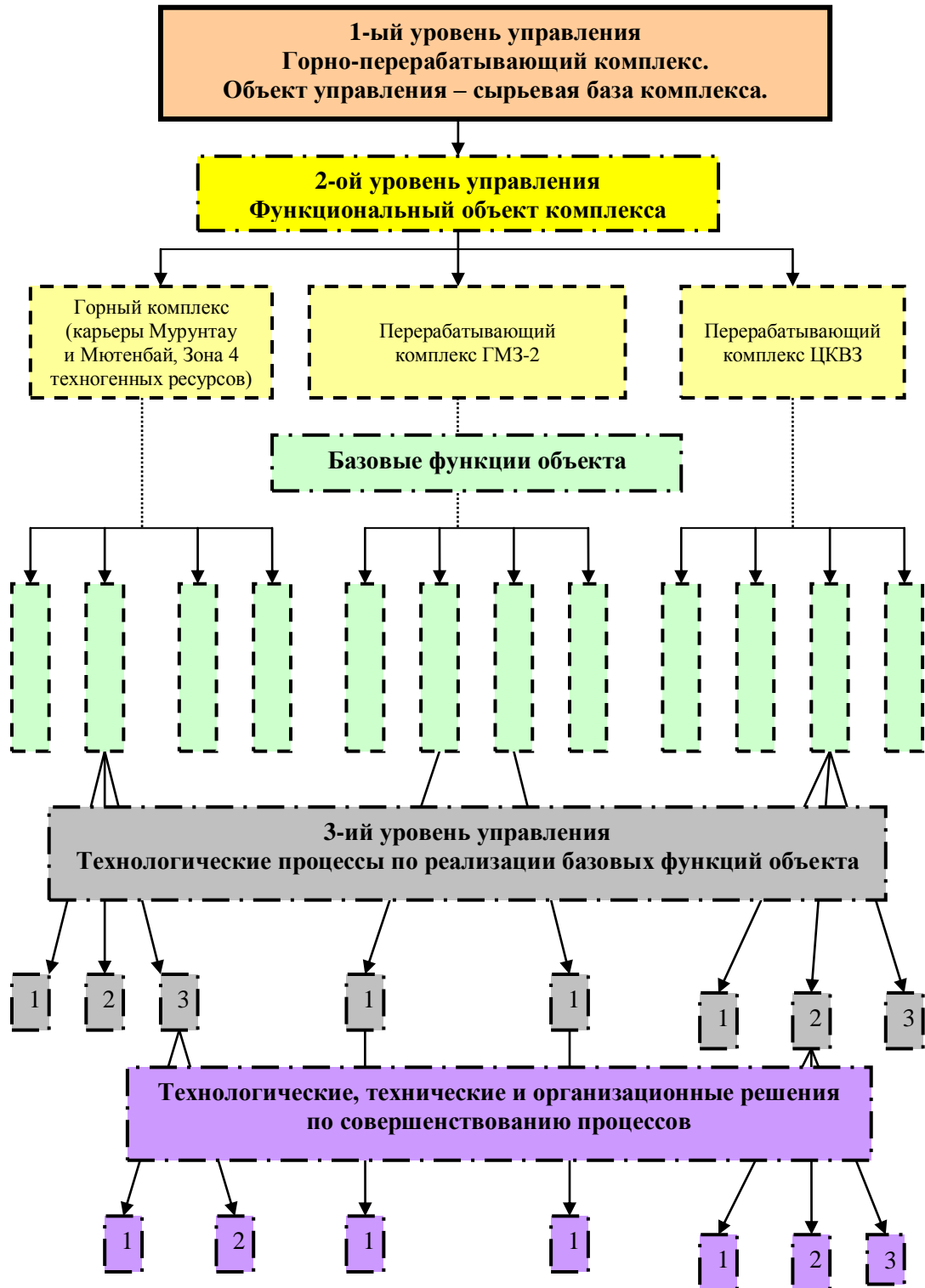


Рис. 3.5. Структурная схема решения задач на иерархически взаимосвязанных уровнях управления горно-перерабатывающего комплекса

– горный комплекс в составе карьера Мурунтау, карьера Мютенбай и техногенных складских ресурсов с обеспечивающим технологическим транспортом;

– перерабатывающий комплекс на основе гравитационно-сорбционной технологии (ГМЗ-2);

– перерабатывающий комплекс на основе кучного выщелачивания из многоярусного штабеля (ЦКВЗ) с выемочно-транспортным звеном.

Каждый объект среднего иерархического уровня наделен вполне определенными функциями.

Горный комплекс предназначен для обеспечения селективной разработки месторождений природного и техногенного происхождения с формированием в согласованном режиме грузопотоков товарной и забалансовой руды, обеспечивающих максимизацию выпуска на заданном отрезке времени.

Перерабатывающий комплекс (ГМЗ-2) обеспечивает выполнение функций подготовки рудной массы к гравитационному и сорбционному извлечению золота, гравитационное и сорбционное извлечение золота с получением готовых слитков, а также складирование отходов.

Перерабатывающий комплекс на основе кучного выщелачивания (ЦКВЗ) обеспечивает разработку техногенного месторождения с укладкой подготовленной рудной массы в многоярусный штабель, цикличное извлечение золота циркулирующими растворами и переработку насыщенных растворов с получением полуфабриката.

Целью решений среднего иерархического уровня управления является увеличение производительности добывающего или перерабатывающего объекта с дополнительным выпуском готового продукта.

Идея, положенная в основу достижения поставленной цели, заключается в том, что после очередного этапа цикличного изменения производительности горно-перерабатывающего комплекса добывающие и

перерабатывающие объекты увеличивают свою производительность за счет реализации новых технологических, технических и организационных решений, обеспечивая тем самым опережающую подготовку системы к следующему этапу цикличного изменения производительности горно-перерабатывающего комплекса.

Для достижения поставленной цели на среднем иерархическом уровне потребовалось решение следующих задач:

- обоснование технологических и технических предпосылок для повышения производительности функционального объекта;
- выделение базовых функций для усовершенствования;
- выбор базовых решений, направленных на повышение эффективности (производительности, выпуска готовой продукции, сокращения потерь и т.п.) функционального объекта.

Нижний (3-й) иерархический уровень управления – технологические процессы, совокупность которых обеспечивает выполнение базовых функций объекта.

Целью решений нижнего иерархического уровня управления является интенсификация технологических процессов с повышением эффективности базовых функций объекта.

Идея, положенная в основу достижения поставленной цели, формулируется для каждого процесса исходя из конкретной цели по базовой функции объекта.

Для достижения поставленной цели на нижнем иерархическом уровне управления потребовалось решение следующих задач:

- детализация целей по базовым функциям с выделением технологических процессов для совершенствования;
- уточнение идеи, которая будет положена в основу решений;
- детализация базовых решений по совершенствованию технологических процессов.

Анализ структурной схемы решения задач на иерархически взаимосвязанных уровнях управления горно-перерабатывающего комплекса показывает, что верхний (1-й) уровень системы базируется на теоретическом изыскании приемов управления сырьевой базой с использованием динамических кондиций на балансовую руду в недрах [96]. Эти теоретические изыскания являются основой для циклического изменения производительности горно-перерабатывающего комплекса в согласованном режиме с циклическим изменением динамических кондиций и расширением сырьевой базы. Такие решения реализуются с периодичностью 5÷10 лет, а последний цикл закончился с запуском в эксплуатацию блока №28 и увеличением проектной производительности перерабатывающего комплекса с ГМЗ-2 до 32 млн. т/год.

Средний (2-й) уровень системы предусматривает рост производительности добывающих и перерабатывающих объектов за счет теоретического обоснования, инженерной проработки и опытно-промышленной проверки технологических, технических и организационных решений по повышению эффективности базовых функций объекта. Такие решения реализуются с периодичностью 2÷5 лет.

Нижний (3-ий) уровень системы предусматривает интенсификацию технологических процессов с повышением эффективности базовых функций объекта на основе внедрения разработанных технологических, технических и организационных решений, которые реализуются с периодичностью 1÷2 года.

В целом объем теоретических проработок уменьшается, а объем практической реализации технологических, технических и организационных решений увеличивается при продвижении от верхнего уровня к нижнему уровню системы. При этом детализация решений также увеличивается.

Таким образом, разработка концепции согласованного развития и использования системы техногенных ресурсов при повышении

эффективности работы горно-перерабатывающего комплекса должна базироваться на последовательности циклично повторяющихся действий: «Определение сырьевых ресурсов на основе динамических кондиций с учетом анизотропии полезных → определение производительности ГПК на очередном этапе освоения месторождения → выделение добывающих и перерабатывающих объектов ГПК → выделение базовых функций объекта → детализация цели и идеи по повышению эффективности базовых функций объекта → обоснование решений по повышению эффективности базовых функций объекта → выделение в базовых функциях обеспечивающих процессов → конкретизация технических решений для каждого обеспечивающего процесса → оценка эффективности реализации технических решений».

Требования к экономической эффективности и экологической безопасности открытых горных работ обуславливают необходимость повышенного и целенаправленного внимания к их использованию, имея в виду не только скопления извлеченного из недр минерального сырья, но и пространство, которое от этого сырья освобождается, технологически взаимосвязанное с пространством, которое этим сырьем заполняется (приложение 2, рис. П.2.2).

Технологическая взаимосвязь между освобождаемым и заполняемым пространством схематично может быть представлена в виде последовательно выполняемых воздействий (рис. П.2.3), целью которых является добыча полезного ископаемого и размещение отходов горного производства (пустой породы, некондиционного сырья и т.п.). Формой воздействия в этом случае является извлечение и складирование минерального сырья с технологической взаимосвязью между собой через процесс его перемещения, что наглядно иллюстрируется классификациями систем разработки и способов отвалообразования [1,2]. В результате таких воздействий образуются выработанное пространство и техногенные массивы из извлеченного

минерального сырья, технологическая взаимосвязь между которыми прослеживается через согласование извлекаемых объемов с вместимостью пространства для его размещения. Достижение поставленной цели в этом случае обеспечивается путем управления развитием выработанного пространства и формированием техногенных массивов, а технологическая взаимосвязь реализуется через согласование порядка извлечения разных сортов минерального сырья из освобождаемого пространства с порядком их размещения в заполняемом пространстве.

Накопленный опыт применения технологии внешнего и внутреннего отвалообразования при разработке крутопадающих месторождений позволяет сделать вывод о том, что формирование внешних и внутренних отвалов должно происходить в согласованном режиме с развитием выработанного пространства карьеров. Такое согласованное развитие пространственных ресурсов предполагает разработку концепции согласованного развития и использования системы пространственных ресурсов при открытой разработке месторождений (рис. П.2.4).

Необходимость согласованного развития системы пространственных ресурсов влечет за собой:

- систематизацию технологических решений по использованию пространственных ресурсов;
- выбор критерия оценки эффективности и определение принципов использования пространственных ресурсов;
- определение условий безопасного заполнения пространственных ресурсов с формированием техногенных массивов, параметры которых обеспечивают их возможность эффективной отработки в будущем;
- определение рационального порядка заполнения, освобождения и повторного использования пространственных ресурсов;
- отношение к сформированным техногенным массивам, не имеющим сегодня потребительской ценности, как к потенциальным источникам

минерального сырья, если для этого в настоящее время имеются хотя бы весьма условные теоретические предпосылки.

Таким образом, концепция согласованного развития и использования системы техногенных ресурсов при открытой разработке месторождений может быть востребована при разработке технологических основ взаимодействия повторяющегося цикла процессов «заполнение – освобождение – заполнение» пространственных ресурсов при формировании и разработке техногенных массивов, что позволит своевременно скорректировать экономико-энергетические затраты на добычу минерального сырья и последствия воздействия горного производства на окружающую среду.

Основные выводы

1. Концепция согласованного развития и использования системы техногенных ресурсов при повышении эффективности работы горно-перерабатывающего комплекса базируется на следующей последовательности циклично повторяющихся действий: «Определение сырьевых ресурсов на основе динамических кондиций с учетом анизотропии полезных → определение производительности ГПК на очередном этапе освоения месторождения → выделение добывающих и перерабатывающих объектов ГПК → выделение базовых функций объекта → детализация цели и идеи по повышению эффективности базовых функций объекта → обоснование решений по повышению эффективности базовых функций объекта → выделение в базовых функциях обеспечивающих процессов → конкретизация технических решений для каждого обеспечивающего процесса → оценка эффективности реализации технических решений».

2. Использование технологического цикла «заполнение – освобождение – заполнение» при вовлечении в переработку

пространственных ресурсов с формированием и разработкой техногенных массивов, позволит своевременно скорректировать экономико-энергетические затраты на добычу минерального сырья и последствия воздействия горного производства на окружающую среду.

3. Установлено, что система непрерывного проектирования и планирования открытых горных работ требует усовершенствования на основе применения динамических кондиций с использованием эффекта анизотропии контролируемого параметра (содержания, среднего размера куска породы и т.п.). Эта систему следует взять за основу схемы циклической максимизации выпуска с использованием складских запасов в качестве буферного элемента между сырьевой базой и перерабатывающим объектом.

4. Установлено, что рациональное использование техногенных ресурсов базируется на последовательно выполняемых технологических воздействиях во внутреннем и внешнем пространстве карьера на основе взаимосвязанных принципов системности, цикличности и согласованности. Применение указанных принципов позволяет выявить приемы эффективного использования минеральных и пространственных техногенных ресурсов, а разработанные критерии направлены на объективную оценку результатов их практической реализации.

5. Накопленный опыт формирования техногенных массивов систематизирован и представлен в виде классификация, разработанной с учетом принципов и приемов использования техногенных ресурсов. Применение такой классификации на практике позволяет выбрать рациональную технологию отсыпки отвалов, средства механизации отвальных работ и технологию их разработки, ориентируясь на характеристику классификационного признака в конкретных условиях его реализации.

6. Результаты опробования геологоразведочных скважин и экскаваторных забоев, проведенного в 2006-2009 гг. при отработке внешних

складов, позволили установить взаимосвязь распределения содержания со способом их формирования, охарактеризовав ее через геометрическую анизотропию. Эта взаимосвязь была положена в основу классификации техногенных образований карьера Мурунтау по технологическому типу. Предложенная классификация позволяет по технологическому типу склада выбрать не только способ разработки забоев, но и способ управления качественными параметрами рудного потока во времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертационной работе на основе выполненных исследований решены актуальной научно-технической задачи по разработке методов управления рудного потока на сложноструктурных месторождениях, повышающий эффективной работы системы «карьер-завод».

Основные научные и практические результаты, полученные при выполнении магистерской диссертационной работы, заключаются в следующем:

1. Исследовано влияние высоты отрабатываемого уступа на эффективность использования запасов. Выявлено, что запасы руды растут с увеличением высоты уступа и падают с увеличением бортового содержания. Среднее содержание в руде постепенно падает с увеличением высоты уступа и растет с увеличением бортового содержания. Установлены оптимальные высоты уступов: при открытой разработке месторождений Мурунтау и Мютенбай в карьере – 15 м, при отработке складов – 10 м с учетом величины потерь и разубоживания не выше 5,0 и 12,0%, соответственно.

2. Разработаны эффективные параметры сети опробования при подготовке запасов и их отработке для условий карьеров Мурунтау и Мютенбай. Рекомендованы размеры ячеек прямоугольных сетей эксплуатационной разведки 4x4 м и 5,6x5,6 м, позволяющие выявлять бедные и богатые участки оруденения с заданной вероятностью подсечения рудных тел и установленной погрешностью оценки средних содержаний металла этих участков.

Решение задачи рационального размещения сети эксплоразведки реализовано с помощью разработанной экономико-математической модели сети и используется при проектировании параметров сети эксплуатационной разведки, направленной на выявление селекционных сортов руд.

3. Разработана методика экономико-технологического нормирования и учета эксплуатационных потерь руды и металла, а также разубоживания добытой руды по нормам прихватов к рудным контурам.

В качестве критерия оценки экономической оптимальности норм прихватов к 1 п.м. рудных контуров и нормативных показателей потерь и разубоживания руды (%) по схемам добычи и сортам руды принят минимальный суммарный ущерб для предприятия от потерь и разубоживания 1 т руды, что обеспечивает максимальную прибыль получения 1 г готовой продукции.

4. Установлена взаимосвязь показателей оптимального соотношения норм мощностей теряемой руды и прихватов разубоживающей породы с экономическим ущербом от потерь и разубоживания 1 т руды по сортам руды. Установлены также посортные показатели экономически оптимального соотношения норм прихватов разубоживающей породы к теряемой мощности руды по результатам расчета по фактическим затратам при добыче и переработке.

Распределение зон технологических прихватов в сечении уступа к 1 п.м. периметра рудного контура по применяемым схемам добычи, определяемых по результатам опытных наблюдений и научным оценкам, на нормы мощностей теряемой руды и прихваты разубоживающей породы рекомендовано производить по разработанным формулам.

Разработаны также формулы определения нормативов для конкретных условий отрабатываемых рудных тел по сортовым планам, уступам и всего по карьере.

5. Управление и горно-геологический контроль за соблюдением технологических норм прихватов и нормативных показателей потерь руды, металла и разубоживания руды в процессе добычи необходимо вести путем отработки рудных тел, участков по рудному контуру при входе забоя экскаватора в руду и сдвижения контура выемки по кровле уступа при

выходе забоя из руды, фиксируемых на исполнительных сортовых планах. За счет сдвижения контура выемки при выходе из руды достигается сокращение потерь руды в откосе уступа при незначительном дополнительном разубоживании руды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brawner C.O. Recent lessons that have been learned in open-pit mine stability // Mining Engineering. – Vol. 38. – №8. –1986.
2. Bye A.R., Jenny C.A., Bell F.G. Slope optimization and review of the geotechnical conditions at Sandsloot open pit. – Proceedings of Ninth International Congress on Rock; Mechanics, Vol. 2, theme 1: Applied rock mechanics – Safety and control of the environment. – Rotterdam, 1999.
3. Slope Stability in Surface Mining – Littleton, Colorado, USA. Publ. by SME. – 2001.
4. Агошков М.И., Воронюк А.С., Громыко А.А. Методика сравнения и выбора схем вскрытия мощных рудных месторождений вертикальными и наклонными рудоподъемными выработками. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1968. – 44 с.
5. Акашев А.Н., Костырин В.Ф. Оптимизация проектных решений по отработке карьера «Юбилейный» // Горный журнал, 2000. – №7. – С.33–35.
6. Анистратов Ю.И. Исследование технологических грузопотоков на карьерах со скальными породами: Автореф. ... докт. техн. наук. – М., 1970. – 42 с.
7. Анистратов Ю.И. Технологические процессы открытых горных работ. – М.: Недра, 1955. – 351 с.
8. Антоненко Л. К. Интенсификация и техническое перевооружение – генеральное направление развития горнорудного производства черной металлургии // Горный журнал, 1986. – №1. – С. 24-27.
9. Аристов И.И., Рубцов С.К., Снитка Н.П. Опыт поэтапного совершенствования методик нормирования и учета потерь разубоживания руды на карьерах Навоийского ГМК // Горный вестник Узбекистана. – №4, 2006. – С. 38-45.

10. Аристов И.И., Селезнев А.В., Кольцов В.Н., Беленко Н.П., Снитка Н.П. Способы и нормативы управления полнотой и качеством отработки запасов на месторождении Мурунтау // Горный вестник Узбекистана. – №1, 2007. – С. 48-52.
11. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. – М.: Недра, 1970. –319 с.
12. Бастан П.П. Теория и практика усреднения руд. – М.: Недра, 1979. – 255 с.
13. Беленко Н.П., Бычков В.Н., Снитка Н.П. Селективно-валовая отработка сложноструктурных рудных зон. // Горный вестник Узбекистана. – №1, 2007. – С. 64-66.
14. Будков В.П. О построении борта карьера выпуклого профиля // Труды ВИОГЕМ. – М.: Недра, 1965. – Вып. 5. – С. 114-124.
15. Бурыкин С.И. Резервы горного производства на карьерах // Горный журнал, 2003. – №3. – С. 14-17.
16. Быковцев А.С., Беленко А.П., Сытенков В.Н. Определение рациональной формы борта глубоких карьеров // Горный журнал, 1999, – №2. – С. 33-35.
17. Быковцев А.С., Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. – Ташкент: ФАН, 2000. – 271 с.
18. Быховец А.Н., Тарасов Г. Е., Козырев А.А. и др. Геомеханическое и техническое обоснование оптимальных конструкций уступов и бортов основного карьера // Горный журнал, 2002. Специальный выпуск.
19. Васильев М.В. Комбинированный транспорт на карьерах. – 2-е изд.– М.: Недра, 1975. – 357 с.
20. Васильев М.В. О рациональных зонах и границах применения различных видов карьерного транспорта // Горный журнал, 1963. – №3. – С. 52-57.

21. Васильев М.В. Современный карьерный транспорт. – 2-е изд. – М.: Недра, 1969. – 303 с.
22. Васильев М.В. Состояние и задачи развития науки и техники в области карьерного транспорта в СССР и за рубежом // Труды ИГД УФ АН СССР, 1962. – Вып. 4. – С. 3–19.
23. Васильев М.В., Фесенко С.Л., Смирнов В.П. и др. Технический прогресс на карьерном транспорте // Горный журнал, 1987. – №2.
24. Васильев М.В., Яковлев В.Л. К обоснованию применения комбинированного транспорта для вскрытия и подготовки новых горизонтов карьеров // Труды ИГД Минчермета СССР, 1964. – Вып. 9.
25. Веницкий К.Е. Оптимизация технологических процессов на открытых горных разработках. – М.: Недра, 1976. – 280 с.
26. Галустьян Э.Л. Совершенствование конструкции нерабочих бортов карьеров // Горный журнал, 1996. – №1-2.
27. Глазунов С.Н. Совершенствование технологических схем циклично-поточной технологии при разработке глубоких рудных карьеров. – Еколопя і природокористування: збірник наукових праць інституту проблем природокористування та екології НАН України. – Вып. 5. Дніпропетровськ, 2003. – С. 164–167.
28. Демин А.М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. – М.: Недра, 1973.
29. Дюкарев В.П., Лазутин Э.С., Юрин Н.Н. и др. Опыт открытой разработки ким-берлитовых месторождений трубок «Айхал» «Юбилейная» // Проблемы открытой разработки глубоких карьеров: Тр. Международного симпозиума «Мирный-91». – Удачный, 1991. – Т. 1.
30. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Утверждена коллегией Госгортехнадзора Узбекистана №9 от 08.05.98; Зарегистрирована Министерством юстиции Узбекистана 26.02.99,

№649.

31. Каплунов Д.Р., Чаплыгин Н.Н., Рыльникова М.В. Принципы проектирования комбинированных технологий при освоении крупных месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал, 2003. – №12. – С. 21–25.

32. Каплунов Д.Р., Шубодеров В.И. Перспективы разработки рудных месторождений комбинированным способом // Горный журнал, 1997. – №8. – С. 16-18.

33. Куклина Е.А. Формирование механизма устойчивого развития горнопромышленного комплекса в условиях рыночной экономики: финансово–инвестиционный аспект // Горный журнал, 2003. – №3. – С. 36.

34. Кучерский Н.И., Лукьянов А.Н., Шеметов П.А. и др. Перспективы использования крутонаклонных конвейеров в карьере Мурунтау // Горный вестник Узбекистана, 1997. – №1. – С. 26-29.

35. Кучерский Н.И., Канцель А.В., Мальгин О.Н. Управление минерально-сырьевой базой перерабатывающего производства // Цветные металлы, 1999. – №7. – С. 22-27.

36. Лель Ю.И., Смирнов В.П. Теория карьерного большегрузного автотранспорта // РАН Уральское отделение института горного дела. – Екатеринбург, 2002. – С. 355.

37. Лукьянов А.Н., Рубцов С.К., Шеметов П.А. Подготовка горной массы для циклично–поточной технологии в условиях карьера Мурунтау // Горный информационно–аналитический бюллетень. – Изд. МГГУ, 1997. – №4. – С. 60-62.

38. Лукьянов А.Н., Штейнберг А.Б., Мальгин О.Н. Основные технологические решения по совершенствованию перемещения горной массы на карьере // Горный журнал, 1992. – №2. – С. 20-22.

39. Мазуркевич А.П., Шеметов П.А. Управление качеством рудного потока на глубоких карьерах // Докл. на межд. научн.-практ. конференции

«Инновация–2000». – Бухара, 2000.

40. Мальгин О.Н. Анализ опыта разработки осадочных месторождений учкудукского типа // Горный вестник Узбекистана, 1997. – №1. – С. 34-40.

41. Мальгин О.Н., Иоффе А.М., Зайков В.Г. Интенсификация горных работ в сложных горно-геологических условиях карьера Мурунтау // Горный журнал, 2002. Специальный выпуск. – С. 50-55.

42. Мальгин О.Н., Рубцов С.К., Шеметов П.А. и др. Совершенствование технологических процессов буровзрывных работ на открытых горных работах. – Ташкент: «Фан» АН РУз, 2003. – 199 с.

43. Мальгин О.Н., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Комплекс ЦПТ карьера «Мурунтау»: опыт эксплуатации и перспективы развития // Горный журнал, 2003. – №8. – С. 26-30.

44. Мальгин О.Н., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Обоснование главных параметров горно–перерабатывающего комплекса при освоении крупных месторождений // Горный Вестник Узбекистана, 2004. – №3. – С. 34-38.

45. Мальгин О.Н., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Циклично-поточная технология в глубоких карьерах. – Ташкент: «Фан» АН РУз, 2004. – 337 с.

46. Мелик–Гайказов И.В, Кампель Ф.Б. Берлович В.В и др. Концепция долгосрочного развития Ковдорского ГОКа // Горный журнал, 2002. Специальный выпуск.

47. Мельников Н.В., Фаддеев Б.В. К решению научных и технических проблем глубоких карьеров // Физико–технические горные проблемы. – М.: Наука, 1971. – С. 5-10.

48. Мельников Н.В., Веницкий К.Е., Меньшов В.С. и др. Вопросы выбора производственной мощности карьера. – М.: Наука, 1971. –166 с.

49. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л.: ВНИМИ, 1972.

50. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва. – М.:

Недра, 1978. – 356 с.

51. Новожилов М.Г. Открытые горные работы. – М: Недра, 1965. – 553 с.

52. Новожилов М.Г., Дриженко А.Ю., Маевский А.М и др. Высокопроизводительные глубокие карьеры. – М.: Недра, 1984. – 188 с.

53. Новожилов М.Г., Кучерявый Ф.И., Хохряков В.С. и др. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. – Ч. 1. – М.: Недра, 1971. – 512 с.

54. Певзнер М.Е., Кирюхина Е.М., Корнеева И.П. Возмещение экологического ущерба при ликвидации горных предприятий // Горный журнал. 2003, – №3. – С. 86-90.

55. Петриенко В.З., Кокорин В.И., Латышев В.И. и др. Покусковая контрастность забалансовых руд месторождения Мурунтау и оценка перспектив их сортировки гамма-активационным методом в покусковом режиме // Рукописный отчет по НИР. – Навои, 1987. – Фонды НГМК. – Арх. №620. ДСП.

56. Пивень В.А. Обоснование параметров технологии разработки карьера Ингулецкого ГОКа при внутреннем отвалообразовании. – Еколопя і природокористування: збірник наукових праць інституту проблем природокористування та екології НАН України. – Вып. 5. Дніпропетровськ, 2003. – С. 160-163.

57. Полищук С.З., Лашко В.Т., Кучерский Н.И. и др. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров. – Днепрпетровск: «Полиграфист», 2001.

58. Правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – Ташкент: Узбекистан, 1996. – 126 с.

59. Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. GPS-система диспетчерского управления экскаваторно-автомобильным комплексом и качеством рудного потока в глубоких карьерах // Горный информационно-

аналитический бюллетень. – Изд. МГГУ, 2001. – №11. – С. 65-69.

60. Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Состояние, проблемы и пути развития технологического автотранспорта при строительстве сверхглубокого карьера Мурунтау // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Изд. МГГУ, 2001. – №12. –С. 122-125.

61. Ржевский В.В. Научные основы проектирования карьеров. – М.: Недра, 1977. – 598 с.

62. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. – М.: Недра, 1975. – 574 с.

63. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ. – М.: Недра, 1974. – 520 с.

64. Рубцов С.К., Шлыков А.Г., Шеметов П.А. Повышение эффективности буровзрывных работ на карьерах комбината // Горный журнал, 1998. – №8. – С. 41-45.

65. Савич Н.И. Комбинированная разработка кимберлитовых месторождений // Горная промышленность, 2004. – №1. – С.42-43.

66. Сапаков Е.А. Прогрессивная технология открытой разработки месторождений медных руд по методу Р.Б. Юна // Горный журнал, 2002. – №5. – С. 39-43.

67. Сапожников В.Т. Решение задач об откосе выпуклого профиля // Тр. по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород. – Л.:ВНИМИ, 1960. – С. 45-52.

68. Силкин А.А., Кольцов В.Н., Шеметов П.А. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах Узбекистана. – Ташкент: Фан, 2005. – 229 с.

69. Снитка Н.П., Стрыгин И.В., Оптимизация уровня потерь и разубоживания при проведении горно-эксплуатационных работ. – Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии

освоения недр: Мат. IV межд. конф. 18-25 сентября 2005 г. – Москва-Навоий, 2005. – С. 109-110.

70. Снитка Н.П. Управление качеством рудопотока при открытой разработке месторождений с условными границами рудных тел // Горный журнал. – №8, 2008. – С. 40-43.

71. Снитка Н.П. Расширение области применения циклично-поточной технологии добычи и отгрузки в переработку руды при разработке месторождения Мурунтау. Сб. науч. ст. межд. науч.-практ. конф. «Инновация–2010». – Ташкент, 2008. – С. 169-171.

72. Снитка Н.П. Освоению месторождения Мурунтау - 40 лет // Горный вестник Узбекистана. – №1, 2007. – С. 9-12.

73. Снитка Н.П. Разработка методов и средств формирования рудного потока на месторождениях с условными границами рудных тел // Горный вестник Узбекистана. – №2, 2011. – С.

74. Справочник. Открытые горные работы / Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Винницкий К.Е. и др. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

75. Сытенков В.Н. О целесообразности искусственного проветривания глубоких карьеров // Горный журнал, 2003. – №8. – С. 89-93.

76. Сытенков В.Н. Управление пылегазовым режимом глубоких карьеров. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 288 с.

77. Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Мурунтау в середине пути // Металлы Евразии, 2002. – №2. – С.20-22.

78. Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Некоторые особенности эксплуатации, проблемы и перспективы развития горнодобывающего комплекса Мурунтау // Докл. на межд. научн.–практ. конференции «Инновация–2003». – Ташкент, 2003.

79. Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Освоение техногенных месторождений как основное направление снятия нагрузки с карьера Мурунтау // Докл. на Межд. республ. научн.–практ. конф. "Проблемы

освоения техногенных месторождений". – Алма–Ата, 1991.

80. Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Повышение эффективности управления экскаваторно–автомобильным комплексом в глубоких карьерах // Экология и природопользование: Сб. научных трудов института проблем природопользования и экологии НАН Украины. –Вып. 5. – Днепропетровск, 2003. – С. 153-159.

81. Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Технологические схемы отработки техногенных месторождений складов спецпороды при разработке сложноструктурных месторождений // Проблемы природопользования, устойчивого развития и техногенной безопасности регионов: Мат. второй Межд. научн.–практ. конференции. – Днепропетровск, 2003. – С. 179-181.

82. Табакман И.Б., Абидов Г.М. Управление грузопотоками в карьерах. – Ташкент: «Фан», 1985. – 119 с.

83. Тангаев И.А. Энергетическая концепция оптимального управления открытыми горными работами // Проблемы открытой разработки глубоких карьеров: Тр. Межд. симп. «Мирный-91». – Удачный, НИЦМастер, 1991. – С. 26-31.

84. Тангаев И.А. Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 231 с.

85. Толстов Е.А., Сытенков В.Н., Филиппов С.А. Процессы открытой разработки рудных месторождений в скальных массивах. – Ташкент: «ФАН» АНРУз, 1999. – 276 с.

86. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965. – 378 с.

87. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. М.: Недра, 1980.

88. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. М.: Недра, 1992.

89. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1995.

90. Хохряков В.С. Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок. Екатеринбург: изд. УГГА, 1996.

91. Цветков В.К. Определение форм сечений горных выработок с заданными напряжениями на их контуре // ФТПРПИ, 1986. – №2. – С. 24-29.

92. Цветков В.К., Демин А.М. Расчет рациональной формы контура борта карьера. В сб. "Проблемы открытой разработки глубоких карьеров" // Тр. Межд. симп. «Мирный–91». – Удачный. – НИЦ "Мастер", 1991. – С. 215-218.

93. Шеметов П.А. Адаптация технологии отработки глубоких карьеров к сокращению ширины рабочих площадок // Горный Вестник Узбекистана, 2000. – №1. – С. 32-34.

94. Шеметов П.А. К вопросу о повышении эффективности использования геоэкономического потенциала месторождений сложного строения на современном этапе развития открытых горных работ // Горный Вестник Узбекистана, 2005. – №2. – С. 54-59.

95. Шеметов П.А. Основные направления совершенствования взрывных работ в Навоийском ГМК // Горный Вестник Узбекистана, 2004. – №3. – С. 42-45.

96. Шеметов П.А. Основные технологические решения по расширению георесурсного потенциала при освоении месторождения Мурунтау // Горный Вестник Узбекистана, 2005. – №3. – С.42-51.

97. Шеметов П.А. Основные технологические решения по совершенствованию отработки месторождения Мурунтау // Научно–техническое обеспечение горного производства: Сб. тр. инст. горного дела им. Д.А. Кунаева. – Т. 68. – Ч. 2. – Алматы, 2004. – С. 28-32.

98. Шеметов П.А. Оценка устойчивости бортов глубоких карьеров для обеспечения безопасности горных работ // Горный Вестник Узбекистана, 2002. – №4. – С.41-42.

99. Шеметов П.А. Повышение эффективности работы автомобильно–

конвейерного комплекса в глубоком карьере Мурунтау // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Мат. 3-межд. конф. – Москва-Бишкек, 2004. – С. 96-98.

100. Шеметов П.А. Повышение эффективности управления грузопотоками при открытой разработке сложноструктурных месторождений // Развитие и эффективность автомобильно–дорожного комплекса в Центрально–азиатском регионе: Докл. на Межд. научн.–техн. конф. – Ташкент, 2000.

101. Шеметов П.А. Подготовка горной массы для циклично-поточной технологии карьера Мурунтау. – Сб. «Теория и практика разработки месторождения Мурунтау открытым способом». – Ташкент: «ФАН» АН РУз, 1997. – С. 75-80.

102. Шеметов П.А. Проблемы отработки глубоких горизонтов карьера Мурунтау // Горный Вестник Узбекистана, 2000. – №1. – С. 30–32.

103. Шеметов П.А. Управление качеством рудного потока при циклично–поточной технологии разработки сложноструктурных месторождений // Горный журнал, 2002. Специальный выпуск. – С. 80-83.

104. Шеметов П.А., Бычков В.Н. Управление качеством рудного потока в карьере Мурунтау // Горный вестник Узбекистана, 2001. – №2. – С. 31-35.

105. Шеметов П.А., Коломников С.С. Развитие выемочно–транспортного комплекса карьера Мурунтау // Горный журнал, 2002. Специальный выпуск. – С. 65-70.

106. Шеметов П.А., Кравченко Ф.А. Взаимосвязь выемочно–транспортной техники с режимом горных работ в карьере // Докл. на Респ. науч.–техн. конф. с межд. участием «ISTIQLOL». 23–25 сентября 2004. – Навои, 2004. – С. 28.

107. Шеметов П.А., Селезнев А.В. Планирование добычных работ в режиме межзабойного усреднения // Докл. на Межд. научн.–практ. конф. «Инновация–2000». – Бухара, 2000.

108. Шеметов П.А., Федянин С.Н. Основные проблемы и пути решения сортировки золотосодержащей горной массы в технологическом потоке карьера Мурунтау // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Изд. МГГУ, 2001. – №11. – С. 83-86.

109. Шеметов П.А., Снитка Н.П. Приемы динамического управления сырьевыми ресурсами при открытой разработке месторождений // Горный вестник Узбекистана. – №3, 2010. – С. 8-11.

110. Шешко Е.Ф. Основы проектирования угольных карьеров. М.: Углетехиздат, 1950.

111. Шешко Е.Ф. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. М.: Углетехиздат, 1957.

112. Шешко Е.Ф., Ржевский В.В. Основы проектирования карьеров. М.: Углетехиздат, 1958.

113. Яковлев В.Л., Попов В.М. Методические основы перехода на комбинированные виды транспорта в глубоких карьерах // Мат. 3-й Всесоюз. науч.-техн. конф. по карьерному транспорту. – Свердловск, 25–27 мая 1973 г. – Ч. 1. – Свердловск: ИГД Минчермета СССР, 1973. – С. 354-357.

114. Яковлев В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. – Новосибирск: «Наука». – Сибирское отделение, 1989. – 239 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Иерархические уровни управления качеством рудного потока
системы «месторождение-карьер-завод»

Уровень системы	Задачи	Способы решения	Критерии
Месторождение	<p>Детальная разведка:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оконтуривание и подсчет запасов; - выбор технологии извлечения полезного компонента 	<p>Выбор способа и обоснование сети опробования.</p> <p>Выбор метода подсчета запасов.</p> <p>Исследование технологических свойств руды</p>	<p>Кондиции на полезное ископаемое</p>
Карьер	<p>Эксплуатационная разведка и разработка месторождения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Уточнение контуров и расчет запасов; - Составление проектов на отработку запасов; - Добыча полезного ископаемого и отгрузка руды в соответствии с техническими условиями на завод. 	<p>Выбор способа опробования и оптимальной сети эксплуатационной разведки.</p> <p>Выбор рациональной высоты уступа.</p> <p>Расчет потерь и разубоживания и определение качества полезного ископаемого в товарной руде.</p> <p>Перспективное и текущее планирование горных работ.</p> <p>Оперативное управление горными работами и усреднение качества полезного ископаемого</p>	<p>Оперативные эксплуатационные кондиции</p>
Завод	<p>Получение конечного продукта при условии максимального извлечения полезного компонента из руды и минимальных затрат на переработку руды</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Обеспечение однородности перерабатываемой руды по технологическим свойствам и среднему содержанию полезного компонента; - Оптимальное дробление руды и расход реагентов 	<p>Технические требования к перерабатываемой руде</p>

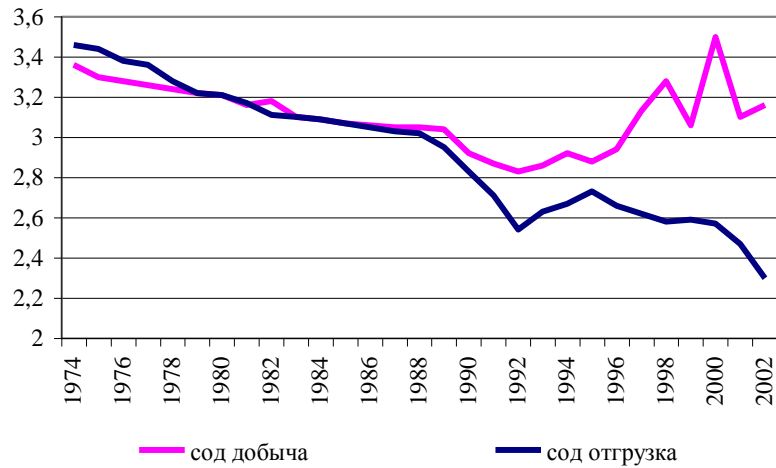


Рис. П.1.1. Содержание металла в добытой и отгруженной руде

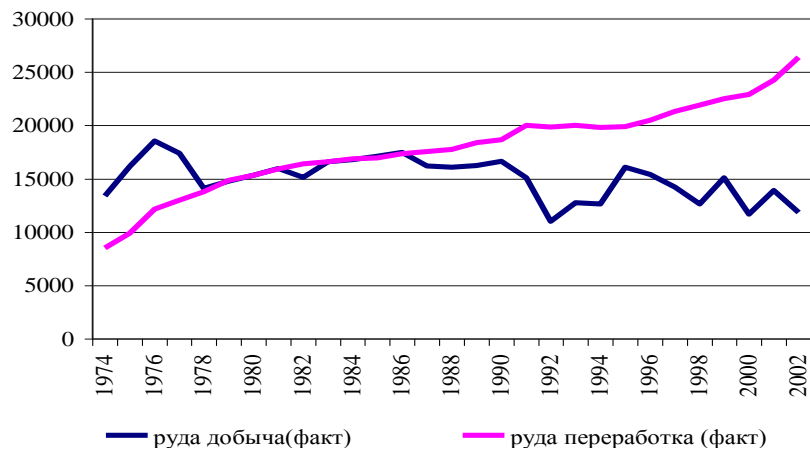


Рис. П.1.2. Добыча и переработка руды

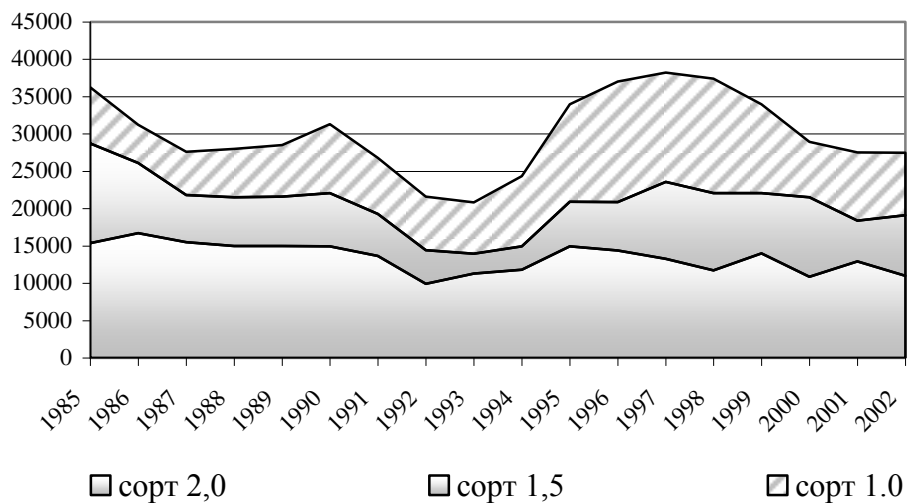


Рис. П.1.3. Динамика изменения сырьевой базы в отработанных запасах по различным бортам

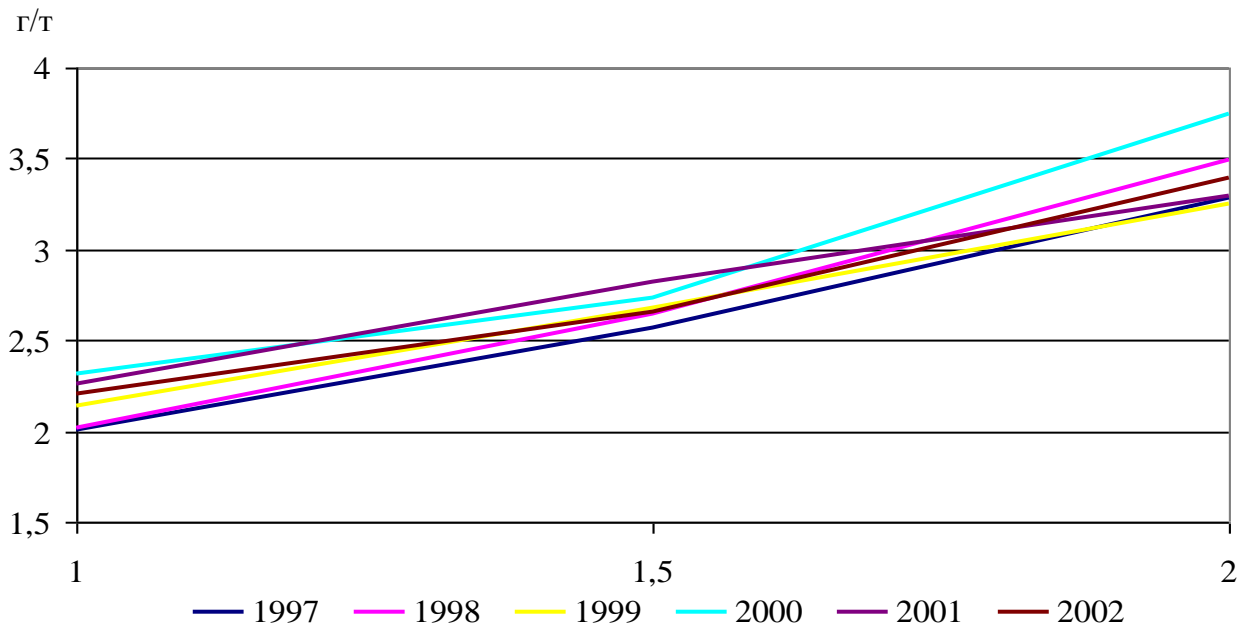


Рис. П.1.4. Содержание в недрах по бортам (контура отработки)

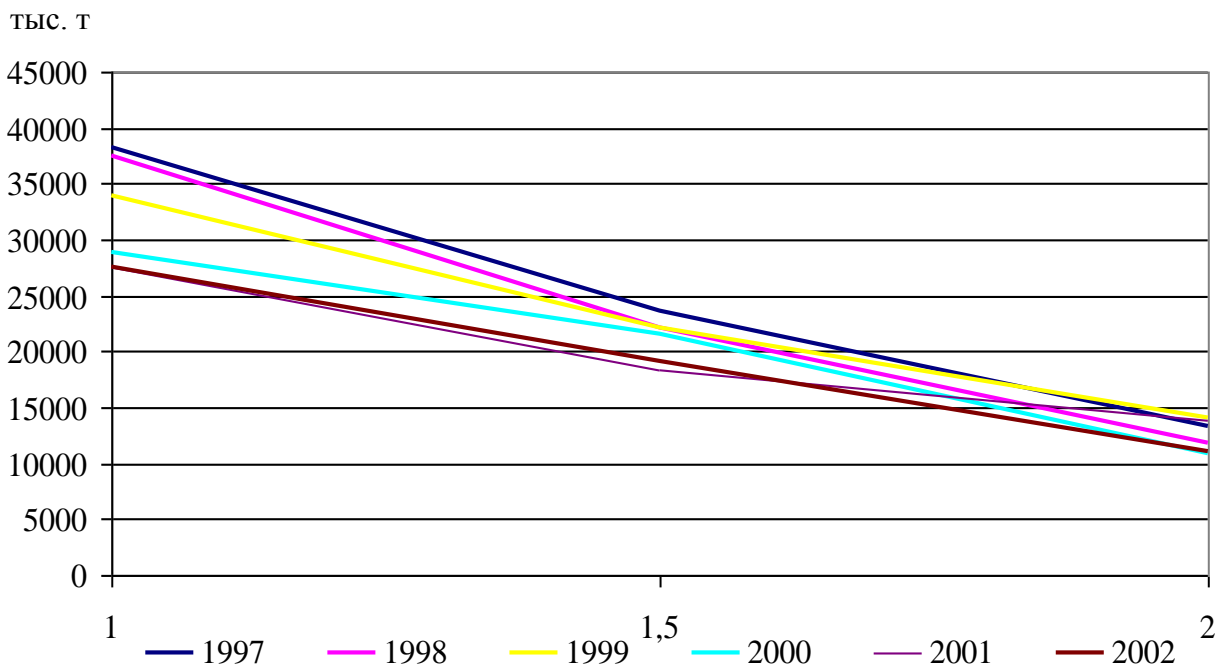


Рис. П.1.5. Количество руды в недрах по бортам (контура отработки)

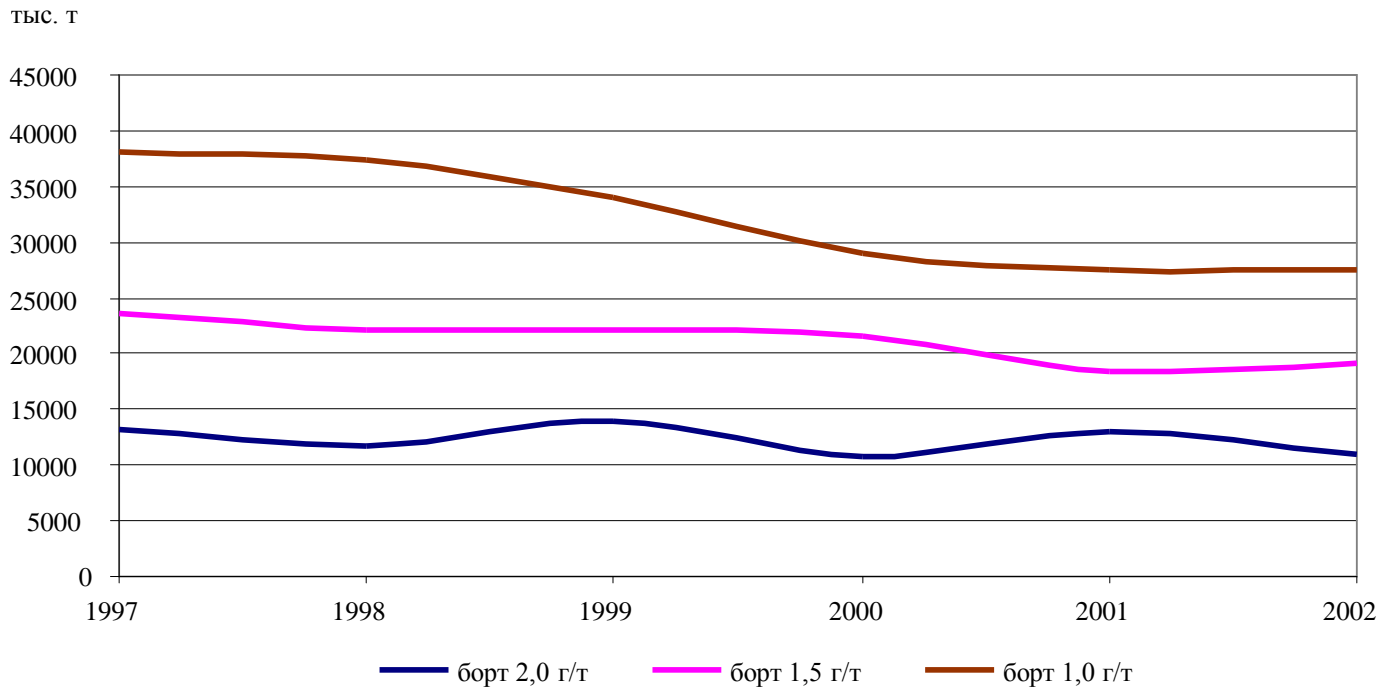


Рис. П.1.6. Изменение извлекаемых запасов по бортам за 1997-2002 гг.

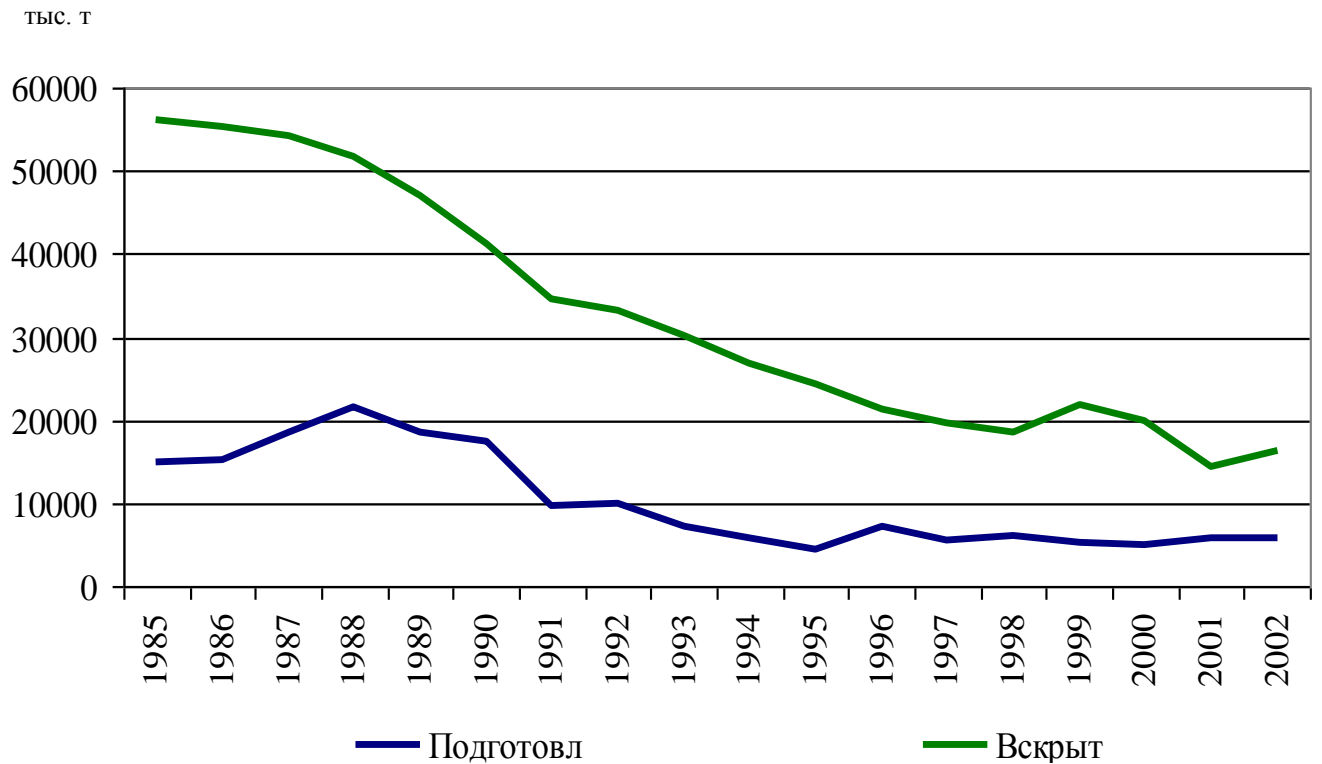


Рис. П.1.7. Подготовленные запасы

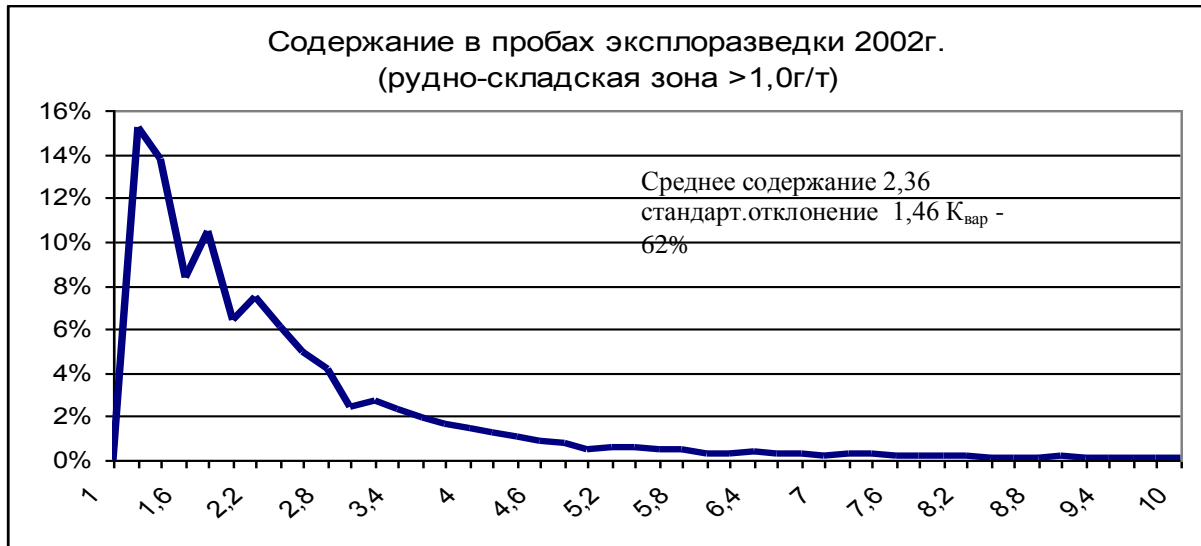


Рис. П.1.8. Распределение содержания металла в пробах эксплоразведки

Распределение объемов и средних содержаний в добытой руде (2002 г.)

Сорт	Всего руды в сорте, тыс. т	Содержание, г/т	Объем богатой руды	
>1,0	19280,0	2,76	–	–
1-9 г/т	19118,0	2,66	162,0	1%
1-7 г/т	18816,0	2,58	464,0	2%
1-5 г/т	18117,0	2,46	1163,0	6%
1-3 г/т	14306,0	2,15	4974,0	26%

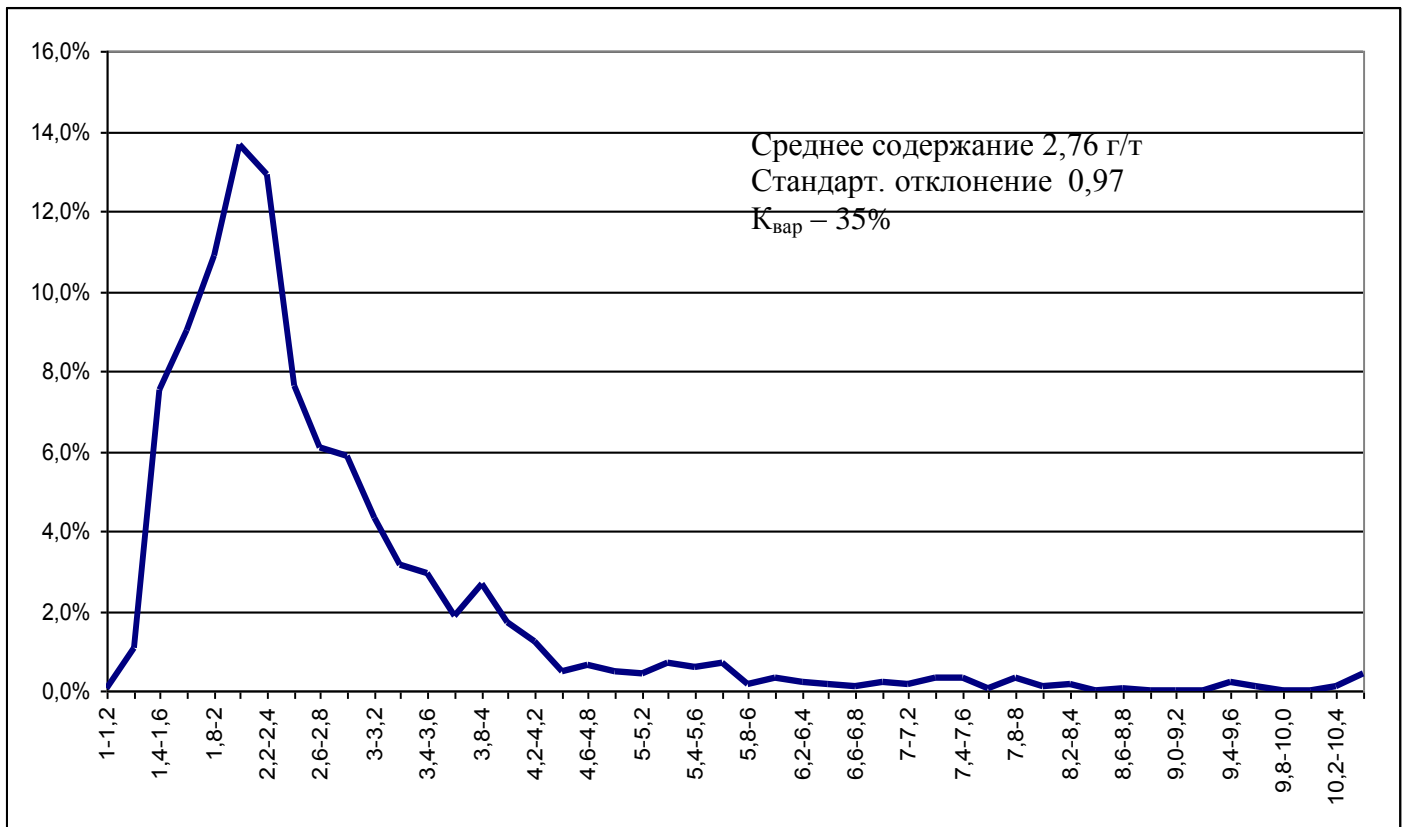


Рис. П.1.9. Вариационные кривые распределения содержаний золота в добытой руде

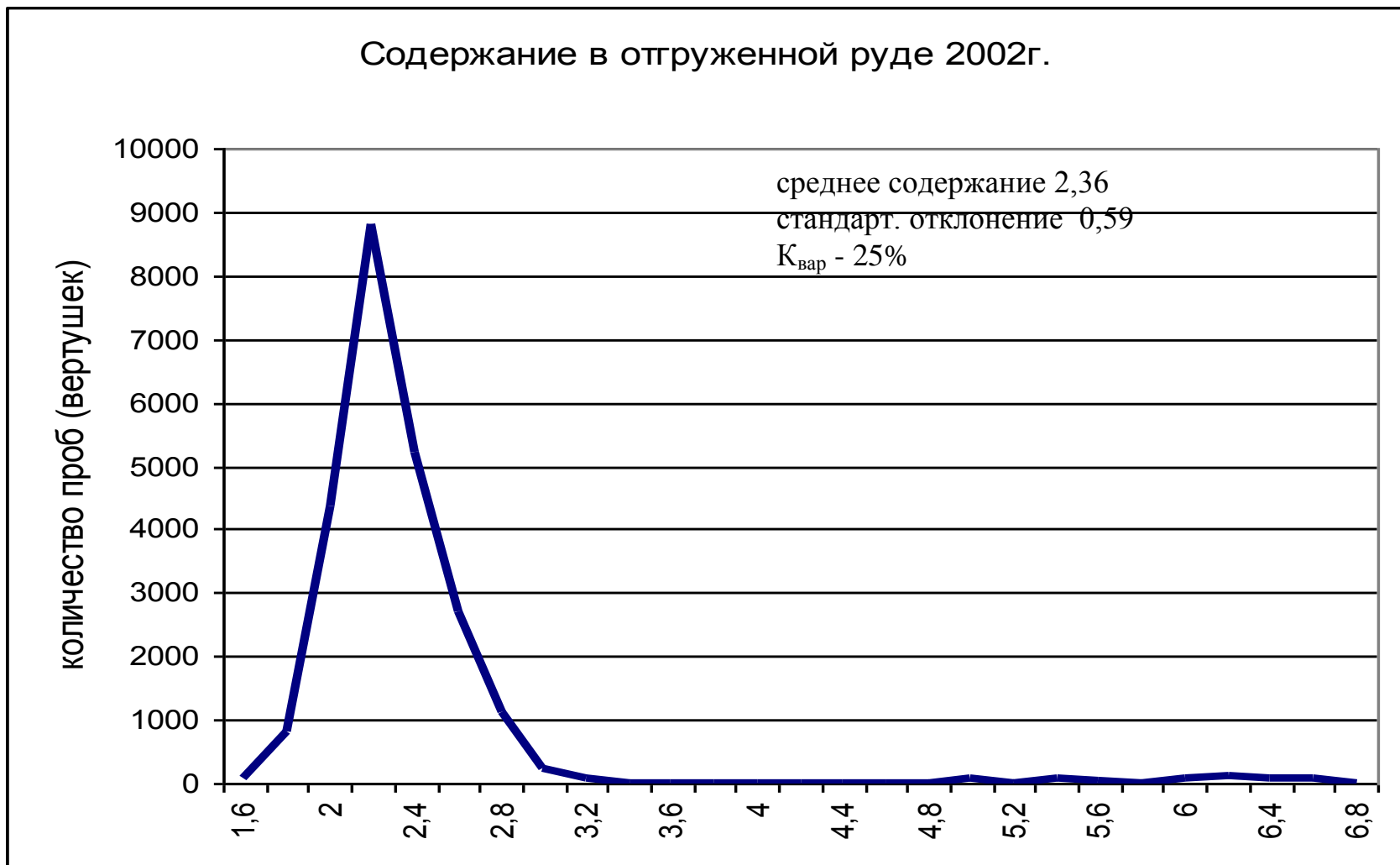


Рис. П.1.10. Вариационные кривые распределения содержаний золота в отгруженной руде

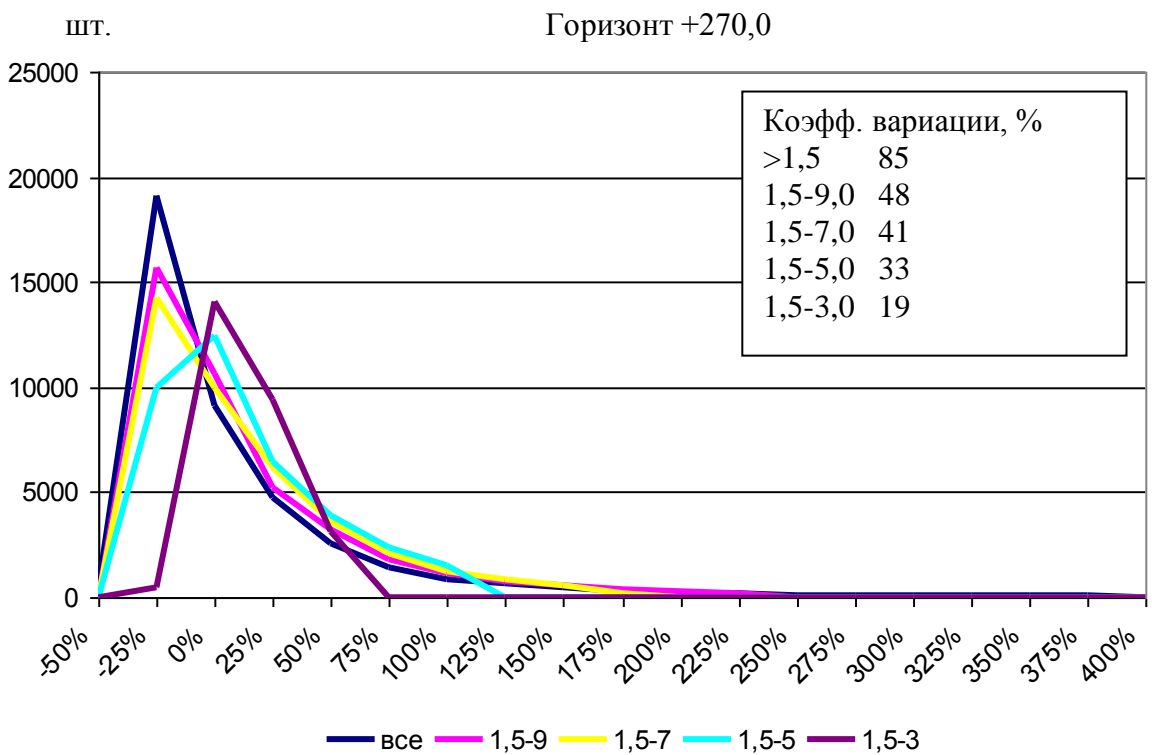
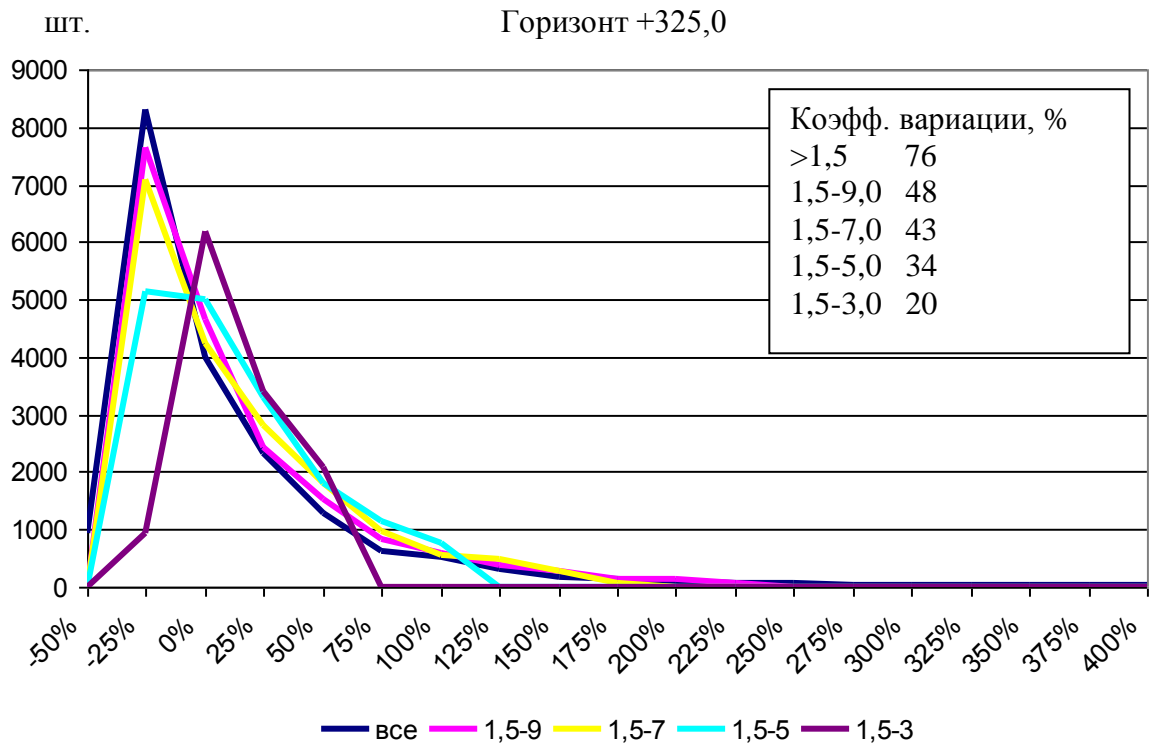


Рис. П.1.11. Отклонения содержаний по горизонтам

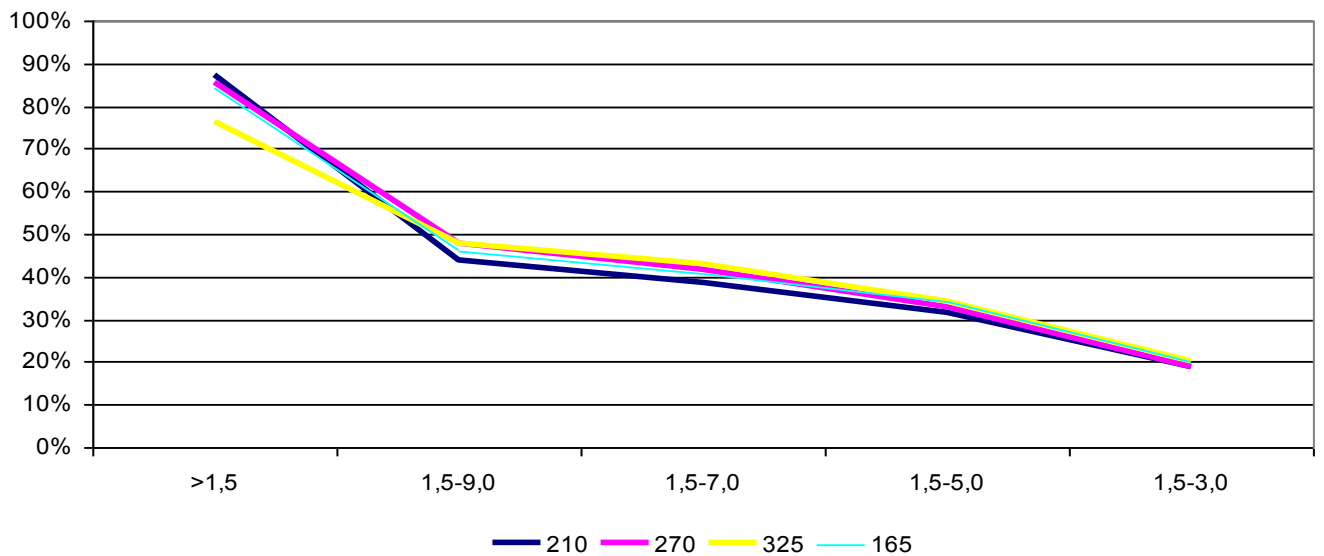
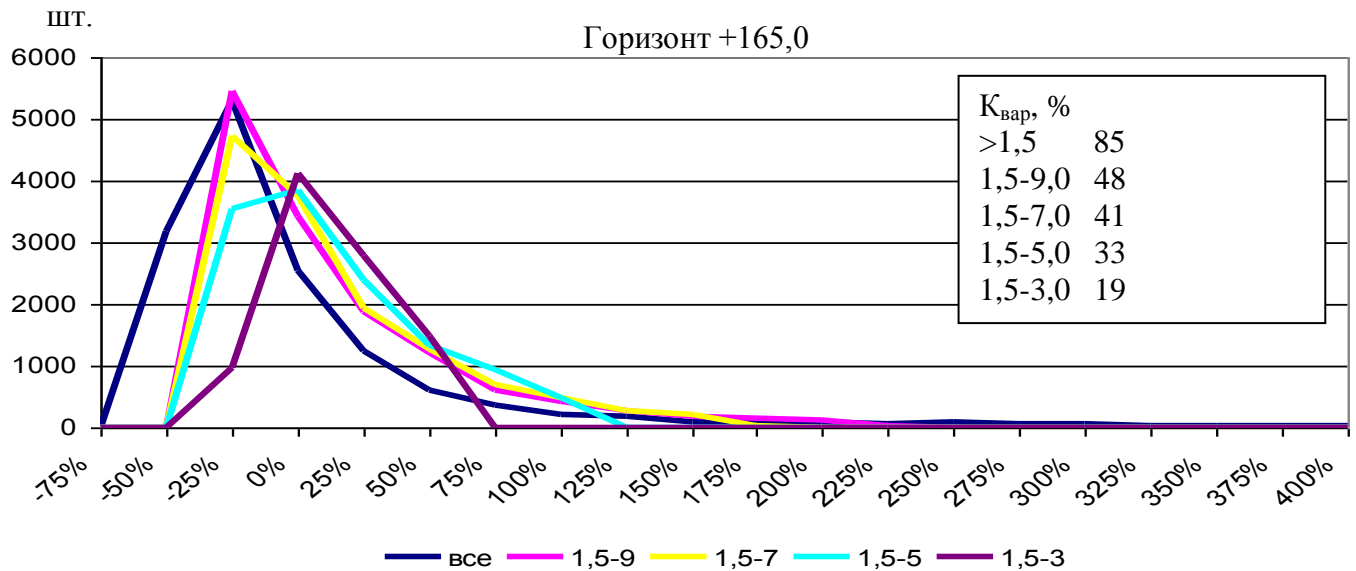
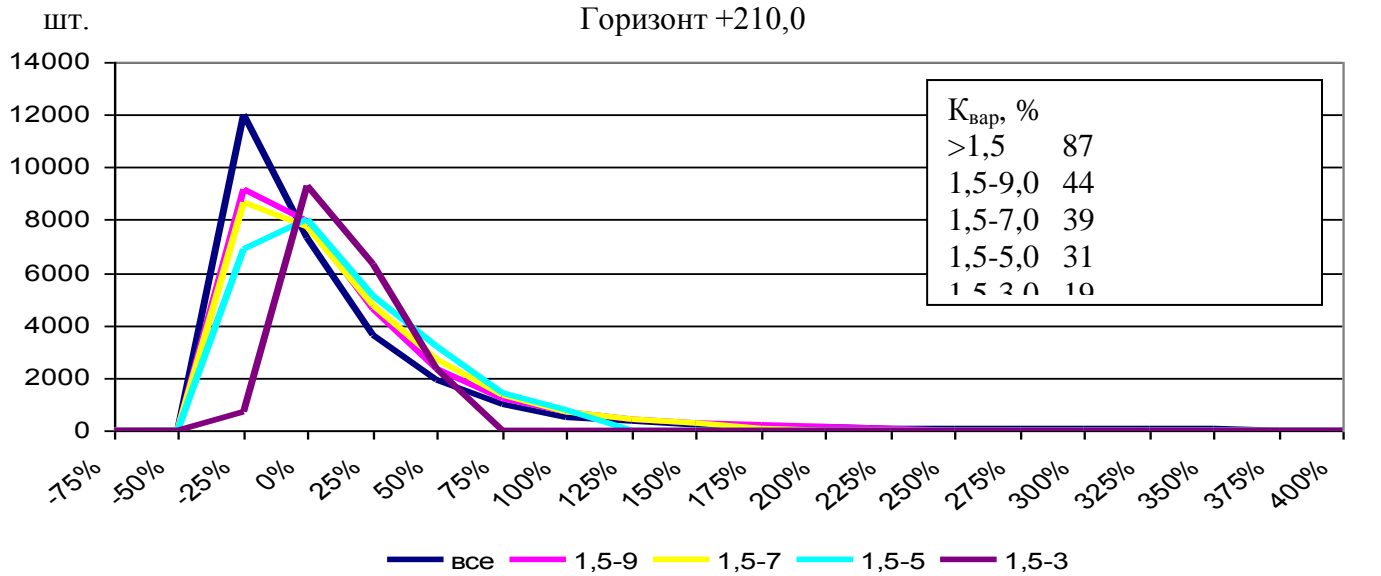
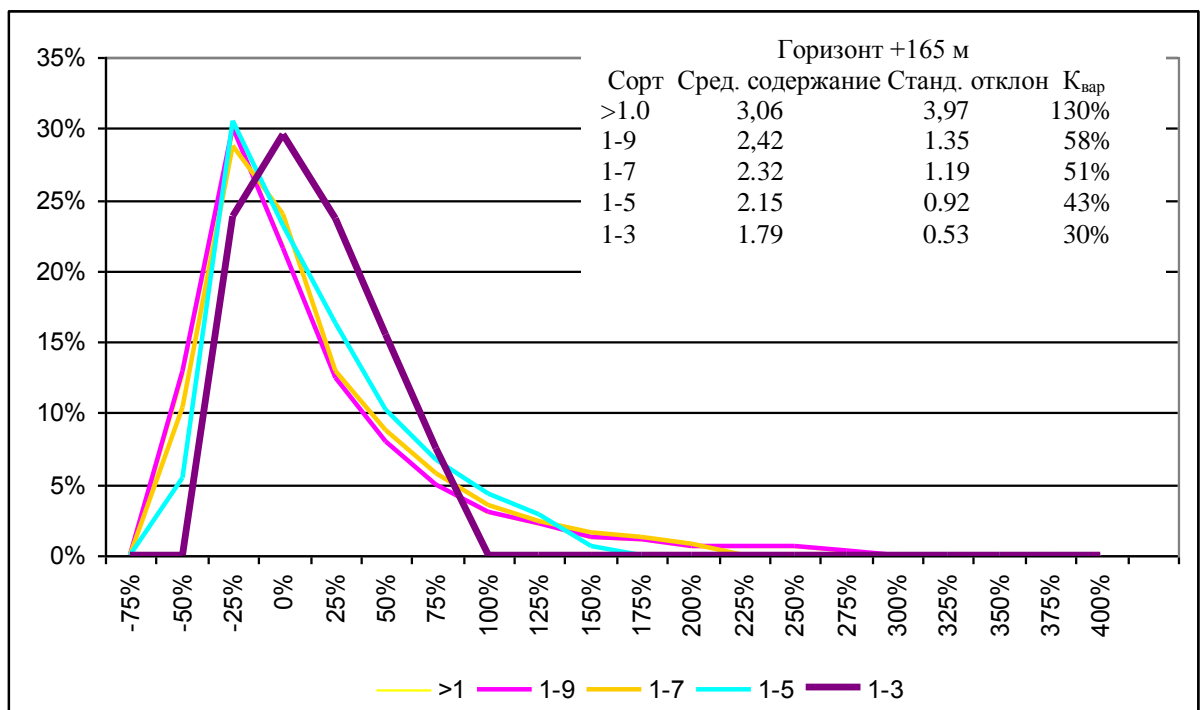
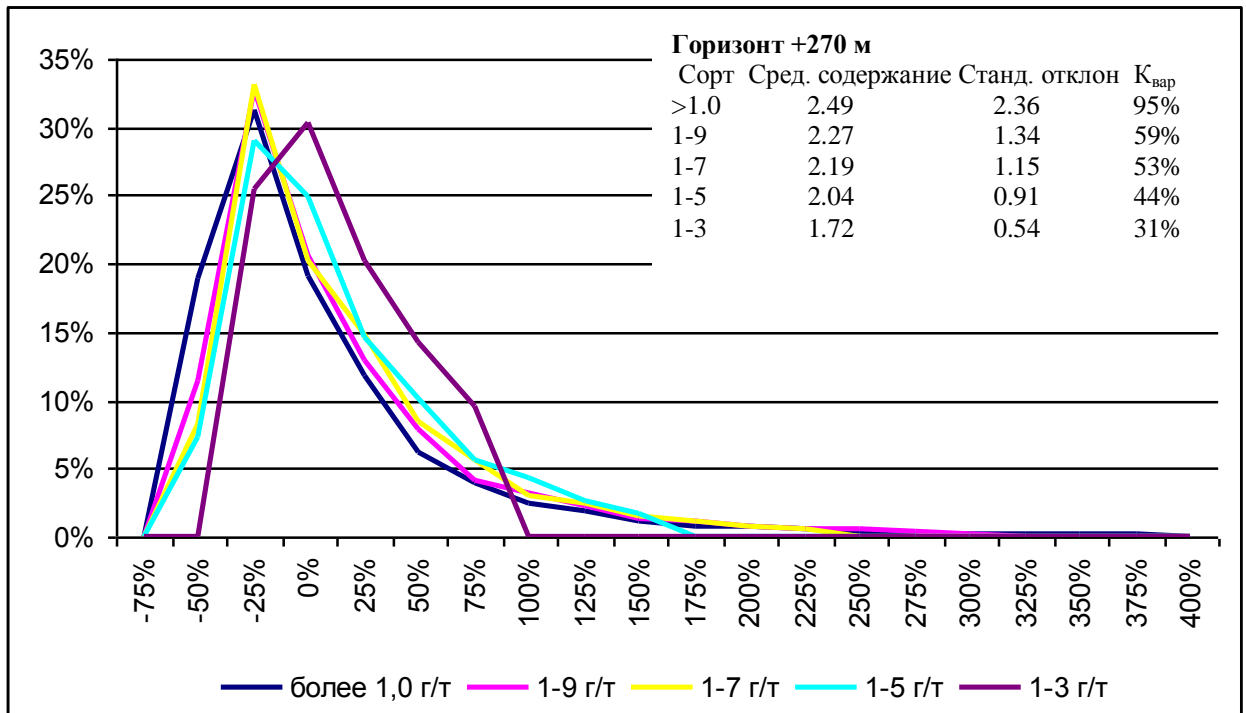


Рис. П.1.11, а. Отклонения содержаний по горизонтам и изменение K_{вар}



**Рис. П.1.11, б. Отклонение содержаний золота по горизонтам
(данные эксплопробования)**

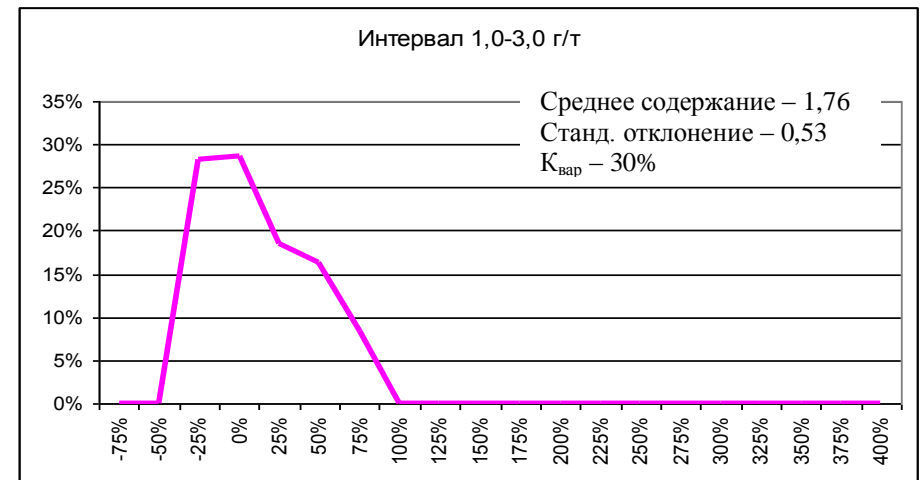
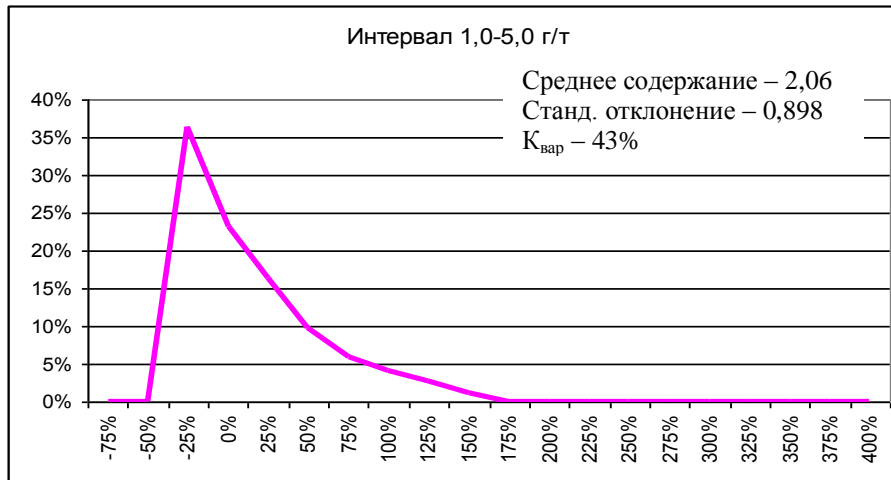


Рис. П.1.11, в. Отклонение содержаний золота в контурах отработки (данныеexploробования)

Расчет распределения запасов по горизонтам

по сортам эксплоразведки												
сорт	165			210			270			325		
	тыс. т	г/т	кг	тыс. т	г/т	кг	тыс. т	г/т	кг	тыс. т	г/т	кг
0-0,69	1654	0,49	810	3837	0,48	1842	8646	0,42	3605	17639	0,35	6131
0,7-0,99	831	0,87	723	2620	0,85	2227	4723	0,85	4021	5825	0,85	4960
1,0-1,49	1827	1,28	2339	4573	1,25	5716	9524	1,26	11978	7823	1,26	9883
1,5-1,99	2247	1,74	3910	4426	1,74	7701	8106	1,73	14060	3873	1,76	6810
2,0-2,99	2881	2,45	7058	5748	2,45	14083	7608	2,43	18475	4558	2,48	11298
3,0-4,99	1548	3,75	5805	2776	3,68	10216	3793	3,74	14203	2720	3,76	10236
5,0-6,99	234	5,81	1360	339	5,88	1993	243	5,74	1395	501	5,87	2942
7,0-8,99	205	7,52	1542	136	7,59	1032	330,4	7,64	2524,7	194	7,36	1427
>9,0	246	11,37	2797	15	9,36	140	156	10,02	1563	3	9,33	28
Итого	11673	2,26	26343	24470	1,84	44950	43129	1,67	71825	43136	1,25	53715
по сортам для усреднения												
0,0-1,0	2485	0,62	1533	6457	0,63	4069	13369	0,57	7626	23464	0,47	11091
1,0-1,5	1827	1,28	2339	4573	1,25	5716	9524	1,26	11978	7823	1,26	9883
1,0-3,0	6955	1,58	10968	10174	2,14	21784	15714	2,07	32535	8431	2,15	18108
1,0-5,0	8503	1,97	16773	12950	2,47	32000	19507	2,40	46738	11151	2,54	28344
1,0-7,0	8737	2,08	18133	13289	2,56	33993	19750	2,44	48133	11652	2,69	31286
1,0-9,0	8942	2,20	19674	13425	2,61	35025	20080,4	2,52	50658	11846	2,76	32713
всего >1,0	9188	2,45	22471	13440	2,62	35165	20236	2,58	52221	11849	2,76	32741
руда для шихтовки												
>3,0	2233	5,15	24%	3266	4,10	24%	4522,4	4,35	22%	3418	4,28	29%
>5,0	685	8,32	7%	490	6,46	4%	729,4	7,52	4%	698	6,30	6%
>7,0	451	9,62	5%	151	7,77	1%	486,4	8,40	2%	197	7,39	2%
>9,0	246	11,37	3%	15	9,36	0%	156	10,02	1%	3	9,33	0%

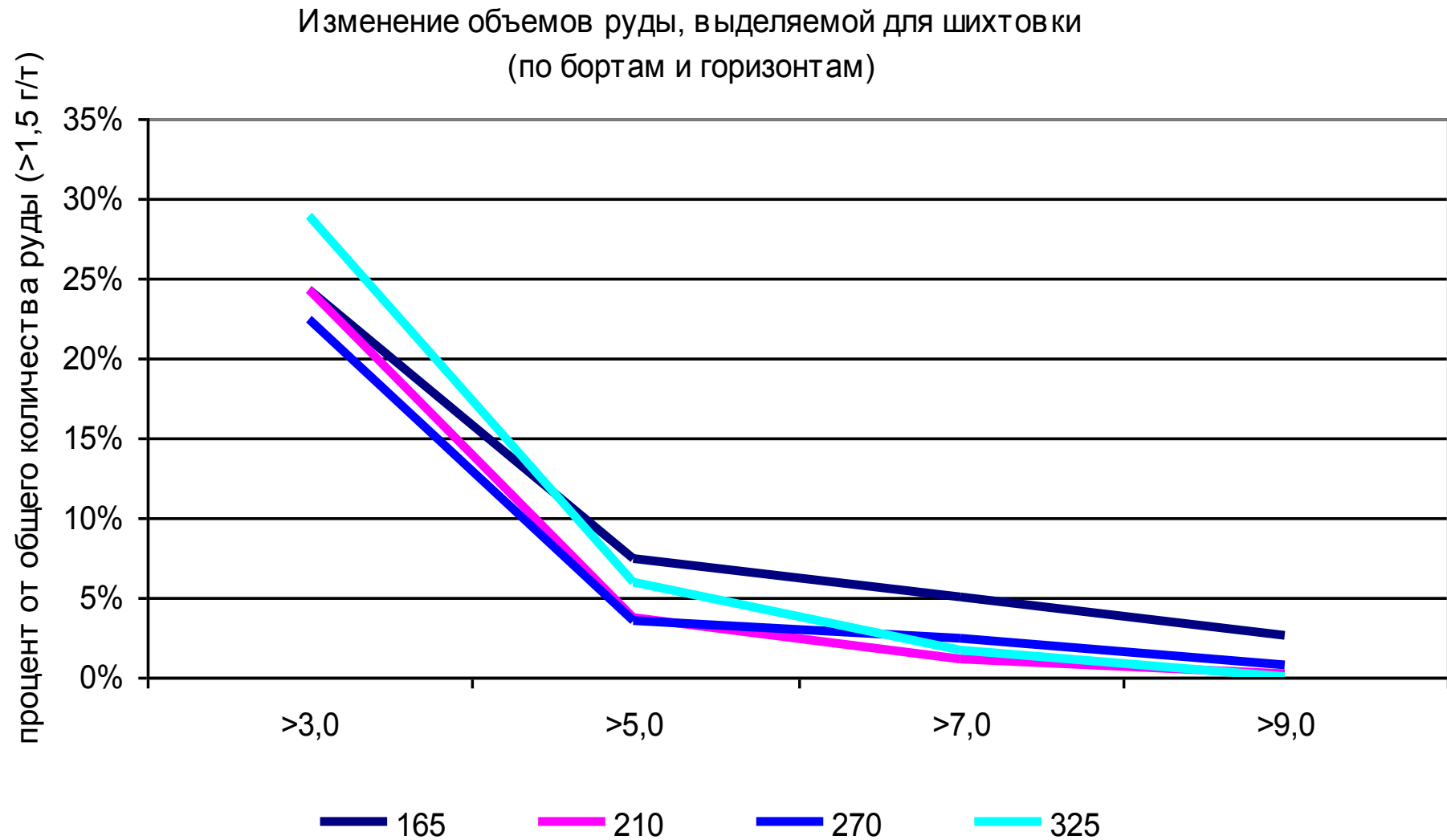


Рис. П.1.12. Изменение объемов руды, выделяемой для шихтовки (по сортам и горизонтам)

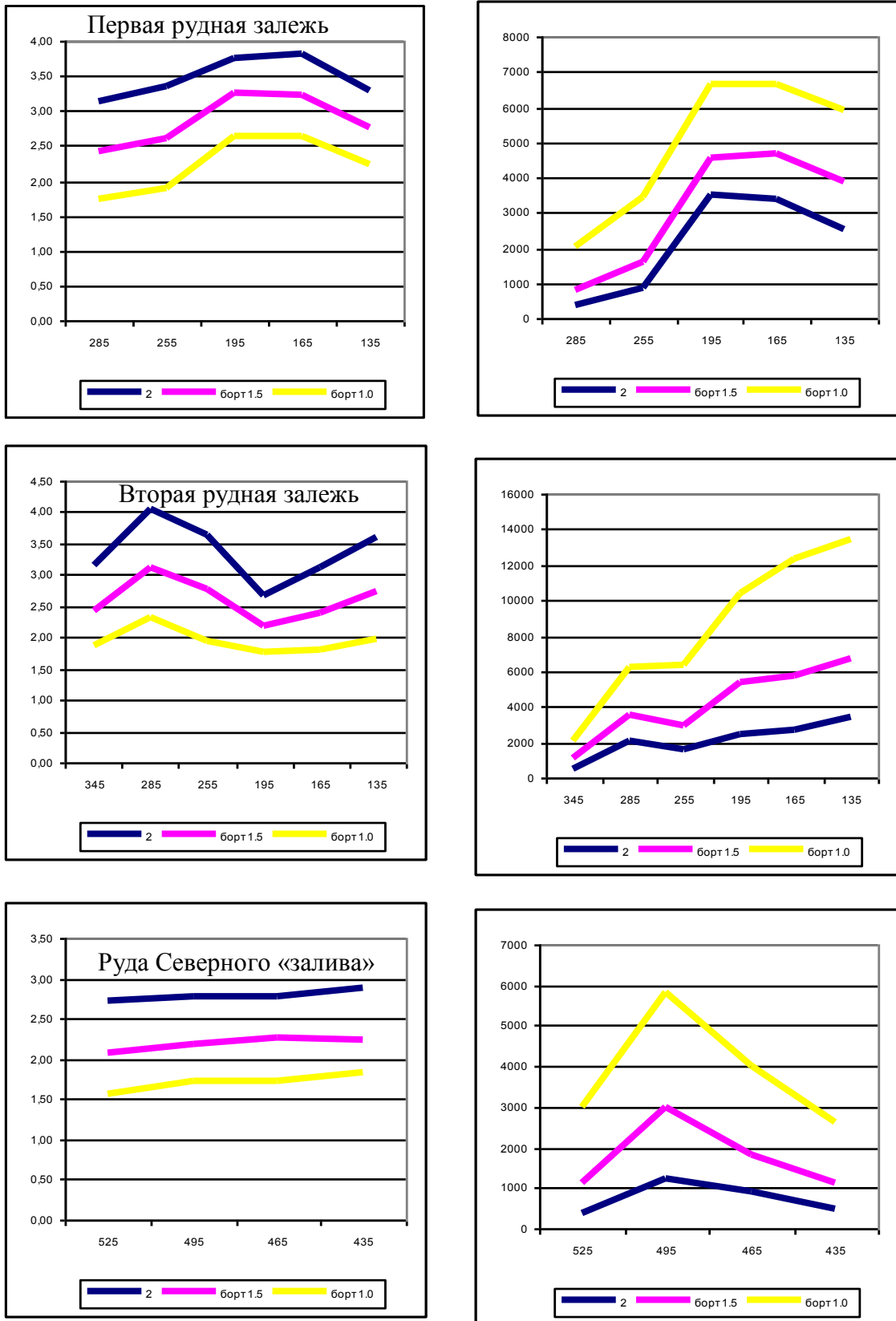


Рис. П.1.12, а. Изменение содержаний металла и объемов руды по горизонтам и рудным залежам (по мат. модели в контурах IV очереди)

Границы Содержаний	Руда, тыс.т.	Ср. сод., г/т	Металл, кг
0.00 - 0.69	1250.011	0.45	567.274
0.70 - 0.99	446.189	0.85	380.076
1.00 - 1.49	552.857	1.25	689.028
1.50 - 1.99	353.120	1.72	607.764
2.00 - 2.99	327.698	2.49	817.308
3.00 - 4.99	250.963	3.75	940.502
>5.00	80.581	8.13	655.501
Итого руды	659.242	3.66	2413.311
Потери	64.462	2.83	182.451
Разубоживание	154.709	1.84	284.916
Товарная руда	749.489	3.36	2515.776
Итого по уч.	3261.417	1.43	4657.453

Рис. П.1.13. Вид программного обеспечения для расчета изменения коэффициента сложности рудных контуров

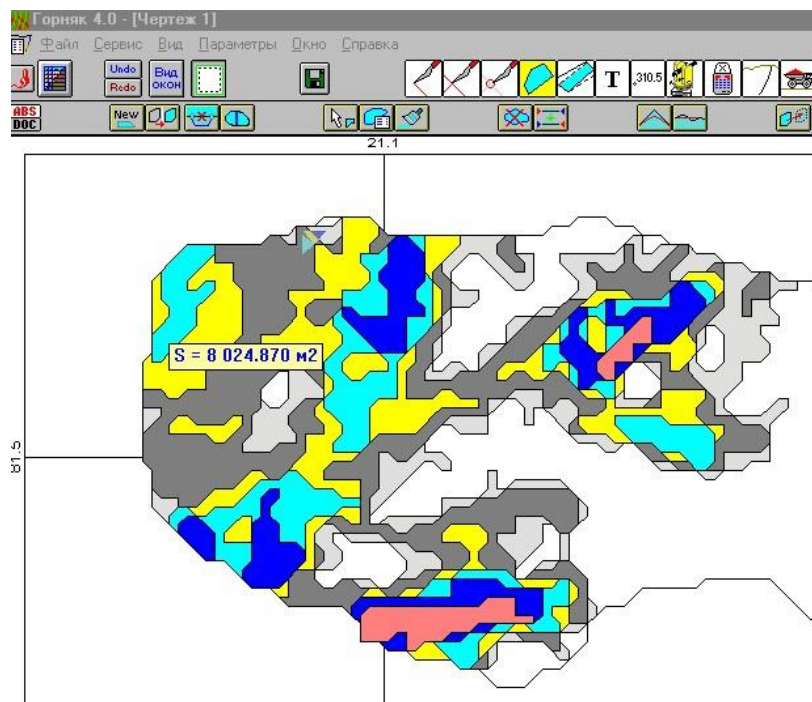


Рис. П.1.14. Вид программного обеспечения геолого-маркшейдерского комплекса программ ГОРНЯК-4

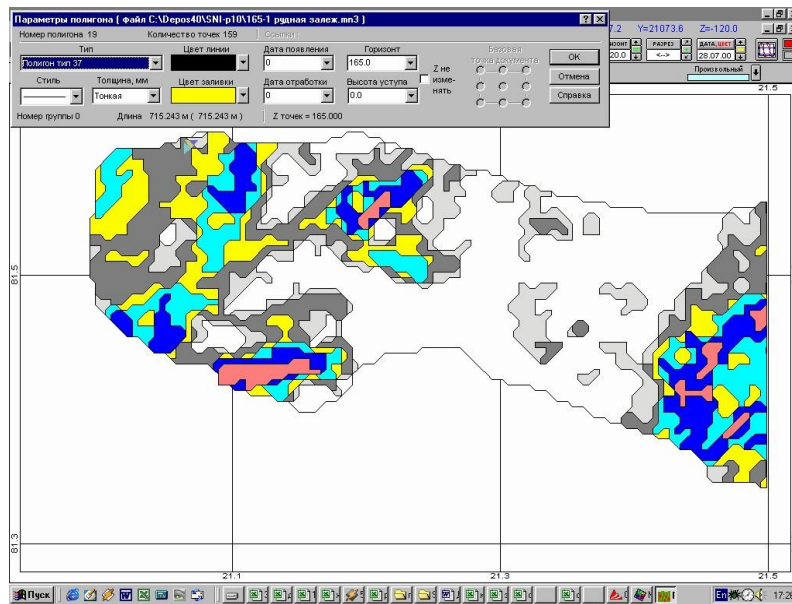


Рис. П.1.15.

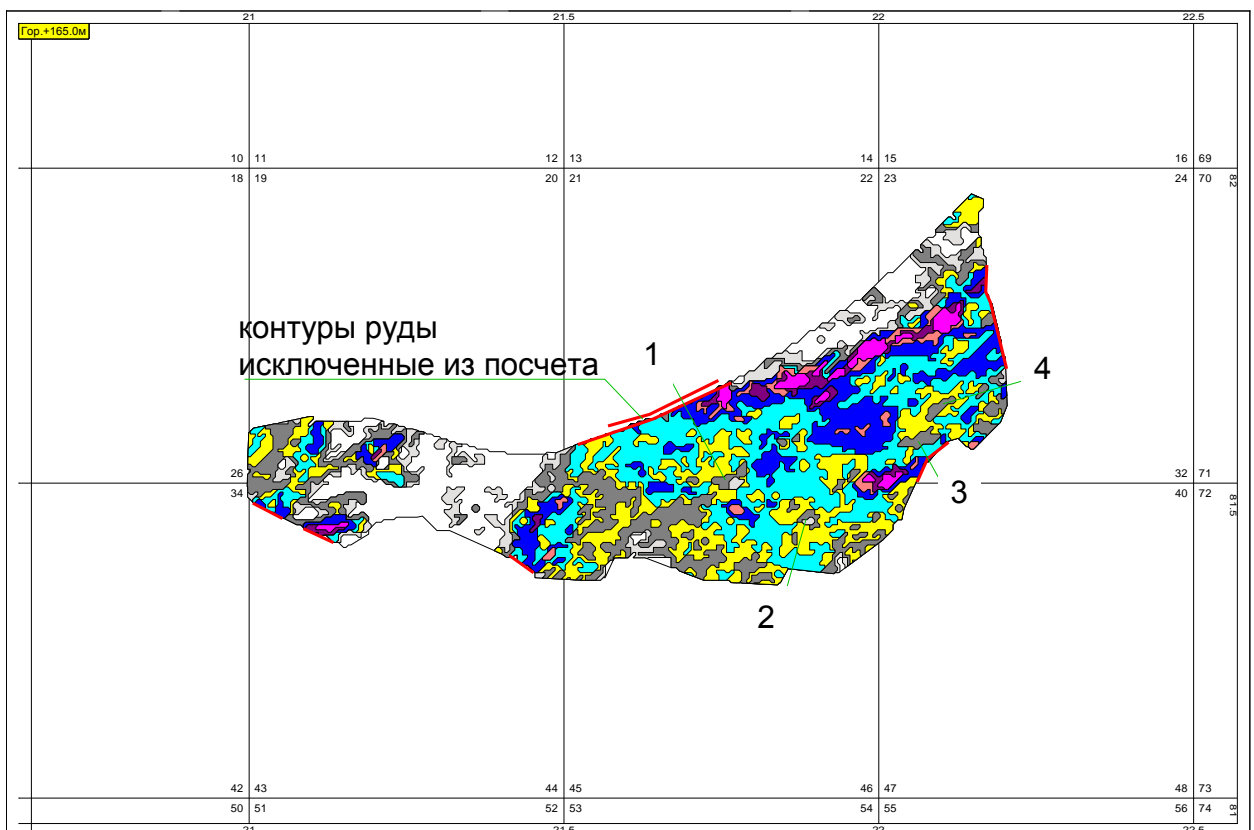


Рис. П.1.16. Контур рудных тел на гор. + 165 м

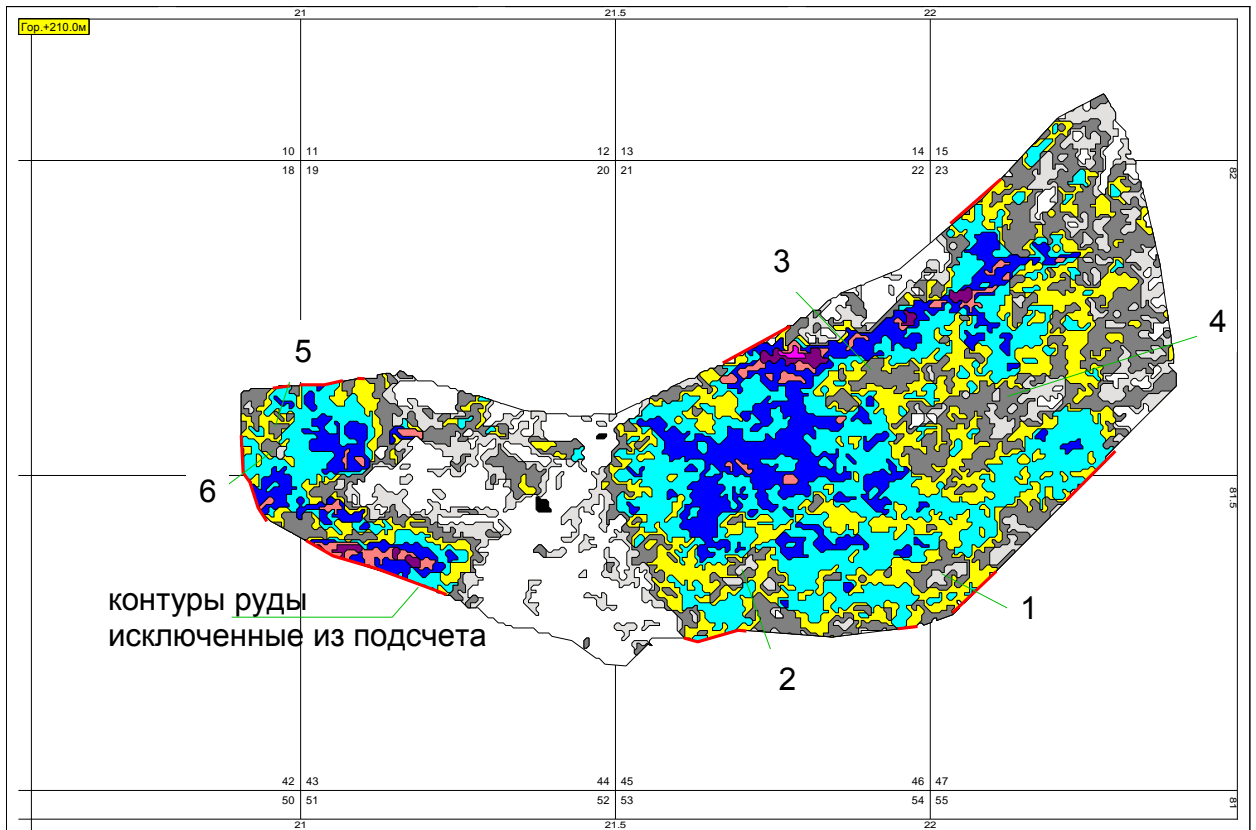


Рис. П.1.17. Контур рудных тел на гор.+ 210

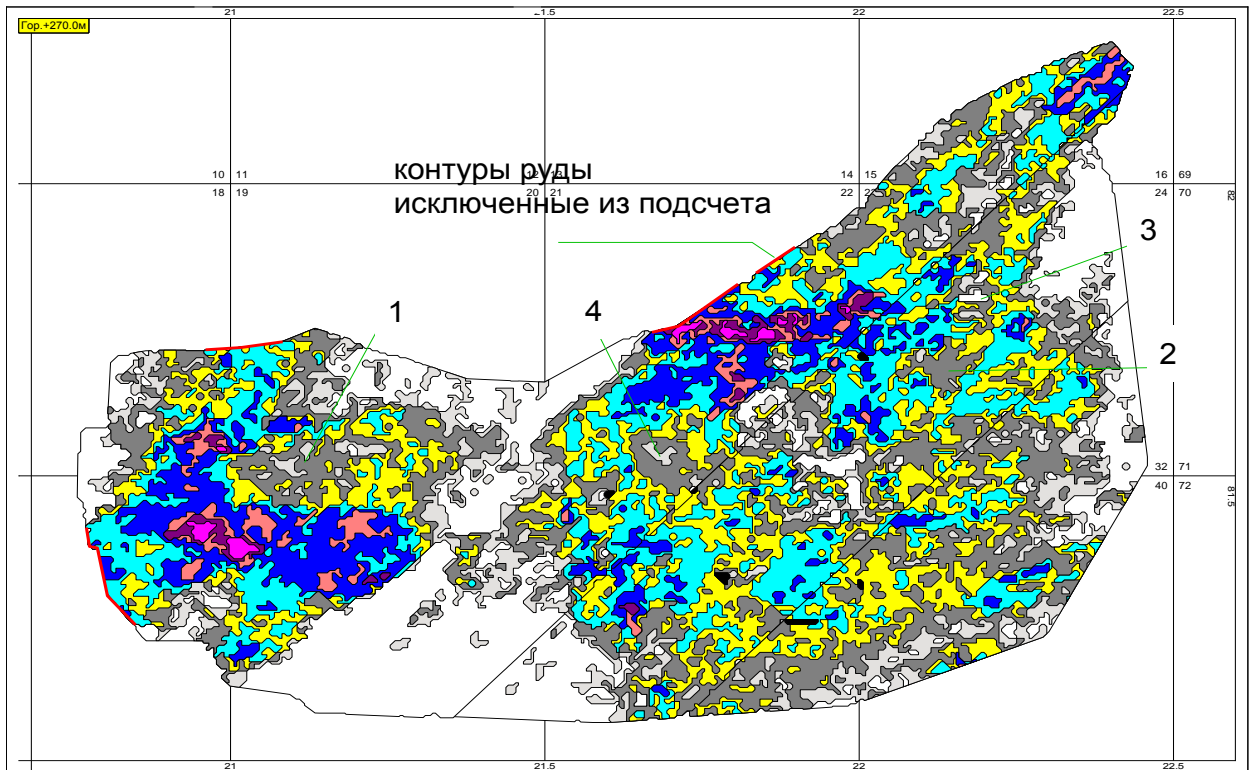


Рис. П.1.18. Контур рудных тел на горизонте +270 м

Таблица расчета К сложности рудных контуров

№	горизонт	блок	борт	Площадь	Общий контур	Контур,	Принятый	К	рудная залежь
						не участвующий в подсчете			
			г/т	м2	м	м	м		
1	270	1	2,0	109099	3976	257	3719	0,034	1
2	270	2	2,0	72693	2917	407	2510	0,035	2
3	270	3	2,0	33243	2042	233	1809	0,054	2
4	270	4	2,0	10747	1095		1095	0,102	2
5	270	5	2,0	11644	616		616	0,053	2
6	270	6	2,0	22190	1219	114	1105	0,050	2
7	270	7	2,0	10844	1223	95	1128	0,104	2
8	270	1	1,5	159398	4873	319	4554	0,029	1
9	270	2	1,5	389797	13581	2597	10984	0,028	2
10	210	1	2,0	28732	1757	207	1550	0,054	1
11	210	2	2,0	11300	742	221	521	0,046	1
12	210	3	2,0	185516	8427	120	8307	0,045	2
13	210	1	1,5	55023	1928	494	1434	0,026	1
14	210	2	1,5	302284	7143	568	6575	0,022	2
15	165	1	2,0	122350	4709	490	4219	0,034	2
16	165	2	2,0	2580	304		304	0,118	1
17	165	3	2,0	1896	223	53	170	0,090	1
18	165	4	2,0	2162	254	52	202	0,093	1
19	165	1	1,5	178200	4671	563	4108	0,023	2
20	165	2	1,5	7540	671		671	0,089	1

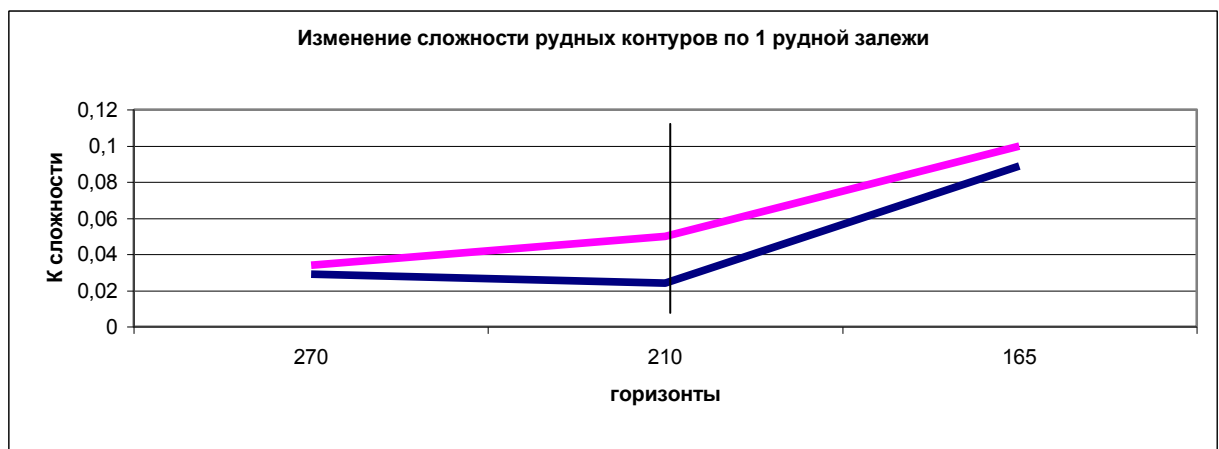
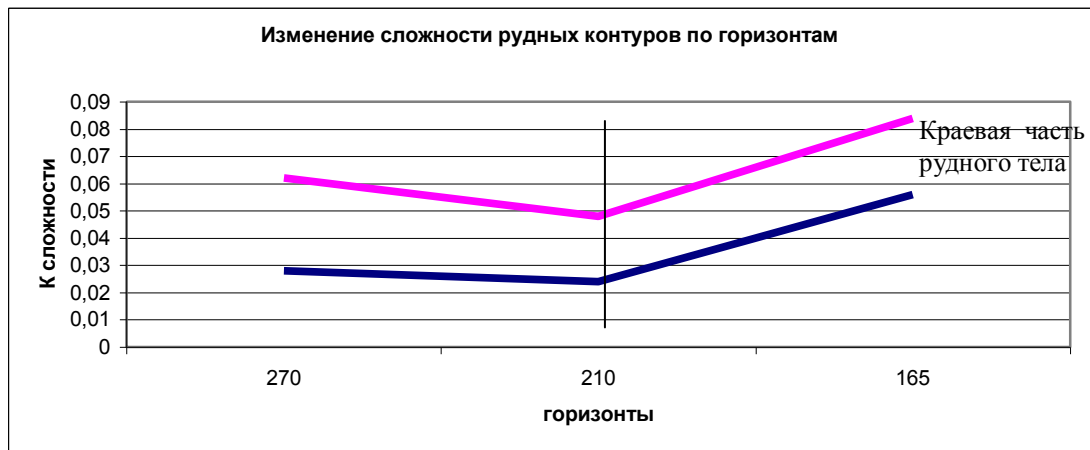


Рис. П.1.19. Изменение коэффициента сложности по 1 рудной залежи

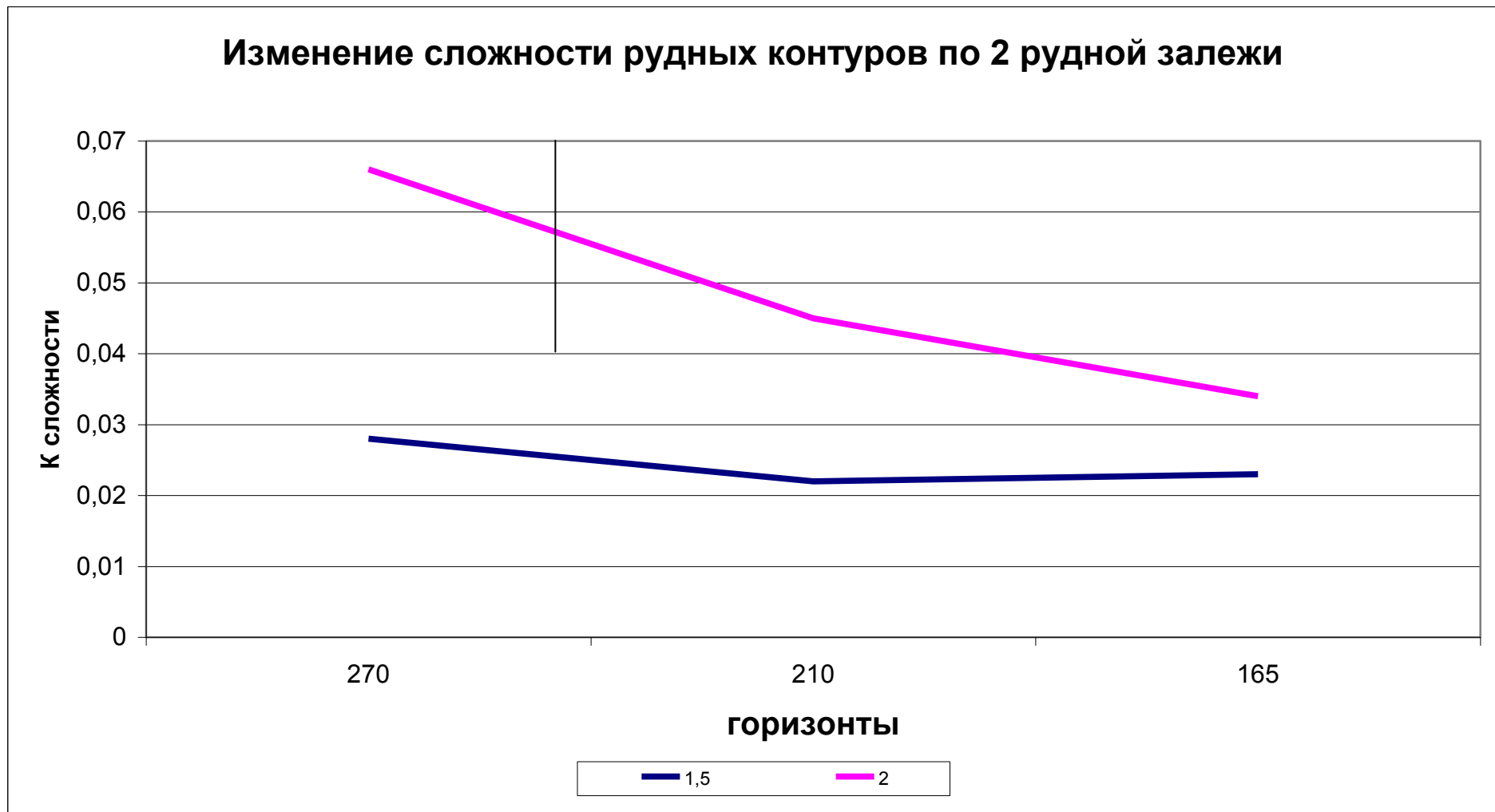


Рис. П.1.20. Изменение коэффициента сложности по 2 рудной залежи

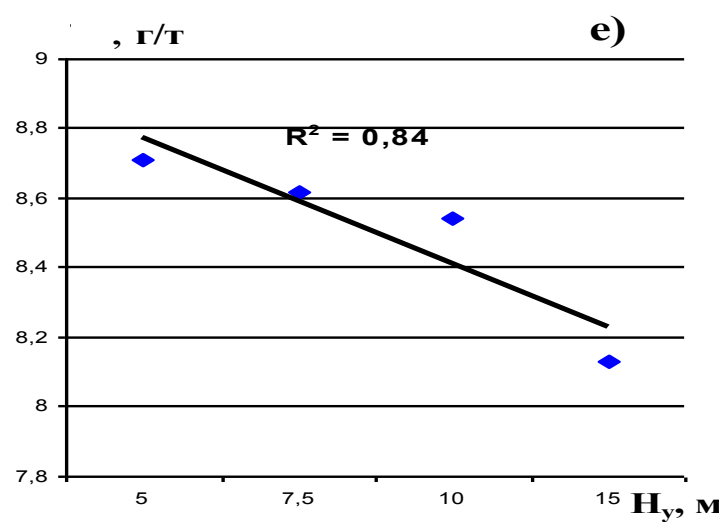
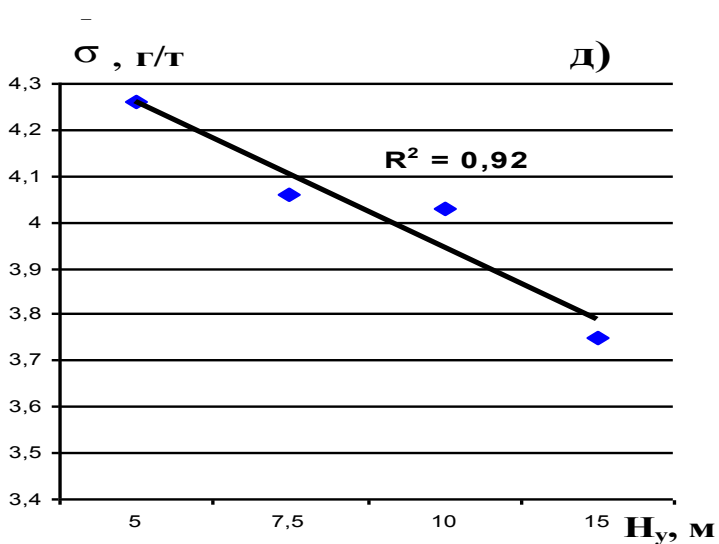
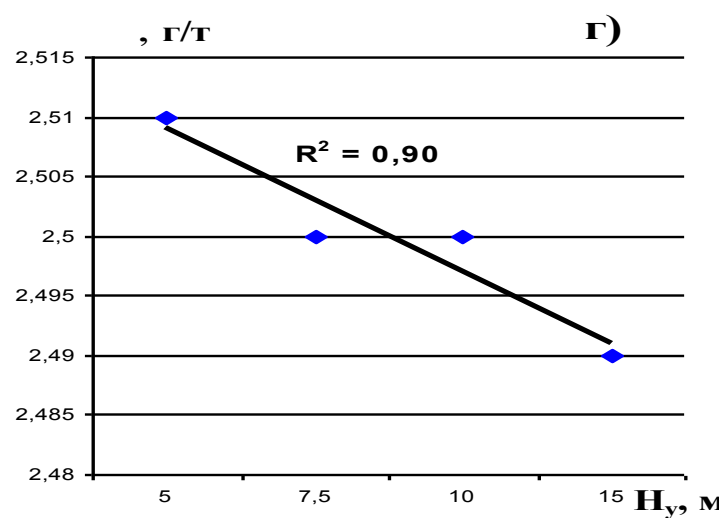
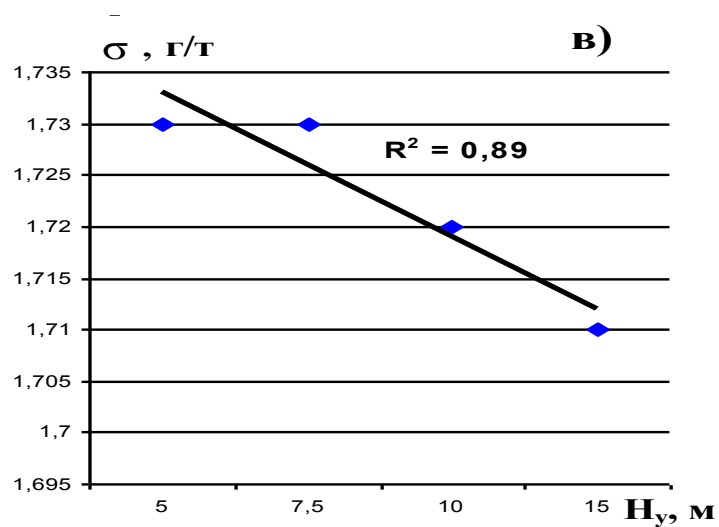
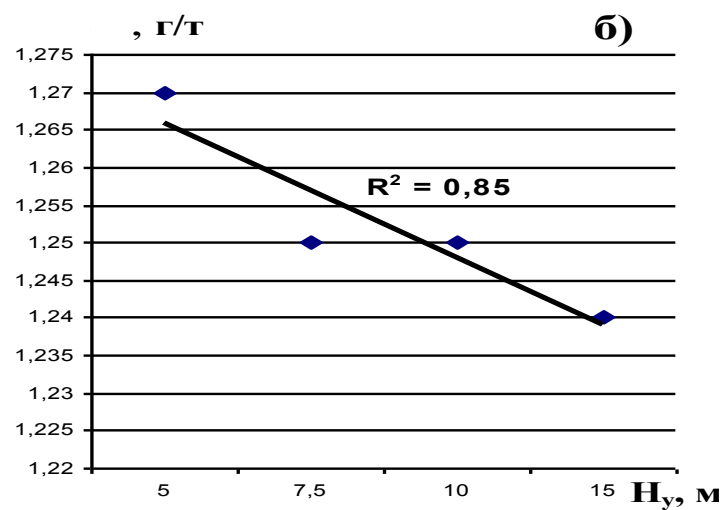
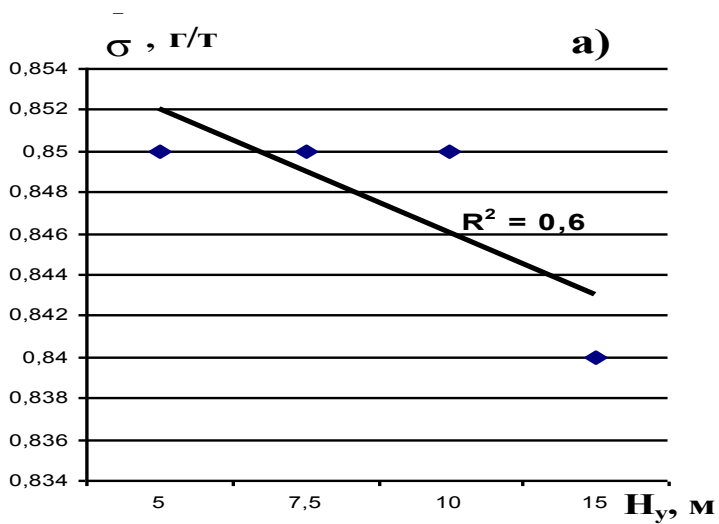


Рис. П.1.21. Зависимость среднего содержания металла σ в массиве от высоты добычного уступа H_y по бортам 0,7 (а); 1,0 (б); 1,5 (в); 2,0 (г); 3,0 (д) и >5 (е) г/т

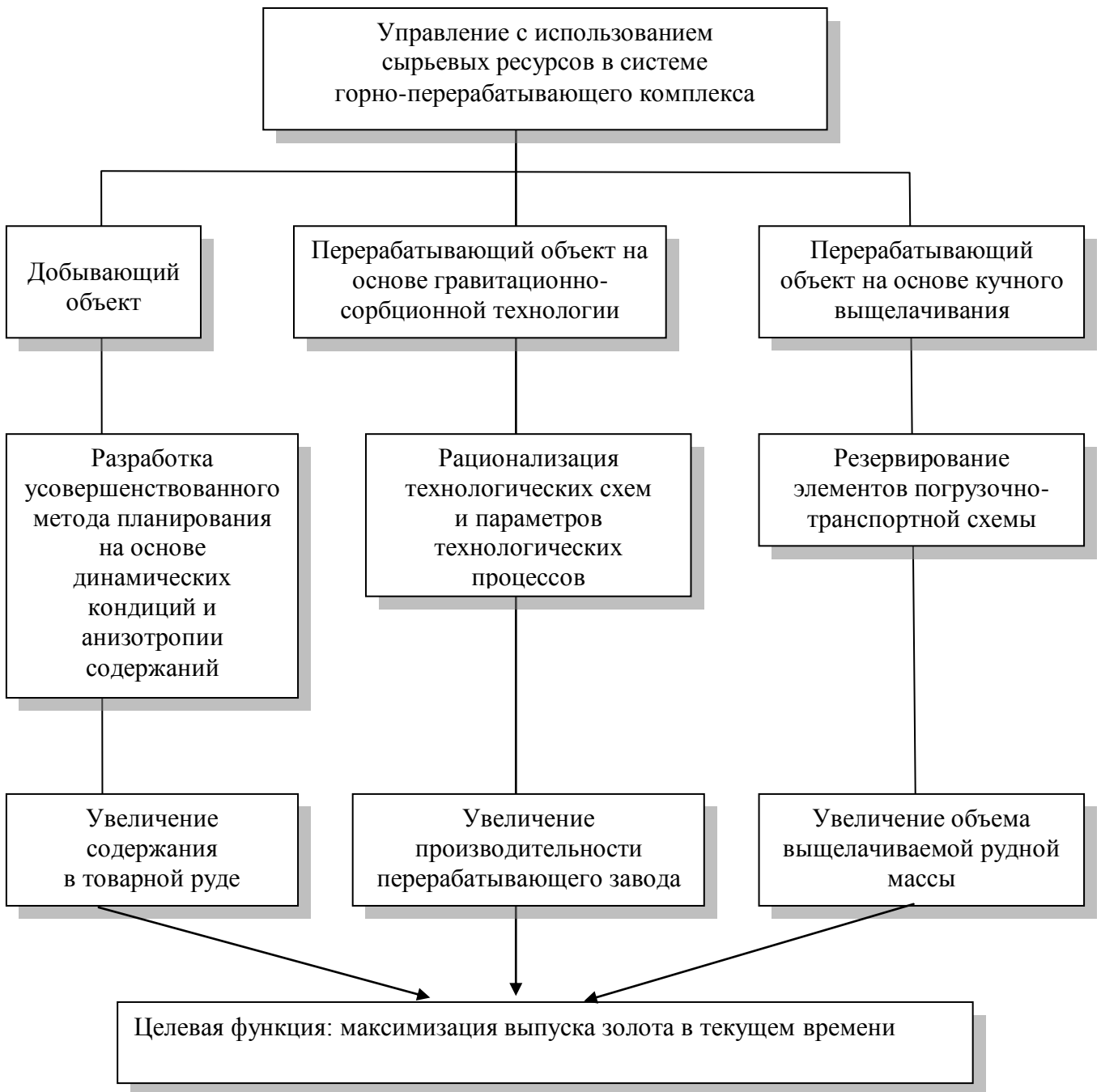


Рис. П.2.1. Структурная схема систем повышения эффективности горно-перерабатывающего комплекса

Классификация рудных складов карьера Мурунтау по характеру
распределения полезного компонента

Индекс склада	Запасы руды, тыс. т	Среднее содержание, г/т	Технологический тип склада
3з	165,6000	1,44	2.2
3е - ЦКВЗ	20833,4620	1,44	1.1
4	35321,2080	0,95	1.1
4а	14691,5210	0,60	1.1
4в	341,9320	0,99	2.2
4г	8861,6730	0,93	1.1
4д	4279,1780	1,06	2.1
4ж	1361,4000	1,10	2.1
4е - ЦКВЗ	38026,7710	1,09	1.1
4ц-ЦКВЗ	596,9600	0,98	2.2
4з	2234,4600	1,06	2.2
Смешанный ЦПТ	24017,1900	1,00	2.2
Смешанный ЦПТ-ЦКВЗ	64861,9520	1,16	2.2
Смешанный внутренний	332,2000	1,08	2.2
Смешанный магнитка	48,3951	16,13	2.2
7б	31478,6000	0,75	2.1
7в	1873,4000	0,76	2.1
7д	413,2000	0,75	2.1
7д магнитка	16,8160	3,47	2.1
7з	3682,0000	0,76	2.1
7/2 внутренний	464,5800	0,76	2.2
Итого типа 1.1	117734,635	1,04	
Итого типа 2.1	43104,594	0,79	
Итого типа 2.2	93063,2691	1,12	

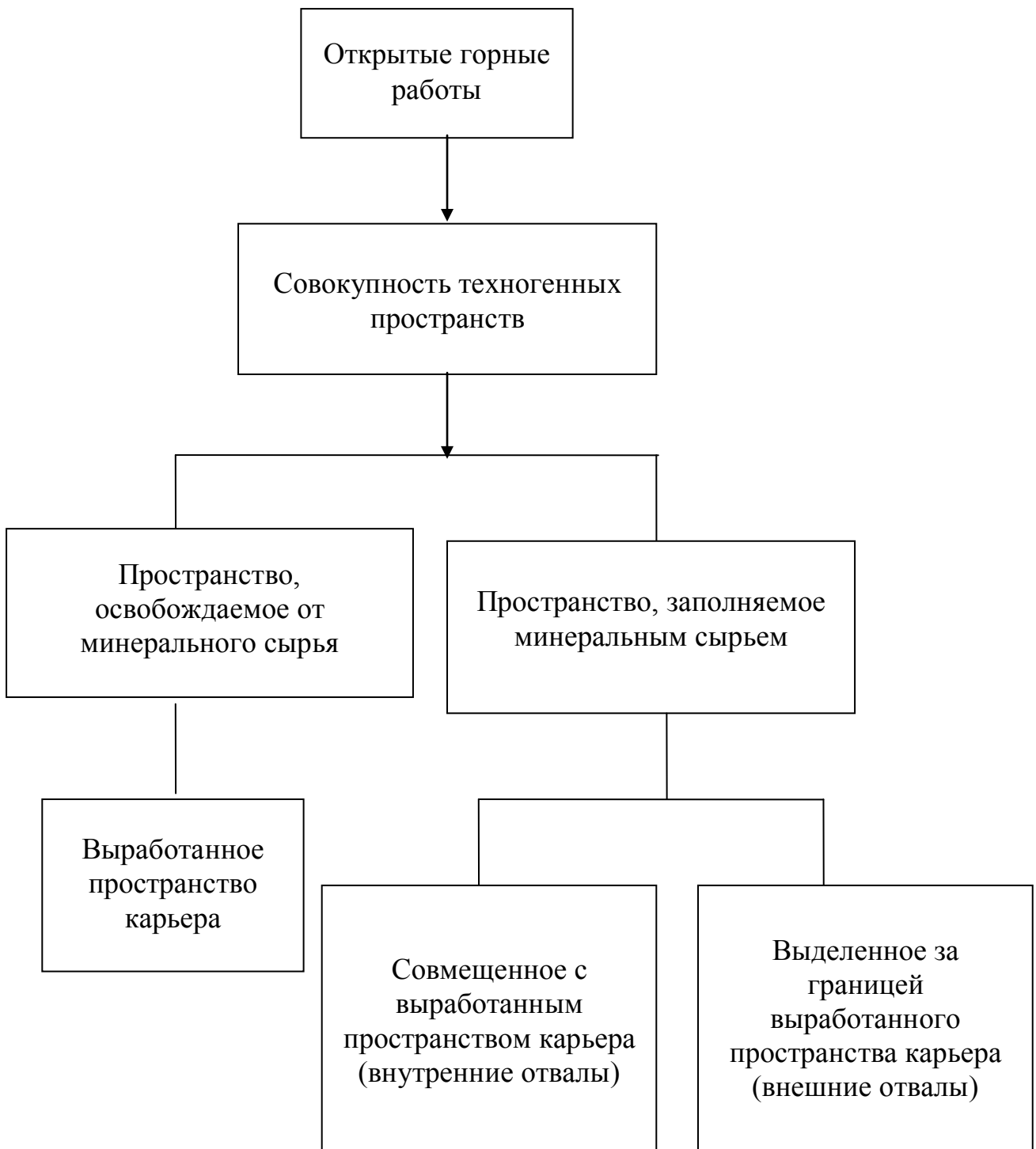


Рис. П.2.2. Схема открытых горных работ как системы пространственных техногенных ресурсов

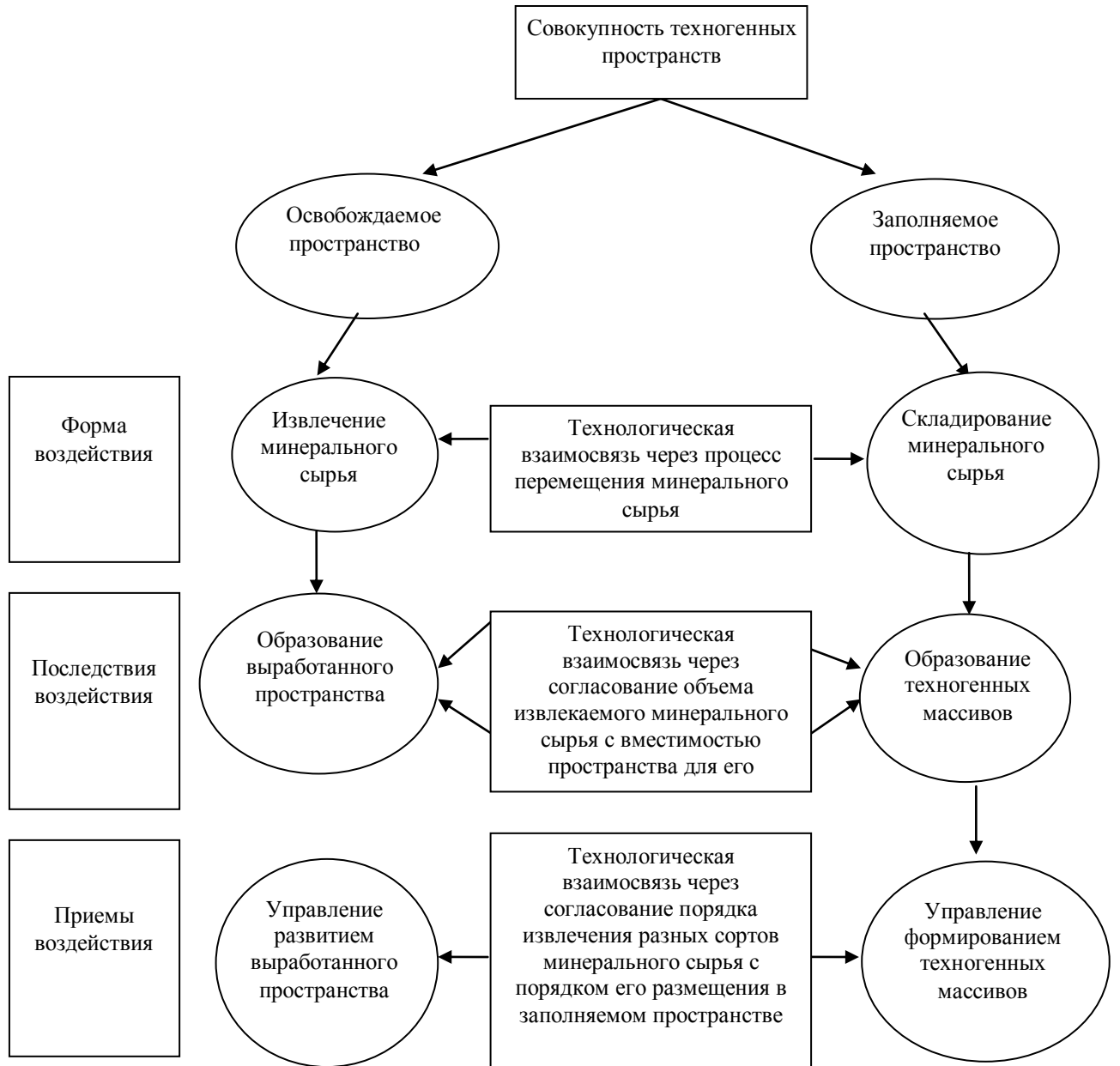


Рис. П.2.3. Схема технологических взаимосвязей в совокупности техногенных пространств при открытой разработке месторождений

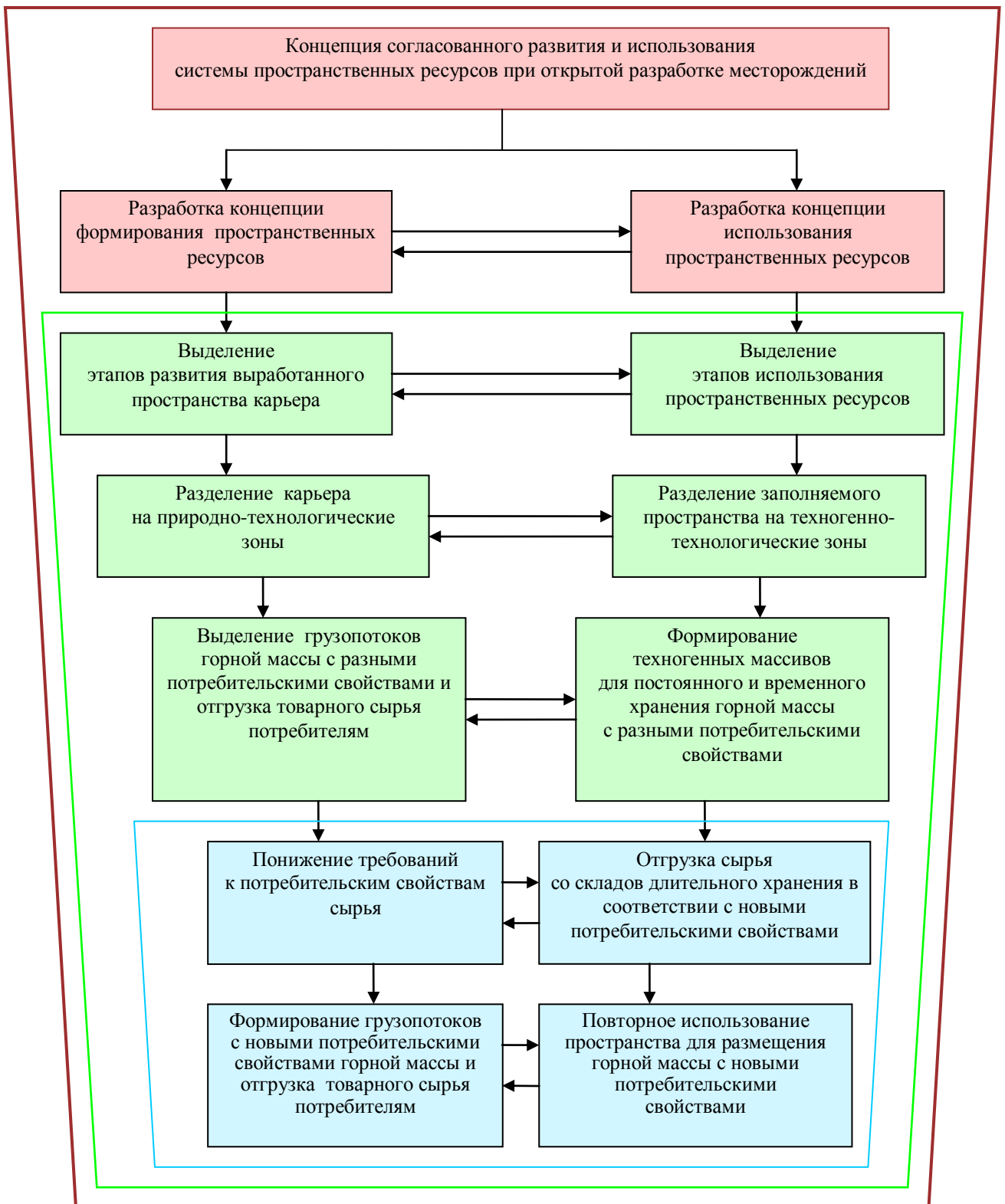


Рис. П.2.4. Схема разработки концепции согласованного развития и использования системы пространственных ресурсов при открытой разработке месторождений