

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тихоокеанский государственный университет»

Г. В. Секисов, В. С. Алексеев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ

*Утверждено издательско-библиотечным советом университета
в качестве учебного пособия*

Хабаровск
Издательство ТОГУ
2017

УДК 622.012.3
ББК 33.3
С 229

Рецензенты:

Лаборатория геотехнологии и горной теплофизики ИГД ДВО РАН
(завлабораторией, замдиректора по научной работе Института горного дела
Дальневосточного отделения РАН д-р техн. наук *А. Н. Шулюпин*);

завкафедрой «Открытые горные работы» Забайкальского государственного университета
д-р техн. наук, проф. *Ю. М. Овешников*.

Научный редактор
д-р техн. наук, проф. *И. Ю. Рассказов*

Секисов, Г. В.

С 229 Проектирование карьеров : учебное пособие / Г. В. Секисов, В. С. Алексеев ;
[науч. ред. И. Ю. Рассказов]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. –
146 с.

ISBN 978-7389-2442-2

Учебное пособие написано к курсу «Проектирование карьеров». В нем дано представление о проектировании карьеров как одной из важнейших стадий освоения рудных и угольных месторождений; рассмотрен состав проекта и его разработки; системно изложены сведения о месторождениях как минеральных объектах открытой разработки: даны методические основы проектирования основных параметров карьеров и режима горных работ, вскрытия и системы разработки месторождений, технологий и технологических процессов открытых горных работ, экологической безопасности, энергообеспечения карьеров и их автоматизированного проектирования.

Для обучающихся в университете по направлениям подготовки (специальностям) «Горное дело» (профиль «Открытые горные работы») на очной и заочной формах.

УДК 622.012.3.
ББК 33.3

ISBN 978-7389-2442-2

© Секисов Г. В., 2017
© Алексеев В. С., 2017
© Тихоокеанский государственный
университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
I. ИСХОДНЫЕ КАТЕГОРИИ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ». ЗАПАСЫ И КОНДИЦИИ	
1.1. Исходные категории.....	9
1.1.1. Общие положения.....	9
1.1.2. Основные исходные научно-производственные и понятийно-терминологические категории	9
1.1.3. Значение, цель, задачи и содержание учебной дисциплины «Проектирование карьеров».....	11
1.2. Категории запасов и кондиции.....	12
1.2.1. Категории запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых.....	12
1.2.2. Подсчет запасов полезных ископаемых и проектное обоснование кондиций.....	13
1.2.3. Проектное обоснование кондиций на минеральное сырье ...	14
1.2.4. Техничко-экономические обоснования и расчеты параметров кондиций	18
1.2.5. Порядок оформления, представления и рассмотрения техничко-экономических обоснований кондиций.....	20
II. ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ТИПЫ ОБОСНОВАНИЙ, ПРОЕКТ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ	
2.1. Предпроектные типы обоснований, их состав и содержание	21
2.2. Проектирование карьеров и его основные задачи.....	23
2.2.1. Исходные положения	23
2.2.2. Основные задачи проектирования карьеров.....	23
2.2.3. Порядок разработки проекта	25
2.2.4. Стадии проектирования	25
2.2.5. Стратегия проектирования карьеров	26
2.2.6. Системотехнические работы и их сущность	27
2.3. Автоматизированное проектирование карьеров (САПР)	32
2.3.1. Категория САПР и ее состав	32
2.3.2. Структура и принципы построения САПР	32
2.3.3. Основные технические средства и программно-методическое обеспечение.....	34
III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА	
3.1. Типы параметров карьера	38

3.2. Проектное определение производительной мощности карьера ...	38
3.3. Основные геометрические параметры карьера и методы их определения	41
3.4. Проектирование границ открытых разработок.....	42
3.5. Установления основных геометрических параметров карьеров ..	44
IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ, СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РЕЖИМА ГОРНЫХ РАБОТ	
4.1. Проектирование вскрытия месторождения.....	52
4.1.1. Исходные положения	52
4.1.2. Способы вскрытия твердоминеральных месторождений	53
4.2. Проектирование систем разработки	54
4.2.1. Сущность, элементы и параметры системы разработки	54
4.2.2. Классификации систем разработки	57
4.2.3. Проектирование основных параметров элементов системы разработки	60
4.3. Проектирование режима горных работ	63
4.3.1. Проектирование режима горных работ – горно-геометрический анализ карьерных полей.....	63
4.3.1.1. Исходные положения, базовая понятийно-терминологическая категория и состав режима горных Работ	63
4.3.1.2. Состав проектирования режима горных работ	64
4.3.1.3. Горно-геометрический анализ карьерного поля для горизонтальных и пологих залежей	65
4.3.1.4. Линейный метод горно-геометрического анализа	65
4.3.1.5. Метод горно-геометрического анализа карьерных полей для крутых и наклонных залежей по А. А. Арсентьеву...	67
V. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАБОТ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ	
5.1. Проектирование открытых горных технологий	69
5.1.1. Общие положения.....	69
5.1.2. Иерархический комплекс горных технологий.....	70
5.1.3. Основы проектирования технологий горных работ	70
5.2. Проектирование технологических схем.....	73
5.2.1. Исходные положения	73
5.2.2. Типизация технологических схем.....	74
5.2.3. Технологические схемы с перевалкой вскрышных пород в выработанное пространство	77
5.2.4. Технологические схемы с карьерными погрузчиками и скреперами	78

5.2.5. Технологические схемы с экскаваторно-автомобильными Комплексами.....	81
5.2.6. Технологические схемы с экскаваторно-железнодорожными комплексами.....	82
5.2.7. Технологические схемы разработки комплексами непрерывного действия	83
5.2.8. Технологические схемы разработки комплексами с комбинированным транспортом	84
VI. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
6.1. Типы технологических процессов и их проектирование	86
6.2. Проектное установление способа подготовки горных пород к выемке	87
6.2.1. Исходные положения	87
6.2.2. Способы механического рыхления горных пород.....	88
6.2.3. Проектирование разрушения горных пород взрыванием	89
6.3. Проектирование выемочно-погрузочных работ.....	94
6.3.1. Исходные положения	94
6.3.2. Проектирование карьерного экскаваторного оборудования	94
6.3.3. Проектирование мобильного экскавационного Оборудования	97
6.4. Проектирование карьерного транспорта.....	101
6.4.1. Типы карьерного транспорта и их проектное установление для использования.....	101
6.4.2. Проектирование железнодорожного транспорта.....	101
6.4.3. Проектирование карьерного автомобильного транспорта ...	103
6.4.4. Проектирование конвейерного транспорта	105
6.4.5. Проектирование скиповых подъемников.....	107
6.5. Проектирование отвалообразования.....	108
6.5.1. Основные положения	108
6.5.2. Определение параметров отвалов.....	111
6.5.3. Применение консольных отвалообразователей для размещения породы в отвале	112
6.5.4. Строительство внешних отвалов	113
6.6. Формирование техногенных складов и определение их параметров	114
VII. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ	
7.1. Исходные положения	117
7.2. Проектирование охраносахранения при открытых горных работах	117

7.2.1. Общий состав окружающей карьер природо-техногенной среды	117
7.2.2. Основные проблемы проектирования охраны ОПС и их состав.....	119
7.3. Негативное воздействие открытых горных работ на ОПС и его сокращение или предотвращение	121
7.3.1. Основные этапы негативного воздействия ОГР на ОПС	121
7.3.2. Типы негативных технических выбросов... ..	122
7.3.3. Расчеты валовых выбросов вредных веществ при выемочно-погрузочных работах	123
7.3.4. Валовые выбросы вредных веществ при транспортировании горной массы и отвалообразовании	123
7.4. Проектирование природоохранных мероприятий при эксплуатации карьеров.....	124
7.4.1. Исходные положения	124
7.4.2. Комплекс основных мероприятий по охране атмосферы	125
7.4.3. Проектирование мероприятий по предотвращению и снижению вредных выбросов в атмосферу карьеров.....	125
7.5. Проектирование рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами	131
7.5.1. Общие положения и основные типы рекультивации	131
7.5.2. Основные типы земельно-карьерной рекультивации.....	132
7.5.3. Проектируемые способы и технологические схемы технической рекультивации нарушенных земель.....	133
7.5.4. Проектирование биологической рекультивации земель	135
VIII. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА КАРЬЕРОВ	
8.1. Проектирование электроснабжения карьеров	136
8.1.1. Проектирование систем электроснабжения карьеров	136
8.1.2. Применение передвижных трансформаторных подстанций и подключательных пунктов.....	136
8.1.3. Воздушные и кабельные линии передачи электроэнергии... ..	137
8.2. Проектирование освещения карьеров.....	137
8.3. Проектирование генерального плана карьера	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	144

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие «Проектирование карьеров» предназначено для приобретения знаний и их закрепления, подготовки дипломных проектов студентами очного и заочного обучения ТОГУ, может быть полезно аспирантам и преподавателям вузов, техникумов и колледжей и их отделений горного, горно-геологического и горно-экономического профилей.

Учебная дисциплина «Проектирование карьеров» является комплексной и, по существу, завершающей обучение учебной дисциплиной в области открытого способа разработки месторождений твердых полезных ископаемых и, главным образом, рудных, угольных и строительных горных пород.

В ее основу положены знания и необходимая информация практически всех и, прежде всего, смежных учебных дисциплин, которые предусматриваются учебными планами при подготовке и переподготовке специалистов горного профиля, а также индивидуальный творческий подход к их освоению и применению в процессе обучения, научной и производственной деятельности.

При определении структуры учебного пособия и изложении в нем материалов необходимого содержания учитывалось существенное отличие количества лекционных часов, отводимых в различных вузах, факультетах и кафедрах горного профиля по дисциплине «Проектирование карьеров».

В целях обеспечения наглядности и закрепления читателями в памяти информации, излагаемой в пособии, в качестве предметной иллюстрации авторами широко используются несложные схемы, которые сопровождаются краткими, по-возможности, пояснениями.

Учебное пособие включает вводную часть (предисловие и введение), 8 разделов, заключение и список литературы. Основное содержание пособия «Проектирование карьеров» предметно отражено в процессе определения основных типов и параметров карьера; способов вскрытия карьерных полей и угольных разрезов, систем разработки и режима горных работ; технологий открытых горных работ; технологических процессов; охраны окружающей природной среды, а также энергоснабжения и генерального плана.

Каждый из этих основных предметов проектирования получил в учебном пособии необходимое количественное и качественное обоснование.

ВВЕДЕНИЕ

Открытый способ добычи твердых полезных ископаемых получил широкое распространение как в нашей стране, так и в мире и является, по существу, генеральным направлением и главным средством в горной промышленности, по крайней мере, на ближайшие десятилетия. Это обусловлено его существенными преимуществами по сравнению с другими способами добычи и, в первую очередь, с подземным способом: по производственной мощности горнодобывающих и горно-обогатительных предприятий; безопасности, производительности и условиям труда; по капитальным и эксплуатационным затратам; механизации, автоматизации, роботизации, информатизации и компьютеризации производства; полноте использования недр.

Вследствие этих преимуществ ныне в мире открытым способом добывается более 50 % полезных ископаемых, в том числе 60 % руд черных и 50 % цветных и редких металлов, более 70 % ископаемого угля. В нашей стране этим способом добывается порядка 70 % твердых полезных ископаемых, при этом почти 100 % строительных горных пород, более 60 % рудных.

Вместе с тем практическая реализация данных преимуществ открытого способа добычи полезных ископаемых, нейтрализация и сокращение или ликвидация его имеющихся недостатков (прежде всего экологического проявления) требуют обстоятельных и надежных проектных решений, их своевременной и оправданной корректировки, применения научных методов и современных технических и технологических средств и методов.

Особенно это необходимо и актуально для проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и погашения карьеров и разрезов, осваивающих и отработывающих сложные и крупные месторождения дефицитных и ценных полезных ископаемых. Ошибочные и недостаточно обоснованные проектные решения и их реализация приводят или могут привести к значительному снижению эффективности открытой разработки месторождений и их освоения и сохранения в целом

Деловым и ответственным должно быть отношение и дипломников к проектированию карьеров, которое начинается не с установления предметного объекта освоения или его отдельного участка, а с обстоятельного сбора необходимых исходных материалов и горно-геологической информации, а также сведений о наличии кадров и особенностях правовой и экологической инфраструктуры.

Направляющим, руководящим и в определенной мере информационным средством для дипломного проектирования может служить данное учебное пособие, дополняемое, естественно, и информацией, содержащейся в современных профильных литературных источниках, включая соответствующие учебники и справочники, а также экспресс-информационные публикации.

I. ИСХОДНЫЕ КАТЕГОРИИ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ». ЗАПАСЫ И КОНДИЦИИ

1.1. Исходные категории

1.1.1. Общие положения

Любая научная, учебно-образовательная и производственная деятельности и, прежде всего, *научно-исследовательская* связаны с выработкой и познанием новых и оценкой ранее полученных знаний. В связи с этим, как правило, возникает необходимость в установлении новых структур и форм *их отражения*. В качестве таковых выступают новые или уточненные уже известные категории, в частности, - понятийно-терминологические категории.

Примером широко известных и используемых на практике категорий могут служить: *«полезные ископаемые», «месторождение», «минеральное сырье», «минеральные ресурсы»* и многие другие; а категорий, требующих уточнения и даже пересмотра, – *«недра», «недропользование», «технология», «минералопользование», «минеральные объекты», «рациональное минералопользование», минеральная подготовка»* и некоторые другие.

1.1.2. Основные исходные научно-производственные и понятийно-терминологические категории

За последние годы произошли определенные изменения в толковании понятия базовой терминологической категории «технология». Эти изменения заключаются, прежде всего, в наделении термина «технология» более широким понятием. Если еще в 80-90-х годах минувшего столетия в горном деле под технологией понималась совокупность технологических процессов, методов и последовательность их выполнения, а технические средства рассматривались отдельно (как средства механизации горных работ), то в последствии в понятие «технология» стали включать собственно горную и горно-обоганительную технику, наряду с технологическими методами.

Под терминологической категорией *«освоение минеральных объектов»* целесообразно понимать экономически целесообразную, социально и экологически безопасную, технологически и организационно осуществимую совокупность производственной (и связанной с ней непроизводственной) деятельности по овладению заключенными в них полезными компонентами.

В последнее время широко используется, как понятийно-терминологическая категория, *«технология освоения месторождений полезных ископаемых»*. Данная категория не синоним давно и широко используемой

в научной и производственной сферах категории «технология разработки месторождений».

Под *«технологией освоения минеральных объектов»* в общем случае понимается совокупность технических средств и организационно-технологических методов и последовательность их задействования в целях овладения полезными ископаемыми и полезными компонентами.

Аналогично определение понятия *«технология освоения месторождения полезных ископаемых»* – и в определенной мере – понятия *«технология разработки месторождений»*.

Горная порода в широком смысле – это твердый минеральный продукт (или комплексное минеральное вещество природы), состоящий в основном из нескольких минералов или минеральных агрегатов (реже из одного минерала) и образовавшийся в результате сложных геологических процессов в недрах Земли, на ее поверхности или на дне озер, морей и океанов.

Наряду с термином «горная порода», весьма широко распространенным в геологической, горно-геологической, экономической, геолого – и горно-экономической литературе и практике, является термин *«полезное ископаемое»*. Нет недостатка и в определении его содержания. Однако, несмотря на кажущуюся близость даваемых определений, нет, к сожалению, и необходимой строгости и последовательности в его толковании. Во-первых, наблюдаются значительные отступления от сущности слагающих его терминов – «ископаемое» и «полезное», во-вторых, нельзя без оговорки условий применения отождествлять понятия «полезные ископаемые» и «минеральное сырье»; также ставить знак равенства между полезными ископаемыми и минеральным образованием.

Полезное ископаемое – это естественное (или первое производное от него) минеральное вещество, которое на определенном отрезке времени технически реально, экономически эффективно, экологически и социально безопасно можно добыть и использовать для производства минеральной продукции.

Полезный компонент – главная составляющая полезного ископаемого, определяющая его ценность как минерального вещества, т. е. это то полезное «зерно», ради которого добывается и перерабатывается то или иное полезное ископаемое.

Минеральное сырье – это в основе своей полезное ископаемое (или его технопроизводное), претерпевшее изменение в результате определенного вида горнопромышленных работ (геологической разведки, добычи, минералоподготовки или первичной переработки) и являющееся исходным материалом для последующего производства из него минеральной продукции.

Минерально-сырьевая база – это совокупность запасов полезного ископаемого одного или нескольких минеральных скоплений, осваиваемых или предусмотренных для освоения отдельным предприятием, объединением, горнопромышленным комплексом или комплексом региона, республики или страны в целом.

Минеральное скопление в собственном значении – это естественное или искусственное сосредоточение полезного ископаемого в недрах или на поверхности отдельных разномасштабных геологических площадей и территорий района, области, региона и т.д. которое является или может стать объектом освоения, разработки, выемки и т. д. отдельным предприятием (или его цехом), группой предприятий.

Приводимые в горно-геологической и геолого-экономической литературе определения понятия «*месторождение полезного ископаемого*», во-первых, отражают, как правило, суть лишь природного минерального образования, а, во-вторых, – не всегда достаточно конкретны с точки зрения их масштабности как фактических или возможных объектов промышленного освоения.

Месторождение в общем случае – это один из типов минерального скопления. Его определение может быть представлено следующим образом. *Месторождение полезного ископаемого* (или полезных ископаемых) – это естественное или искусственное, главным образом, – техногенное минеральное скопление, которое может стать объектом промышленного освоения.

Категория «минеральный объект», введенная ранее автором для широкого предметного использования, ныне употребляется в литературных источниках и в тактической деятельности ряда специалистов. *Минеральный объект* – это минеральное образование (его часть), становящаяся минеральным предметом целесообразной деятельности человека, в частности освоения.

1.1.3. Значение, цель, задачи и содержание учебной дисциплины «Проектирование карьеров»

Значение комплексной дисциплины в деле подготовки горных инженеров

Дисциплина «Проектирование карьеров» является важной составной частью профессионального цикла дисциплин подготовки специалистов по направлению подготовки **130400.65** – Горное дело (профиль – Открытые горные работы).

Дисциплина реализуется на Транспортно-энергетическом факультете Тихоокеанского государственного университета кафедрой «Транспортно-технологические системы в строительстве и горном деле».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с инженерным обеспечением деятельности человека в недрах Земли при эксплуатационной разведке, добыче твёрдых полезных ископаемых открытым способом и их переработке.

Главная цель изучения дисциплины и ее основные задачи

После изучения дисциплины «Проектирование карьеров» выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):

- общепрофессиональными;
- способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления.

1.2. Категории запасов и кондиции

1.2.1. Категории запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых

Запасы твердых полезных ископаемых *по степени разведанности* подразделяют на категории А, В, С₁ и С₂. Запасы первых трех категорий относятся к разведанным, а запасы категории С₂ – к предварительно оцененным. Наиболее детально изученными являются категории А и В.

Прогнозные ресурсы по степени их обоснованности обычно подразделяют на категории Р₁ и Р₂.

Запасы категории А характеризуются тем, что для них устанавливаются:

- размеры, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, изучены характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения, выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки, внутри тел полезного ископаемого, при наличии разрывных нарушений установлены их положение и амплитуда смещения;

- природные разновидности, выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, определены их состав и свойства; качество выделенных промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого;

- границы распределения и формы нахождения в минералах и продуктах и переделов полезного ископаемого ценных и вредных компонентов;

- технологические свойства полезных ископаемых, гидро –, инженерно –, горно-геологические и другие условия.

Запасы категории В должны близко удовлетворять указанным для категории А требованиям. Однако в отличие от них при изучении формы, условий залегания и внутреннего строения тел полезных ископаемых устанавливают лишь основные особенности и изменчивость.

Запасы категории С₁ определяют в соответствии с требованиями кондиций, устанавливаемых по результатам опробования скважин и горных выработок, с учетом данных геофизических и геохимических исследований и геологических обоснованной экстраполяции.

1.2.2. Подсчет запасов полезных ископаемых и проектное обоснование кондиций

Подсчет запасов (определение количества полезного ископаемого и полезных компонентов) проводят по модели месторождения, которую создают по данным геологоразведочных работ.

Содержание полезных компонентов C является качественной характеристикой, позволяющей определить запасы или только промышленную ценность полезных ископаемых без подсчета запасов ценных компонентов.

Среднее содержание определяют как среднеарифметическое или средневзвешенное последовательно по опробуемому сечению, горной выработке или скважине, горизонту, блоку, участку и, наконец, месторождению.

Для ограничения зоны влияния «ураганных» проб применяют различные приемы их выявления и замены, учитывающие морфологию рудных тел, текстуру руд, закономерности распределения полезных компонентов и технологии отработки.

Наибольшее распространение получил прием, основанный на выделении проб, учет которых приводит к повышению среднего содержания по разведочному пересечению более чем на 20 %, а по подсчетному блоку на 10 % и более. Значения содержаний таких проб рекомендуется заменять ближайшими к ним по величине содержаниями в рядовых пробах, расположенных в одних и тех же разведочных пересечениях или в смежных по простиранию.

Поправочные коэффициенты, учитываемые при подсчете, могут существенно изменить количественную и качественную характеристики запасов и повлиять на технологию их отработки.

Практически наиболее важной является поправка на дискретность оруденения или рудоносность. Чтобы оценить рудоносность, необходимо определить характер дискретности и количественно оценить ее степень. Характер дискретности зависит от соотношения размеров и количества рудных и безрудных интервалов.

На разведочных стадиях обычно определяют линейный коэффициент рудоносности

$$r = Zl_i/L, \quad (1.1)$$

где l_i – длина частных рудных интервалов; L – суммарная длина пересечений рудной зоны, включая рудные и безрудные прослои.

Оценка точности подсчета запасов. Точность подсчета запасов зависит от того, насколько близки параметры геологической модели месторождения его реальным параметрам.

Величина погрешности зависит также от степени соответствия разведочной сети, формы тел полезных ископаемых, ее ориентировки и плотности геологостатистической неоднородности месторождения и других факторов.

Погрешности геометризации запасов могут быть самыми различными по

абсолютному значению. Средние их значения в месторождениях различных рудных формаций в зависимости от сложности морфологии продуктивных залежей и их внутреннего строения изменяются от 10-15 до 50 %. Погрешности геометризации находятся в прямой зависимости от дискретности оруденения.

Сопоставление баланса погашенных в недрах с учетом потерь и разубоживания запасов с товарным балансом служит для контроля показателей качества горных работ.

Показатели полноты и качества выемки руд предусматривают в перспективных, текущих и оперативных планах объема добычи минерального сырья.

1.2.3. Проектное обоснование кондиций на минеральное сырье

Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям их разработки, обеспечивающих наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения.

Минеральные горно-геологические кондиции – это с одной стороны, системный комплекс требований к качеству и количеству полезных ископаемых и минерального сырья в целом, своего рода исходные категории; с другой стороны, – их показатели конкретного отражения. Показатели кондиций позволяют дать конкретно количественно и качественно выразить данные критерии.

Сопоставление баланса погашенных в недрах с учетом потерь и разубоживания запасов с товарным балансом служит для контроля показателей качества горных работ.

Показатели полноты и качества выемки руд предусматривают в перспективных текущих и оперативных планах объема добычи минерального сырья.

На основе кондиций подсчитывают балансовые запасы полезных ископаемых и определяют их промышленную ценность. Для подсчета забалансовых запасов также устанавливают кондиции, но с более низкими требованиями.

Разработку кондиций на всех этапах геологоразведочных работ осуществляют с учетом возможности использования основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, а также содержащихся в них ценных компонентов и оформляют в виде технико-экономического обоснования (ТЭО) кондиций.

В соответствии с этими этапами кондиции разделяют на *разведочные* (временные и постоянные) и *эксплуатационные*.

Временные разведочные кондиции разрабатывают по материалам промежуточных стадий разведки месторождения и используют для предварительной оценки его масштабов и экономической значимости.

Постоянные разведочные кондиции разрабатывают по материалам завершенных геологоразведочных работ с целью определения целесообразности и экономической эффективности его промышленного освоения (разработки).

Эксплуатационные кондиции разрабатывает недропользователь в процессе отработки месторождения при необходимости уточнения граничных требований к качеству извлекаемого полезного ископаемого и условиям его залегания применительно к конкретным частям месторождения, существенно отличающимся по геологическим, горно-техническим, технологическим и иным показателям от средних значений.

Они базируются на более детальном геологическом изучении месторождения и экономическом анализе проекта его разработки применительно к сложившимся на рынке ценам, тарифам, налоговым ставкам и т.д.

Основные параметры кондиций – это предельные значения натуральных показателей для подсчета запасов. Они должны иметь геологическое, горнотехническое, технологическое, экологическое и экономическое обоснования.

В разведочных кондициях для подсчета балансовых запасов *металлов и нерудного сырья* следует обосновывать следующие параметры:

1. *Минимальное промышленное содержание полезного компонента* C_{min} (или приведенное к содержанию условного компонента), при котором обеспечивается равенство извлекаемой ценности минерального сырья и полных затрат на получение товарной продукции.

Этот показатель используют для выделения балансовых запасов и их оконтуривания.

Запасы с таким содержанием имеют извлекаемую промышленную ценность $Ц_{np}$, зависящую от оптовой цены единицы полезного компонента в товарной продукции $Ц$ (номенклатура которой обоснована в ТЭО кондиций), единого (сквозного) коэффициента его извлечения при добыче, обогащении и металлургическом переделе ϵ_u , коэффициента разубоживания p и промышленной ценности 1 т руды C_{min} определяются по формуле

$$Ц_{np} = \frac{C_{min} \cdot Ц \cdot (1 - P)}{100} \quad (1.2)$$

Промышленная ценность 1 т руды должна обеспечить полное возмещение эксплуатационных затрат $З$, на ее добычу и переработку при нулевой рентабельности, а также погашение затрат на геологоразведочные работы, т.е. $Ц_{np} \geq З$. Заменяя в выражении $Ц_{np}$ на $З$, и выполнив преобразования, получим (%)

$$C_{min} = \frac{З}{Ц \cdot (1 - P)} \cdot 100 \quad (1.3)$$

Для полиметаллических руд рассчитывают C_{min} условного полезного компонента, используя соответствующие переводные коэффициенты;

2. *Бортовое содержание полезного (или условного) компонента в пробе* – наименьшее содержание в крайних пробах, оконтуривающих рудное тело по его мощности. Его устанавливают на уровне, обеспечивающем максимизацию экономического эффекта использования оконтуриваемых запасов.

В процессе разведки и разработки месторождения показатели минимально-

го промышленного и бортового содержаний могут периодически пересматриваться в зависимости от ценовых, технологических и других факторов;

3. *Минимальные мощности тел полезных ископаемых* или соответствующий *минимальный метропроцент* (метрограмм), при необходимости – минимальные мощности полезного ископаемого: по типам, сортам (маркам), условиям падения.

Величина минимальной мощности зависит от условий залегания рудных тел, изменчивости их мощности, а также факторов, обуславливающих повышенное разубоживание;

4. *Максимально допустимую мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд*, включаемых в контур подсчета балансовых запасов (зависит от способа и технологии разработки).

5. *Специфические (частные) кондиционные параметры* включают в себя технологические требования к качеству руд и условиям их отработки.

К частным кондиционным параметрам относят:

– *минимальное содержание полезного компонента (условного компонента) по пересечению рудного тела (полезного ископаемого) выработкой*, которое используют в случае необходимости наряду с показателями бортового и минимального промышленного содержаний для оконтуривания полезного ископаемого по простиранию и падению при высокой дискретности оруденения или если месторождение находится в сложных географо-экономических условиях. Этот показатель меньше минимального промышленного содержания, но достаточен для покрытия предстоящих затрат при добыче и переработке;

– *коэффициенты для приведения в комплексных рудах содержаний полезных компонентов к содержанию условного основного компонента*, которые определяют с учетом минимального содержания компонентов, величины их извлечения в товарную продукцию и оптовой цены;

– *максимально допустимое содержание вредных примесей*, отрицательно влияющих на технологию переработки минерального сырья и способных перейти в концентрат или конечную продукцию;

– *требование к выделению при подсчете запасов типов и сортов полезного ископаемого*, подлежащих отдельной выемке, обусловленной технологическими свойствами;

– *перечень попутных компонентов* (раздельно по технологическим типам полезных ископаемых), по которым необходимо подсчитать запасы, в случае необходимости – минимальное содержание этих компонентов;

– *минимальный коэффициент рудоносности в подсчетном блоке*. Его вводят для месторождений с прерывистым или гнездовым распределением полезных компонентов, когда кондиционные руды по геологическим или горно-геологическим критериям не могут быть оконтурены, а подсчет запасов осуществляют в контурах рудоносной зоны (залежи, тела) и статистически;

– *минимальные запасы изолированных (обособленных) тел полезных ископаемых*. Их обычно рассматривают на стадиях, следующих после детальной

разведки, исходя из окупаемости прямых затрат на добычу и переработку руд при нулевой рентабельности;

– *максимальная глубина подсчета запасов;*

– *предельные коэффициенты вскрыши, или максимально допустимое соотношение объемов вскрышных пород и полезного ископаемого (применяется для открытого способа);*

– *границы и основные параметры для подсчета запасов за намеченным ТЭО контуром разработки;*

– *требования к физико-механическим и другим свойствам для отдельных видов минерального сырья, регламентируемым действующими стандартами, техническими условиями или другими факторами;*

– *требования к горнотехническим условиям отработки, качеству сырья, технологическим свойствам для подсчета балансовых запасов совместно залегающих полезных ископаемых (перекрывающих, подстилающих или вмещающих пород), доступных для отработки.*

При комплексной оценке нерудного сырья требования к его качеству и горнотехническим условиям отработки устанавливаются применительно к каждой из намеченных областей его использования.

Кондиции для подсчета балансовых запасов *углей (горючих сланцев)* отличаются от рассмотренных кондиций на металлические и неметаллические полезные ископаемые. Их основными параметрами являются:

1. *Минимальная вынимаемая мощность пластов угля (сланца), а в пластах сложного строения – частей пласта, которые подлежат самостоятельной отработке; для селективно отрабатываемых частей этот параметр определяют по сумме угольных (сланцевых) слоев и внутрипластовых породных прослоев;*

2. *Максимальная мощность породных прослоев, включаемых в угольный пласт сложного строения при его валовой выемке, или минимальная мощность таких прослоев, предназначенных для селективной выемки и разделяющих пласт на части, подлежащие самостоятельному подсчету и разработке;*

3. *Максимальная зольность угля A^d (для сланцев – минимальная теплота сгорания в пересчете на сухое топливо Q_8^d);*

4. *Перечень попутных компонентов (раздельно по технологическим типам полезных ископаемых); в случае необходимости – их минимальное содержание;*

5. *Пласты, участки, блоки, которые не могут быть отработаны из-за особо сложных горно-геологических условий или вследствие малого количества запасов, разобщенности, интенсивной нарушенности и т. д.;*

6. *Предельная глубина отработки запасов, для открытого способа – предельные коэффициенты вскрыши, границы подсчета запасов в экономически обособленных контурах разработки и за пределами этих контуров, границы участков первоочередной отработки;*

7. *Специальные требования к качеству углей (сланцев) – спекаемость, выход смол, содержание серы, фосфора и т. д.*

Возможно применение и других параметров кондиций.

В *эксплуатационных условиях* в качестве основных параметров могут быть установлены:

- предельно допустимое качество запасов на контуре выемочного участка. Этот параметр является аналогом бортового содержания;
- предельно допустимое качество запасов в целом по эксплуатационному блоку или его части, которая может быть отдельно отработана;
- минимальные запасы обособленного тела полезного ископаемого (с учетом качества минерального сырья, его извлекаемой стоимости), целесообразные к отработке, исходя из окупаемости предстоящих затрат;
- максимальная длина безрудного участка залежи, включаемая в выемочный контур;
- углы падения пласта (залежи) и т.д.

1.2.4. Технико-экономические обоснования и расчеты параметров кондиций

Технико-экономические обоснования (ТЭО) и расчеты параметров разведочных кондиций осуществляют на основе анализа и оценки всех **основных факторов**, определяющих условия реализации проекта освоения месторождения:

- экономико-географического положения месторождения, транспортных связей, климата, рельефа, сейсмических условий, освоенности района, населения и его занятости, существующих и возможных источников снабжения, районных и специальных удорожающих коэффициентов, наличия нефте- и газопровода, сельскохозяйственных объектов и памятников истории и культуры, водохранных зон, вблизи которых необходимо применять специальные системы отработки запасов;
- горно-геологических, гидрогеологических, геокриологических и других природных условий месторождения (участка);
- качественной и количественной характеристик разведанных запасов полезных ископаемых и содержащихся в них ценных компонентов;
- результатов полупромышленных (при необходимости – промышленных) технологических исследований основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых;
- наиболее целесообразных способов (открытый, подземный, комбинированный, геотехнологический) и систем разработки месторождения или его части;
- номенклатуры товарной продукции и схемы ее реализации на рынке;
- оценок характера воздействия разработки месторождения на окружающую среду и необходимости реализации мероприятий по предотвращению ее загрязнения и рекультивации земель.

При выполнении технико-экономических обоснований параметров кондиций обязательно должны быть рассчитаны и обоснованы:

- основные параметры предприятия как объекта горнодобывающего комплекса: производительность, глубина, границы и этапность разработки, вскрытие, система разработки месторождения (участка) и режим горных работ;
- производительность будущего предприятия;
- технология производства горных работ;
- технология извлечения попутных полезных ископаемых и компонентов, а также утилизация отходов рудосортировки и обогащения;
- размер потерь, разубоживания, показатели качества добываемого сырья и продуктов обогащения, выходы концентрата (товарной руды), содержания и величина извлечения основных и попутных компонентов;
- система осушения месторождения, показатели содержания в подземных водах и дренажных стоках полезных и вредных компонентов, возможность их использования, в том числе для извлечения из них полезных компонентов;
- схема использования отходов производства или вариант их складирования или захоронения;
- мероприятия по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

Критерием для оценки и выбора величины бортового содержания при разработке ТЭО разведочных кондиций является максимум чистого дисконтированного дохода за весь период разработки месторождения, определяемого как сальдо дисконтированных притока и оттока денежных средств (кумулятивный денежный поток) с учетом (в базовом варианте – без учета) относимых на себестоимость продукции налоговых ставок и платежей за пользование недрами. При этом варианты бортового содержания следует рассчитывать исходя из факторов и условий.

При окончательном выборе варианта бортового содержания, основанного на вышеизложенных принципах, следует также оценивать эффект (ЧДД), относящийся к рудам прирезки, который должен быть равен (или близок) к нулю.

Минимальное промышленное содержание C_{\min} в ТЭО разведочных кондиций определяют, как уже было показано, исходя из условия равенства производственных затрат и результатов в цикле «добыча – реализация конечной товарной продукции» и используют в качестве эталона для оценки месторождения в целом или отдельных его частей.

Для обоснования проекта разведочных кондиций обычно используются технико-экономические показатели. Оценка величины капитальных вложений в промышленное строительство предприятия и эксплуатационных затрат осуществляют прямым расчетом, а также (по отдельным элементам затрат) с использованием данных по предприятиям-аналогам с соответствующим обоснованием.

Технико-экономические показатели эксплуатационных кондиций также составляют на основе анализа дисконтированных потоков денежной наличности с учетом реально существующих на данный момент цен на производимую продукцию и энергоресурсы, систем и ставок налогообложения, таможенных тарифов, льгот, условий привлечения заемного капитала.

Эксплуатационные кондиции разрабатывают на базе проекта разработки месторождения, содержащего конкретный план и последовательность развития горных работ, график ежегодного объема добычи и переработки полезного ископаемого, величину капитальных и эксплуатационных затрат, уточненную схему и показатели обогащения и металлургического передела.

При этом должны быть учтены все предусмотренные законодательством и условиями лицензионных соглашений налоги и льготы (частичное или полное освобождение от платежей при пользовании недрами, отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы), скидки за истощение недр и др.

1.2.5. Порядок оформления, представления и рассмотрения технико-экономических обоснований кондиций

Текстовые и графические материалы ТЭО кондиций должны быть разработаны в соответствии с действующими инструкциями.

ТЭО разведочных и эксплуатационных кондиций, как правило, должны разрабатываться специализированными организациями по поручению недропользователя.

Материалы ТЭО кондиций представляются в ГКЗ недропользователями вместе с заключением органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого находится данное месторождение, и территориального органа управления государственным фондом недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации. Материалы ТЭО эксплуатационных кондиций по месторождениям, находящимся в разработке, и предложения о списании с баланса действующих предприятий балансовых запасов согласовываются с органами Ростехнадзора.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова роль открытого способа разработки месторождений в горной промышленности страны?
2. Что понимается под терминологической категорией “технология ” и под “горной технологией” в частности?
3. Что представляет собой “минеральный объект”?
4. Назовите основные задачи проектирования карьеров.
5. Что такое кондиции?
6. Проектное обоснование кондиций.

II. ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ТИПЫ ОБОСНОВАНИЙ, ПРОЕКТ И СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ

2.1. Предпроектные типы обоснований, их состав и содержание

Прежде всего, осуществляется предпроектная геолого-промышленная или геолого-экономическая оценка месторождения, основываясь на комплексном отражении важных факторов – геологических, горно-геологических, организационно-технологических, экономических, социальных, физико-географических, организационно-правовых. Содержание этих факторов устанавливается с использованием данных детальной разведки, конечным результатом которой являются подсчеты запасов и установление промышленных кондиций.

На основе детальной разведки составляется *технико-экономическое обоснование (ТЭО)* разведочных кондиций, утверждаемых Государственной комиссией запасов (ГКЗ) Министерства природных ресурсов России. Данные кондиции используются как основа в подсчете и экономической оценке запасов полезных ископаемых.

На стадии детальной разведки должны быть:

- точно оконтурены все тела полезного ископаемого, установлена их форма и условия залегания;
- детально изучены характер и закономерности изменчивости морфологии и внутреннего строения тел полезных ископаемых;
- выделены и оконтурены в пространстве минеральные типы и промышленные сорта полезного ископаемого, а также безрудные и некондиционные участки внутри тел полезных ископаемых;
- установлены все разрывные нарушения и выявлены их типы, направления и амплитуды смещения по ним;
- определены содержания и особенности распределения в пространстве полезных, сопутствующих и вредных компонентов;
- исследованы структурно-текстурные характеристики полезного ископаемого и его технологические свойства (для каждого промышленного сорта и минерального типа) с детальностью, достаточной для составления проекта технологической схемы обогащения;
- установлены гидрогеологические условия месторождения;
- определены инженерно-геологические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород и другие горнотехнические условия разработки месторождения.

Конечными результатами детальной разведки являются подсчет запасов и разработка промышленных кондиций. Эти основные отчетные документы детальной разведки рассматриваются и утверждаются ГКЗ РФ или территориальными комиссиями по запасам полезных ископаемых (ТКЗ). Эти материалы раз-

ведки (карты, разрезы, планы, проекции, результаты испытаний и анализов, геофизических, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований) служат исходными данными для составления проекта отработки разведанного месторождения.

По результатам детальной разведки составляется:

– технико-экономическое обоснование (**ТЭО**) «постоянных» разведочных кондиций, утверждаемое в установленном порядке ГКЗ Министерства природных ресурсов России, на основе которых осуществляются подсчет и детальная экономическая оценка запасов, которая служит основой для разработки документа, обосновывающего целесообразность и экономическую эффективность инвестиций в создание горного предприятия;

– **ТЭП** – технико-экономическое предложение, включающее описание месторождения, технологии горных работ и обогащения, водоснабжение, энерго-снабжение, охрану окружающей среды, предварительные, экономические расчеты и т.п.. ТЭП используется как пояснительная записка на участие в конкурсе на получение лицензии;

– **ТЭР** – технико-экономические расчеты, включающие **ТЭП** и укрупненные **ТЭР**, т.е. расчеты для предварительной оценки месторождения, обоснования целесообразности его отработки, представления объекта потенциальному инвестору;

– **ТЭО** – технико-экономическое обоснование, содержащее детальные технико-экономические расчеты, является обоснованием объема инвестиций.

– Технико-экономический доклад (**ТЭД**) составляется, как правило, геологической организацией совместно с проектными организациями и нередко с участием научных институтов. Составляется он после предварительной разведки и представляется в ГКЗ для утверждения. ТЭД содержит материалы оценок месторождений, которые являются основой для перспективного планирования, формирования и развития горнодобывающей промышленности и ее предприятий.

При положительной оценке месторождения и утверждения **ТЭДа**, появляется обоснование для финансирования детальной геологической разведки, а иногда и на разработку проектного задания на создание горнодобывающего предприятия.

После передачи месторождения в промышленное освоение обычно возникает необходимость дополнительного изучения – *доразведки* детально разведанного участка месторождения или расширения его размеров. При доразведке еще не разрабатываемого месторождения основная цель – перевод запасов в более высокие категории в пределах участков, подлежащих первоочередной разведке, если количество разведанных запасов высоких категорий (А и В) недостаточно для рентабельной эксплуатации месторождения в начальный период его отработки. *Эксплуатационная разведка* проводится с целью уточнения в пределах эксплуатационного блока или группы блоков количества и качества запасов полезного ископаемого, условий залегания, горно-технических условий и других характеристик.

2.2. Проектирование карьеров и его основные задачи

2.2.1. Исходные положения

Проектирование карьеров – это ответственный и, в тоже время, творческий научно-инженерный процесс, общей целью которого является создание эффективного проекта на освоение месторождения с использованием того или иного способа разработки: комбинированного, скважинного, специального (нетрадиционного).

Определение сферы охвата факторов, учитываемых при проектировании, связано с необходимостью строго выдерживать условия технического задания и наиболее полно учитывать различные ограничивающие факторы, диктуемые существующими реальностями.

Выделим некоторые характерные черты, свойственные процессу проектирования:

- постоянная опора на фундаментальные и прикладные науки;
- органичное сочетание научных методов и инженерного искусства;
- стремление к простоте, надежности и высокой технологичности инженерных решений;
- новаторский, творческий подход к решению возникающих задач;
- умение рационально сочетать технический риск со строгими расчетами;
- нацеленность на решение сложнейших инженерно-технических проблем ценой минимальных затрат.

При разработке проекта нового предприятия, начиная с уровня систем и выше, необходимо:

- определить круг объектов и систем, связанных с ним, учесть и оценить их взаимное влияние;
- разработать и выбрать критерии оценки технических решений, принимаемых на различных иерархических уровнях, влияние этих решений друг на друга и на окончательные решения по объекту проектирования в целом;
- разработать принципы согласования начальных условий проектирования и принимаемых решений и т.д.

При решении этих проблем основное значение приобретает всесторонняя оценка объекта проектирования и его взаимосвязей с другими объектами и системами.

2.2.2. Основные задачи проектирования карьеров

Исходный комплекс основных задач проектирования представлен схемой на рис. 2.1.

Эвристические задачи наиболее сложные, поскольку это творческие задачи, «возникающие в нестандартных, проблемных ситуациях, когда не имеет

ся аналоговому искомому решению, а найденное решение может обладать новизной на уровне изобретения». «В их числе задачи прогнозирования, когда они решаются на основе экспертных оценок, либо формальными математическими методами.

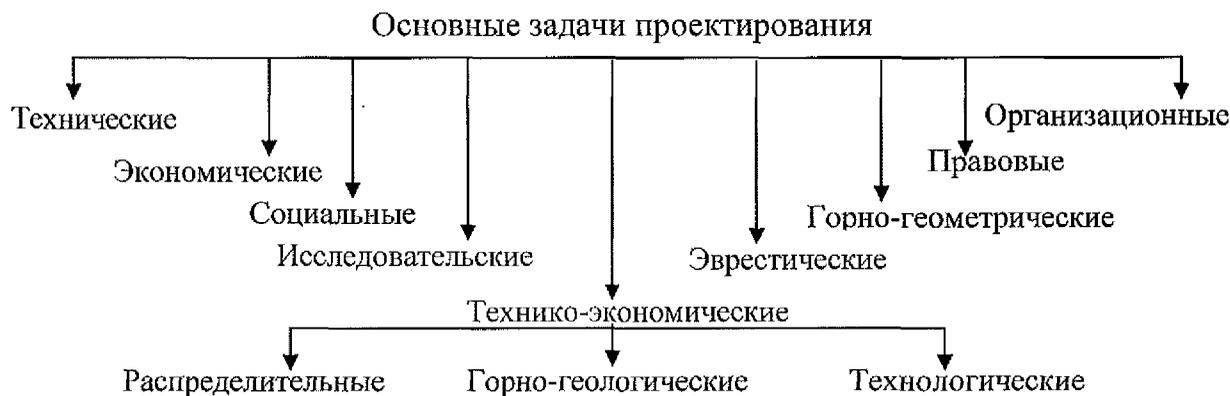


Рис. 2.1. Системный комплекс основных задач проектирования карьеров

Исследовательские задачи заключаются в установлении закономерностей, которые были ранее не известны, или в количественном описании ранее установленных.

Технологические задачи связаны в основном с выбором способа разработки месторождения или его участка; технологии горных работ; технологических схем открытой разработки; методов выемки и т. п.

Технические задачи характерны однозначностью решения, т.е. отсутствием необходимости экономической оценки вариантов.

Горно-геометрические это задачи определения площадей, объема, запасов п. и. и вскрышных пород, категории разведанности. построения планов и т.д.

Экономические задачи – главным образом определения затрат и себестоимости продукции, сметной стоимости, прибыли, рентабельности.

Технико-экономические – это задачи выбора оптимальных решений. Характерно множество решений, которые отвечают техническим или технологическим требованиям, но отличаются результативными технико-экономическими показателями.

Экологические – это задачи обеспечения снижения экологического воздействия того или иного материального производства на окружающую среду.

Социальные – это задачи связанные главным образом с обеспечением безопасности труда рабочих, инженерно-технического состава и вспомогательного персонала того или иного производства.

2.2.3. Порядок разработки проекта

Проектирование карьера должно осуществляться в соответствии: с требованиями Градостроительного кодекса Российской Федерации (ст. 48, 49) и Постановлениями Правительства Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 г. «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и № 145 от 05.03.2007 г. «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий»; методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция, исправленная и дополненная, 2006 г.); Едиными правилами безопасности при разработке полезных ископаемых открытым способом; Едиными правилами безопасности при взрывных работах, другими действующими законодательными и нормативными документами и инструкциями.

Основным проектным документом на строительство объектов является, как правило, технико-экономическое обоснование (ТЭО или проект).

Для горнотехнических объектов и систем, которые являются технически и экологически сложными объектами, одновременно с разработкой рабочей документации и осуществление строительства, как правило, выполняются дополнительные детальные проработки проектных решений по отдельным объектам, разделам и вопросам.

Проектирование карьера весьма условно можно разделить на следующие этапы, в определенном смысле отражающие технологию этого процесса:

- геолого-промышленная (геолого-экономическая) оценка месторождения;
- технико-экономическое обоснование эффективности инвестиций;
- геомеханическое и гидрогеологическое обоснование открытой разработки месторождения;
- проектирование карьера как объекта горнодобывающего комплекса и главных параметров карьера;
- проектирование технологических процессов, технологии и комплексной механизации открытых горных работ;
- проектирование природоохранной деятельности.

2.2.4. Стадии проектирования

В прошлые периоды жизнедеятельности нашей страны проектирование карьеров осуществлялось на разном количестве стадий – от трех до одной (рис. 2.2). В настоящее время оно осуществляется преимущественно в две стадии.

Некоторые ученые-горняки выделяют соответствующие этапы проектирования карьеров. В частности, в объемном учебнике по проектированию карьеров выделено три этапа «системотехнических работ»:

Первый этап – системные изыскания, которые выполняются с целью «исследования состояния какой-либо обширной области окружения возможных будущих проектов».

Второй этап – операция «постановки задачи», которая заключается в превращении неопределенной ситуации в сборе необходимых фактических данных для определения «предварительных целей, синтеза и анализа вариантов».

Третий этап, по мнению авторов, это установление целей, что является завершающей стадией определения задач и направлений поиска вариантов.

В учебном пособии авторы выделяют этапы проектной подготовки любого строительства, именуя их и стадиями (две стадии).

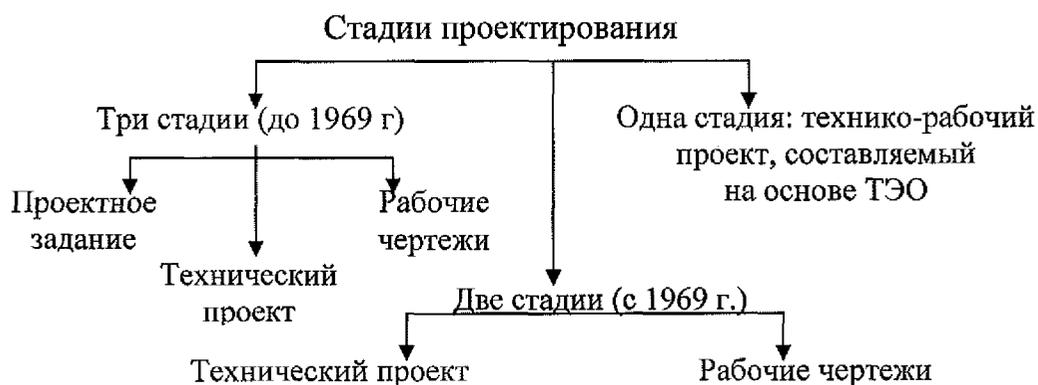


Рис. 2.2. Типы и количество стадий проектирования карьеров

2.2.5. Стратегия проектирования карьеров

Стратегия проектирования карьеров (рис. 2.3) – это целенаправленная последовательность действий (или точнее – деятельности) коллектива специалистов, устанавливаемая при проектировании в целях преобразования исходного технического задания в готовый проект.



Рис. 2.3. Основные типы стратегии проектирования

Стратегии проектирования классифицируются по двум главным показателям – степени заданности и схеме поиска.

Идеально заданная стратегия – это *линейная*, т. е. стратегия, состоящая из цепочки последовательных действий (рис. 2.4, б).

Циклическая стратегия предусматривает возвращения к одному из стадий (рис. 2.4, а). Во всех случаях, как правило, стремятся уменьшить цикличность и увеличить линейность.

При *разветвленной стратегии* действия проектировщика не зависят одно от другого (рис. 2.5, а).

При *адаптивной стратегии* с самого начала определяется только первое действие, каждое последующее действие зависит от результатов предшествующего действия. Это самая *рациональная* стратегия (рис. 2.5, б).

Стратегия приращения, составляющая основу традиционного проектирования, является хотя и надежным, но ограниченным вариантом адаптивного поиска (рис. 2.5, в).

Стратегия случайного поиска характеризуется отсутствием плана и используются в условиях, когда надо найти множество отправных точек (рис. 2.6, а).

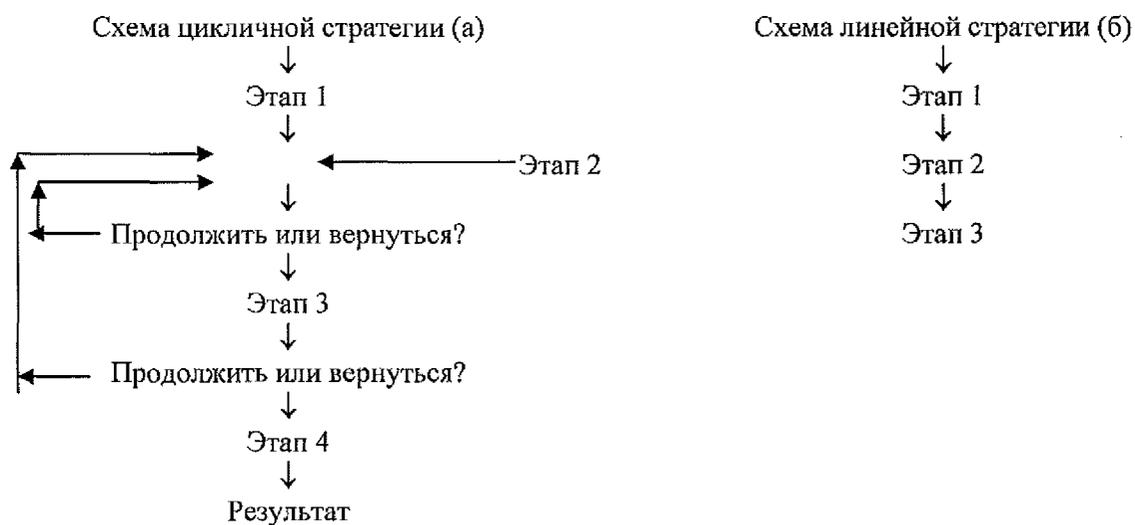


Рис. 2.4. Схемы циклической (а) и линейной (б) стратегий проектирования

Методы управления стратегиями предназначены для оценки стратегии в целом в соответствии с внешними критериями и промежуточными результатами (рис. 2.6, б).

2.2.6. Системотехнические работы и их сущность

Системотехнические работы – это технические работы, осуществляемые системно в процессе проектирования карьеров; один из методов проектирования карьеров в общем составе их системного комплекса.

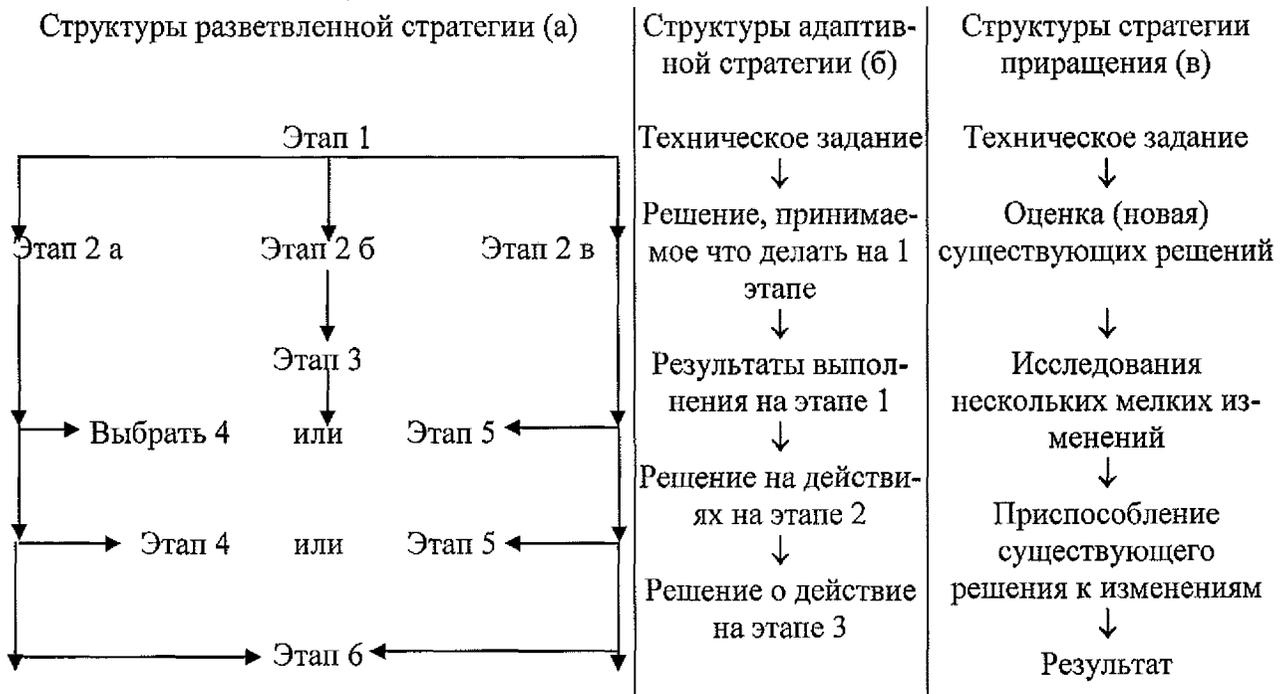


Рис. 2.5. Схематическое отражение структуры стратегий проектирования разветвленной (а), адаптивной (б) и приращения (в)

Системотехника отличается наиболее универсальной стратегией и процедурами, которые могут использоваться при составлении стратегии для проектирования конкретного карьера или в качестве дополнений к другим методам. Это основа проектной технологии и в тоже время «методология анализа и синтеза больших систем».

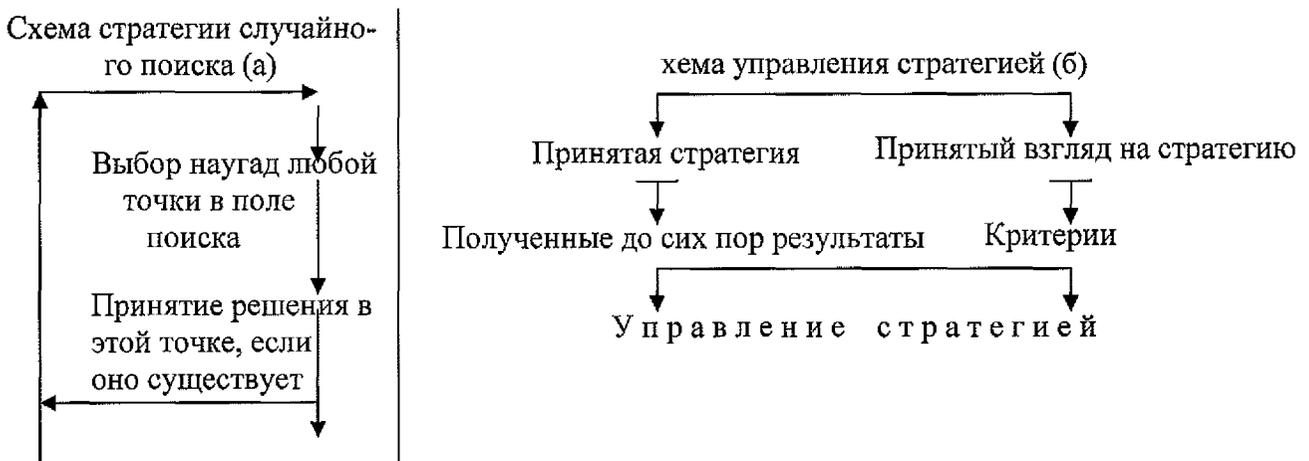


Рис. 2.6. Схема стратегий случайного поиска (а) и управления (б)

Фундаментальным понятием системотехники является понятие *системы*. С ним тесно связаны вторичные понятия – окружение (внешние факторы, внешняя среда), потребность, планирование и творческий процесс.

Обычно термин «система» используют во многих значениях. Для придания однозначности этому понятию примем, что *система* – это нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимной связи объектов и их признаков.

Объекты – это части или компоненты системы, они могут быть весьма разнообразны (уравнения, законы, процессы, машины, предприятия и др.).

Признаки – свойства объектов (например, производительность, масса, габариты, технологические параметры и т.д.).

Связи формируют систему как единое целое.

Планирование – это функция по своей структуре аналогична самому процессу решения задачи.

План – намеченный образ действий. Исходя из этого, под *планированием* понимается установление того, что надо сделать.

Известно множество способов классификации планов и их назначения; их основные этапы представлены схемой на рис. 2.7.



Рис. 2.7. Схема, отражающая основные этапы системотехнических работ

С одной стороны, по характеру использования планы можно разделить на разовые и постоянные. С помощью *разовых планов* устанавливают образ действия для определенных частных ситуаций. Их рассчитывают на период до достижения целей. *Постоянные планы* разрабатывают для планирования действий в повторяющихся ситуациях.

С другой стороны, взяв за основу относительную длительность периодов, охватываемую планированием, планы можно подразделить на *краткосрочные* и *долгосрочные*.

Исследование потребностей – это процесс определения ценности потребности.

Исследование окружения и исследование потребностей тесно связаны между собой и, несмотря на то, что порой трудно дифференцировать некоторые работы по этим категориям, имеется принципиальное различие между ними.

Широкий аналитический подход, лежащий в основе исследования окруже-

ния, отличаете от схемы действий процесса исследования потребностей.

Исследование окружения опирается на глубокий всесторонний анализ обширных областей науки, техники, технологии, а исследование потребностей ограничивается выявлением того, что нужно или желательно.

Конечная цель того и другого подходов – удовлетворение потребностей, но один из них направлен на поиск новых средств, а другой «отталкивается» от потребностей.

Проблема выбора потребителей (предпочтение потребителей) включает в себя следующие вопросы.

Под *целью* понимают то состояние объекта, системы, которое надо достичь, или результаты, которые желательно получить.

Генеральная цель обоснования технических решений всегда одна – отыскание наиболее рационального способа использования объективно ограниченных ресурсов.

Постановка целей. Ясная формулировка общепринятых целей является непременным условием получения правильного решения. Для достижения этого, прежде всего, необходимо перечислить цели, желательно в письменном виде. Однако определенность – не единственное требование к целеполаганию. Цели могут быть вполне определенными, но ошибочными.

Измеримость целей. Цели могут иметь количественный или качественный характер.

Количественные цели – это цели, которые поддаются измерению с помощью различных единиц измерения.

Качественные цели – это цели, которым трудно или невозможно дать количественную оценку, т.е. измерить. Они связаны с этическими, психологическими, социальными и другими.

Настоящие и будущие разработки. Все предприятия формируют конкретные планы развития. Эти планы должны согласовываться с программами развития региональных комплексов смежных предприятий.

Внешние технические факторы. Ранее были рассмотрены внутренние факторы окружение существующее оборудование, способы, стандарты и технология в пределах отрасли. Аналогичны факторы, естественно, составляют и внешнее окружение.

Экономическое и коммерческое окружение. Состояние системы горных предприятие добывающих определенные виды полезных ископаемых, и непосредственно связанных с ними отраслей промышленности можно считать особым, хотя и тесно связанным с другими, фактором окружения.

Общегосударственные факторы оказывают наиболее сильное влияние на выработку решений при проектировании и в процессе эксплуатации карьера. Среди них можно выделить общеэкономические и общетехнические (включая и административные) факторы.

Общеэкономические факторы такие как, цены, порядок финансовых операций, нормы отчислений и т.п., устанавливаемые государством, самым непо-

средственным образом влияют на все экономическое окружение, в котором будет действовать проектируемый карьер.

Общетехнические факторы, к которым условно можно отнести государственные законы о недрах, стандарты, правила технической эксплуатации, правила безопасности, земельное законодательство, также оказывают определяющие воздействие на выработку решений и их реализацию.

Номенклатура добываемых полезных ископаемых и структура цен

Факторы, как правило, различаются в зависимости от конкретной области проектирования. Однако имеется и ряд универсальных факторов, среди которых следующие:

- *промышленное окружение* (горные предприятия и системы, добывающие и перерабатывающие аналогичные полезные ископаемые; предприятия и системы машиностроительного, энергетического и других комплексов, с которыми; прямо или косвенно будет связано данное горное предприятие);
- *естественное окружение* (горно-геологические характеристики месторождения и окружающей природной среды);
- *экономические и коммерческие условия для новых систем* (макро- и микроэкономические условия, конъюнктура рынка и структура цен на производимую продукцию и приобретаемые оборудование, энергию, услуги и т.п.);
- *социальные факторы* (наличие трудовых ресурсов, состояние и требования к развитию социально-бытовой инфраструктуры и т.д.).

Основные функции системотехники представлены схемой на рис. 2.8.



Рис. 2.8. Система основных функций системотехники

Принятие проектных решений:

Решение – это выбор альтернатив из ряда возможных вариантов, направленных на достижение целей и решение поставленных задач. При этом используют арсенал специальных методов для выработки и принятия решений.

Принятие решений это ответственная деятельность профессионального проектировщика, процесс осуществляемый в течение определенного времени в несколько этапов.

На *первом* этапе – осознание ситуации, в которой принимается решение.

На *втором* этапе – устанавливается некоторая определенная цель (или цели) которые следует необходимо достичь.

На *третьем* этапе – определение рациональных и возможных способов или путей достижения цели.

На *четвертом* этапе – выбор из множества возможных решений наиболее эффективного в достижении цели.

2.3. Автоматизированное проектирование карьеров (САПР)

2.3.1. Категория САПР и ее состав

САПР – это организационно-техническая система, которая состоит из комплекса средств автоматизации проектирования проектной организации, на основе которых выполняется автоматизированное проектирование (рис. 2.9 и 2.10).

Автоматизированное проектирование – это проектирование с помощью специальных технических систем, основанных на использовании ЭВМ, в процессе которого осуществляется иное взаимодействие человека (или коллектива людей) с автоматизированной системой проектирования (рис. 2.11).

Степень автоматизации проектирования может быть различной и оценивается удельным весом проектных работ, выполняемых с помощью ЭВМ, без участия человека.



Рис. 2.9. Общий состав САПР карьеров

2.3.2. Структура и принципы построения САПР

Проектирование карьеров это весьма трудоемкий, длительный и сложный творческий процесс, вследствие необходимости широкого комплексного учета большого числа факторов, достоверность которых (особенно природных), нередко невысокая. Поэтому обеспечение надежного и рационального

проектирования становится возможным только при использовании относительно развитых САПР (рис. 2.12), которые позволяют осуществить:

- а) оперативный пересмотр проектов;
- б) переход от проектов к планам (пятилетним и годовым);
- в) выполнение функций информативных систем по управлению объединением, предприятием, институтом.



Рис. 2.10. Структурированный состав САПР



Рис. 2.11. Основные типы режимов взаимодействия человека с машиной



Рис. 2.12. Общий состав принципов построения САПР

Основные составляющие обеспечения САПР представлены на рис. 2.13. и 2.14.



Рис. 2.13. Основные компоненты или виды обеспечения САПР



Рис. 2.14. Основные составляющие технического и математического обеспечения САПР

2.3.3. Основные технические средства и программно-методическое обеспечение

Состав используемых технических средств при реализации САПР разнообразен (рис 2.15 и рис. 2.16).



Рис. 2.15. Состав технических средств САПР

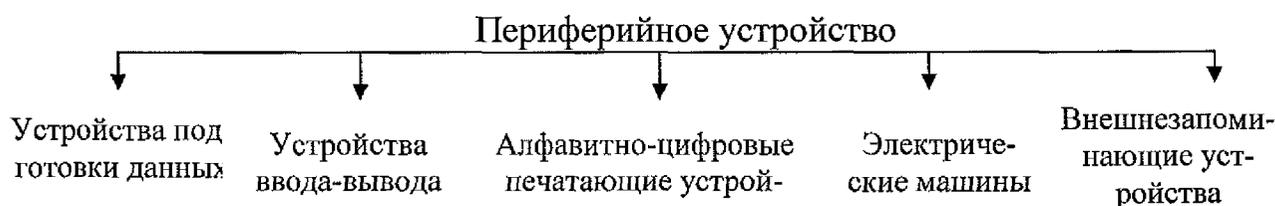
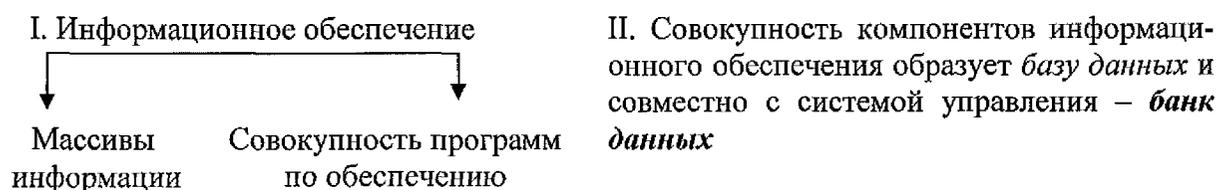


Рис. 2.16. Средства периферийных устройств

Процесс решения задач в САПР заключается, главным образом, в автоматизированной переработке информации, включающей ряд операций:



Организационно-технические операции, осуществляемые при установлении движения информации, представлены на рис. 2.17.

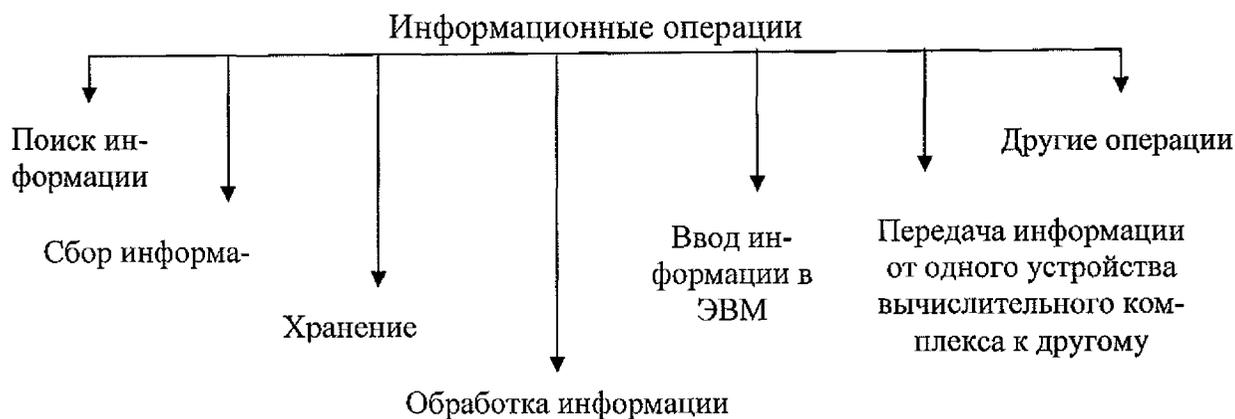


Рис. 2.17. Состав организационно-технических периодических операций

На современном этапе весьма важное, если не определяющее, значение приобретает надежное и оперативное *программное обеспечение* различной полезной начальной и производственной деятельности человека, а автоматизированного проектирования карьеров, в частности – в особенности.

Программное обеспечение подразделяется на:

а) *Социальное*, содержащее пакеты прокладных программ (ППП) для решения конкретных задач;

б) *Общее*, предназначенное для управления вычислительным процессом САПР и отвечающее требованиям ГОСТов и имеющее высокую надежность тиражирования;

в) *Автоматизированное.*

При автоматизированном проектировании используются в области САПР такие программные продукты, как DATAMINE, SUR PAK, MINEMAX Planner, ARKINTO, MARINTO, частично – AUTOKAD ARCHICAD и др.

Оригинальная разработка ВЮГЕМа – ГИС ГЕОМИКС применяется на десятках предприятий горной промышленности как в России, так и за рубежом.

При программировании предусматривается:

1. Индивидуальное обеспечение – общеизвестные алгоритмические и выходные специализированные объектно-ориентированные языки программирования, которые предназначены для описания объектов проектирования и заданий на выполнение проектных процедур;

2. Методическое обеспечение. Его исходный состав представлен схемой на рис. 2.18;

3. Организационное обеспечение проектирования. Исходный состав организационного обеспечения проектирования представлен схемой на рис. 2.19;

4. Документально-техническое программное обеспечение. Его общий состав представлен схемой на рис. 2.20.



Рис. 2.18. Общий состав методического обеспечения проектирования



Рис. 2.19. Общий состав организационного обеспечения проектирования

Следует представить производственно-объектовые типы САПР, с которыми связано (с той или иной степенью тесноты) автоматизированное проектирование карьеров (рис. 2.21).

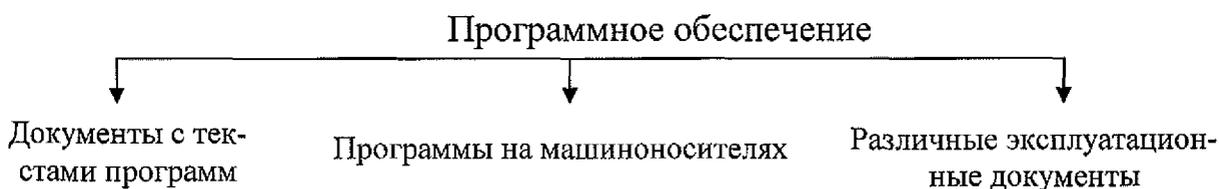


Рис. 2.20. Общий состав документально-технического программного обеспечения автоматизированного проектирования карьеров



Рис. 2.21. Исходный состав организационно-технических типов САПР

Производственные, исследовательские и учебные САПР (по своему содержанию и методике ориентированы на объект или проблему данной отрасли производства), является объектно- и проблемно-ориентированными.

Характерный пример эффективного практического использования при проектировании алмазородных карьеров программно-компьютерной системы “ДТАМАЙН” приводится ниже. Материал представлен в дословном изложении одного из ведущих специалистов Института “Якутнипроалмаз”.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы предпроектные (пилотные) типы обоснований?
2. Что есть проектирование карьеров и каковы его основные задачи?
3. Каков порядок разработки проекта?
4. Назовите стадии проектирования карьеров и раскройте кратко их содержание.
5. Каковы типы проектирования карьеров и их сущность?
6. Что есть системотехнические работы и каковы их типы и сущность?
7. Что есть САПР и его значение?
8. Какова краткая история возникновения, формирование и развитие САПР?
9. Каков состав и признаки построения САПР?
10. Назовите технические средства САПР и их особенности.
11. Какие современные программные продукты используются в области САПР?

III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА

3.1. Типы параметров карьера

В общей сложности выделяем исходный системный комплекс параметров карьеров и угольных разрезов, схематически представленный на рис. 3.1.

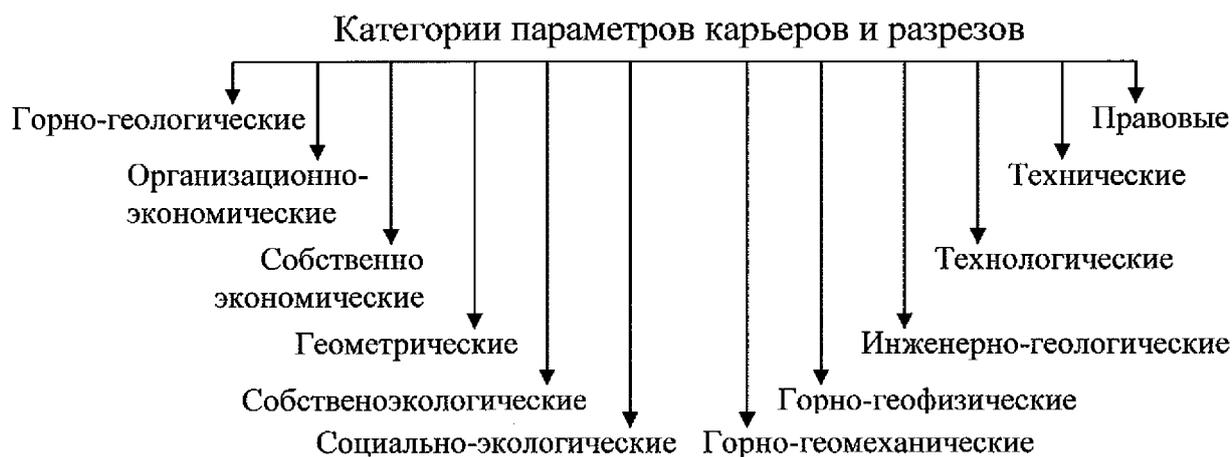


Рис. 3.1. Системный комплекс категорий параметров карьеров, угольных и сланцевых разрезов (в широком их проявлении)

Ниже представлены составы и методы определения параметров наиболее характерных основных категорий, к числу которых прежде всего относятся производительность карьера.

3.2. Проектное определение производительной мощности карьера

Производственная мощность карьера (P_k) определяется в проекте как по добыче полезного ископаемого Q_d , так и по вскрыше V_b , а следовательно, и по горной массе $Q_{г.м}$, при этом

$$Q_{г.м} = V_b + Q_d \quad (3.1)$$

При разработке горизонтальных (или почти горизонтальных) месторождений, когда технический коэффициент вскрыши ($K_{в.т.}$) равен среднему коэффициенту вскрыши ($K_{в.с.}$)

$$P_b = P_d \cdot K_{в.с.} \quad (3.2)$$

При разработке наклонных и крутопадающих месторождений мощность карьера по горной массе в течение срока его эксплуатации изменяется в широких пределах. В связи с этим она устанавливается для основных периодов разработки.

В целом и общем проектное определение оптимальной производственной мощности карьера по добыче п.и. и по вскрыше – весьма сложная технико-экономическая задача.

При проектировании используют два типа способов определения производственной мощности карьера: *упрощения и детальные*.

Типы основных факторов, которые должны учитываться при установлении проектной производительности карьера, показаны на рис. 3.2.

Основные условия, при которых должна определяться проектная производительность карьера, схематически представлены на рис. 3.3.

Основные составляющие главных из определяющих факторов применяемой техники и технологии показаны на рис. 3.4, параметры карьера – на рис. 3.5.



Рис. 3.2. Типы основных факторов, учитываемых при установлении проектной производительности карьера

Производственная мощность карьера по добыче полезного ископаемого Π_d приближенно определяется:

а) *По условиям углубки* (опускания на глубину) горных работ по формуле

$$\Pi_d = V_j \cdot S_j \frac{1 - \Pi_1}{1 - P_3}, \quad (3.3)$$

где V_j – скорость понижения горных работ в на j -м этапе, м/год; S_j – площадь, занимаемая полезным ископаемым в границах рабочей зоны на j -ом этапе, м²; Π_1 и P_3 – соответственно коэффициенты потерь и разубоживания, доли един.

В 50-60-х годах XX столетия $j \approx 6 \div 8$ и 10-15 м в год соответственно при ж/д и автомобильном транспорте; в 70-80-х годах она составила соответственно 7-10 и до 20-25 и от 12-18 до 50-55 м в год.

В отдельных случаях скорость понижения горных работ достигла 55-60 м в год.

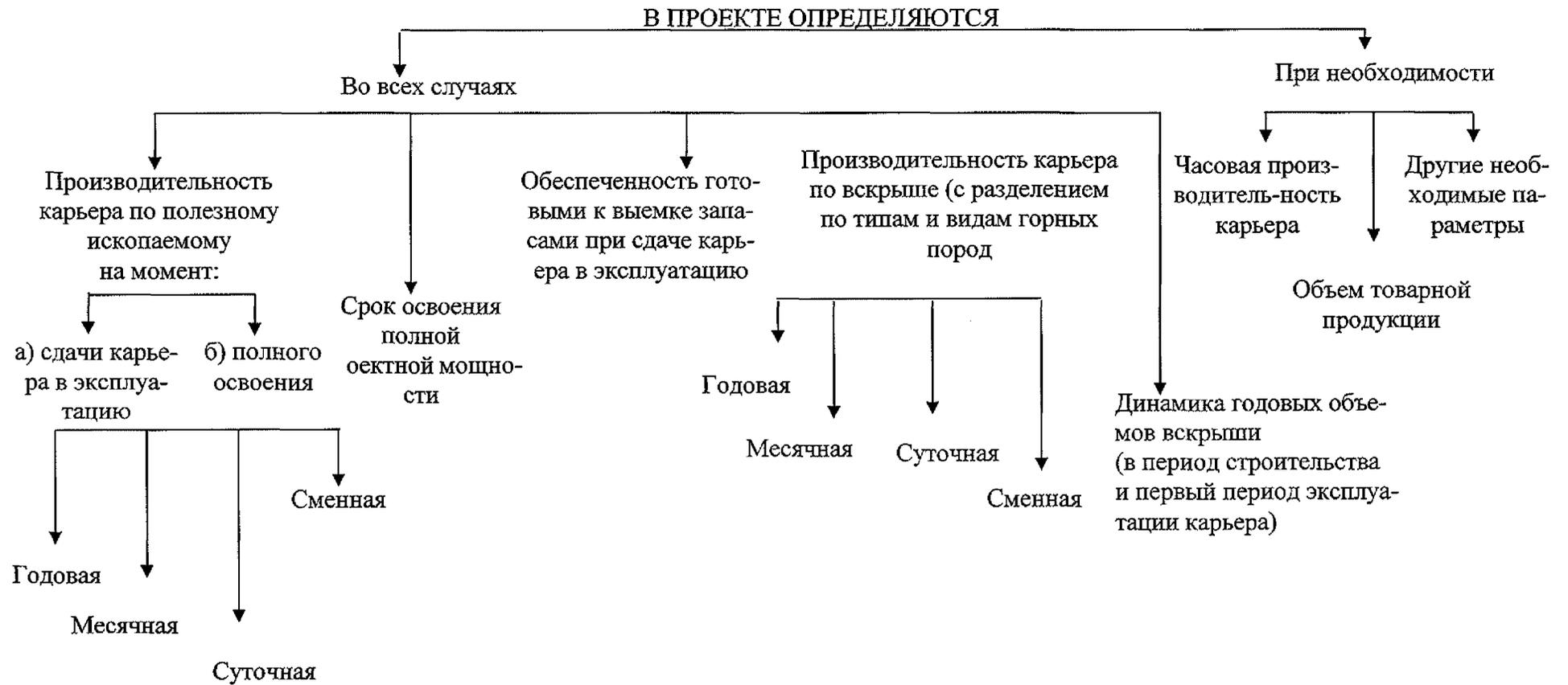


Рис. 3.3. Условия, при которых определяется проектная производительность карьера

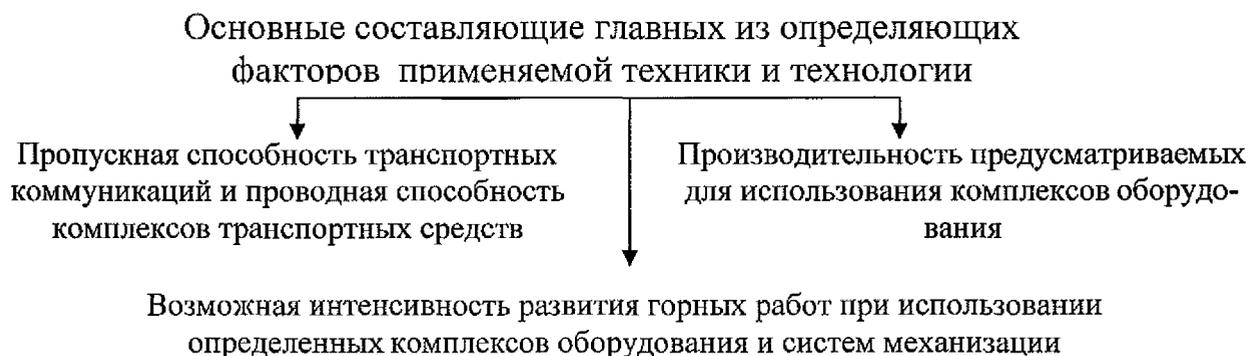


Рис. 3.4. Основные составляющие техники и технологии освоения

б) При *разработке горизонтальных и пологих залежей* полезных ископаемых учитывают соотношение скоростей подвигания вскрышных и добычных работ. В этих случаях годовая производительность карьера определяется на основе формулы:

$$P_{\partial} = V_{\partial} \cdot M_{н.и} \cdot \alpha_{ф.р} \cdot \gamma_{н.и} \frac{1 - P_1}{1 - P_3}, \quad (3.4)$$

где V_{∂} – годовая скорость продвижения фронта добычных работ; $M_{н.и}$ – мощность залежки (пласта) полезного ископаемого; $\alpha_{ф.р}$ – протяженность фронта добычных работ; $\gamma_{н.и}$ – плотность полезного ископаемого.

3.3. Основные геометрические параметры карьера и методы их определения

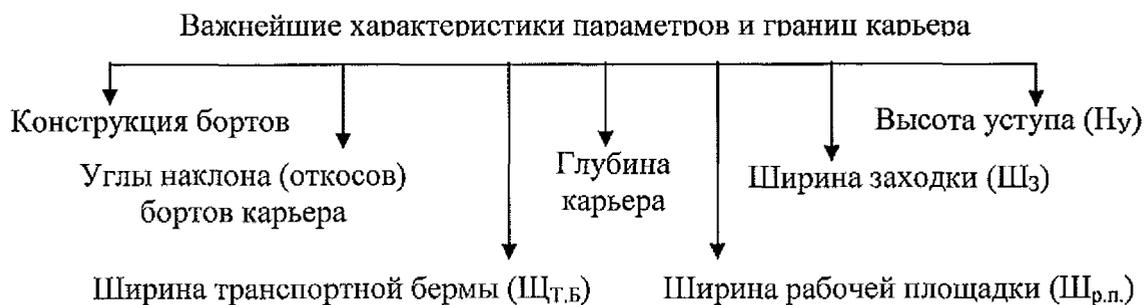


Рис. 3.5. Главные характеристики параметров карьера

Ширина рабочей площадки принимается равной 40÷60 м при автотранспорте и 75-80 м – при ж/д транспорте; при скальных горных породах и использовании мехлопат $H_y = 14,5 \div 27$ м; при ж/д транспорте (и скальных г.п.), однокольном пути $Ш_{Т.Б} = 7,5 + B$, м (B – ширина резервной бермы безопасности),

двухколейном – $Ш_{т.б.}=13,6 + В$. При определении параметров и границ карьеров важная роль отводится установлению величин коэффициентов вскрыши и горной массы, системный перечень которых представлен на рис. 3.6. Для установления их величин используются основные зависимости (3.5)-(3.18).

Коэффициенты вскрыши вышеприведенных типов определяются на основе зависимостей:

$$\text{Коэффициент вскрыши – } K_g = \frac{V}{Q} \quad (3.5)$$

$$\text{Коэффициент вскрыши объемный – } K_{г.о} = \frac{V_o}{Q_o}, \frac{м^3}{м^3} \quad (3.6)$$

$$\text{Коэффициент вскрыши массовый – } K_{г.м} = \frac{V_m}{Q_m}, \frac{т}{т} \quad (3.7)$$

$$\text{Средний промышленный коэффициент вскрыши – } K_{г.с.п} = \frac{V_n}{Q_n}, \frac{м^3}{м^3} \quad (3.8)$$

$$\text{Средний эксплуатационный коэффициент вскрыши – } K_{г.с.э} = \frac{V - V_c}{Q - Q_c} \quad (3.9)$$

$$\text{Контурный коэффициент вскрыши – } K_{г.к} = \frac{V_k}{Q_k} \quad (3.10)$$

$$\text{Текущий коэффициент вскрыши – } K_{г.т} = \frac{V_m}{Q_m} \quad (3.10)$$

$$\text{Погоризонтальные коэффициенты вскрыши – } K_{г.н.г.} = \frac{V_z}{Q_z} \quad (3.12)$$

где $V, V_o, V_m, V_k, V_t, V_z$ – количество пустых пород (вскрыши) соответственно безразмерное, объемное ($м^3$), массивное (т), вынимаемое за счет расширения контуров карьера за определенный период времени.

3.4. Проектирование границ открытых разработок

Определение контуров (границ) карьера

Конечные контуры карьера делятся на конечные, перспективные и промежуточные.

Приближенно перспективная глубина карьера ($H_{к.п}$), а следовательно, и его контуры определяются на основании зависимости

$$H_{к.п} = H_{к.к} (1 + \Delta H / 100), \quad (3.13)$$

где $H_{к.к}$ – конечная глубина карьера, м

$$\Delta H = f(p), \quad (3.14)$$

где p – доверительная вероятность, которую при разработке ценных руд рекомендуется применять $0,9 \div 0,95$, а в обычных условиях – равной $0,8 \div 0,85$.



Рис. 3.6. Система коэффициентов вскрыши и горной массы

Промежуточные контуры карьера устанавливаются обычно с интервалом в 10-12 лет внутри перспективного контура карьера.

При этом

$$K_{г.м} = \frac{V_{г.м}}{Q_{м}} = \frac{V_{в} + V_{п.и}}{Q_{м}}, \quad (3.15)$$

где $V_{г.м}$ – объем горной массы, м³; $V_{в}$ – объем вскрыши, м³; $V_{п.и}$ – объем полезного ископаемого, м³; $Q_{м}$ – количество металла, т.

$$Q_{м} = V_{п.и} \cdot \gamma \cdot c, \text{ т}, \quad (3.16)$$

где γ – средняя плотность полезного ископаемого; c – среднее содержание металла (или полезного компонента) в полезном ископаемом, доли единиц.

Следовательно,

$$K_{г.м} = (1 + K_{в}) / \gamma \cdot c. \quad (3.17)$$

Граничный коэффициент вскрыши определяется на основе зависимости

$$K_{в.г} = \frac{(C_{г} - C_{д} + K_{п} C_{п})}{C_{в}}, \quad (3.18)$$

где $C_{г}$ – допустимая себестоимость 1 м³ полезного ископаемого, руб; $C_{д}$ – себестоимость 1 м³ полезного ископаемого, руб; $C_{в}$ – себестоимость 1 м³ вскрыши, руб; $C_{п}$ – отпускная цена (или цена реализации) попутно добытого полезного ископаемого, руб/т; $K_{п}$ – коэффициент попутной добычи, равный отношению объема попутно добываемого к объему основного полезного ископаемого, доли ед.

3.5. Установление основных геометрических параметров карьеров

Применявшиеся и применяемые методы проектирования геометрических параметров карьеров, обобщенные некоторыми видными учеными, схематически представлены на рис. 3.7.

Определение глубины карьера по граничному коэффициенту вскрыши осуществляется на основе зависимости 3.19 и факторов, показанных на рис. 3.8.

$$H_{к} = \frac{(K_{г} / \lambda) M}{c v g \gamma_{п} + c v g \gamma_{в}}, \quad (3.19)$$

где $K_{г}$ – граничный коэффициент вскрыши, м³/м³; M – горизонтальная мощность залежи, м; $\lambda = 1,15 \div 1,8$ – коэфф. неравномерности вскрышных работ; $\gamma_{п}$ и $\gamma_{в}$ – углы соответственно погашения и временных бортов карьера.

Традиционные и современные методы проектирования
(по материалам В.С. Хохрякова, В.А. Шестакова и др.)

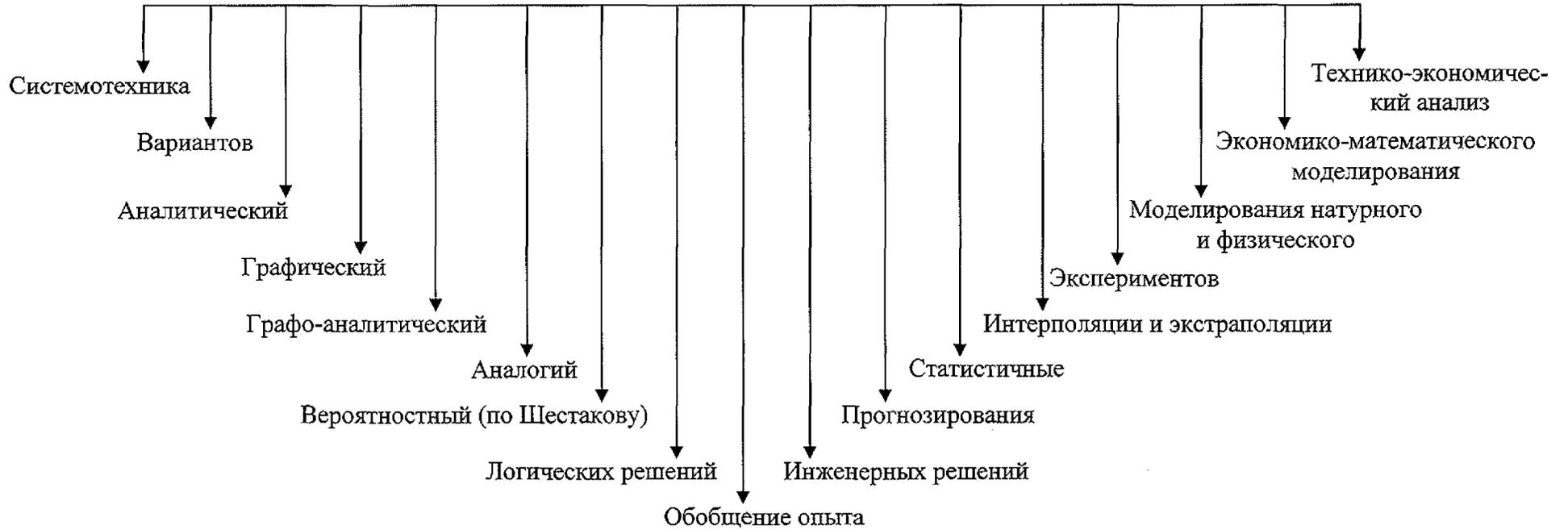


Рис. 3.7. Методы проектирования геометрических параметров карьеров



Рис. 3.8. Основные факторы, учитываемые при определении контуров карьера

Применявшиеся и применяемые методы проектирования геометрических параметров карьеров, обобщенные некоторыми видными учеными, схематически представлены на рис. 3.7.

Предельно допустимым считают такое значение конечной глубины карьера H_k при котором контурный коэффициент вскрыши равен граничному.

Контурный коэффициент вскрыши для простейших условий залегания (K_k) равен:

$$K_k = (\Delta V_{вл} + \Delta V_{вв}) / \Delta V_{и}, \quad (3.20)$$

где $\Delta V_{вл}$, $\Delta V_{вв}$, $\Delta V_{и}$ – соответственно приращение объемов вскрыши со стороны лежачего и висячего боков залежи и полезного ископаемого при увеличении глубины карьера на величину h .

Проектирование границ открытой разработки месторождения предусматривает установление глубины и контуров карьера, положения верхней и нижней бровок и боковой поверхности.

Границы открытой разработки определяются геологическими, гидрогеологическими и инженерно-геологическими характеристиками месторождения, в числе которых запасы месторождения, качественные характеристики и пространственное положение полезных ископаемых в земной коре, физико-механические свойства пород, углы откосов бортов карьера (рабочего, нерабочего и на момент погашения), ценность полезных ископаемых, текущая и перспективная потребность в нем, возможность добычи аналогичных полезных ископаемых другими горными предприятиями или замены их природными или синтетическими материалами.

Правильный выбор глубины и контуров карьера имеет исключительно важное значение, так как ими определяются объемы полезных ископаемых, вовлекаемых в разработку, и объем подлежащих удалению вскрышных пород, а по этим показателям проектируют производительность и срок существования карьера, режим горных работ, вскрытие, систему разработки, технологию и механизацию работ, расположение внешних траншей, зданий и коммуникаций на поверхности. Принятие при проектировании суженных границ карьера может потребовать в дальнейшем переноса траншей, отвалов, сооружений, а необоснованное расширение границ может вызвать необходимость выполнения дополнительных объемов вскрышных работ, увеличение дальности транспортировки горной массы.

Точно определить глубину и положение контуров карьера на длительную перспективу при проектировании удается редко. Основными причинами этого являются неточность геологических данных и экономических показателей, принимаемых в расчетах, изменение кондиций, конъюнктуры рынка и цен на продукцию горнодобывающих предприятий, энергоносители, оборудование, материалы. Как показывает практика, глубину и положение контуров большинства крупных карьеров по мере отработки месторождения неоднократно корректируют.

Проектные контуры карьера могут быть подразделены на конечные, перспективные и промежуточные.

Конечными называют контуры, по которым согласно проекту должны быть погашены открытые горные работы. Конечные контуры необходимо определять с максимально возможной степенью точности.

Перспективными являются контуры, до которых в соответствии с проектом предполагается развитие открытых работ. Перспективные контуры карьера определяют приближенно и при разработке карьера их можно корректировать.

Промежуточными называют контуры, которые согласно проекту предполагают достичь к определенному моменту разработки.

Определение глубины и границ карьера с использованием экономических показателей

Метод определения глубины и контуров карьера с использованием экономических показателей – динамический подход, основанный на анализе календарного распределения объемов горных работ при нескольких вариантах глубины и контуров карьера. Для каждого из них определяется суммарная дисконтированная прибыль и затраты и по этим показателям – предпочтительный вариант параметра.

Рациональной конечной глубиной карьера принимать таковой, при которой приведенная к одному моменту оценки прибыль максимальна.

Рациональнее определять глубину и границы открытой разработки с использованием универсальных экономических критериев, включая показатель дисконтированного накопленного сальдо. Определение глубины и контуров карьера достаточно надежно могут быть установлены лишь для отрезка времени не более 10 – 12 лет.

Конечные контуры достоверно могут быть определены лишь для относительно небольших и надежно разведанных месторождений и для последнего этапа разработки крупных месторождений, а также срока разработки 10 – 12 лет. При большем сроке работы карьера и при изменяющихся горно-геологических условиях предусматривается развитие горных работ по этапам с выделением промежуточных и перспективных контуров карьера. При этом сначала определяют перспективные контуры карьера на поверхности, исходя из возможного развития горных работ в будущем.

При построении перспективных контуров карьера по поверхности предусматривают возможную погрешность определения углов погашения, которую принимают равной 25 %.

Промежуточные контуры карьера определяют с заданным интервалом времени, который рекомендуется принимать в пределах 10–12 лет. Первый промежуточный контур должен иметь высокую точность расчета – около 95-90 %.

Второй промежуточный контур – в пределах 20-25 лет – имеет погрешность около 20-25 %. Точность определения последующих контуров (в том числе и перспективного) существенно ниже. Эффективность открытой разра-

ботки в каждом промежуточном контуре рассчитывается по экономическим критериям (с учетом фактора времени). Ориентировочная эффективность открытой разработки в ближайшем промежуточном контуре определяется по текущему коэффициенту вскрыши; в последующих контурах оценка осуществляется по среднему коэффициенту вскрыши.

По установлению глубина и положения бортов, в пределах последнего рассматриваемого контура (за границами которых открытая разработка месторождения становится неэффективной), то эта глубина принимается в качестве «предела эффективности».

На конечную глубину карьера определяющее влияние оказывают порядок и календарный план разработки месторождения, система разработки, вскрытие, интенсивность ведения горных работ. Конечная глубина карьера возрастает при увеличении угла наклона рабочего борта.

Некоторое увеличение угла наклона рабочего борта достигается при увеличении высоты уступов и уменьшении ширины рабочих площадок.

Календарный план можно улучшить при отработке месторождения этапами. При этом прямые затраты несколько возрастут. Однако лучший порядок разработки обеспечивает более экономичное распределение затрат во времени, что позволяет увеличить конечную глубину карьера.

При определении конечной глубины карьера необходимо учитывать ценность земли, занимаемой предприятием, затраты на геологоразведочные работы, а также горную ренту.

При ориентировочной оценке вариантов предпочтение отдается варианту с меньшими отложенными во времени капитальными затратами и ускоренным получением максимальных эффектов.

Аналитические методы определения глубины карьера

При аналитических методах определения глубины карьера, выполняемые по упрощенным геометрическим моделям месторождений, горные работы рассматриваются не в динамике, а статическими. При этом погрешность расчета глубины карьера такими методами может достигать $\pm 20\%$.

Принимаемые методы определения глубины карьера зависят от типов месторождений, их формы и размеров:

а) для месторождений большой протяженности конечную глубину карьера определяют по поперечным сечениям;

б) на пологих и горизонтальных месторождениях при определении конечных контуров исходят из того, что пологие пласты разрабатывают не горизонтальными слоями, а заходками по простиранию. При этом пласт разделяют на заходки шириной 20-50 м и для каждой из них строят контур карьера под углом погашения его борта;

в) для месторождений большой длины контурный коэффициент вскрыши определяют по поперечным сечениям или аналитически с учетом объемов торцов карьера.

При комбинированной технологии разработки (когда затраты на вскрышные работы на нижних и верхних уступах карьера резко различаются) устанавливаемая конечная глубина карьера должна удовлетворять условию:

$$C_{\delta} + K_{\delta}C_{\delta} + K_m C_m \leq C_{зр}, \quad (3.21)$$

где C_{δ} – себестоимость добычи 1 м³ полезного ископаемого; K_{δ} и C_{δ} – коэффициент вскрыши и затраты на выемку 1 м³ вскрыши при применении бестранспортной технологии; K_t и C_t – то же, при применении технологии разработки с использованием только транспортных средств; $C_{тр}$ – предельная себестоимость добычи 1 м³ полезного ископаемого.

Коэффициент вскрыши при применении бестранспортной технологии разработки для нижнего породного уступа определяют по выражению на основе зависимости:

$$K_{\delta} = h_n / (m\gamma), \quad (3.22)$$

где h_n – высота нижнего породного уступа, м; m – мощность пласта, м; γ – плотность полезного ископаемого, т/м³.

Граничный коэффициент вскрыши для верхнего породного уступа при применении технологии с использованием транспортных средств определяется по формуле

$$K_{зр.м} \geq \frac{C_{зр} - (C_{\delta} + C_{\delta}K_{\delta})}{C_m}. \quad (3.23)$$

При разработке горизонтальных месторождений открытым способом конечная глубина соответствует отметке почвы пласта. В этом случае необходимо установить экономичность применения открытого способа разработки, которая для горизонтальных пластов выражается условием

$$K_{зр} \leq K_{зр}, \quad (3.24)$$

где $K_{зр}$, $K_{зр}$ – средний и граничный коэффициенты вскрыши.

При большой площади карьера, когда можно не учитывать разнос бортов карьера, средний коэффициент вскрыши определяется на основе зависимости:

$$K_{зр} = M / (m\gamma), \quad (3.25)$$

где M – мощность вскрыши, м.

При коротких (округлой формы) в плане глубокозалегающих месторождениях конечную глубину определяют для всего карьера.

Протяженность карьера оценивают отношением его длины L к ширине дна D с учетом глубины карьера H_k .

При увеличении глубины карьера и уменьшении его длины объем вскрыши в его торцах увеличивается.

При небольшой глубине ($H/D \leq 1,5 \div 2$) объем вскрыши в торцах не будет превышать 20 % в тех случаях, когда длина карьера превышает ширину его дна в 6-8 раз и более.

На карьерах средней глубины ($H/D \leq 1,5 \div 4$) объем вскрыши в торцах не превышает 20-25 % только при значительной длине карьера, т.е. при $L/D > 12$.

В глубоких карьерах ($H/D > 5$) объем вскрыши в торцах карьера, как правило, всегда более 25-30 % и его следует учитывать даже на вытянутых карьерах.

Следует отметить, что глубина карьера, установленная с использованием аналитических методов, в которых не учитывается фактор времени, занижаемой в 1,5-2 раза по сравнению с результатами расчетов с дисконтированием затрат и эффектов.

При обосновании глубины и границ карьера применяют следующие **критерии эффективности**.

Граничный коэффициент вскрыши $K_{зр}$ – теоретически максимально допустимый коэффициент вскрыши, при котором в данных условиях открытая разработка месторождения экономически эффективна.

Численно $K_{зр}$ соответствует тому объему вскрышных пород на единицу полезного ископаемого, который целесообразно перемещать из массива в отвалы по условию экономичности открытых горных работ. Граничный коэффициент вскрыши определяется на основе зависимости

$$K_{зр} = (C_{п} - C_{д}) / C_{в}, \quad (3.26)$$

где $C_{п}$ – предельно допустимая стоимость полезного ископаемого, руб/м³; $C_{д}$ – удельные затраты на добычные работы, руб/м³; $C_{в}$ – удельные затраты на вскрышные работы, руб/м³.

Контур, внутри которого добыча полезного ископаемого отвечает этому условию, является границей эффективности открытых горных работ на месторождении.

Вопросы для самоконтроля

1. Типы основных параметров карьера.
2. Основные методы проектного определения производительности карьеров.
3. Каковы основные факторы, учитываемые при проектном установлении производительности карьеров?
4. Назовите параметры карьеров.
5. Представьте систему коэффициентов вскрыши.
6. Каковы методы определения основных параметров карьера?
7. Проектные контуры карьера и основные зависимости для их определения.
8. Конечная глубина карьера и особенности методов ее определения.

IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ, СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РЕЖИМА ГОРНЫХ РАБОТ

4.1. Проектирование вскрытия месторождения

4.1.1. Исходные положения

Под *вскрытием месторождения* понимается создание и развитие системы горных выработок и транспортных коммуникаций, расположенными между рабочими горизонтами карьера, пунктами приема горной массы в карьере и на поверхности; первоначального фронта горных работ; необходимого объема вскрытых запасов; развитие и воссоздание горных работ в процессе разработки месторождения для обеспечения выемки и перемещения из карьера вскрышных пород и полезных ископаемых в соответствии с календарным планом разработки.

Проектирование вскрытия – сложная многовариантная и комплексная технико-экономическая задача, имеющая динамический характер.

Вскрытие месторождения полезных ископаемых или любого минерального тела – это создание, прежде всего, грузотранспортной связи между рабочими горизонтами в карьере и приемными пунктами на дневной поверхности или на вышележащих горизонтах.

Определяющие способ вскрытия факторы представлены на рис. 4.1.

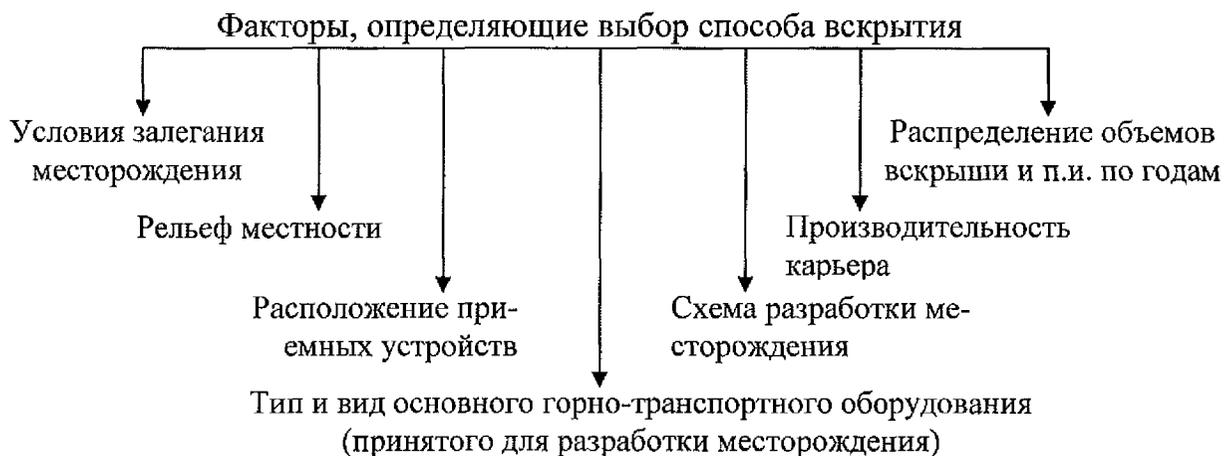


Рис. 4.1. Системный комплекс факторов, определяющих установленное принятие способа вскрытия

Основные составляющие проектирования вскрытия представлены на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Составляющие проектирования карьеров

Месторождение считается вскрытым, если закончены горно-капитальные работы и созданы вскрытые запасы п.и. в необходимом объеме для начала эксплуатационных работ в карьере и обеспечена с ними грузотранспортная связь.

4.1.2. Способы вскрытия твердоминеральных месторождений

Общая классификация способов вскрытия месторождений твердых полезных ископаемых, отрабатываемых открытым способом (по Г. В. Секисову), представлена в табл. 4.1, а, в частности, способы вскрытия горизонтально и пологозалегающих, а также крутопадающих месторождений схематически представлены на рис. 4.3.

Таблица 4.1

Общая классификация способов вскрытия

Способ вскрытия (группа)		Тип вскрывающих выработок	
Индекс	Наименование	Индекс	Наименование
I	Вскрытие выработками открытого типа	1	Отдельные траншеи
		2	Групповые траншеи
		3	Общие траншеи
		4	Парные траншеи
		5	Полутраншеи
II	Непосредственное вскрытие	1	Без выработок и сооружений
III	Вскрытие подземными выработками	1	Штольни
		2	Тоннели
		3	Шахтные стволы
		4	Рудоспуски и штольни
IV	Комбинированное вскрытие	1-п	Открытые и подземные выработки
V	Сооружения вскрытия	1-п	Дамбы, перемычки, плотины и т.п.
VI	Вскрытие специальными средами	1-п	Конвейерные и скипы и т.п.
VII	Сочетание выработок вскрытия	1-п	Различные сочетания



Рис. 4.3. Способы вскрытия месторождений горизонтального, полого, наклонного и крутого залегания

Установленный проектировщиком способ вскрытия должен обеспечить минимальные дальность транспортирования вскрышных пород и полезного ископаемого, срок строительства карьера и объем горно-капитальных работ, и отнесение максимальных объемов вскрыши на более отдаленные периоды эксплуатации карьера.

Горные выработки вскрытия карьерных полей и условия их применения представлены в табл. 4.2.

При проектировании вскрытия месторождений количественному определению подлежит целый ряд разнохарактерных объектов, которые схематически представлены на рис. 4.4.

Таковы основные составляющие и особенности проектирования вскрытия месторождений твердых полезных ископаемых, осваиваемых открытым способом.

4.2. Проектирование систем разработки

4.2.1. Сущность, элементы и параметры системы разработки

Система разработки – это рациональный порядок отработки массивов горных пород карьерного поля, его участков и горизонтов, включающий определенную последовательность выполнения подготовительных и других горных работ, связанных с выделением выемочных элементов и их отработкой, с обеспечением надежной пространственно-временной и организованной взаимосвязи со вскрытием, технологическими схемами и процессами.

Таблица 4.2

Горные выработки вскрытия и условия их применения при освоении месторождений

Горные выработки вскрытия месторождений			Условия применения выработок вскрытия (объекты вскрытия)
№ п/п	Группа	Тип	
А	Траншеи	I. Наклонные внешние траншеи	Горизонтально- или пологозалегающие на небольшой глубине месторождения; верхние горизонты наклонно- и крутозалегающих месторождений
		II. Групповые внешние траншеи	Мощные пластовые месторождения горизонтального и полого залеганий
		III. Общие внешние траншеи	Горизонтально-, полого- и наклонно залегающие месторождения значительной мощности; верхние горизонты мощных залегающих различной формы и параметров (на глубине не более 40-60 м)
		IV. Внешние парные траншеи	Применяется при большом грузообороте карьера для создания поточного движения транспорта
		V. Полутраншеи	Месторождения нагорного типа с косогорным рельефом местности
Б	Траншейные бермы	I. Отдельные наклонные бермы	Применяется в целях рассредоточения грузопотоков с каждого горизонта с обособленным выходом на поверхность
		II. Групповые наклонные бермы	Глубокозалегающие мощные месторождения горизонтальных и пологих пластов и пластообразных залежей
		III. Общие внутренние транспортные бермы	Наклонные и крутозалегающие глубинные месторождения; месторождения, расположенные в горной местности
В	Скользкие и полустационарные съезды	I. Спиральные съезды	Рабочие горизонты на карьерных полях округлой (кольцевой) формы
		II. Туиковые съезды	Применяется при продольных системах разработки с железнодорожным транспортом
		III. Петлевые съезды	Используется при автомобильном транспорте и возможности соорудить большие площадки
		IV. Временные съезды	Горизонты в рабочей зоне карьера, при двухбортовой и кольцевой системах разработки и возможности сооружения таких съездов по взорванной горной массе
Г	Крутые траншеи	Траншеи для конвейерных подъемников	Используется при углах наклона 16°
		Траншеи для скиповых подъемников	Сооружение для транспортировки горной массы в скипах, перемещаемых по рельсовым путям с нижних горизонтов карьера, расположенных ниже 150-200 м

Горные выработки вскрытия месторождений			Условия применения выработок вскрытия (объекты вскрытия)
№ п/п	Группа	Тип	
Г	Крутые траншеи	Траншеи для породы – и рудоскатов гравитационного транспорта (перемещение горной массы)	Применяются в нагорных карьерах, расположенными по откосам при углах наклона 40-30°. Рудоскаты приобретают ступенчатую форму при значительной высоте перепуска рудной или породной массы
Д	Разрезные траншеи	Продольноконтурные	Общий объект разрезанных траншей – рабочие горизонты; применение – при спиральной трассе
		Поперечные и продольнофронтальные	Применение – при туннельной отработке рабочих горизонтов
		Короткие поперечные	Рабочие горизонты при отработке мощных пластовых залежей
		Секторные	Применяются при вскрытии глубокозалегающих месторождений и ограниченной в плане рабочей зоны
Е	Подземные горные выработки вскрытия	Рудоспуски: вертикальные	Исходный объект - рабочая зона карьера, применяется в основном в нагорных карьерах
		наклонные	Наиболее эффективны с расширенной нижней аккумуляющей частью
		ступенчатые	Лишены недостатков вертикальных рудоспусков
		ломанный	Применяются в целях снижения высоты падения кусков
		Наклонные стволы	Применение - при разработке месторождений с равнинной поверхностью, когда использование подъемников на борту карьера невозможно, а возможно использование колесного транспорта, включая железнодорожный, для вскрытия рабочей зоны, т.е. в качестве внутрикарьерного транспорта
		Тоннели транспортные горные	Предназначен для пропуска горно-технологических транспортных средств, используемых для перевозки добытой минеральной массы, вскрышных пород, различных производственных грузов и т.д.
		Штольни	Используются как самостоятельные горные выработки вскрытия, так и в сочетании с другими выработками вскрытия

Содержание системы разработки, как организационно-технологической горной категорией, в определенной мере раскрывается совокупностью тех требований к ней, ее элементами и параметрами, которые схематически представлены ниже рис. 4.5 и рис. 4.6.



Рис. 4.4. Состав качественно определяемых параметров вскрытия месторождений

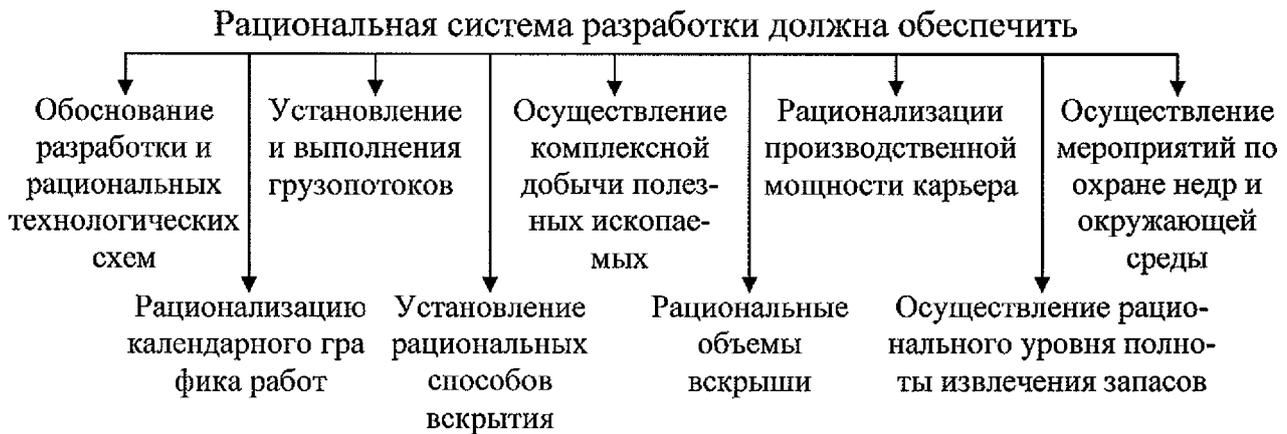


Рис. 4.5. Требования к обеспечению рациональной системы разработки

По установленным элементам и параметрам системы разработки конкретизируется направление развития горных работ и принимается окончательное решение о развитии рабочих зон карьера.

4.2.2. Классификации систем разработки

Раскрытию сущности системы разработки, их типизации способствуют и имеющиеся классификации систем открытой разработки месторождений, а их и не мало.

Элементы и параметры системы разработок



Рис. 4.6. Основные элементы и параметры систем открытой разработки

До последнего времени, или правильнее сказать – долгое время, наиболее распространенными являлись следующие классификации систем открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых:

- Проф. Е. Ф. Шешко (табл. 4.3) в основу положил признак – направление перемещения вскрышных пород в отвалы;
- Акад. Н. В. Мельников (табл. 4.4) в основу положил способ транспортирования вскрышных пород на отвалы;
- Акад. В. В. Ржевский (табл. 4.5) в основу принял способ по направлению подвигания фронта горных работ и их опускания на глубину.

Таблица 4.3

Классификация систем открытой разработки по Е. Ф. Шешко

Группа систем А – с поперечным перемещением породы в отвал без транспортных средств	Группа систем Б – с продольным (фронтальным) перемещением при помощи транспортных средств	Группа систем В – комбинированные
А-1 – с непосредственной перевалкой вскрышных пород	Б-4 – с транспортированием породы на внутренние отвалы на сравнительно короткие расстояния по путям с благоприятным профилем	В-7 – с частичным транспортированием породы на внутренние или внешние отвалы
А-2 – с кратной экскаваторной перевалкой вскрышных пород	Б-5 – с транспортированием породы во внутренние отвалы на значительное расстояние	В-8 – с частичным бестранспортным перемещением породы в отвалы
А-3 – с забойными отвалообразователями	Б-6 – с транспортированием породы частично на внутренние и частично на внешние отвалы	–
А-0 – с незначительным объемом вскрышных работ, когда способы перемещения породы в отвал не имеют существенного значения	–	–

Таблица 4.4

Классификация систем открытой разработки по Н. В. Мельникову

Система разработки	Основной технологический процесс	Отвалообразование	Направление развития фронта работ в плане	Высота рабочей зоны	Фронт работ
Бесстранспортная	Рыхление	Внутреннее	Одностороннее по простиранию	Постоянная	Одинарный
	Выемка и отвалообразование		То же, вкрест простирания	Переменная	
			То же, смешанное		
Бесстранспортная	Выемка и отвалообразование	Внутреннее	Двустороннее по простиранию	Переменная	Одинарный
			То же, в крест простирания		
			То же, смешанное		
Транспортно-отвальная	Выемка отвалообразование	Внутреннее	Одностороннее по простиранию	Постоянная	Одинарный
			То же, вкрест простирания		
			Двустороннее по простиранию		
			То же, в крест простирания		
			Веерное		
			Смешанное		
Транспортная	Рыхление	Внешнее	Одностороннее по простиранию	Переменная	Сквозной
	Погрузка	Внутреннее	То же, в крест простирания		
	Дробление	Комбинированное	Двустороннее по простиранию		
			То же, в крест простирания		
	Транспортирование		Веерное		
			По периметру		
Отвалообразование	Смешанное	Постоянная			
Специальная	то же	Внешнее	То же		
Комбинированная	Любая комбинация систем разработки			Переменная	

Известны также классификации систем открытой разработки профессоров А. И. Арсеньева, П. Э. Зуркова, К. Н. Трубецкого, В. С. Хохрякова, Г. В. Секисова и ряда других ученых и специалистов. В целях наделения системы разработки более определенными функциями Г. В. Секисовым впервые в отечественной науке и практике была выделена смежная и важная категория, характеризующая особенности ведения горных работ при отработке карьерного поля — это «система развития горных работ».

Классификация систем открытой разработки по В. В. Ржевскому

Индекс группы	Группа систем	Индекс подгруппы	Подгруппа	Индекс системы	Система разработки		
С	Сплошные	СД	Сплошные, продольные	СДО	Сплошная, продольная, од- нобортовая		
				СДД	То же, двухбортовая		
		СП	Сплошные поперечные	СПО	Сплошная, поперечная, од- нобортовая		
				СПД	То же, двухбортовая		
С	Сплошные	СВ	Сплошные веерные	СВЦ	Сплошная, веерная, цен- тральная		
				СВР	То же, рассредоточенная		
		СК	Сплошные кольцевые	СКЦ	Сплошная, кольцевая, цен- тральная		
				СКП	То же, периферийная		
У	Углубочные	УД	Углубочные продольные	УДО	Углубочная, продольная, однобортовая		
				УДД	То же, двухбортовая		
		УП	Углубочные поперечные	УПО	Углубочная, поперечная, однобортовая		
				УПЛ	То же, двухбортовая		
		УВ	Углубочные веерные	УВР	Углубочная, веерная, рас- средоточенная		
		УК	Углубочные кольцевые	УКЦ	Углубочная, кольцевая, центральная		
		УС	Смешанное (углубочно- сплошные)	–	То же, в различных сочетаниях		

Примечание. К наименованию системы добавляется «с внешними и внутренними отвалами»

Данная категория обоснована наряду с категорией «система разработки».

Причем и та и другая получили свое определенное, более конкретное назначение, которыми они должны наделяться по существу, а также дано и их предметное классифицирование. Все это было изложено в монографиях автора «Способы и система открытой разработки месторождений полезных ископаемых», изданной в 1966 г. в АН Кирг. ССР, и «Минеральные объекты и их рациональное освоение». М.: «Наука», 1994, а также в ряде последующих публикациях автора.

4.2.3. Проектирование основных параметров элементов системы разработки

Один из основных элементов системы разработки – уступ. Уступ, как правило, делится на панели вдоль фронта горных работ. В одновременной отра-

ботке может находиться несколько панелей уступа.

Блоки панелей подразделяются на рабочие, в пределах каждого из них выполняется один или иной технологический процесс (бурение, взрывание, погрузка).

Отработка панелей ведется заходками, которые могут быть узкими, нормальной ширины и широкими.

Рабочей зоной карьера считается та часть поверхности карьера, где выполняются основные технологические процессы.

Число блоков (N_6) панелей в рабочей зоне карьера определяется на основе зависимости

$$N_6 = \frac{S_{p.z.}}{S_6} k_o f k_u, \quad (4.1)$$

где $S_{p.z.}$ и S_6 – площадь соответственно горизонтальной проекции рабочей зоны и отрабатываемого блока, m^2 ; k_o , f , k_u – коэффициенты, учитывающие соответственно наличие откосов уступов на площади $S_{p.z.}$ (обычно $K_o=0,85 \div 0,93$), наличие резервных (нерабочих) блоков ($f=0,75 \div 0,8$) и коэффициент использования площади рабочей зоны ($K_u=0,7 \div 0,9$).

Обычно при проектировании стремятся к сокращению размеров рабочей зоны в целях концентрированности и экономичности горных работ.

Максимальных размеров рабочая зона достигает к моменту достижения проектной мощности карьера.

Развитие рабочей зоны должно обеспечить необходимые объемы: подготовительных, вскрышных и готовых к выемке запасов ($V_{под.з.}$). При этом $V_{под.з.} \geq 3$ -х месячного объема добычи первого года эксплуатации.

В большинстве случаев применяется одинарный фронт; при большой протяженности карьеров поверхностного вида, а также для групп верхних уступов мощных карьеров глубинного типа целесообразно создание сдвоенного фронта; проектируют тупиковый фронт с возвратным движением транспортных средств, когда одинарный фронт имеет один общий транспортный выход (рис. 4.7 и 4.8).

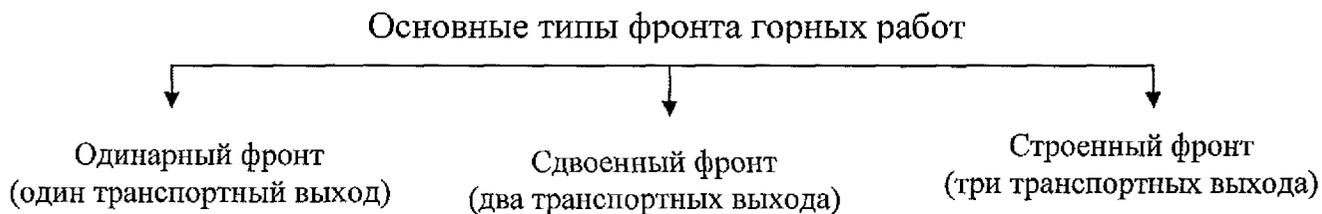


Рис. 4.7. Основные типы фронта горных работ по числу транспортных грузовых выходов

Общие направления перемещения фронта горных работ уступов

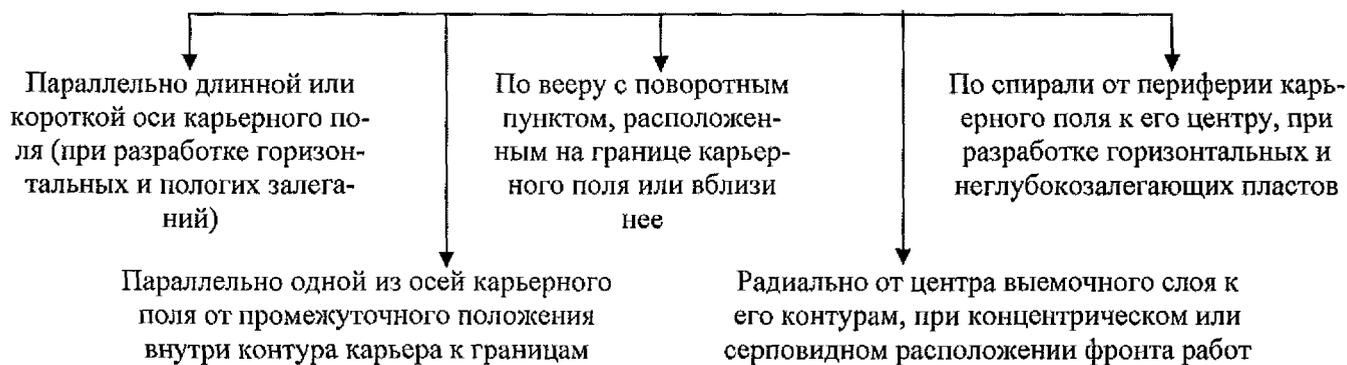


Рис. 4.8. Общие направления перемещения фронта работ уступов, предопределяемые горно-геологическим условием залегания месторождения

Установление направления развития и скорости перемещения фронта горных работ

Признаки, характеризующие фронт горных работ реализуются с учетом: систем и способов вскрытия; технологических параметров и оборудования; динамики развития поверхности карьеров.

Направление развития горных работ в карьере устанавливается первоначально при исследовании режима горных работ. Затем оно корректируется по установленным элементам системы разработки и в результате конкретизации принимается решение о характере развития рабочей зоны карьера.

Направление развития горных работ и заложение разрезанной траншеи принимаются (устанавливаются) в соответствии с определением режима горных работ и возможным размещением необходимого количества вскрышных и добычных забоев, с обеспечением плановости, ритмичности и надежности выполнения горных работ. Далее устанавливаются характерные признаки фронта горных работ при отработке уступа (рис. 4.9).

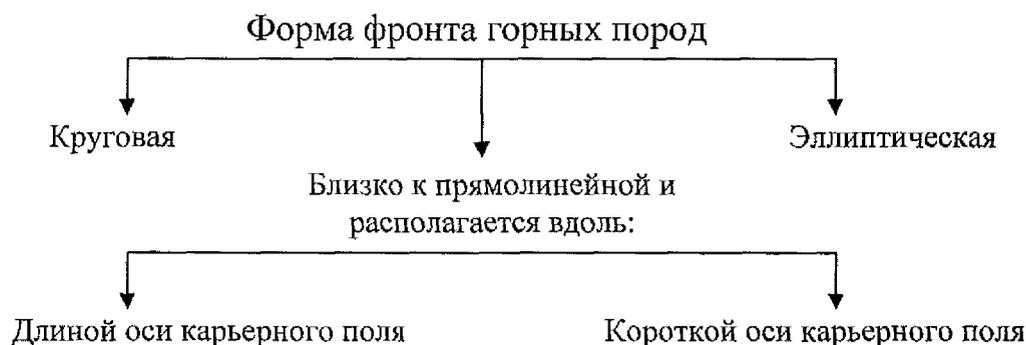


Рис. 4.9. Возможный тип фронта горных работ в карьере

Прямолинейный фронт располагают обычно вдоль длинной оси карьерного поля при небольшой мощности вскрышных пород (покрывающих) и раздельной выемке полезных ископаемых, вдоль короткой оси – при разработке мощных крутопадающих месторождений, перекрытых мощной толщей пород.

При круговом и эллиптическом фронтах горных работ (обусловленный характером залегания разрабатываемых месторождений) требуются минимальные объемы горно-капитальных и горно-подготовительных работ в процессе разработки новых горизонтов, и обеспечивается (достигается) высокая скорость углубления горных работ.

4.3. Проектирование режима горных работ

4.3.1. Проектирование режима горных работ – горно-геометрический анализ карьерных полей

4.3.1.1. Исходные положения, базовая понятийно-терминологическая категория и состав режима горных работ

При проектировании рудных и угольных разрезов одним из основных действий является установление последовательности выемки запасов полезных ископаемых и удаления вскрышных пород. Достижение этой цели осуществляется посредством обоснования и реализации рационального режима горных работ.

Режим горных работ, как общая понятийно-терминологическая категория, впервые обоснованная и введенная в широкое употребление В.В. Ржевским – это количественное и качественное определение во времени и карьерном пространстве объемов вскрышных пород и полезного ископаемого, а также последовательность их отработки.

Вскоре режим горных работ стал нередко именоваться горно-геометрическим анализом карьерных полей, большой вклад в обоснование и развитие которого, наряду с В. В. Ржевским, внес известный ученый и талантливый инженер А. И. Арсентьев.

Впоследствии свой существенный научный и практический вклад в дальнейшее обоснование, развитие и реализацию режима горных работ внесли отечественные ученые и специалисты (включая проектировщиков) и среди них (в хронологической и алфавитной последовательности): Ю. И. Анистратов, В. В. Истомина, В. С. Коваленко, В. С. Коробов, В. В. Коробов, Г. Л. Леснянский, П. И. Томаков, К. Н. Трубецкой, В.С. Хохряков, В. В. Хронин, Б. П. Юматов и др.

4.3.1.2. Состав проектирования режима горных работ

Исходный состав проектирования режима горных работ, обосновываясь на воззрениях В.В. Ржевского и некоторых других ученых, обобщил Г. В. Секисов, представлен схемой на рис. 4.10.

В процессе проектирования карьеров необходимо определение оптимального варианта формирования рабочей зоны и наилучшего распределения во времени объемов добычных и вскрышных работ в контуре карьера или его этапа. Для этого выполняется горно-геометрический анализ карьерного поля P , т. е. устанавливается зависимость поэтапных объемов вскрыши V и полезного ископаемого от глубины карьера: $\sum V_i P = F(H_K)$. Его результаты служат основой для составления календарных планов, т. е. зависимости годовых объемов вскрыши V_i и полезного ископаемого P_i от времени его выемки: $P_i, V_i = f(T)$, а они, в свою очередь, используются для подсчета затрат и, следовательно, для экономического сравнения и оптимизации технических решений.



Рис. 4.10. Общий состав проектирования режима открытых горных работ

Например, различные технологические схемы (цикличная, циклично-поточная с автомобильным или железнодорожным транспортом) существенно влияют на конструкцию и динамику рабочей зоны (в том числе на ширину рабочих площадок, число рабочих уступов) и поэтому различаются не только величиной годовых затрат, но и распределением общих затрат по годам. Поэтому для их экономической оценки и сравнения необходимо для каждой оцениваемой схемы выполнить горно-геометрический анализ и на его основе составить календарный план. Затем, имея календарное распределение объемов горных ра-

бот, подсчитать для каждой схемы ежегодные затраты и прибыли, которые послужат основой для выбора оптимального варианта.

Таким образом, *горно-геометрический анализ* – это метод определения поэтапных объемов вскрыши и полезного ископаемого, извлекаемых при ведении горных работ с заданными параметрами, в зависимости от места их нахождения в контуре карьера, главным образом, от глубины карьера (для крутых и наклонных залежей) или от границы карьера в плане (для горизонтальных и пологих залежей).

Результаты горно-геометрического анализа могут быть представлены в виде графиков ΣV , $P = f(H_k)$ или $\Sigma V_b = f(\Sigma P_{ад})$, а также в виде таблиц различной формы.

Основные методы горно-геометрического анализа карьерных полей приведены ниже.

4.3.1.3. Горно-геометрический анализ карьерного поля для горизонтальных и пологих залежей (метод В. В. Ржевского)

Данный метод горно-геометрического анализа карьерных полей был разработан и предложен для практического использования при научных обоснованиях, проектировании и открытой разработке месторождений В.В. Ржевским в 50-х годах минувшего столетия.

Его реализация при проектировании осуществляется в следующей последовательности:

- на топографических планах наносятся параллельные линии изоощностей пород вскрыши и полезного ископаемого, в частности, рудных тел или угольных залежей (рис. 4.11, линии I, II, III и т.д.);
- на тех же планах отмечается начальное положение разрезной траншеи, а также положение этапов осуществления горных работ, отмечаемых на чертеже теми же параллельными линиями;
- наносятся горизонтальные линии (на рис. 4.11 линии 1, 2, 3 и т.д.).

4.3.1.4. Линейный метод горно-геометрического анализа

Данный метод горно-геометрического анализа при проектировании режима горных работ являет собой развитие и определенное упрощение графического метода, ранее предложенного В.В. Ржевским.

Метод базируется на исходном, своего рода, геометро-геологическом материале – на поперечных геологических сечениях (в пределах карьерного поля) масштаба 1:500; 1:1000; 1:2000, с нанесением на них контуров карьера и линий горизонтов (рис. 4.12).

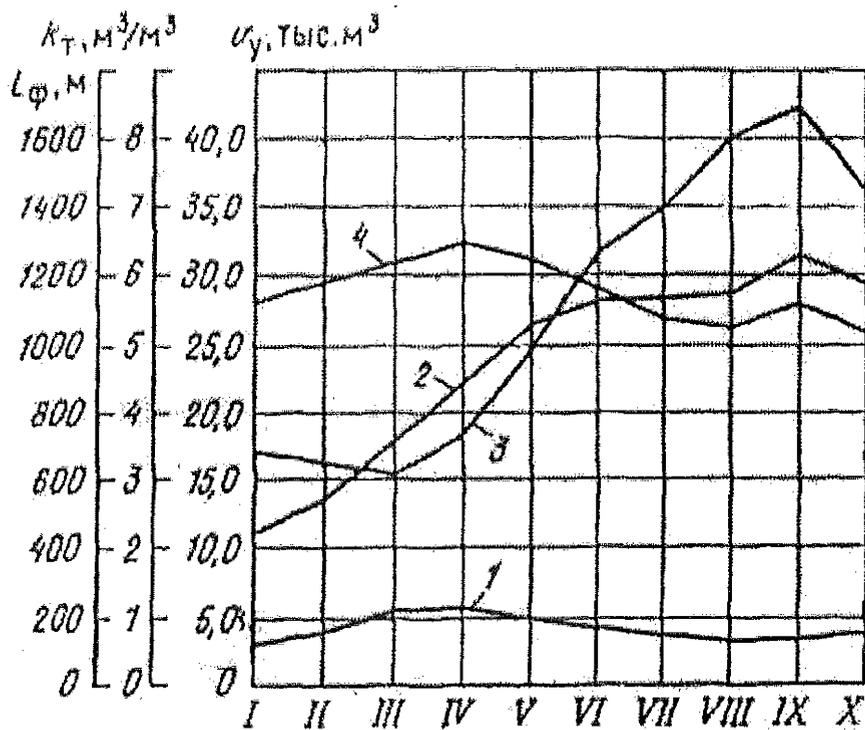


Рис. 4.11. График горно-геометрического анализа карьерного поля для горизонтальной залежи: 1 – полезное ископаемое; 2 – вскрыша; 3 – текущий коэффициент вскрыши; 4 – протяженность фронта работ; I-X положения фронта работ

На рис. 4.12 рассматриваемый и подвергаемый анализу вариант развития горных работ, направление которого отражается линией δ -к-е-ж-з и линиями рабочих бортов карьера как со стороны лежащего, так и висячего бортов. Эти линии проводятся от центра разрезной траншеи на каждом горизонте соответственно углам откосов данных бортов карьера – левого $\gamma_{л}$ и правого $\gamma_{п}$.

При этом для каждого этапа в отдельности определяются соответствующие площади на геологическом сечении (f сечении), относящиеся к вскрышным породам, полезному ископаемому и горной массе.

В качестве примера обратимся к этапу 5 на рис. 4.12, выделенному более четкими линиями; точкой K обозначен центр разрезной траншеи.

При этом соответствующие площади S_c определяются как площади простейших геометрических фигур, т.е. как произведение средней линии слоя $l_{ср.с}$ на его высоту h_c :

$$S_c = l_{ср.с} \cdot h_c \quad (4.2)$$

Линейный метод горно-геометрического анализа представляет собой развитие и упрощение графического метода, разработанного В. В. Ржевским, но он менее трудоемок и, в то же время, обеспечивает допустимую для сравнения вариантов погрешность расчетов.

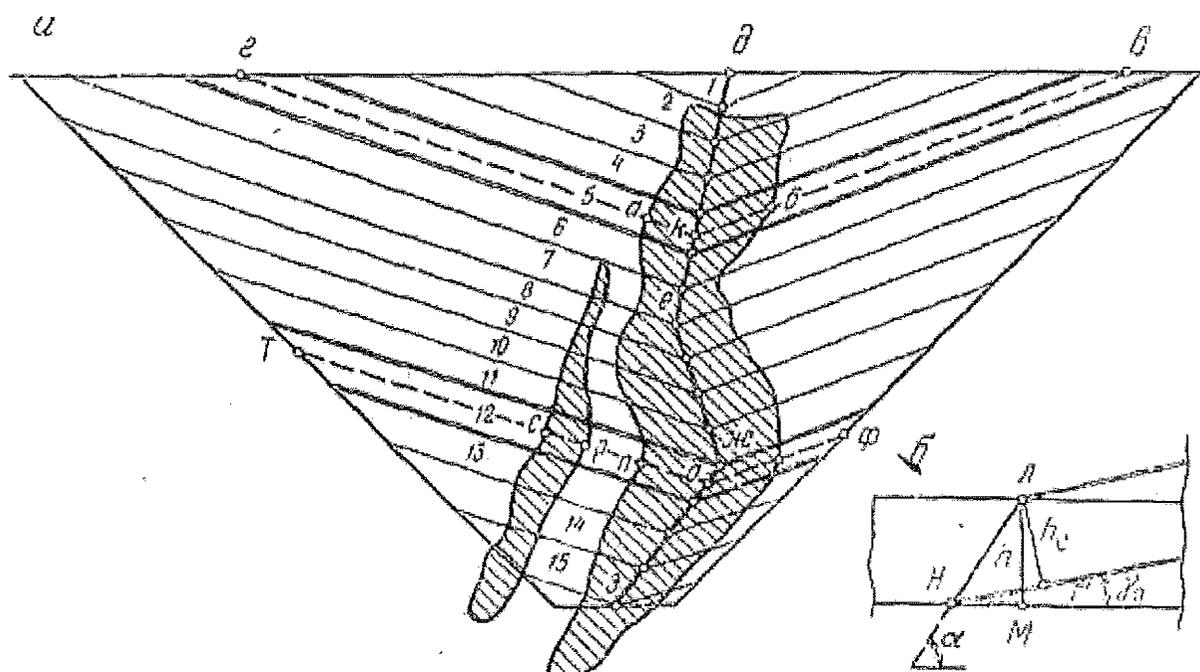


Рис. 4.12. Линейный метод горно-геометрического анализа по В.В. Ржевскому:
a – поперечное сечение по карьере; *b* – схема к определению толщины наклонного слоя;
 1–15 – этапы развития горных работ

Исходным материалом для горно-геометрического анализа служат поперечные геологические сечения масштаба 1:500, 1: 1000, 1: 2000, на которые нанесены контуры карьера и линии горизонтов.

4.3.1.5. Метод горно-геометрического анализа карьерных полей для крутых и наклонных залежей по А.А. Арсентьеву

Данный метод разработан А.А. Арсентьевым в 60-х годах минувшего столетия, при реализации он проще метода В.В. Ржевского, предложенного для аналогичных условий.

При данном методе используются поперечные сечения карьерного поля (рис. 4.13), на которых наносятся текущие контуры горных работ в карьере, обозначаемые числами: первое из них отражает горизонт горных работ, второе – горизонт подготовки. Так на горизонте -60 м линия фронта обозначена цифрами 60/60. В тоже время линия фронта горных работ на том же горизонте, которая отражает обеспечение подготовки нижнего горизонта (-75 м), обозначена 60/75 и т.д.

Проведением выездной и далее разрезной траншеи заканчивается подготовка нижнего горизонта - 75 м.

В целях обеспечения возможности вскрытия горизонта -75 м на горизонте -60 м создается необходимое выработанное пространство.

На освоении установленных сроков поэтапной отработки горизонтов строится календарный график горных работ в функциональном отражении:

$$V_e = F(T_p); V_d = F(T_p); V_\phi = F(T_p),$$

где V_e, V_d, V_ϕ – соответственно объемы вскрышных и добычных работ и скорость продвижения фронта горных работ.

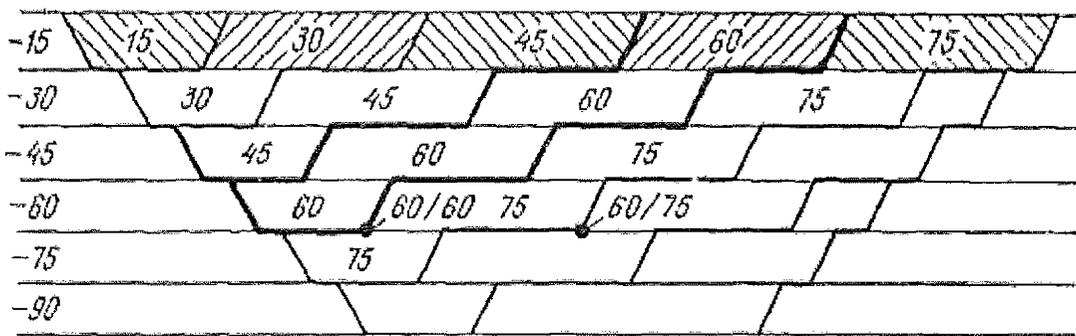


Рис. 4.13. Поперечное сечение по карьере с текущими контурами горных работ по А. А. Арсентьеву

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение категории “вскрытие месторождения” (или “вскрытие карьерного поля”).
2. Каков состав проектирования карьеров?
3. Каковы способы вскрытия месторождений и основные условия их применения?
4. Представьте основной перечень горных выработок вскрытия.
5. Что понимается под системой открытой разработки месторождения?
6. Основные классификации систем разработки, их авторы и недостатки.
7. Элементы и параметры системы разработки.
8. Как осуществляется проектирование параметров элементов системы открытой разработки?
9. Сущность фронта горных работ и его основные типы.
10. Что понимается под режимом горных пород?
11. Состав проектирования режима горных работ.
12. Основные методы проектирования режима горных работ, их авторы и условия применения.

V. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

5.1. Проектирование открытых горных технологий

5.1.1. Общие положения

Технологии освоения месторождений полезных ископаемых и горные технологии в целом являются одними важнейших составляющих минералопользования и недропользования, занимая ныне центральное положение в нем; они во многом определяют уровень его рациональности.

Необходимо отметить, что научно-производственная категория, «технология освоения месторождений полезных ископаемых» не в общем, а в конкретном смысле была введена и определена автором впервые, представления о ней и ее состав были доложены на научном симпозиуме «Неделя горняка 2005». Кроме того, они опубликованы в ряде наших научных работ.

До последнего времени наиболее распространенной в употреблении среды ученых горняков и специалистов была категория «технология разработки месторождений полезных ископаемых». Она должна использоваться и в дальнейшем, но в своем совершенно определенном, конкретном содержании, а не выходить далеко за ее пределы.

Ныне *термин «технология»* принято употреблять в широком смысловом значении, т.е. объединяя собственно технологию, как своего рода метод осуществления каких-либо работ, какой-либо деятельности, а также технические средства в совокупности. Ранее это обычно именовалось способом производства каких-либо работ и, в частности, – способом производства горных работ.

Исходя из современного понимания понятийно-терминологической категории «технология» – как своего рода способа производства того или иного типа работ, нами вынужденно вводится в употребление категория «*собственно технология*». При этом под термином «*собственно технология*» понимаются не технические или другие средства производства работ, а совокупность методов осуществления этих работ.

Данное понимание смыслового содержания этих понятийно-терминологических категорий распространяется, естественно, и на области горных наук, горнопромышленных, горнометаллургических, горно-химических и других минеральных производств (производств минеральной продукции).

В общем случае всю совокупность технологий, в определенной мере связанных с подготовкой и производством той или иной минеральной продукции, предлагается охватывать (производной от базовых понятийно-терминологических категорий – «технология» и «минеральный»), – понятийно-терминологической категорией, именуемой как «горные технологии».

5.1.2. Иерархический комплекс горных технологий

Употребление как наиболее общую и в то же время как головную научно-производственную и понятийно-терминологическую категорию “горные технологии”, в ее составе нами выделяется исходная иерархическая система соподчиненных технологических категорий, которая схематически представлена на рис. 5.1.

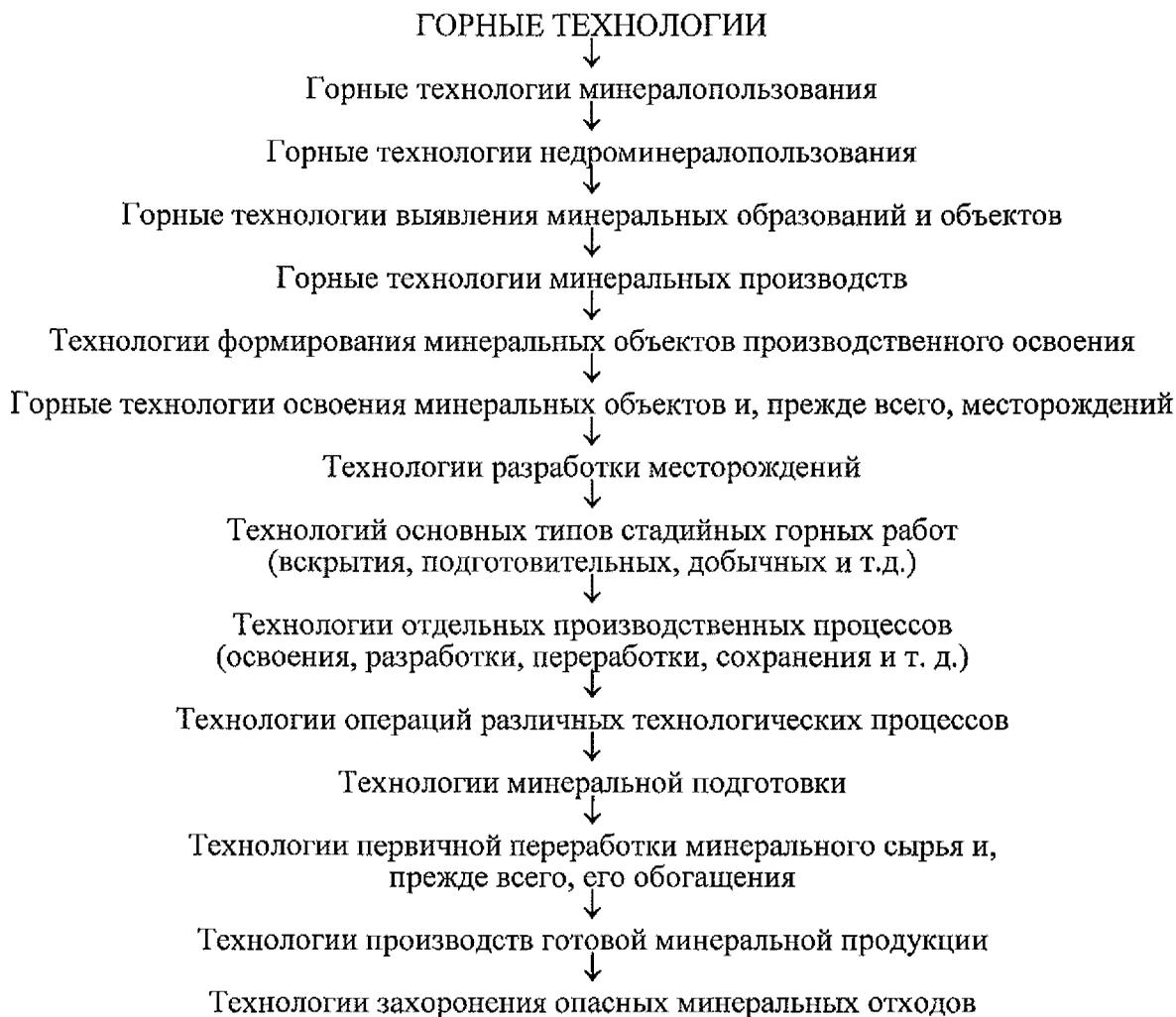


Рис. 5.1. Схема исходной иерархической системы «Горные технологии» (по Г. В. Секисову)

5.1.3. Основы проектирования технологий горных работ

Предварительное установление проектируемой рациональной технологии разработки месторождения производится из числа основных ее типов и их сочетаний, выделяемых в аспекте непрерывности действий (рис. 5.2).

Рациональная открытая горная технология должна обеспечить:

1. Осуществление календарного плана эксплуатационных горных работ;
2. Получение минеральной продукции требуемого качества и количества и в требуемых объемах;
3. Производство работ на карьере по правилам технической эксплуатации и Единым правилам безопасности;
4. По возможности минимальное вредное воздействие на окружающую среду;
5. Наименьшие затраты энергии, труда и материалов и финансовых средств.

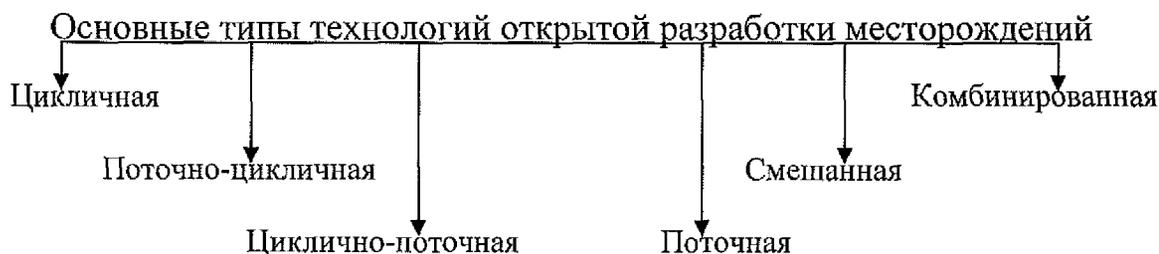


Рис. 5.2. Основные типы открытых горных технологий, выделяемых в одном аспекте непрерывности и дополнение Г. В. Секисова

При выборе технологий практически одновременно определяется и тип основного горнотранспортного оборудования для производства горных работ, т. е. предопределяются типы их комплексной механизации, а так же технологические схемы.

Комплекс требований к совокупности горнотранспортного оборудования для реализации технологий представлены схематически на рис. 5.3, а основные факторы, предопределяющие установление горных технологий – на рис. 5.4.

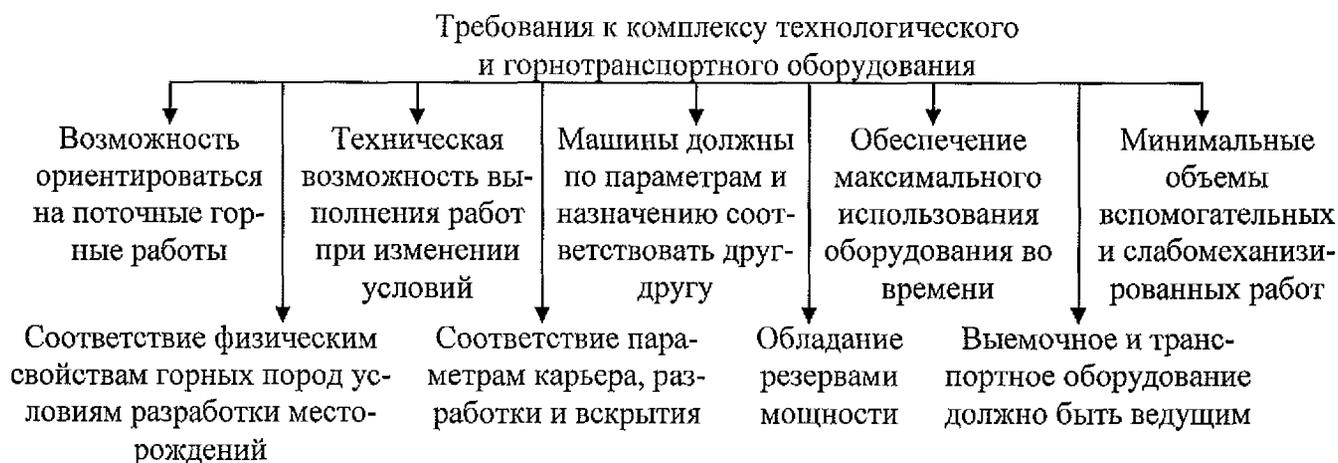


Рис. 5.3. Основные требования, предъявляемые к проектируемому комплексу горнотранспортного оборудования

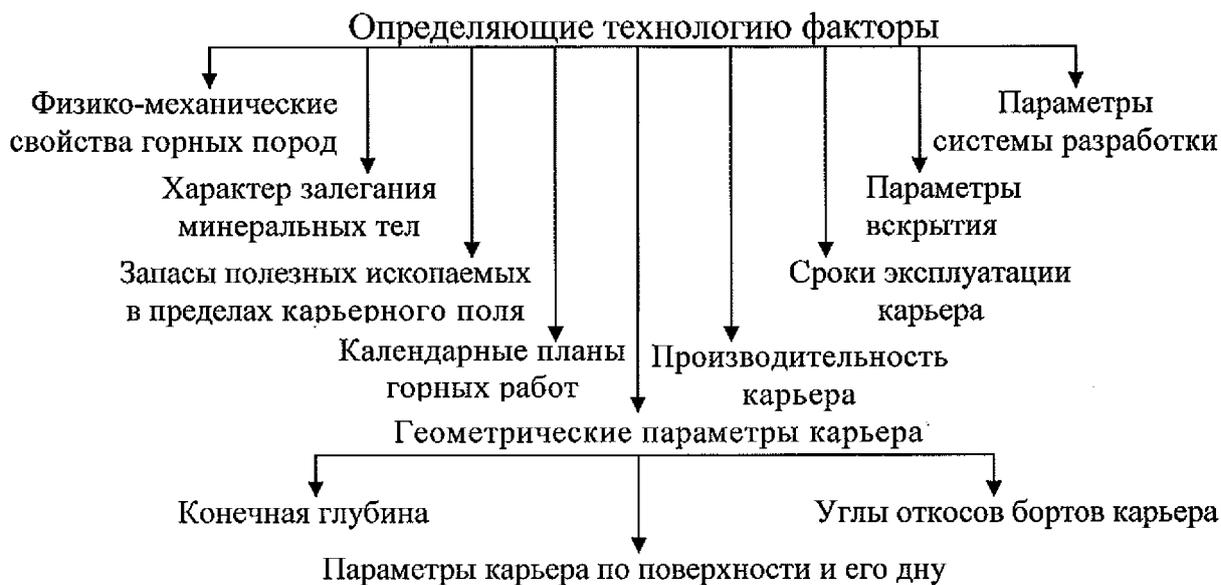


Рис. 5.4. Комплекс основных факторов, предопределяющих установление проектируемой горной технологии

При этом следует отметить, что резерв (запас) мощности горнотранспортного оборудования должен составлять: для скальных пород $1,5 \div 1,7$, для мягких – $1,2 \div 1,3$.

В процессе проектирования собственно технологий и их горнотранспортного оборудования необходимо соблюдать определенную последовательность, т.е. алгоритм его осуществления, который ниже представлен схемой на рис. 5.5.

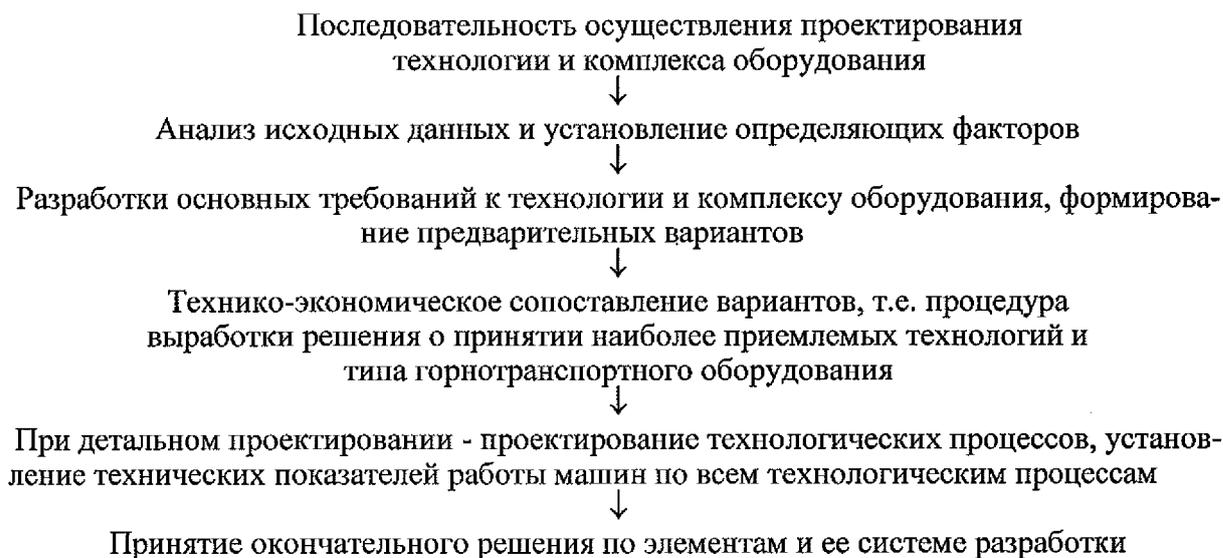


Рис. 5.5. Схема, отражающая последовательность проектирования горных технологий

Детальному проектированию подвергаются и технологические процессы, общий состав которых схематически представлен на рис. 5.6.

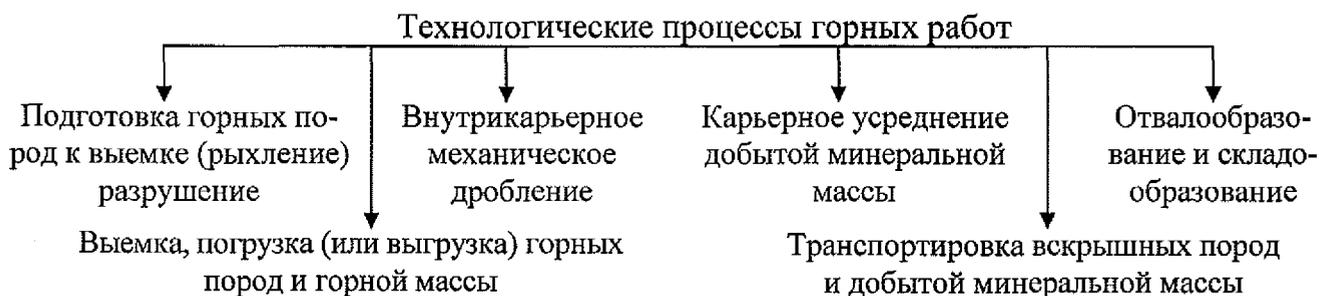


Рис. 5.6. Состав основных и проектируемых технологических процессов при открытой разработке

При проектировании собственно горных технологий и комплекса горно-транспортного оборудования должен быть востребован сравнительно обширный комплекс исходных данных, типы которых схематически представлен на рис. 5.7.

Следует при этом иметь ввиду, что затраты на транспортирование горной массы весьма значительны и составляют от 40 до 70 % общих затрат на технологические процессы разработки месторождения твердых полезных ископаемых.

5.2. Проектирование технологических схем

5.2.1. Исходные положения

Технологическая схема – это совокупное расположение горных и транспортных машин, а также транспортных коммуникаций (и связанных с ними дополнительных устройств) относительно друг друга и основных элементов системы разработки при выполнении определенного вида горных работ.

В технологических схемах тип и характер грузопотока предопределяется, как правило, типом карьерного транспорта.

Технологическая схема горнодобывающего предприятия, (в широком представлении) являет также собой совокупность основных и вспомогательных производственных процессов в сочетании с необходимыми для их выполнения выработками, средствами механизации и автоматизации, обеспечивающая при рациональной организации работ безопасную и эффективную разработку месторождения.

Основа технологической схемы – взаимосвязанные схемы и методы вскрытия, подготовки и отработки карьерного поля, системы разработки и механизации горных работ, а также транспорта, подъема, вентиляции, энергоснабжения,

водоотлива. В связи с этим технологические схемы реализуются в виде цепи последовательно осуществляемых процессов, которая включает ряд звеньев – основных, непосредственно создающих поток горных пород, и вспомогательных, обеспечивающих его функционирование в заданном режиме: оборудования; организационно-технологических методов и параметров для каждого технологического процесса. Все это необходимо осуществлять комплексно, т.е. исходя из тесной их взаимосвязи, отражающих рациональную технологию.

5.2.2. Типизация технологических схем

В целях достижения краткости изложения (без ощутимых потерь информации) сведений о типах технологических схем (горных или карьерных, либо открытых технологических схем) они представлены схемой на рис. 5.7 и классификацией (по Г. В. Секисову) (табл. 5.1).

Таблица 5.1

**Классификация технологических схем открытых разработок
(по Г. В. Секисову)**

Группа		Класс		Типы		Подтипы	
Ин.	Наименование	Ин.	Наименование	Ин.	Наименование	Ин.	Наименование
I-I	Бестранспортные технологические схемы	A	Экскаваторные транспортные технологические схемы с применением драмлинов	I	Технологические схемы без перевалки вскрышных пород	1	Технологические схемы с выемкой и перевалкой мягких и рыхлых вскрышных пород
		B	Экскаваторно-бестранспортные технологические схемы с применением механических лопат	II	Технологические схемы с простой однократной перепалкой вскрышных пород	2	Технологические схемы с выемкой и перевалкой плотных вскрышных пород
				III	Технологические схемы со сложной перепалкой вскрышных пород	3	Технологические схемы с перевалкой взорванных пород
II-II	Экскаваторные транспортные технологические схемы	A	Экскаваторно-автотранспортные технологические схемы	I	Технологические схемы рудных карьеров	1	Технологические схемы вскрышных пород
		B	Экскаваторно-железнодорожно-транспортные	II	Технологические схемы угольных карьеров и разрезов	2	Технологические схемы добычных пород
		B	Экскаваторно-транспортные	III	Технологические схемы нерудных карьеров	3	Технологические схемы смежных открытых горных работ

Группа		Класс		Типы		Подтипы			
Ин.	Наименование	Ин	Наименование	Ин	Наименование	Ин	Наименование		
III-III	Технологические схемы экскавационно-мобильно-технические	A	Фрезерно-автомобильные технологические схемы	I	Технологические схемы с применением перегружателей	1	Технологические схемы с применением отечественных фрезерных машин		
		B	Фрезерно-конвейерные технологические схемы	II	Технологические схемы с непосредственной разгрузкой горной массы в автосамосвалы	2	Технологические схемы с применением фрейзерных машин		
		B	Моно-мобильно-технические и технологические схемы	I			1	Технологические схемы с применением бульдозеров среднего класса	
							2	Технологические схемы с использованием мощных бульдозеров	
				II				1	Технологические схемы с применением полуприцепных скреперов
								2	Технологические схемы с применением полуприцепных скреперов
								3	Технологические схемы с прицепными скреперами
				III					1
		2	Технологические схемы с применением гусеничных погрузчиков						
		Г	Комплексно-мобильно-технические технологические схемы	I			1	Технологические схемы с применением карьерных погрузчиков автосамосвалов и со скреперами	
							2	Технологические схемы с применением погрузчиков со скреперами	
				II			1	Технологические схемы с применением бульдозеров и скреперов	

Типы исходных данных при проектировании и создании технологии и комплексной механизации горных работ

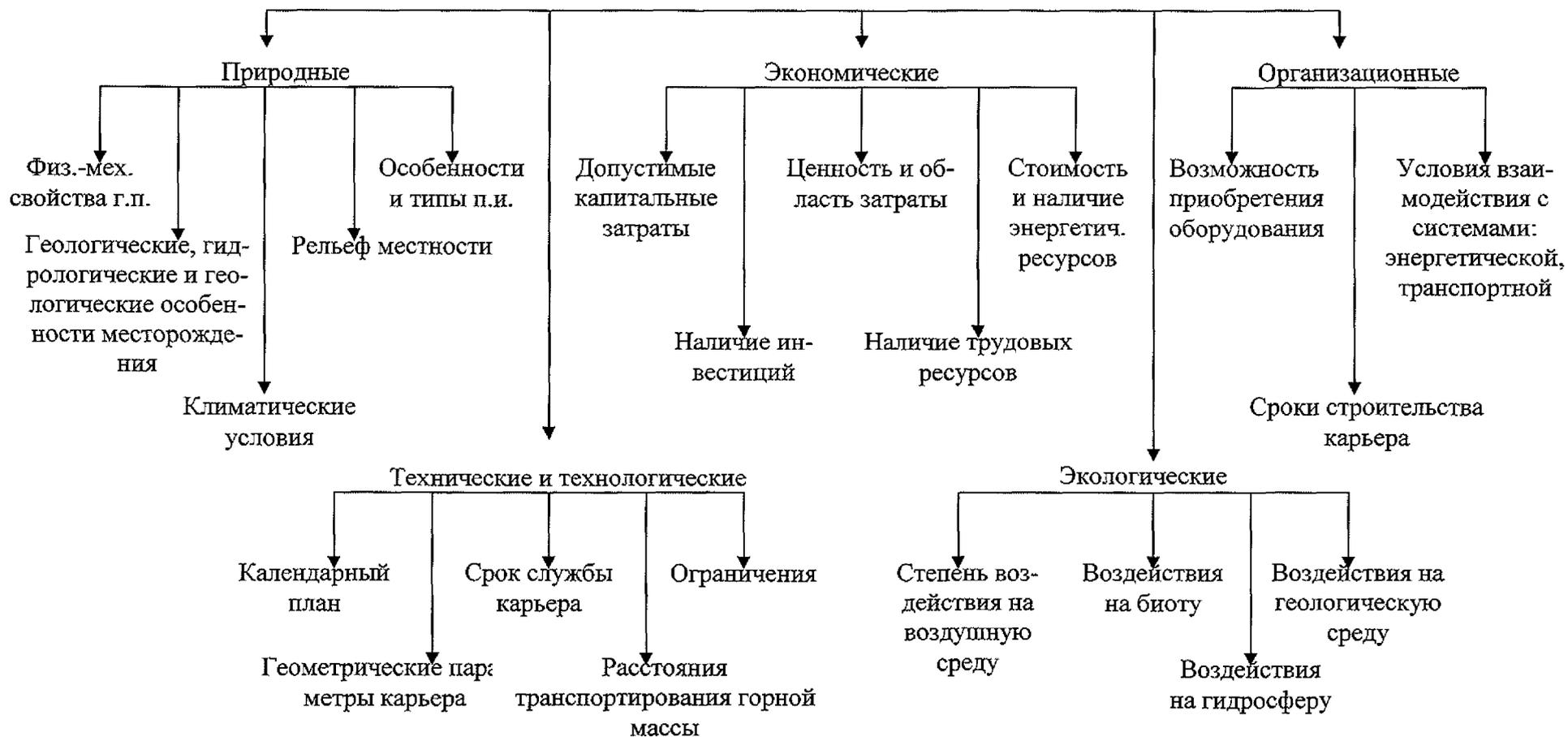


Рис. 5.7. Комплекс основных типов исходных данных для проектирования и при создании горных технологий в целом

5.2.3. Технологические схемы с перевалкой вскрышных пород в выработанное пространство

Данные технологические схемы применяют при:

– разработке горизонтальных и пологих залежей с углами падения не более 12° , а иногда до $15-17^\circ$ и их мощностью до 20 - 30 м, редко до 50–60 м; вскрышных пород – до 40 - 45м, редко до 60 м:

– отработке выходов наклонных и крутопадающих залежей, размещая вскрышные породы на борту карьера.

При этом применяются экскаваторы с большими линейными параметрами и редко, как правило, – драглайны и вскрышные механические лопаты.

Проектируется простая перевалка, когда вся порода экскавируется один раз и укладывается непосредственно в отвал, и кратная, когда часть вскрыши экскавируют повторно (из первичного отвала), с коэффициентом переэкскавации, равным

$$K_{пер} = V_{пер} / V_{ц}, \quad (5.1)$$

где $V_{пер}$ – объем породы, подлежащей переэкскавации, м^3 ; $V_{ц}$ – объем породы, вынимаемой из целика, м^3 .

Непосредственная *перевалка вскрышных пород* в выработанное пространство мехлопатами, проектируется при перемещении (в процессе перевалки) мягких или разрушенных вскрышных пород в выработанное пространство мехлопатами, устанавливаемыми на кровле пласта (рис. 5.8). При этом, высоты вскрышного уступа определяют исходя из равенства объема вскрышной заходки по целику $V_с$ объему отвальной заходки $V_о$ (с учетом коэффициента разрыхления K_p), т.е.

$$V_с K_p = V_о. \quad (5.2)$$

При перевалке вскрышных пород в выработанное пространство драглайном устанавливается модель экскаватора и схема перевалки.

Драглайн выбирается с учетом следующих основных условий:

– годовая производительность экскаватора должна быть равна или больше годового объема вскрышных работ на карьере или его участке;

– линейные параметры экскаватора должны обеспечивать укладку пород в постоянный (простая перевалка) или во временный (усложненная перевалка) отвал.

Высоту уступа определяется исходя из горизонта установки драглайна на:

- кровле пласта полезной ископаемого (рис. 5.10, а);
- промежуточном горизонте вскрышного уступа (рис. 5.10, б);
- верхней площадке вскрышного уступа (рис. 5.10, в);
- временном отвале (рис. 5.10, г).

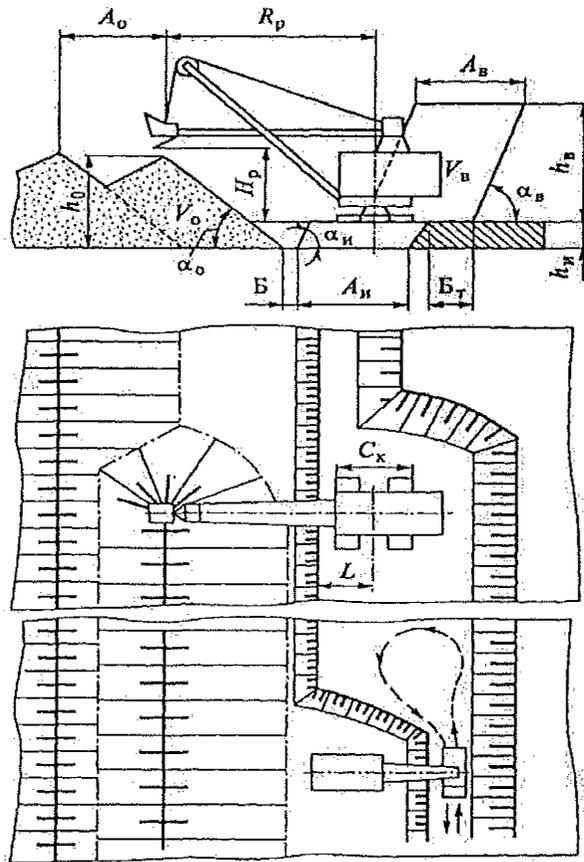


Рис. 5.8. Схемы выемки и перевалки породы вскрышной мехлопатой, расположенной в торцевом забое сквозной заходки (по К. Н. Трубецкому)

Верхнее черпание возможно предусматривать только для драглайнов с вместимостью ковша не менее $10 - 15 \text{ м}^3$.

Параметры схем перевалки взорванных пород в выработанное пространство предопределяются конфигурацией развала горной массы и его местоположением. При этом часть пород при взрыве перемещается в конечные контуры отвала без последующей экскавации.

Производительность драглайна при верхнем черпании меньше на $10 - 25 \%$, чем при нижнем черпании. При отработке уступа нижним и верхним забоями, сменную производительность драглайна определяют как средневзвешенную величину.

5.2.4. Технологические схемы с карьерными погрузчиками и скреперами

Область рационального применения карьерных погрузчиков зависит, главным образом, от дальности транспортирования $L_{\text{тр}}$ и интенсивности грузопотока Q (рис. 5.11). Теми же показателями определяется и рациональность применения скреперов. Дальность перемещения горных пород скреперами, как правило, не превышает $1 - 1,5 \text{ км}$ при их производительности Q , равной $3 \div 5 \text{ млн. м}^3/\text{год}$.



Рис. 5.9. Системный комплекс типов технологических схем, применяемых при открытой разработке месторождений в аспекте транспортных особенностей

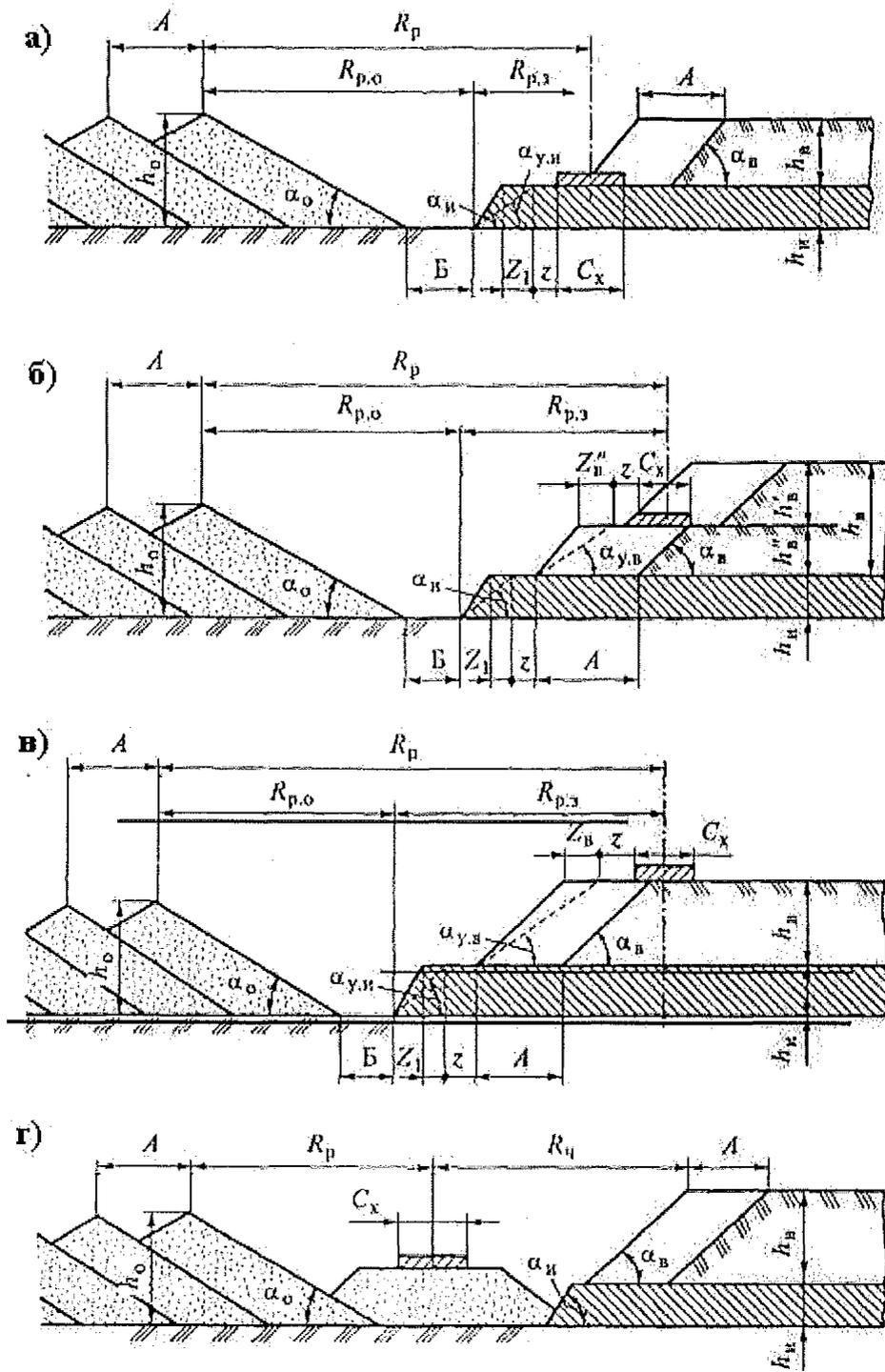


Рис. 5.10. Схемы выемки и перевалки породы драглайнми в торцевых забоях сквозных заходок (по К. Н. Трубецкому): $Z_1 Z'_b$ – ширина полосы безопасности; h'_e и h''_e – высота верхнего и нижнего подступов; α_y и $\alpha_{y,в}$ – углы устойчивого откоса соответственно добычного и вскрышного уступов

При разработке и перемещении пород карьерными погрузчиками или скреперами дискретность грузопотока и степень неравномерности выполнения операций и процессов может рассматриваться как одноканальная система массового обслуживания.

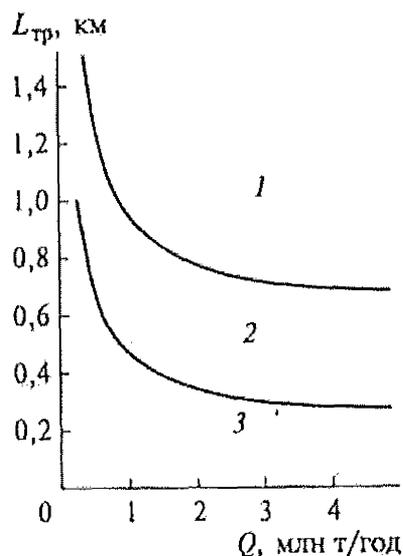


Рис. 5.11. Области применения карьерных погрузчиков: 1 – наименее предпочтительная; 2 – экономически равноценная для погрузчиков и экскаваторно-автомобильных комплексов; 3 – наиболее предпочтительная

5.2.5. Технологические схемы с экскаваторно-автомобильными комплексами

Данные технологические схемы применяются для производства как вскрышных, так и для добычных работ. При этом рациональные расстояния транспортировки автосамосвалами составляет, главным образом: для вскрышных пород – 1,5 - 3 км, полезных ископаемых – 2-4 км.

В ряде условий предпочтительнее применение гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» по отношению к механической прямой лопате. Считается, что это «приводит к снижению затрат на разработку» примерно на 10-15 %.

Число работающих автосамосвалов комплекса N_{aj} определяется по формуле

$$N_{aj} = K_{б.р.} \cdot N_{a.н} \quad (5.3)$$

где $N_{a.н}$ – число автосамосвалов в начале смены; $K_{б.р.}$ – коэффициент использования автосамосвалов; $K_{б.р.}$ – коэффициент безотказной работы автосамосвалов, величина которого приводится в справочной литературе, в частности, в справочнике «Открытые горные работы», 1994 г.

Годовую производительность экскаваторно-автомобильного комплекса автосамосвалов возможно определить по формуле, приводимой в данном справочнике (в ином буквенном выражении):

$$Q_k = \frac{Q_{см} N_{см} (N_{д.п} - N_{сут}) (N_m - N_{м.п}) K_{г.к}}{1 + N_{см} (T_в + T_{вос}) / T_б}, \quad (5.4)$$

где $Q_{см}$ – сменная производительность комплекса, м³/см; $N_{см}$, $N_{д.п}$, $N_{сут}$, N_m , $N_{м.п}$ – число соответственно рабочих смен в сутки, см/сутки, календарных дней в месяце, сут./месяц, суток плановых простоев оборудования в течение месяца, сут./мес, месяцев в год, мес/год, месяц плановых простоев в году, мес/год; $T_в$, $T_{вос}$, $T_б$ – время соответственно планируемое для подготовки, проведения и ликвидации последствий взрыва, сут, для проведения восстановительных работ по подготовке транспортных коммуникаций, сут, отработки взорванного блока, смен; $K_{г.к}$ – коэффициент готовности комплекса, который на рудных карьерах для экскаваторов составляет 0,84÷0,89.

Рекомендуемые сочетания типов карьерных экскаваторов – мехлопат и автосамосвалов, представлены в справочнике «Открытые горные работы» (с. 432, рис. 12.7).

5.2.6. Технологические схемы с экскаваторно-железнодорожными комплексами

Технологические схемы разработки с железнодорожным транспортом применяются при карьерных грузопотоках до 100 млн.т/год, глубине карьеров до 200-250 м и расстояниях транспортирования до 20 км, причем при любой прочности горных пород.

Технологическая схема с данными техническими комплексами может включать в себя добычные и вскрышные комплексы машин на всей или только части рабочей зоны карьера. Одновременно могут быть использованы схемы с другими комплексами машин. Чаще всего погрузка предусматривается мехлопатами. В угольных разрезах на добычных работах предусматриваются роторные экскаваторы с железнодорожным транспортом. Это позволяет сокращать время загрузки составов и позволяет осуществлять отработку уступов высотой до 25 м, заходки шириной до 60 м, а также селективную выемку угля.

Практика показала возможность погрузки горной массы драглайнами в железнодорожные составы при разработке нижним черпанием. При грузопотоках 5-10 млн. т/год возможно использование карьерных погрузчиков.

Мощные угольные разрезы и рудные карьеры имеют транспортные схемы, содержащие до 200 - 300 км путей, несколько станций разного назначения, 15-20 забойных и столько же отвальных экскаваторов и обеспечивающие грузопотоки 60-100 млн. т/год при расстоянии транспортирования 7-10 км. Параметры грузопотоков определяют использование экскаваторов ЭКГ-8И (ЭКГ-10) и ЭКГ-12,5 (ЭКГ-15) с тяговыми агрегатами переменного и постоянного тока сцепной массой 360-370 т и полезной массой поезда 800-1000 т.

Установление технологической схемы осуществляется на основе технико-экономического анализа в целях обеспечения необходимой эффективности

производства, и, прежде всего, высокой производительности оборудования, низких уровней энергоемкости, потерь и разубоживания полезного ископаемого.

При этом на определение типов машин решающее значение имеют физико-механические свойства горных пород, масштабы производства, тип и интенсивность грузопотоков требования потребителей и ряд других факторов.

Годовая производительность комплекса $Q_{к.т}$ определяется по формуле, $м^3/год$:

$$Q_r = \frac{Q_{см} \cdot N \cdot (V_m - N_{p.m}) \cdot (N_M - N_{p.r})^k \cdot r \cdot k}{1 + N \cdot (T_a + T_{вос}) / T_б}, \quad (5.5)$$

где Q – сменная производительность экскаватора, $м^3/сек$; N – число рабочих смен в сутки, $см/сут$; N_M – календарное число дней в месяце, $сут/мес$; N_p – число суток плановых простоев оборудования в течение месяца, $сут/мес$; N_r – календарное число месяцев в году, $мес/год$; N_{pr} – число месяцев плановых простоев в течение года, $мес/год$ (климатические условия, годовой ремонт и др.); T_a – время, планируемое для подготовки, проведения и ликвидации последствий взрыва (монтаж взрывной сети, перегон экскаваторов, непосредственно взрывание проветривание и др.); $T_{вос}$ – время для проведения восстановительных работ по подготовке транспортных коммуникаций, ЛЭП и др., $сут$; $T_б$ – время отработки взорванного блока, смен.

Произведение $N (V_m - N_{pm})(N_M - N_{pr})$ представляет собой число рабочих смен за год.

При разработке скальных пород значения коэффициента готовности забойных экскаваторов 0,82-0,87, отвальных – 0,85-0,9; при разработке полускальных и мягких пород – соответственно 0,87-0,9 и 0,9-0,95. Коэффициент готовности транспортных коммуникаций и подвижного состава находится в широких пределах – 0,83-0,95.

5.2.7. Технологические схемы разработки комплексами непрерывного действия

Комплексы непрерывного действия состоят из роторных цепных экскаваторов, конвейеров, транспортно-отвальных мостов, консольных отвалообразователей, гидромеханизированных установок.

Наиболее распространенными являются технологические схемы с самоходными установками, в которых перемещения горных вкрест фронта добычных работ используются конвейеры, консоль отвалообразователи или транспортно-отвальные мосты. Технологическая схема представлена, как правило, звеном из двух последовательно соединенных элементов – «экскаватор – отвалообразователь» или «экскаватор – транспортно-отвальный мост».

Выемка и погрузка горных пород предусматриваются экскаваторами непрерывного действия, либо одноковшовыми экскаваторами с использованием бункеров и дробилок.

Технологические схемы разработки транспортно-отвальными комплексами используются при наличии соответствующих горнотехнических условий. Рекомендуется использовать транспортно-отвальные мосты малых и средних размеров. Следует отметить, что в настоящее время новые транспортно-отвальные мосты не получают широкого применения.

Схемы с конвейерным транспортом используются при перемещении как вскрышных пород (во внутренние и внешние отвалы), так и полезных ископаемых.

При использовании технологических схем на добычных работах с применением одноковшовых экскаваторов погрузку на конвейер производится через бункер вместимостью 2–4 ковша экскаватора.

Погрузка экскаватором полускальных и скальных пород предусматривается в самоходные дробильные агрегаты. В целях сокращения числа передвижек забойного конвейера и предохранения его при взрывных работах между дробильным агрегатом и конвейером следует предусматривать установку самоходного перегружателя.

5.2.8. Технологические схемы разработки комплексами с комбинированным транспортом

Увеличение глубины карьера и связанные с ней горно-технические и горно-экономические последствия определяют необходимость применения комбинированного транспорта, т.е. сочетания и последовательного использования двух или нескольких видов транспорта.

Наибольшее распространение получили *сочетания автомобильно-железнодорожного и автомобильно-конвейерного видов транспорта*. При этом автомобильный транспорт используют в качестве забойного, а железнодорожный и конвейерный – подъемного и магистрального в сочетании с промежуточным складом горных пород. Последние определяют относительную независимость работы обеих подсистем экскаваторно-автомобильной (забойной) подсистемы подъемного и магистрального транспорта. Это позволит увеличить использование оборудования во времени и позволяет осуществить усреднение качества полезного ископаемого.

Технические разработки автомобильно-железнодорожными комплексами – это последовательное соединение экскаваторно-автомобильных и экскаваторно-железнодорожных субкомплексов с разгрузкой автосамосвалов на перегрузочном пункте, аккумулирующем складе, обеспечивающем независимую работу автомобильной и железнодорожной подсистем внутри карьера с после

Технологические схемы разработки автомобильно-конвейерными и желез-

нодорожно-конвейерными комплексами – это сочетания последовательное соединение экскаваторно-автомобильных и экскаваторно-железнодорожных комплексов с системой ленточных конвейеров и устройств, перегрузочных пунктов с дробилками или грохотами, промежуточных складов, отвалообразователей.

Перегрузочные пункты оборудуются приемными бункерами, питателями, дробилками для получения кусков размером до 500 мм.

Производительность карьеров при этом определяется в диапазоне от 5 до 37 млн.т/год. Погрузка горной массы осуществляется экскаваторами с ковшами вместимостью 4-15 м³ в автосамосвалы грузоподъемностью обычно 50-240 т.

При проектировании циклично-поточной технологии на новом карьере с обеспечением ритмичной работы технологической схемы должно предусматриваться применение передвижного дробильно-перегрузочного комплекса (ПДПК).

Максимальное рациональное количество применяемых при этом ПДПК определяется исходя из глубины, на которую можно опустить в карьер ленточный конвейер (длиной 500-700 м под углом 16°), составляющий 150 – 200 м.

Дробильно-перегрузочные установки (ДПУ и ДПА) или агрегаты включают накопительную емкость, дробилку или грохот, устройства для непрерывной подачи материала на ленточный конвейер.

Самоходные дробильно-перегрузочные агрегаты (СДПА) применяют в технологических схемах при полной конвейеризации транспорта, их располагают в забое между экскаватором и конвейером.

Полустационарные (передвижные) дробильно-перегрузочные установки (ПДПУ) применяют для приема горной массы от автомобильного или железнодорожного транспорта, ее дробление и погрузку на магистральные ленточные конвейеры.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение категории “технология разработки месторождений”.
2. Какие типы горных технологий открытой разработки рудных месторождений проектируются?
3. Назовите и кратко охарактеризуйте классификации технологий открытой разработки месторождений руд и ископаемых углей (крупных ученых стран классификации).
4. Какова последовательность проектирования технологий и горнотранспортного оборудования?
5. Какое основное горнотранспортное оборудование представляется в технологических схемах вскрышных работ для угольных разрезов?
6. Каковы основные зависимости для определения производительности автомобильно-транспортного комплекса?

VI. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

6.1. Типы технологических процессов и их проектирование

Технологические процессы находятся в тесной организационной и технико-экономической взаимосвязи (включая параметрическую взаимосвязь).

В связи с этим осуществляется установление рациональных типов технологического оборудования, организационно-технологических методов и параметров для каждого технологического процесса. Все это необходимо осуществлять комплексно, т.е. исходя из тесной их взаимосвязи, предопределяющей применение рациональных технологических методов и технических средств. Общий состав технологических процессов, осуществляемых на карьерах и разрезах, представлен схемой на рис. 6.1.

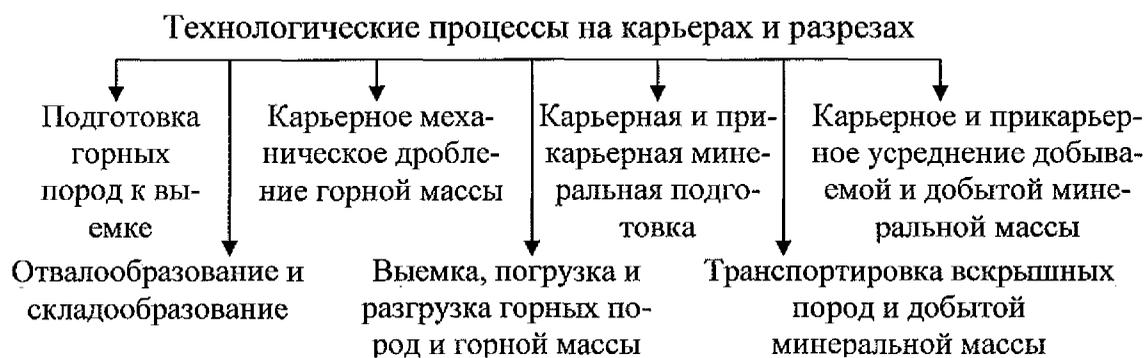


Рис. 6.1. Основные технологические процессы открытой разработки месторождений

Основные результаты проектирования технологических процессов схематически отражены на рис. 6.2.

Многие вопросы, связанные с технологическими процессами открытых горных работ, детально рассматривались при изучении смежных учебных дисциплин горного профиля, поэтому далее целесообразно ограничиться относительно кратким изложением порядка проектирования технологических процессов, которое не должно влиять на достоверность принимаемых решений.

Во всех случаях, учитывая наибольшее число факторов, необходимо устанавливать рациональные сочетания типов и видов оборудования. При этом вначале формируют варианты комплектов транспортных машин (рис. 6.3), обслуживающих реализацию установленной технологии разработки, затем проводится их сравнение и принятие наиболее эффективного.



Рис. 6.2. Системный комплекс результатов проектирования технологических процессов карьеров и разрезов



Рис. 6.3. Применяемые типы горных машин и оборудования

6.2. Проектное установление способа подготовки горных пород к выемке

6.2.1. Исходные положения

Подготовка горных пород к выемке осуществляется с целью создания самой возможности и осуществления выемочно-погрузочных работ, а также обеспечения условий и их эффективного производства и использования средств механизации, в том числе и обеспечения требуемого качества и количества добываемого сырья при безопасном производстве горных работ.

Подготовка горных пород к выемке включает:

- дробление пород и изменение их агрегатного состояния;
- разрушение и соответственно разрыхление породного массива;
- обеспечение устойчивости откосов уступов;
- осушение горных пород и другие виды.

Подготовка пород может осуществляться механически – рабочими органами горных машин; буровзрывным способом; гидравлическими, физическими и химическим, а также комбинированными способами.

Установление способа подготовки, предопределяется, прежде всего, видом, состоянием и свойствами горных пород в массиве, а также рядом других факторов, в том числе требованиями к качеству добываемого сырья и природными условиями осуществления работ.

Наличие различного выемочно-погрузочного оборудования и их технические характеристики позволяют осуществлять выемку мягких, плотных, естественно мелко-разрушенных пород.

Эти группы горных пород в мерзлом состоянии можно разрабатывать выемочными машинами с повышенным усилием копания (при небольших отрицательных температурах). Обычно в этих условиях предусматривается механическое рыхление или взрывание пород.

Скальные и полускальные породы, как правило, подготавливаются к выемке буровзрывным способом.

6.2.2. Способы механического рыхления горных пород

Подготовка соответствующих типов нескальных горных пород к выемке и погрузке осуществляется, главным образом, тракторными рыхлителями. Механическое рыхление применяется для пород с пределом прочности на сжатие до 90 МПа, а также для мерзлых и разборно-скальных пород (табл. 6.1).

Рыхление пород проектируется, используя следующие данные: глубина рыхления прицепными рыхлителями – 0,4-0,5 м, навесными – до 1,5-2 м; производительность в плотных породах – 1000-1500 м³/ч; длина параллельных резов – 100-300 м.

Классификация горных пород по разрыхляемости и частично по разрушаемости представлена в табл. 6.1.

Как правило, на карьерах применяются навесные рыхлители с гидравлическим управлением, обычно используя в комплекте с бульдозерами, скреперами, погрузчиками и экскаваторами.

Рыхлители общего назначения обычно оборудованы тремя, пятью, а редко семью зубьями и используются при рыхлении пород на глубину до 1 м, при глубине рыхления более 1 м применяют специальные рыхлители (с одним или тремя зубьями).

Производительность бульдозера-рыхлителя при совмещении процессов рыхления и перемещения породы определяется по формуле

$$Q_{э.р} = Q \cdot (1 - K_t), \quad (6.1)$$

где K_t – коэффициент использования агрегата на рыхлении горных пород.

$$K_t = \frac{V \cdot K_y \cdot t_p}{l \cdot (m_1 - m_2) \cdot h \cdot t + V \cdot K_y \cdot t_p}, \quad (6.2)$$

где t_p – продолжительность рабочего цикла на рыхлении, с; m_1 и m_2 – ширина разрыхляемой полосы и ширина перекрытия разрыхленной полосы при повторном ходе, м; h – глубина рыхления; l – расстояние транспортирования, м.

Таблица 6.1

Классификация горных пород по рыхлимости и разрушаемости

Горные породы	Показатель трудности рыхления	Рыхлимость и разрушаемость пород	Угол наклона стенки прорези α град.	Техническая скорость рыхления, v_p , м/с	Возможное заглубление зуба рыхлителя, м
Плотные породы с включением валунов, каменный уголь, цементированная щебенистая масса, разрушенные сланцы	0,5-2,2	Легко-рыхлимые	60-50	0,9-1,5	1-0,8
Мягкий известняк, сланцы мергель, мел, опока, гипс, отвердевшие и мерзлые глины. Среднетрециноватые прочные известняки, песчаники и сланцы	2,2-4,5	Средней трудности рыхления	44-45	0,8-1,2	0,8-0,6
Среднетрециноватые известняки, песчаники, мрамор, глинистые сланцы. Мелкослоистые прочные известняки, железные руды, прослойки очень прочных пород мощностью до 0,2-0,3 м.	4,5-7	Трудно-рыхлимые	50-40	0,4-0,8	0,6-0,2
Малотрециноватые прочные известняки, песчаники и более прочные породы	<7	Весьма трудно-рыхлимые	–	–	–

6.2.3. Проектирование разрушения горных пород взрыванием

Осуществляется оно в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах и Типовой инструкцией по безопасному проведению массовых взрывов на земной поверхности.

Проект открытых горных работ осуществляется по типовому проекту производства взрывных работ, утвержденный в установленном порядке.

Основными факторами при проектировании взрывных работ являются:

- физико-механические свойства пород;
- удельная трещиноватость массивов (размеры отдельности);
- их однородность и перемежаемость в пределах взрываемого блока;
- степень обводненности пород;
- технологические требования.

При установлении параметров взрывных работ учитываются не только прочностные и структурные свойства горных пород (удельная трещиноватость и взрываемость), но и планируемый характер действия заряда.

При этом удельная трещиноватость характеризуется числом открытых трещин всех систем, приходящихся на середину длины прямой, проведенной в произвольном направлении.

По степени трещиноватости или содержанию крупных отдельностей породы условно разделены на пять категорий.

Для каждой категории пород по трещиноватости устанавливается рациональный диаметр зарядов ВВ, параметры их расположения, схема взрывания, удельный расход и тип ВВ.

Степень трещиноватости пород $\ell_{m,p}$ и их категория могут приниматься по данным геологоразведочных работ: по керну горных пород, в соответствии с ним категория трещиноватости упрощено можно определить на основе зависимости

$$\ell_{m,p} = L_k / n, \quad (6.3)$$

где L_k – длина керна, м; n – число делений керна по естественным трещинам.

Проектирование гранулометрического состава взорванных пород и исходных средств и параметров БВР

При разрушении пород взрыванием возможно получать необходимый гранулометрический состав взорванных пород на основе подбора параметров взрывных работ.

Весьма важно оценивать качество взрывания не только этим показателем, но также объемом, числом (в том числе), гранулометрическим составом негабаритных кусков, выходом мелких кусков и средним размером куска.

Максимальный размер кондиционного куска (ℓ_k), устанавливается по ряду технологических требований, в частности:

- 1) по вместимости ковша $E_{\text{к}}$ экскаватора

$$\ell_k \leq (0,7 \div 0,8) \sqrt[3]{E_{\text{к}}}. \quad (6.4)$$

Считается, что это выражение справедливо при $E_{\text{к}} < 10 \text{ м}^3$;

- 2) по ширине ($B_{\text{к}}$) конвейерной ленты

$$\ell_k \leq 0,5 B_{\text{к}} - 0,1. \quad (6.5)$$

Негабаритные куски породы подлежат вторичному дроблению. Выход негабарита при первичном взрывании принимается не более 5 % содержания его в

массиве.

Для пород I-II категорий диаметр заряда рекомендуется принимать 270-360 мм.

При исключительно крупноблочных породах (V, IV категории), взрывании сложноструктурных, неоднородных массивов и взрывании на узких рабочих площадках применяют скважинные заряды уменьшенного диаметра – 150–200 мм и менее.

О высокой эффективности применения для разрушения крупноблочных массивов скважин диаметром от 90 до 125 мм свидетельствует зарубежный опыт, а в определенной мере, – и отечественный. Для бурения данных скважин рационально используется станки с выносными гидроударниками и с погружными пневмоударниками.

Удельный расход ВВ определяется для каждой породы по категории трещиноватости и коэффициенту крепости и с учетом типа ВВ.

Тип ВВ устанавливается исходя из прочностных и структурных особенностей пород массива, их обводненности, доступного ассортимента и стоимости взрывчатых материалов, условий их транспортирования и хранения.

При выборе ВВ для открытых горных работ ориентируются на использование бестропиловых ВВ, изготавливаемых в непосредственной близости от горных предприятий на стационарных пунктах или специальных транспортных смесительно-зарядных машинах.

Наряду с этими ВВ, особенно в трудновзрываемых обводненных породах, следует использовать и более дорогостоящие гранулированные тротилосодержащие ВВ заводского изготовления.

При применении мощной горно-транспортной техники с большими линейными рабочими параметрами и при бестранспортной технологии разработки драглайнами значительное распространение получают уступы высотой 25-50 м, для чего требуется бурение наклонных скважин глубиной до 50-60 м.

Схемы расположения скважин выбирают исходя из свойств взрываемых пород, производительности карьера, элементов системы разработки и применяемого выемочно-погрузочного и транспортного оборудования. Проектная схема расположения скважин уточняется на основе анализа данных практики и опытных взрывов.

Сетка скважин на уступе может быть квадратной, прямоугольной или шахматной.

Расстояние между скважинами в ряду a и расстояние между рядами скважин b принимают равными линии сопротивления по подошве W_p :

$$a = b = W_p, \quad (6.6)$$

или рассчитывают с учетом коэффициента сближения скважин m .

$$m = a/W. \quad (6.7)$$

Меньшие значения m принимают для крепких горных пород.

Расчет массы скважинного заряда ВВ, длины заряд,а забойки и перебура

Масса заряда скважины первого ряда при $W < h$, определяется на основе зависимости

$$Q_{\text{зарл}} = q_p \cdot a \cdot W_p \cdot h \quad (6.8)$$

Метод шпуровых зарядов применяют при небольших объемах работ, раздельной (селективной) выемке и малой мощности залежи полезного ископаемого, добыче крупных каменных блоков, разработке особо ценных полезных ископаемых в тех случаях, когда требуется сохранить структуру ископаемого или не допустить излишнего его измельчения, для дробления негабаритов и рыхления мерзлоты. Применяют вертикальные, наклонные или горизонтальные (слабонаклонные) шпуры диаметром 32–70 мм и глубиной до 3–5 м.

Короткозамедленное взрывание зарядов применяют в целях обеспечения:

- высокой интенсивности дробления;
- формирования развала горной массы желаемых геометрических параметров;
- минимальных разрушений в глубь массива;
- получения минимального сейсмического эффекта воздействия взрыва на окружающие сооружения и объекты.

Интервал замедления между взрывами в зависимости от физико-механических свойств горных пород устанавливают в пределах 20–50 мс.

При многорядном расположении скважин используют разнообразные схемы. Их сущность заключается в создании взрывом первых зарядов, дополнительной открытой поверхности, облегчающей работу зарядов последующих взрывов, или в создании взрывом экрана (щели), который: снижает разрушение горной породы за пределами оконтуренного участка и уменьшает сейсмическое действие взрыва.

Контурное взрывание скважин применяют для сохранения устойчивости откосов уступов и бортов карьеров при их выходе на проектный контур. Выполняют его двумя основными методами:

1. Предварительным щелеобразованием, когда по проектному контуру борта карьера или выемки заранее бурят и взрывают ряд сближенных скважин, иногда уменьшенного диаметра (60–100 мм);

2. Завершающим контурным взрыванием, когда разрушаемый объем дорабатывается до проектного контура. Скважины контурного ряда заряжают гирляндами рассредоточенных зарядов.

При использовании контурного взрывания угол откоса уступа увеличивается на 5–10°. При создании отрезной щели из скважин большого диаметра расстояние между ними принимают 2,5–3,5 м и линейную массу заряда – 3–4 кг/м.

Способы вторичного дробления взрыванием – дробление негабарита. Основываясь на использовании шпуровых и накладных зарядов применяют шпуры диаметром 32–36 мм и глубиной 0,3–0,5 толщины негабарита.

При дроблении негабарита накладными и кумулятивными зарядами масса ВВ (Q_3) определяется по формуле

$$Q_3 = q_n \cdot V_n \quad (6.9)$$

где q_n – удельный расход ВВ, кг/м³; V_n – объем взрываемого негабарита м³;

Проектирование параметров развала пород при взрывных работах направлено на обеспечение не только разрушения породного массива, но и на соответствие элементам системы разработки (ширине рабочей площадки и длине блока) и технологии разработки.

При взрывании на сотрясение массива фактический удельный расход ВВ меньше расчетного и нет четко выраженного откоса развала ($q_p = 1,03 \div 1,3$).

При взрывании горных пород вертикальными скважинными нормальными зарядами ($q_\phi = q_p$) развал приобретает форму, близкую к треугольной, а при наклонных нормальных и вертикальных усиленных зарядах ($q_\phi \neq q_p$) – трапециевидную. Причем во фронтальной части развала взорванная порода сыпучая ($K_p = 1,4 \div 1,6$), а в основной части взорванного блока – связно-сыпучая ($K_p = 1,05$).

Многорядное взрывание горных пород без подпорной стенки изменяет разрыхление взорванных пород по ширине взрываемого блока: для первого ряда скважин он соответствует K_p при однорядном взрывании; для второго и третьего рядов уменьшается на 8–10 % (по сравнению с однорядным взрыванием); для четвертого и пятого рядов уменьшается на 12–15 %, для шестого-восьмого – на 20–30 %.

Увеличение числа рядов взрываеваемых скважин увеличивает высоту развала в средней и тыльной его частях на 5–10 % и превышает высоту уступа.

Тип бурового станка (способа бурения) предопределяется, прежде всего, физико-механическими свойствами породы и рациональными (для данных условий):

- диаметром заряда ВВ;
- конструкцией заряда и методом ведения взрывных работ;
- технологией бурения скважин и проведения горных выработок для размещения зарядов;
- допустимыми уровнями пылевых и газовых выбросов в атмосферу;
- учетом технологических, организационных и других факторов.

Общие технические требования к буровым станкам в горнодобывающей промышленности определяются ГОСТ 26698–85. При этом устанавливается три подгруппы станков:

1. Станки вращательного бурения с шарошечными долотами и очисткой скважины воздухом – (пяти типоразмеров с условными диаметрами буримой скважины от 160 до 400 мм); используются при крепости пород $f = 6-18$;

2. Станки ударно-вращательного бурения с погруженными пневмоударниками и очисткой скважины воздухом; трех типоразмеров с условными диаметрами скважины – 100, 125, 160 мм при $f = 10-20$;

3. Станки вращательного бурения резцовыми коронками с очисткой скважины шнеком (шнекового бурения); двух типоразмеров с условными диамет-

рами буримой скважины 160 и 200 мм при $f=2-6$.

Термический (огневой) способ бурения используется при бурении скважин диаметром 250–360 мм и глубиной до 17–22 м, главным образом, в весьма труднобуримых кварцсодержащих породах.

6.3. Проектирование выемочно-погрузочных работ

6.3.1. Исходные положения

При всей важности таких технологических процессов, как рыхление и разрушение горных пород (т.е. подготовки их к последующим процессам), перемещение и транспортировка горной массы, отвалообразование, *центральным технологическим процессом* на карьерах и разрезах являются *выемочно-погрузочные работы*.

Данный технологический процесс во многом предопределяет эффективность в целом технологии открытых работ как в количественном, так и в качественном ее отношении, особенно в отношении полноты выемки и качества добытых полезных ископаемых. Этому процессу свойственны относительно низкие экономические затраты (порядка 15-18 %) по сравнению, например, со взрывным разрушением горных пород (20÷30 %) или карьерным транспортом (от 35 до 40 % и более).

В то же время этому процессу свойственна и более высокая производительность.

В связи с этим, весьма ответственным становится и сам процесс проектирования выемочно-погрузочных работ.

Из двух собственно технологических операций (своего рода субпроцессов) – выемка, разгрузка и погрузка главной и определяющей является выемка и особенно – селективная выемка.

Главным средством осуществления выемочно-погрузочных работ является общеэкскавационная техника и, прежде всего, экскаваторная техника, подчинении – собственно экскавационная.

6.3.2. Проектирование карьерного экскаваторного оборудования

Для выемки и разгрузки горных пород на карьерах и разрезах широко применяют карьерные экскаваторы – прямые (канатные) мехлопаты, гидравлические экскаваторы, драглайны, многоковшовые экскаваторы, роторные машины фрезерного типа, мобильная техника: бульдозеры, скреперы, карьерные погрузчики.

Установление выемочно-погрузочного оборудования (тип машины, ее модель и параметры забоя) осуществляется исходя из:

- физико-механических свойств разрабатываемых в целике или подготовленных к погрузке пород;
- требований к выемке (валовая или селективная);
- условий залегания пород, технологических параметров забоя, грузопотоков;
- проектируемой технологии;
- системы разработки и технических характеристик машины и некоторых других факторов (рис. 6.4).

Одноковшовые экскаваторы используют на карьерах как основное выемочно-погрузочное и отвальное оборудование.

Прямые мехлопаты (канатные) отличаются большим усилием копания, что позволяет эффективно их применять для выемки мягких, плотных и разрушенных пород, а также на погрузке в средства транспорта, приемные бункеры или отсыпки в отвал.

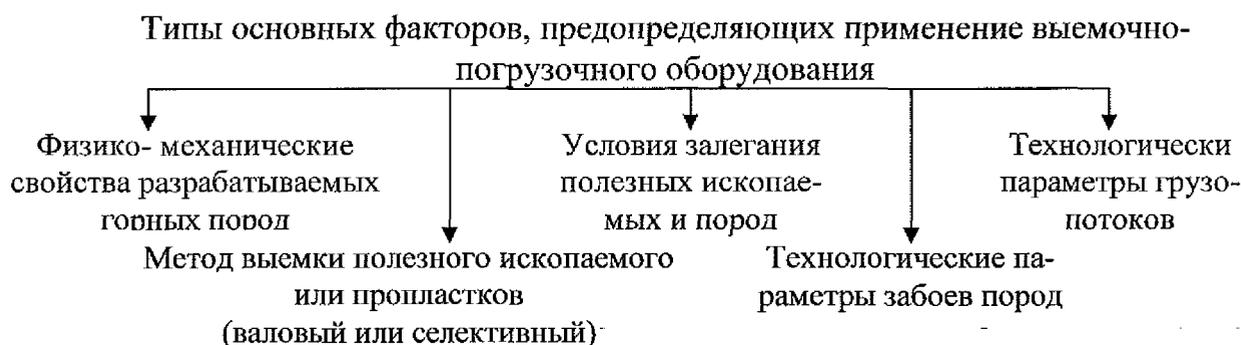


Рис. 6.4. Основные факторы, предопределяющие установление выемочно-погрузочного оборудования

Универсальные экскаватор строительного типа с вместимостью ковша $E=0,5\div 2 \text{ м}^3$ применяются для выемки песчаных, мягких и мелко разрушенных пород (на карьерах производительностью 0,5-2 млн. $\text{м}^3/\text{год}$ по горной массе и на более крупных карьерах (при раздельной выемке маломощных залежей).

Карьерные механические лопаты ($E=5\div 25 \text{ м}^3$) применяются для выемки мягких и разрушенных пород на карьерах любой производительности.

Обратные мехлопаты применяются в тех же условиях, что и прямые мехлопаты.

Гидравлические экскаваторы имеют более широкое применение, имея лучшие энергосиловые, кинематические и технологические возможности по сравнению с канатными мехлопатами.

Драглайны целесообразно применять для экскавации мягких пород, а модели с ковшом вместимостью 10 м^3 и более и для мелко – и среднеразрушенных пород.

При выемке пород с нижним черпанием драглайны располагают на кровле

уступа или развала вне призмы возможного обрушения.

Верхнее черпание относительно эффективно только для драглайнов с ковшами вместимостью 10-15 м³ и более.

Использование *роторных экскаваторов* при разработке горных пород плотных и мерзлых определяется (помимо расчетной удельной силы копания) динамической характеристикой экскаватора. При этом для экскаваторов традиционных конструкций с повышенной удельной силой копания и по условиям динамической устойчивости реализуются значения K_F до 0,9-1,1 МПа, это соответствует средневзвешенной крепости пород по обрабатываемому слою $f_{cp} = 1,85 \div 2,2$ по шкале проф. М.М. Протоdjяконова (временное сопротивление одноосному сжатию $Q_{сж} \div 18-22$ МПа).

В отечественной практике принята следующая градация карьерных роторных экскаваторов (по их номинальной теоретической производительности, м³/ч):

Малые.....	До 630
Средние.....	630-2500
Большие.....	2500-5000
Мощные.....	5000-10 000
Сверхмощные.....	Свыше 10 000

По назначению роторные экскаваторы разделяются на добычные и вскрышные.

Добычные роторные экскаваторы производительностью 500 - 5000 м³/ч и K_F до 2,1 МПа рационально используются при разработке угольных месторождений. Это позволяет обеспечить установленную для энергетических углей крупность (до 300 мм), сократить или устранить взрывную подготовку пород, улучшить дозированную загрузку железнодорожных вагонов.

Вскрышные роторные экскаваторы целесообразно применять, главным образом, при разработке мягких вскрышных породах в сочетании с конвейерным транспортом. Данные экскаваторы выпускаются производительностью от 500 до 11000 м³/ч и удельным усилием копания 1,15 МПа.

По конструктивным особенностям роторные экскаваторы различаются:

- по способу черпания – с верхним черпанием (при глубине нижнего черпания не более 0,5 диаметра ротора), верхнего и нижнего черпания;
- по типу разгрузочного устройства – с разгрузочной консолью и соединительным мостом.

Большинство моделей роторных экскаваторов преимущественно имеют невыдвижную стрелу, что предопределяет перемещения машины при образовании каждой новой стружки.

Определение производительности роторных экскаваторов

Паспортная (теоретическая) производительность экскаватора определяется как наибольшее расчетное значение производительности по пропускной

способности его транспортирующих органов.

Принято выражать теоретическую производительность экскаватора, $\text{м}^3/\text{ч}$, как его часовую объемную производительность по разрыхленной массе:

$$Q_n = V_o \cdot S \cdot 60, \quad (6.10)$$

где V_o – номинальная (расчетная) вместимость ковша, м^3 ; S – частота ссыпок, мин.

За номинальную (расчетную) вместимость ковша экскаватора V_o принимают либо геометрическую вместимость самого ковша, либо часть его суммарной вместимости и подковшового пространства (для роторных экскаваторов):

$$V_o = (0,65 \div 0,7) \cdot (V_k + V_{\text{п}}), \quad (6.11)$$

где V_k и $V_{\text{п}}$ – геометрическая вместимость соответственно ковша и подковшового пространства.

Расчетная пропускная способность конвейеров для роторного экскаватора должна превышать теоретическую производительность не менее чем на 15–20 %.

Техническая производительность Q_T – максимально возможная производительность для данного экскаватора при непрерывной экскавации пород с конкретными физико-механическими свойствами. Она определяется на основании зависимости:

$$Q_T = \frac{Q_n}{K_p} \eta_F, \quad (6.12)$$

где K_p – коэффициент разрыхления; $\eta_F \leq 1$ – коэффициент влияния физико-механических свойств разрабатываемых пород.

6.3.3. Проектирование мобильного экскавационного оборудования

Карьерные колесные и гусеничные погрузчики предназначены для выемки мягких пород непосредственно из массива механически разрушенной или взорванной породы. Они используются в качестве моновыемочно-погрузочного оборудования и в сочетании с автомобильным транспортом и с выемочно-погрузочно-транспортным оборудованием (для доставки пород к рудоспускам, дробильным агрегатам, транспортным средствам).

Наиболее распространены неповоротные большегрузные колесные фронтальные карьерные погрузчики (с передней разгрузкой ковша вместимостью 7,65–9,2 м^3).

Современные карьерные погрузчики, конкурируют (по эффективности) с экскаваторами с вместимостью ковша до 12 м^3 . Используют их в комплексе с автосамосвалами грузоподъемностью до 91–170 т. Кроме моделей со стандартной стрелой выпускаются погрузчики с удлиненной стрелой, обеспечивающей

работу погрузчиков с автосамосвалами грузоподъемностью до 350 т.

Погрузчики применяют как в низких (до 2 м), нормальных (2-5 м), так и в высоких (более 5 м) забоях.

Основным критерием оценки эффективности работы погрузчика является его производительность. Она предопределяется следующими основными факторами: геометрической вместимостью ковша $V_{\text{н}}$, коэффициентом его наполнения $K_{\text{н}}$, продолжительностью рабочего цикла $t_{\text{ц}}$, коэффициентом разрыхления горной породы в ковше погрузчика $K_{\text{р}}$, плотностью разрабатываемых пород γ , видами выполняемых работ и транспорта. Его *техническая производительность* определяется по формуле

$$Q_{\text{т}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{н}} \cdot K_{\text{н}} \cdot \gamma}{t_{\text{ц}} \cdot K_{\text{р}}}, \quad (6.13)$$

Эксплуатационная производительность погрузчиков (при работе в качестве погрузочного оборудования) в зависимости от грузоподъемности автосамосвала $q_{\text{а}}$ определяется по формуле

$$Q_{\text{экс.п}} = 3600 T_{\text{см}} \cdot K_{\text{и.с}} \cdot q_{\text{а}} / (n_{\text{к}} \cdot t_{\text{ц}} + t_{\text{М}}) \quad (6.14)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{ис}}$ – коэффициент использования погрузчика в течение смены; $k_{\text{н}} = 0,8 - 4,2$ – коэффициент наполнения ковша. При средне- и крупнокусковой взорванной горной породе с плотностью более $2,6 - 2,7 \text{ т/м}^3$ не происходит максимальное наполнение ковша с «шапкой», поэтому величину $K_{\text{н}}$ целесообразно принимать в пределах $1,14 - 1,15$; $t_{\text{М}} = 60 \div 120$ – время установки автосамосвала под погрузку, с; $n_{\text{к}}$ – число ковшей, погружаемых в кузов автосамосвала.

При работе в качестве погрузочно-транспортного оборудования (с разгрузкой ковша на уровне транспортного положения) производительность погрузчика, т/см, определяется с учетом качества подготовки разрыхленной горной породы, расстояния транспортирования и скорости движения груженого и порожнего погрузчика.

Основные типы производительности машин и оборудования в целом представлены схемой на рис. 6.5.

Эффективная производительность является фактически часовой производительностью выемочной машины при непрерывной ее работе в конкретных горнотехнических условиях.

На основе эффективной производительности определяется эксплуатационная производительность выемочной машины.

Машины фрезерного типа («Surface Miner» – SM) применяются для осуществления послойно безвзрывной разработки пород средней крепости ($f=7-8$, $Q_{\text{сж}} = 50 \div 80 \text{ МПа}$). Используются с конвейерным транспортом при селективной выемке сложноструктурных и маломощных залежей полезного ископаемого в целях снижения потерь и разубоживания.

Типы производительности выемочных машин и комплексного оборудования

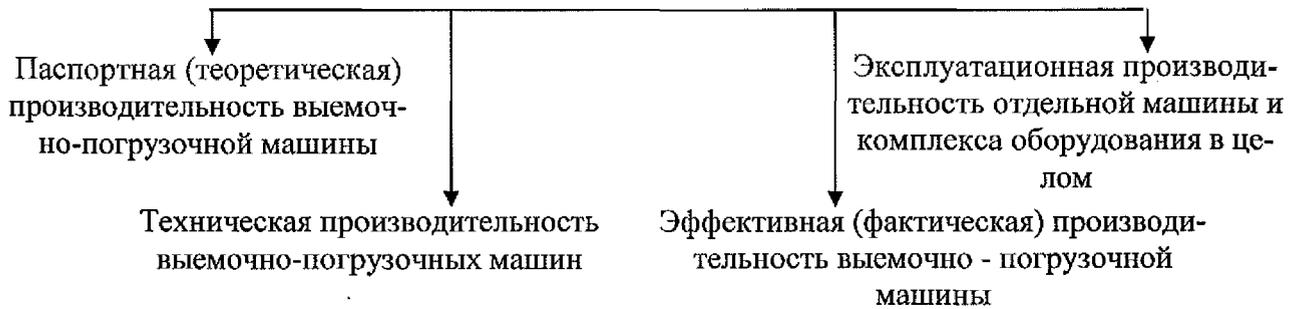


Рис. 6.5. Основные типы выемочно-погрузочного технического оборудования

Можно проектировать сопряженную работу машин типа SM и перегружателей непрерывного действия для формирования технологических схем с полной конвейеризацией транспорта, что особенно значимо при поиске путей повышения эффективности функционирования глубоких карьеров с большими грузопотоками горной массы.

К числу известных из них относятся следующие типы:

- VASM (фирма «Воист Альпин») с вынесенным на стрелу с рабочим органом (рис. 6.6, а);
- WSM (фирма «Виртген») – комбайн с центральным расположением рабочего органа шнекового типа (рис. 6.6, б); имеет наибольшее распространение.

Фрейзерные машины применяются в основном для отработки сложноструктурных горизонтальных и слабонаклонных залежей (при относительно небольших значениях мощностей отдельных пластов и породных пропластков).

- KSM (фирма «Крупн Фердертехник») – широкозахватная машина послойного фрезерования с консольным расположением рабочего органа (рис. 6.6, в).

Эти машины эффективно используются при относительно больших объемах горных работ и для селективной отработке слоистоструктурных залежей.

Послойно-полосовой способ отработки уступов при применении машин фрезерного типа осуществляется с перемещением машины за автосамосвалом, или с применением перегружателя, непрерывно перемещающегося за мобильной машиной.

Бульдозеры на карьерах используются:

- для послойной выемки горных пород с пределом прочности на сжатие до 40 МПа и перемещения их на расстояние до 100–150 м;
- при зачистке кровли пластов полезного ископаемого;
- планировке площадок; для работы на отвалах;
- конусования взорванной породы;
- в качестве толкачей при заполнении большегрузных скреперов.

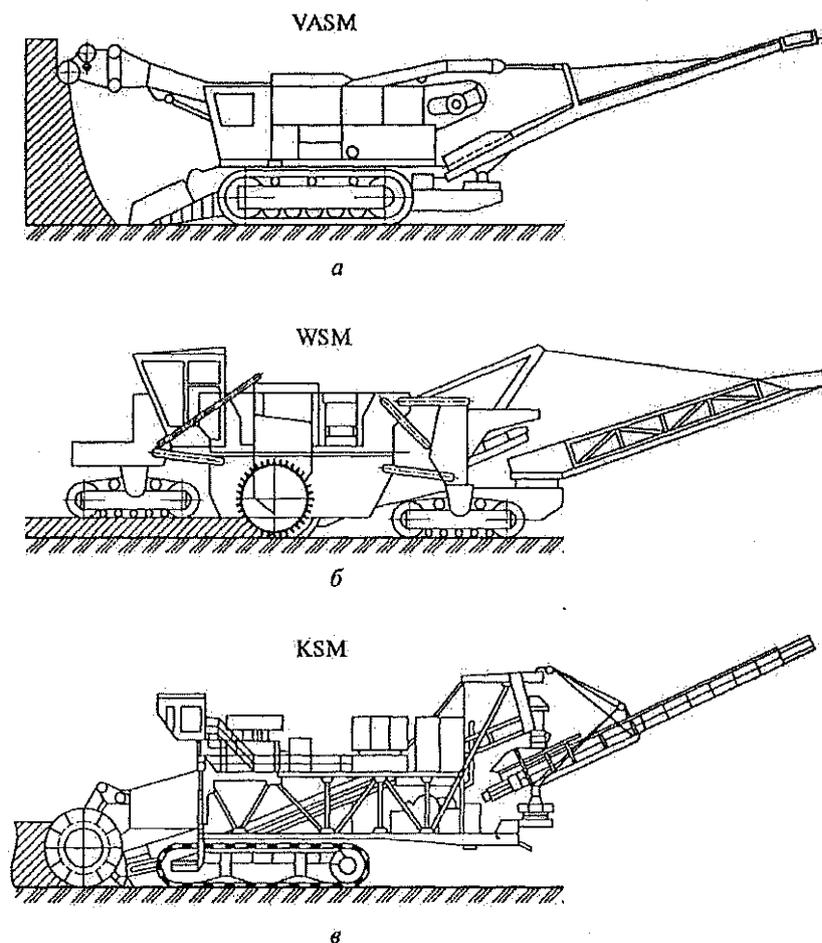


Рис. 6.6. Основные конструктивно-компоновочные варианты машин типа «Surface Miner» с различным расположением рабочего органа: а, б — соответственно переднее и центральное на раме; в — переднее на консоле

Допустимый угол подъема бульдозера при его работе составляет 15–18 %, преодолеваемый уклон – до 45 %, поперечный уклон допустим до 20°.

Бульдозеры, в зависимости от тягового усилия базовых машин, подразделяют на:

- легкие - класс до 40 (60) кН, мощность до 96 кВт;
- средние - класс от 40 (60) до 90 (150) кН, мощность 103-154 кВт;
- тяжелые - класс от 150 (250) до (350) кН, мощность 220-405 кВт;
- сверхтяжелые - класс (750) кН, мощность более 510 кВт.

Колесные скреперы используют:

- при послойной разработке горных пород с пределом прочности на сжатие до 40 МПа, транспортировании и укладки их в насыпи (или отвалы);
- при проходке траншей;
- на вскрышных и добычных работах;
- на вспомогательных работах по понижению высоты вскрышных уступов и зачистке кровли вскрытого пласта полезного ископаемого; при производстве

рекультивационных работ.

В комплексе со скреперами в большинстве случаев используются тракторы с рыхлителями, бульдозеры-толкачи, грейдеры для планируемых трасс перемещения скреперов, а так же катки для уплотнения уложенных в отвал породы.

6.4 Проектирование карьерного транспорта

6.4.1. Типы карьерного транспорта и их проектное установление для использования

Основными видами карьерного транспорта являются железнодорожный, автомобильный и конвейерный, применяемые самостоятельно, а также их сочетания – комбинированный транспорт.

Другие виды транспорта (скиповой, гравитационный, гидравлический) имеют меньшее распространение, хотя в определенных условиях они могут быть наиболее эффективными.

Тип карьерного транспорта определяется на основе технико-экономических расчетов применительно к конкретным горнотехническим условиям с учетом:

- горно-геологических характеристик залегания месторождения;
- физико-механических свойств горных пород;
- производительности и глубины карьера;
- объема перевозок расстояния транспортирования;
- вскрытия месторождения;
- системы разработки;
- режима горных работ.

Использование определенного вида транспорта предопределяется соответствием предназначению и местом его в области эффективного использования.

При этом установление рационального вида транспорта и машин производится сопоставлением ряда относительно разнозначных вариантов и в определенной последовательности (рис. 6.7).

6.4.2. Проектирование железнодорожного транспорта

Железнодорожный транспорт эффективно используется при значительных объемах перевозок горной массы (15-150 млн.т/год) и больших расстояния транспортирования (5-15 км).

Главные достоинства железнодорожного транспорта – универсальность, надежность в работе, малая зависимость от климатических условий, возможности транспортировать горные породы с различными физико-механическими свойствами, слабое отрицательное воздействие на окружающую среду.

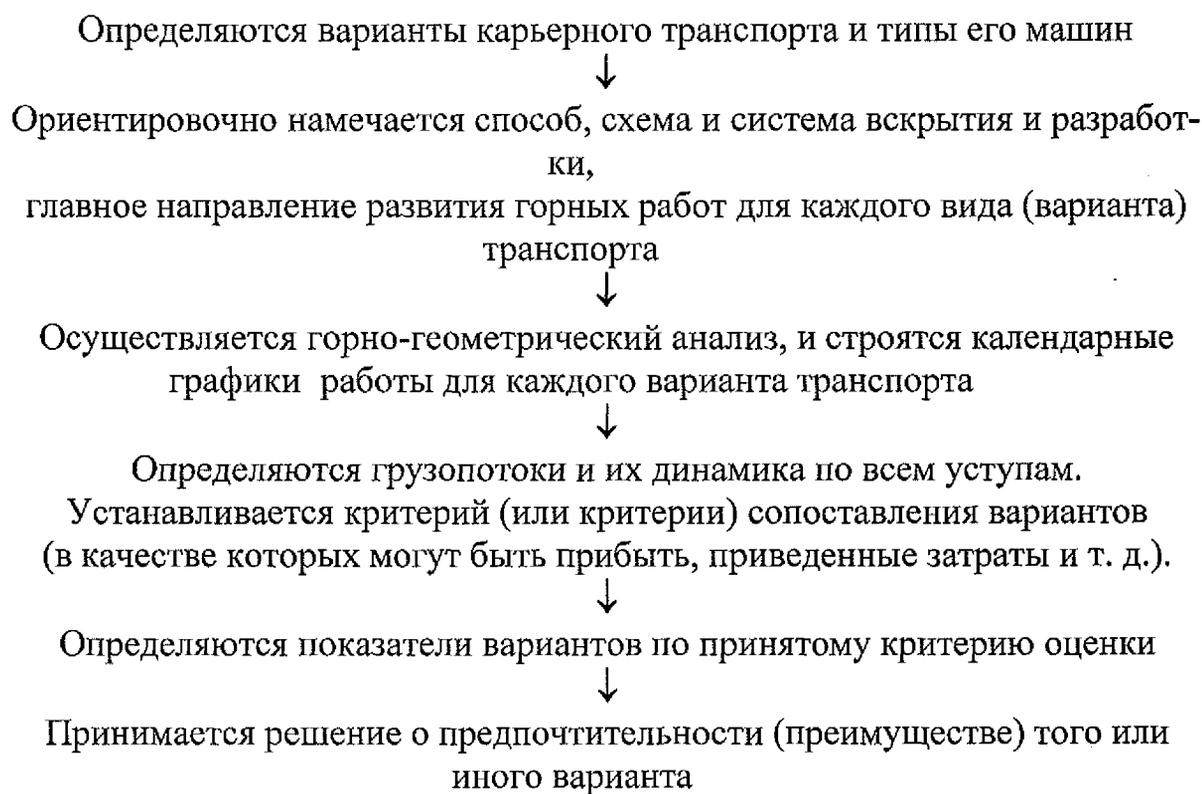


Рис. 6.7. Последовательность выполнения сопоставления вариантов транспорта (по К. Н. Трубецкому и др.)

Целесообразное применение железнодорожного транспорта при больших размерах карьерного поля и выдержанном залегании полезного ископаемого, поскольку для размещения транспортных коммуникаций с допустимыми уклонами пути ($2,5-3,5^\circ$) и радиусами кривых (80-100 м) требуются значительные площади.

Глубина карьеров при железнодорожном транспорте обычно составляет 200-250 м, а с применением тоннельных схем вскрытия она может достигать 350-400 м.

При проектировании железнодорожного транспорта обосновываются: вид тяги, руководящий уклон путей, масса поезда, тип и парк оборудования, схема путевого развития, позволяющая реализовать грузопотоки, сформированные при проектировании календарного плана, вскрытия и системы разработки.

Установление вида и типа подвижного состава осуществляют на основе физико-механических характеристик транспортируемых грузовых пород, грузооборота карьера, его проектной глубины, масштабов работ, наличия источников электроэнергии и их мощности, а также и с учетом других факторов.

При проектировании принципиально возможно использование двух видов тяги: электрической – с использованием тяговых агрегатов и электровозов переменного тока и постоянного тока напряжением 3 кВ, или тепловозной.

Рациональный тип вагона (обычно думпкара) определяют с учетом объема перевозок, руководящего уклона путей, физико-механических свойств горной

массы и типа погрузочного оборудования.

Думпкар из-за удобства и быстроты разгрузки применяют при транспортировании практически всех видов горных пород и горной массы, особенно при относительно крепких и весьма крепких крупнокусковых породах и рудах.

Для транспортирования сыпучих мелкокусковых полезных ископаемых применяются универсальные полувагоны (гондолы), а также хоперы для угля и гондолы (глухие) – для руды.

Типоразмер вагона выбирают с учетом типа погрузочной машины (экскаватора); причем его кузов должен вмещать не менее 5–6 ковшей экскаватора, заполненных горной массой.

При этом принятый тип вагона должен обеспечивает наиболее низкий коэффициент тары, представляющий собой отношение массы вагона к массе перевозимого груза.

В общем случае окончательно тип думпкара принимается на основании технико-экономических расчетов.

Следует отметить, что обычно при проектировании коэффициент наполнения кузова вагона принимают равным 1,15 для скальных пород, для рыхлых пород – 1,2; допустимый расчетный перегруз вагона принимается равным 5 %.

Рабочий парк локомотивосоставов устанавливается с учетом условий обеспечения годового объема технологических перевозок; коэффициент неравномерности грузопотоков (по нормам технологического проектирования) принимается равным 1,1.

При этом парк резервного оборудования принимают в размере 10 % от рабочего парка вагонов и 7 % от рабочего парка локомотивов.

В пилотных расчетах инвентарный парк локомотивов принимается на 25–30 % больше рабочего парка за счет локомотивов, находящихся в ремонте, резерве и на хозяйственных работах.

6.4.3. Проектирование карьерного автомобильного транспорта

Подвижной состав карьерного автотранспорта – автосамосвалы, автопоезда и дизель-троллейбусы.

Наиболее широкое распространение на различных открытых горных работах (практически всех горнопромышленных отраслей России и многих стран мира) получил автомобильный карьерный транспорт с применением только самосвалов различных конструкций и грузоподъемности.

Этот тип горно-промышленного транспорта обладает целым рядом преимуществ: прежде всего – автономностью, независимостью при различных мощностях карьеров и разрезов, масштабах обрабатываемых минеральных объектов, горно-геологических условиях ведения горных работ, физико-механических свойствах горных пород и т.д. Конечно, имеет он и определенные недостатки, особенно экологического характера. Однако в силу научно-

технического прогресса эти недостатки в определенной мере и со временем либо нейтрализуются, либо некоторые из них устраняются.

Установление типа автосамосвала определяется рядом факторов, среди которых основными являются: грузооборот карьера, физико-механические свойства транспортируемых горных пород и тип погрузочного оборудования.

При мощности карьера по горной массе менее 5 млн. т. в год рациональное значение грузоподъемности – в пределах 10-30 т, соответственно при 5-10 млн. т/год – 30-65 т, 10-20 млн. т/год – 65-100 т, а при мощности более 200 млн. т/год – более 100 т.

Обоснование типа автосамосвала осуществляется с соблюдением условия – кузов автосамосвала должен вмещать 4-8 ковшей экскаватора.

Максимальное тяговое усилие F_{max} определяется по формуле:

$$F_{max} \leq 1000 \cdot k_{cy} \cdot M_a \cdot g \cdot K_c, \quad (6.15)$$

где m_a – масса автосамосвала, т; g – ускорение свободного падения, м/с; K_c – коэффициент сцепления; K_{cy} – коэффициент использования сцепной массы автомобиля.

Оно ограничивается условиями сцепления движущихся колес с дорожным покрытием.

Время разгрузки автосамосвала составляет 1 мин, а автопоездов – 1,5 мин, время на маневры и ожидания за рейс, а также время задержек могут приниматься по данным литературных источников.

Путь торможения карьерных автосамосвалов в диапазоне скоростей 20-30 км/ч – 10-20 м.

Срок службы и нормы амортизации карьерных автомобилей предопределяются грузоподъемностью автомобиля.

Число рейсов автомобиля в смену рассчитывается по формуле:

$$N_p = T_{cm} \cdot k_{cm} / t_p, \quad (6.16)$$

где T_{cm} – длительность смены, ч; t_p – время рейса; K_{cm} – коэффициент использования сменного времени, практически равен 0,75–0,85.

Сменная производительность автомобиля Q_{cm} определяется по формуле:

$$Q_{cm} = k_q \cdot n_p, \quad (6.17)$$

где q – грузоподъемность автосамосвала, т; k_q – коэффициент использования грузоподъемности.

Годовая производительность списочного автомобиля Q_g рассчитывается с использованием зависимости

$$Q_g = Q_{cm} \cdot n_{раб} \cdot n_{см} / k_{и.п}, \quad (6.18)$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутки; $n_{раб}$ – число рабочих дней для автомобиля в год.

Рациональное соотношение количества действующего и устанавливаемого

оборудования экскаваторно-автомобильного комплекса оценивается показателем соответствия:

$$k_c = N_p \cdot t_{ц} / (N_3 \cdot T_p), \quad (6.19)$$

где N_3 – число экскаваторов, работающих на автотранспорт; $t_{ц}$ – время цикла экскаватора (величины $t_{ц}$ и T_p выражаются в одинаковых единицах измерения).

Автомобильный транспорт целесообразно применять при объеме перевозок до 100 млн. т/год, расстояниях транспортирования до 5 км (при разработке ограниченных в плане месторождений).

Уклоны автодорог составляют 4-5° (80-100 ‰), радиусы поворота на дорогах – 40-50 м.

Автомобильный транспорт как самостоятельный вид применяется до глубины 200-250 м.

При большой глубине разработки следует рассматривать целесообразность применения комбинированного, автомобильно-конвейерного, автомобильно-скипового или автомобильно-железнодорожного транспорта.

Эффективное применение автопоездов возможно только при величине подъема автомобильных дорог не превышающей 4-5°, из-за сниженной удельной мощности этих машин по сравнению с базовыми моделями. Благоприятные условия применения автопоездов создаются при разработке нагорных горизонтов карьеров, с которых порода доставляется во внешние отвалы. Мощность двигателей тягачей с полуприцепами в этих случаях оказывается достаточной для преодоления уклонов 7-8‰ в порожнем направлении с приемлемыми скоростями движения.

Дизель-троллейвозы целесообразно использовать в карьерах глубиной от 70-100 до 300 м при трассах со значительной длиной стационарного участка, где монтируется контактная сеть. Доля этого участка трассы должна быть не менее 50-60 % общей длины трассы и иметь минимальное число пересечений и примыканий к другим дорогам, оборудованным контактной сетью. Для специализированных дорог, предназначенных для движения только дизель-троллейвозов, уклон может достигать 10 ‰, радиус кривых на участке с контактной сетью – не менее 60 м.

6.4.4. Проектирование конвейерного транспорта

При проектировании перемещения горных пород ленточные конвейеры используют для перемещения мягких, дробленых скальных и полускальных пород. Их применяют при поточной и циклично-поточной технологии. При поточной технологии ленточные конвейеры работают в комплексе с экскаваторами непрерывного действия и перегружателями-отвалообразователями. В технологических схемах циклично-поточные ленточные конвейеры устанавливаются после дробильно-перегрузочных пунктов.

Различные режим работы и коэффициент использования конвейера зависит

от: климатических условий и объема перевозок; профиля трассы; перепада высот; типа и ширины конвейерной ленты; физико-механических свойств пород; расстояния перемещения груза и от других объективных факторов, это приводит к изменениям себестоимости транспортирования горной массы в 3-4 раза.

Расчетный угол откоса груза на движущейся ленте для угля, руды и вскрышных пород составляет 15-20°.

С увеличением угла установки конвейера (учитывается коэффициентом k_y) площадь поперечного сечения материала на ленте несколько снижается во избежание осыпания материала с ленты.

Угол наклона конвейера уменьшается приблизительно на 6° для мелкокускового и на 8° – для крупнокускового материала при движении груза вниз.

Скорость движения ленты принимается с учетом производительности конвейера, ширины лент и характеристики груза.

Ширина конвейерной ленты B_k исходя из заданной производительности Q_k , определяется по формуле:

$$B_k = 1,1 \sqrt{\frac{Q_k}{k_y C V \gamma} + 0,05}, \quad (6.20)$$

где K_y – коэффициент угла установки конвейера; C – коэффициент производительности; V – скорость движения ленты, м/с; γ – насыпная плотность транспортируемого груза, т/м³.

Установленная ширина конвейерной ленты проверяется на возможность транспортирования кусков данного размера.

Мощность привода конвейера определяется расчетом всех действующих сил сопротивления.

Тип трассы конвейерного подъемника устанавливается с обеспечением учета ряда организационно-технических факторов.

При проектировании реконструкции, связанной с внедрением конвейерных подъемников на карьере с железнодорожным транспортом, неизбежно пересечение коммуникаций последнего трассой конвейера, в связи с чем, усложняются условия, и повышается стоимость строительно-монтажных работ.

В планировании горных работ при внедрении конвейерных подъемников на действующем карьере могут выделяться три периода: первый период, предшествующий строительно-монтажным работам; второй период - время монтажа подъемника и сооружения; третий период (после ввода конвейера в эксплуатацию) – повышение интенсивности углубки карьера, в том числе в зоне расположения дробильной установки с тем, чтобы расстояние транспортирования руды автосамосвалами от забоев к перегрузочному пункту было минимальным в течение длительного времени.

В зависимости от ряда факторов колебания себестоимости транспортирования горной массы изменяются в 3-4 раза.

Поэтому к оценке эффективности использования конвейеров следует подходить особенно тщательно, учитывая характерные особенности условий их эксплуатации.

Конвейеры разделяются на забойные, отвальные, подъемные, магистральные, соединительные, вспомогательные; забойные и отвальные конвейеры по назначению и месту установки в транспортной схеме передвижения – на подъемные и магистральные – стационарные, соединительные, полустационарные.

Конвейеры различают по массе, углу подъема, удобству перемещения на новую трассу, конструкции роlikоопор и т.п.

Производительность конвейера Q_k как транспортного средства непрерывного действия, в общем случае определяется массой груза, приходящейся на единицу длины установки q (кг/м) и скоростью движения ленты v_n :

$$Q_k = 3,6 \cdot q \cdot v_n \quad (6.21)$$

Расчетным выражением для определения производительности конвейерной установки является следующее:

$$Q_K = C \cdot K_y \cdot (0,9 - B_k - 0,05)^2 \cdot v_n \cdot \gamma, \quad (6.22)$$

где C – коэффициент производительности (наполнения лотка); K_y – коэффициент, учитывающий угол установки конвейера; B_k – ширина конвейерной ленты, м. Ширину ленты выбирают из следующих значений: 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2500, 3000 мм; γ – насыпная плотность транспортируемого материала, т/м³.

6.4.5. Проектирование скиповых подъемников

Скиповые подъемники целесообразно применять на карьерах производительностью порядка 7-8 млн.т/год большой глубины и при ограниченных размерах в плане. При этом могут транспортироваться недробленые скальные породы с углом наклона 20-45°.

Скиповые подъемники – составная часть комбинированной транспортной схемы с автомобильным транспортом в карьере и с транспортом на поверхности (обычно автомобильным или железнодорожным).

Применение скипового подъема связано с сооружением двух перегрузочных комплексов: нижний – для загрузки скипов из автосамосвалов (через бункер-дозатор), и верхний – для разгрузки или перегрузки. Грузоподъемность скипа обычно принимается равной грузоподъемности автосамосвала. С углублением карьера производится перенос перегрузочного комплекса. Скипы разгружаются в бункер, а затем – в транспортные средства. Перемещается скип по рельсовому пути с шириной колеи 3 м, уложенному по откосу борта на бетонном основании. Скиповые подъемники выполняется обычно двухконцевыми – один скип поднимается, а другой спускается. Скорость движения скипа – до 7–10 м/с, мощность привода – около 2400 кВт.

С использованием скиповых подъемников сокращается число автосамосвалов, работающих в карьере, и уменьшается загазованность атмосферы.

Производительность подъемника и комплекса в целом зависит от числа автосамосвалов, обслуживающих подъемник, организации их движения, расстояния транспортирования и других факторов.

Техническая производительность скипового подъемника, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{п.т} = V_{ск} \cdot N_{п}, \quad (6.23)$$

где $V_{ск}$ – вместимость скипа, м³; $N_{п}$ – число подъемов в час.

$$N_{п} = 3600 / (T_{п} + t_{п.з}), \quad (6.24)$$

где $T_{п}$ – продолжительность одного подъема, с; $t_{п.з}$ – продолжительность паузы при разгрузке и загрузке скипов, $t_{п.з} = 20 \div 40$ с.

Время подъема является функцией длины пути подъема $l_{п}$ и максимальной скорости подъема v_{max}

$$T_{п} = l_{п} \cdot k_{р.з} / v_{max}, \quad (6.25)$$

где $k_{р.з}$ – коэффициент, учитывающий снижение скорости в период разгона и замедления ($k_{р.з} = 1,13 \div 1,16$).

Скорость движения скипа составляет 7–10 м/с.

Производительность скипового подъемника Q_a соответствует производительности обслуживающего автотранспорта:

$$Q_a = k_a N_a n_p V_a K_{п} \quad (6.26)$$

где k_a – коэффициент неравномерности работы автосамосвалов, $k_a = 1,15 \div 1,2$; N_a – число автосамосвалов, обслуживающих подъемник; n_p – число рейсов автосамосвалов в час; V_a – вместимость кузова автосамосвала, м³; $K_{п}$ – коэффициент влияния породы.

Мощность подъемной установки (для ориентировочных расчетов) определяется по формуле:

$$N = Q_a \cdot H / (102 \cdot \eta), \quad (6.27)$$

где H – высота подъема, м; η – КПД установки.

6.5. Проектирование отвалообразования

6.5.1. Основные положения

Несмотря на относительно небольшие затраты (среди других технологических процессов) отвалообразование выполняет важную и ответственную роль общей системы горно-технологического освоения месторождений твердых полезных ископаемых. В связи с этим его проектированию должно уделяться большое внимание, что в большинстве случаев и происходит при научно-техническом обосновании и практическом осуществлении.

Проектирование отвалообразования, как одного из заключительных технологических процессов, заключается, главным образом, в установлении рациональных:

1. Типов отвалов горной массы;
2. Места расположения отвалов;
3. Способы отвалообразования;
4. Технологии отвалообразования;
5. Параметров отвалообразования.

Типы отвалов, применяемых при открытой разработке рудных и угольных месторождений, представлены в табл. 6.2, условия определения месторождения отвалов – на рис. 6.8, требования к размещению отвалов схематически отражены на рис 6.9.



Рис. 6.8. Условия, предопределяющие рациональное местоположение отвалов

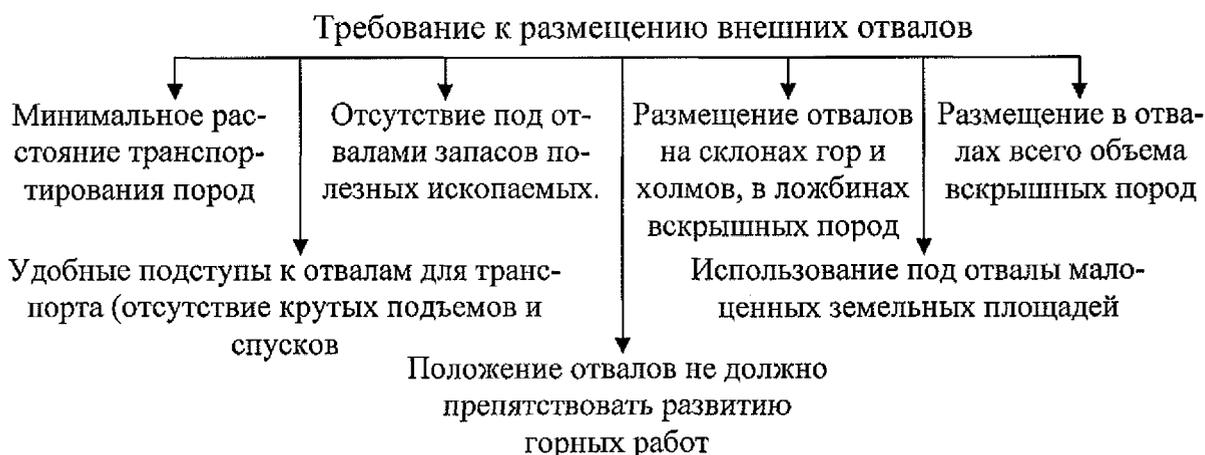


Рис. 6.9. Основные требования к проектированию размещения внешних отвалов

Группировка типов отвалов горной массы (по Г.В. Секисову)

Основополагающий признак		Тип карьерных отвалов	
№ п/п	Наименование	индекс	Наименование
I	Месторасположение отвала	A ₀	Внутренний
		B ₀	Внешний: а) Равнинный, б) Нагорный, в) Нагорно-равнинный, г) Заглубленный
		B ₀	Внешне-внутренний
II	Способ отвалообразования	A _э	Экскаваторный
		B _б	Бульдозерный
		B _а	Автомобильный
		Г _п	Плужный
		Д _к	Конвейерный
III	Структура отвала	E _{к.о}	Консольно-образовательный
		A _о	Одноярусный
		B _д	Двухярусный
IV	Тип транспортной доставки горной массы на отвал	B _м	Многоярусный (Полиярусный)
		A _ж	Железнодорожный
		B _а	Автомобильный
		B _к	Конвейерный
		Г _{м-г}	Мобильно-транспортный
		Д _{к-г}	Комбинированно-транспортный
		E _{б.г}	Бестранспортный
Ж _{г.т}	Гидротранспортный		

Установление расположения отвалов производится на основе сравнения ряда реальных вариантов с учетом условий, учитываемых при определении способа отвалообразования (рис. 6.10).

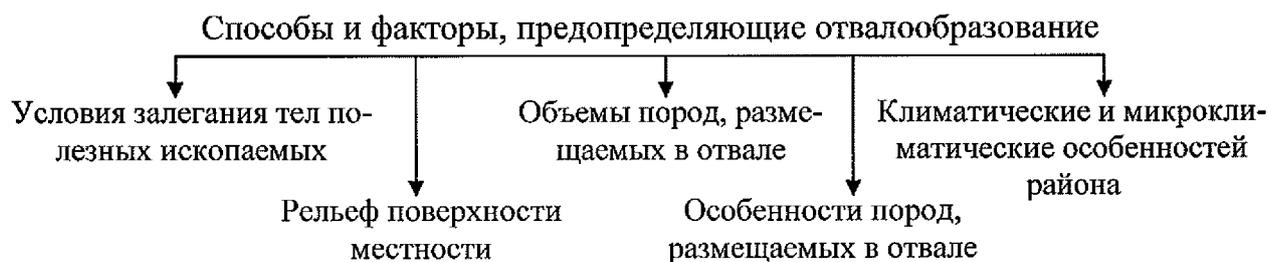


Рис. 6.10. Условия, учитываемые при установлении способа отвалообразования

Установление месторасположение отвалов и складов устанавливается исходя из условий:

- а) обеспечения минимальных расстояний их размещения;
- б) затрат на транспортирование складываемых пород;
- в) безопасности производства работ;
- г) наименьшего вредного воздействия на окружающую среду;

д) обеспечения долговременной устойчивости, сохранения качественных показателей потенциальных полезных ископаемых в складах.

Целесообразное расположение отвалов:

- в выработанном пространстве;
- ближе к месту разработки пород;
- на неценных земельных угодьях;
- на уровне или ниже уровня разработки;
- на территориях, обеспечивающих устойчивость отвала в целом и его отдельных ярусов.

При размещении пород вскрыши в выработанном пространстве протяженность транспортных коммуникаций минимальная. Поперечное перемещение породы позволяет применять технику непрерывного действия, а рекультивация отвальных площадей может осуществляться за продвижением фронта горных работ.

Создание внутренних отвалов осуществляется при разработке горизонтальных или пологих залежей, обрабатываемых на всю мощность.

Когда выработанное пространство еще не создано, породы размещают во внешних отвалах.

При разработке месторождений со значительной мощностью покрывающих пород (40–50 м и более) параллельно создается внутренние (для пород нижних уступов) и внешние (для пород верхних уступов) отвалы.

Внешние отвалы обычно соответствуют наклонным, крутым и глубокозалегающим месторождениям. В некоторых случаях при разработке таких месторождений представляется возможным и целесообразным создавать внутренние отвалы и осуществлять временное складирование пород внутри перспективных контуров при поэтапной разработке месторождений.

При установлении числа и местоположения отвалов учитывается необходимость раздельного складирования рыхлых и скальных пород.

Местоположение складов-штабелей, устанавливаются в зависимости от их основных параметров, а также от количества, порядка поступления из карьера различных полезных ископаемых, наличия пригодных свободных площадей, по возможности ближе к карьере.

6.5.2. Определение параметров отвалов

Основными параметрами отвалов являются:

- площадь, необходимая для размещения отвала;
- вместимость отвалов и их отдельных уступов;
- высота ярусов и общая высота отвала;
- величина берм опережения нижних ярусов по отношению к верхним (результатирующий и эксплуатационный углы разгона отвала);
- форма отвала (соотношение длинной и короткой сторон).

Во всех случаях параметры отвалов должны обеспечивать безопасность производства работ, необходимые уровни производительности и экономичности процесса, а также возможность ускорения рекультивации поверхности отвалов.

Площадь отвала определяется по формулам:

а) при одноярусном отвале

$$S_{o1} = \frac{V_n K_{po}}{h_{я1}}, \quad (6.28)$$

б) при двухярусном отвале

$$S_{o2} = \frac{V_n \cdot K_{po}}{h_{я1} + \eta_n h_{я2}}, \quad (6.29)$$

где V_n – объем вскрышных пород, размещаемых в отвале за весь период разработки или за определенный ее период, м³; K_{po} – коэффициент разрыхления пород в отвале; $h_{я1}$ и $h_{я2}$ – высота соответственно первого и второго ярусов отвала; η_n – коэффициент заполнения площади вторым ярусом, равный 0,4÷0,8.

Высота отвала определяется:

- устойчивостью основания отвала;
- свойствами складированных горных пород;
- рельефом местности;
- гидро-геологическими и климатическими условиями;
- технологией отвалообразования.

Приемная способность отвального тупика между передвигаемыми ж.д. пути определяется по формуле:

$$V_{mo} = a_{mo} \cdot H_o \cdot M_{ш} / K_{po} \quad (6.30)$$

где a_m – длина отвального тупика, м; H_o – высота отвала, м; $M_{ш}$ – шаг передвигаемой рельсовой пути, м.

6.5.3. Применение консольных отвалообразователей для размещения породы в отвале

Отвалообразователи на шагающем, рельсошагающем и гусеничном ходу применяют обычно при конвейерном транспорте. Радиус отсыпки отвалообразователя достигает 125 м, а высота его – до 70 м, производительность – до 240 тыс. м³/сут.

Отвалообразование осуществляется по двум схемам – с поворотом отвальной консоли широкой заходкой и без ее поворота. Поворотные звеньевые отвалообразователи можно наращивать по мере развития. Порода сбрасывается в любом месте звена специальными сбрасывателями. Параметры отвалов и отдельных подступов и общая высота и ширина площадки для размещения оборудования определяется в зависимости от физико-механических свойств пород и параметров отвалообразователей.

Устойчивость отвалов определяется прочностью пород и углом наклона их основания.

6.5.4. Строительство внешних отвалов

В целях обеспечения необходимого фронта отвальных работ и создания требуемой приемной способности отвала в первый период эксплуатации строятся первоначальные (пионерные) насыпи. Их сооружение не представляет сложности при автомобильном транспорте и бульдозерном отвалообразовании.

Весьма трудоемок процесс создания первоначальных насыпей под железнодорожные тупики (в условиях равнинной местности). В этих случаях используются драглайны, одноковшовые экскаваторы, колесные скреперы.

Объем породы, который можно разместить в отвале в единицу времени (смену, год), определяется числом разгрузочных тупиков, производительностью отвальных экскаваторов, а также пропускной способностью путевой схемы на отвальном уступе.

Для часто применяемого экскаватора ЭКГ-8И, при отвалообразовании скальных пород, полная длина тупика может приниматься в пределах 1-1,5 км.

Шаг переукладки железнодорожных путей на отвалах определяется в зависимости от типа отвального экскаватора:

а) при железнодорожном транспорте и плужном отвалообразовании он принимается не более 4 м;

б) при применении драглайнов (ЭШ 10.70, ЭШ 13.50) приемная способность отвала достигает 4000 м³ на 1 м длины тупика, шаг передвижки путей равняется 110 м, переукладка путей осуществляется через 1,5-2 года.

Драглайны применяются для отвалообразования и при автомобильном транспорте (особенно на карьерах со сложным рельефом местности, и при использовании под отвалы бросовых площадей).

Бульдозерные отвалы применяют при доставке породы на отвал автомобилями и железнодорожным транспортом.

Порода разгружается под откос отвала или на разгрузочную площадку.

Основные параметры бульдозерных отвалов при железнодорожном транспорте (по данным Гипроруды) таковы:

Фронт работы бульдозера.....200-400 м;

Шаг переукладки железнодорожных путей.....12-15 м.

Сменная производительность бульдозера на отвалообразовании рассчитывается по выражению:

$$Q_{см} = 3600 \cdot T_{см} \cdot V \cdot k_B / (T_u \cdot K_p), \quad (6.31)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; V – объем призмы волочения, м³.

$$V = \frac{h_0^2 \cdot l}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (6.32)$$

где h_0, l – соответственно высота и длина отвала бульдозера, м; a – угол откоса развала, градус; $k_0 = 0,7+0,8$ – коэффициент использования машины во времени в смену; K_p – коэффициент разрыхления породы; $T_{ц}$ – время цикла, с.

При возможности деформации отвалов в процессе проектирования следует предусматривать дополнительное число отвалов (отвальных участков).

При проектировании постоянных отвалов предусматривается несколько этапов (3-5 и более) их формирования в плане.

Порядок развития отвалов по этапам определяется на основании сравнения ряд возможных вариантов.

При использовании мехлопат приемная способность отвала достигает 500 м на 1 м длины тупика, шаг передвижки путей – от 23-25 до 30-35 м.

При использовании экскаваторного отвалообразования и железнодорожного транспорта рассчитывают *приемную способность* отвального тупика определяется по формуле

$$V_{отвал} = N_c \cdot n_0 \cdot q, \quad (6.31)$$

где N_c – число составов, подаваемых на отвал в смену; n_0 – число вагонов в составе; q – вместимость вагона, м³ в целике.

6.6. Формирование техногенных складов и определение их параметров

Формирование техногенных складов осуществляется известными способами селективного складирования. При этом раздельное размещение пород может вестись в разных, рассредоточенных по территории складах, в ярусах одного многоярусного склада или в отсеках одноярусного штабеля. Установление того или иного варианта складирования пород определяется технологией и механизацией работ в карьере, в том числе видом транспорта, технологией и механизацией, применяемой для складирования и разгрузки. Возможность отсыпки в один или несколько ярусов определяется химическими и физико-механическими свойствами складированных пород, климатическими условиями района, рельефом поверхности, устойчивостью основания штабелей и другими факторами.

При селективном складировании различных видов сырья в один штабель и его разделении в плане первоначально отсыпают пионерные насыпи, служащие разделительными барьерами, затем в пространство между ними складировуют различные типы руд.

Пионерные насыпи могут образовывать крестообразную, радиальную, веерную, параллельную разделительные системы, а также их комбинацию.

Селективное складирование с разделением видов и типов минерального сырья по высоте (в различные ярусы) возможно в случае, если четко определена перспективная ценность руд. При этом наименее ценные руды должны находиться в основании массива и в глубине от его торцов, а наиболее ценные – на верхних ярусах техногенного месторождения.

Определение размеров техногенных складов-штабелей осуществляется исходя из объемов подлежащих складированию пород с учетом предполагаемых к применению технологии и механизации отгрузки и обеспечивать максимальную эффективность мероприятия, рациональное размещение на местности: уменьшение транспортных расходов, расчет научно обоснованных размеров и состава оболочки покрытия предотвратят потери качества полезных ископаемых и вредное воздействие на атмосферу, литосферу и гидросферу.

Основными параметрами и характеристиками, которые обосновываются при формировании складов-штабелей, являются: его форма, размер, местоположение, внутреннее строение, технология формирования и отработки (разгрузки).

Установленная форма склада-штабеля должна обеспечивать минимум воздействия на окружающую среду.

При возможности склад-штабель должен располагаться на наклонном основании; форма отвода должна быть прямоугольной; длину и ширину штабеля, зависящие от угла наклона основания, целесообразно устанавливать с учетом обеспечения его максимальной вместимости.

При заданной форме склада, известных объемах и физико-механических характеристиках некондиционных полезных ископаемых обосновываются общие размеры склада и определяются его рациональная высота.

Внутренний состав и строение *техногенного склада* характеризует его как качественно (порядок размещения различных полезных ископаемых), так и количественно (размеры элементов внутреннего строения: слоев и блоков).

Порядок размещения конкретного полезного ископаемого зависит, прежде всего, от его приоритетности. На поверхность, т.е. в зону прямого доступа, укладывают руды и породы, состав которых обуславливает первоочередную их отработку. Порядок складирования определяется также необходимостью создания возможности одновременной выемки нескольких полезных ископаемых, различных по составу и качеству, в период разгрузки склада.

При установлении внутреннего строения техногенного склада важно обеспечить сохранность технологических и промышленных свойств техногенного минерального сырья, так как при контакте друг с другом и под действием природных факторов руды и породы изменяют свои физико-механические свойства и химический состав.

Размеры элементов внутреннего строения склада должны соответствовать прогнозируемым технологическим схемам и способам разгрузки склада.

Технологию формирования техногенных складов определяют в зависимости от принятой системы разработки, технологии и механизации добычных, вскрышных и отвальных работ. Она во многом определяется числом типов селективно складываемых пород, их объемами и регулярностью (ритмичностью) поступления из карьера.

При складировании вскрышных пород на железорудных и угольных карьерах наибольшее распространение получили одноковшовые карьерные экскаваторы.

При формировании техногенных складов с 3-4 компонентами выполняют ряд последовательных операций. Сначала из привозных пород или пород «резерва» создают пионерную насыпь. Затем по мере поступления различные типы и сорта пород отдельно складывают по длине отвального тупика в нижний ярус.

В технологическом отношении наибольшую сложность представляет формирование многокомпонентных складов, особенно когда объем селективно складываемых пород варьируют в широком диапазоне.

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой эксплуатационная разведка, ее назначение, состав и средства осуществления?
2. Проектируемые способы и основные параметры подготовки горных пород к выемке (разрушение и рыхление горных пород).
3. Средства и методы бурения скважин и шпуров.
4. Средства и методы осуществления взрывных работ на карьерах.
5. Каковы способы, технические средства, методы и основные параметры рыхления горных пород?
6. Способы, основные технические средства и технологические методы осуществления выемочно-погрузочных работ на карьерах.
7. В каких случаях применяется селективная выемка руд и ископаемых углей?
8. Проектируемые типы карьерного транспорта и основные условия их применения.
9. Каковы основные параметры проектируемых главных способов карьерного транспортирования?
10. Каковы основные типы породных отвалов, их параметры и особенности проектирования?
11. Проектируемое минеральное складообразование, его типы, способы и методы осуществления.

VII. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

7.1. Исходные положения

В современных условиях высокой негативной нагрузки на природную среду ее надлежащая охрана приобретает исключительно важное значение. К сожалению, этому не всегда уделяется должное внимание и принимаются надлежащие меры по ее защите.

Большую остроту приобретает необходимость надежное решение этой проблемы в сфере горнопромышленных и химико-металлургических производств.

При этом особое внимание должно уделяться решению данной проблемы в области открытых горных работ, с которыми (при ряде их положительных проявлениях) связано и весьма негативное воздействие на окружающую природную среду.

В связи с этим при проектировании карьеров, а так же при их эксплуатации, следует исходить из неотъемлемого первоначального положения – *охрана окружающей природной среды (ОПС)* – это большой и сложный, но системный комплекс различного рода рациональных мероприятий, эффективная реализация которых направлена не только на защиту и сохранение окружающей природной среды, но и на ее восстановление и облагораживание, а также на полезное и безопасное использование.

7.2. Проектирование охраносохранения при открытых горных работах

7.2.1. Общий состав окружающей карьер природно-техногенной среды

Освоение месторождений полезных ископаемых с применением открытых горных работ не связано с негативным воздействием как на окружающую природную среду (ОПС), так и на окружающую природно-техногенную среду в целом.

При этом природно-техногенная среда, как общая (и, по существу, комплексная), представляет собой сочетание ряда сред, своего рода, внутренних или совмещающих:

1. *Окружающая собственно природная среда*, состав которой схематически представлен ниже (рис. 7.1).

2. *Антропоген среды*, который относится именно к собственно антропогенной среде к ней нередко неправомерно относят и техногенную среду.

3. *Техногенная среда* или собственно техногенная среда, эта среда связана в определенной мере с участием человека. Однако она не относится к числу составляющих особенно антропогенную среду, которую следует отнести к био-

сферной среде как наиболее общей.

Системный комплекс общих природоохранных объектов, которые выделяются и экологически и экономически оцениваются при проектировании карьеров, схематически представлен ниже (рис. 7.2).

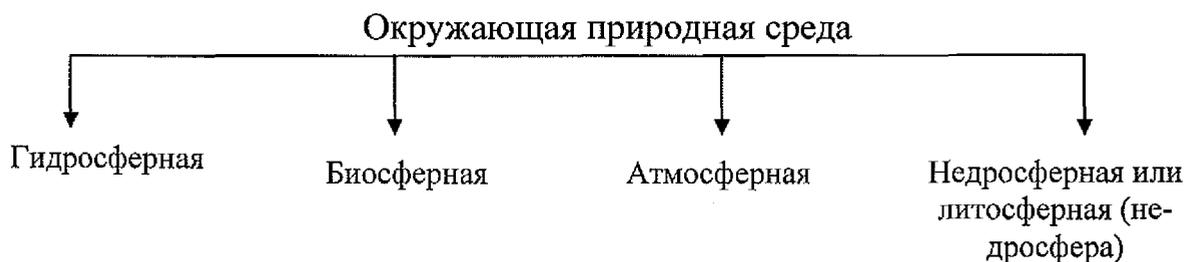


Рис. 7.1. Общий состав собственно природной среды, окружающей функционирующий карьер (как горное предприятие в целом)

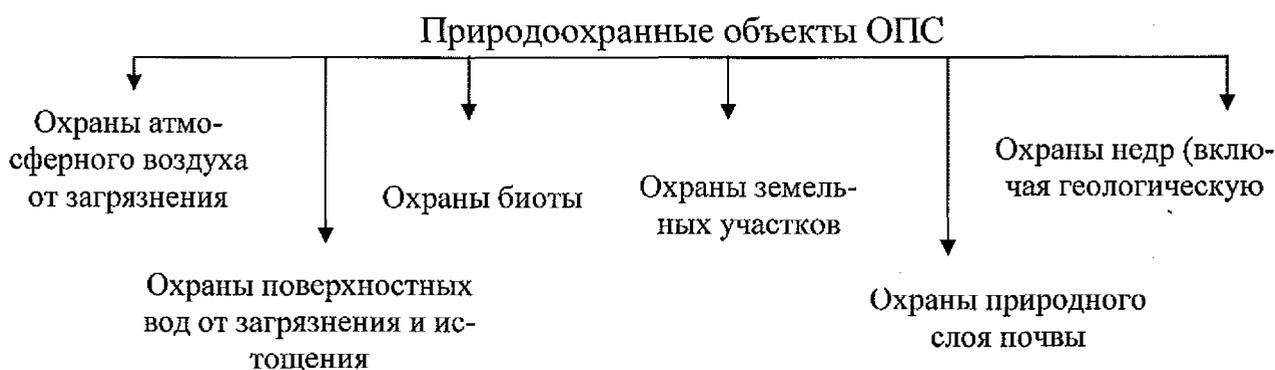


Рис. 7.2. Комплекс общих объектов охраны ОПС при проектировании карьера

Субобъекты недроресурсов представлены, в основном, геологическими (рис. 7.3).

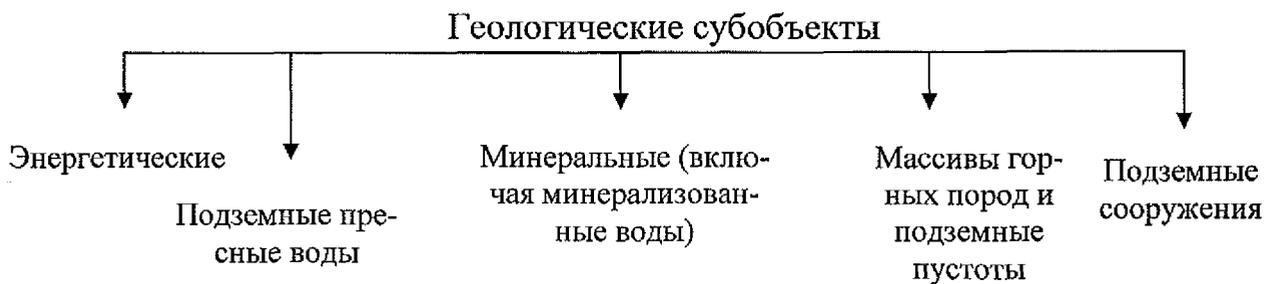


Рис. 7.3. Общие геологические объекты охраны окружающей среды

Водные субобъекты охраны ОПС на дневной и внутрикарьерной поверхности:

- водопритоки в горные выработки;
- дренажные воды;
- водостоки дождевых и талых вод;
- сточные воды загрязненные.

Атмосферный воздух включает следующие субобъекты ОПС:

- производственная и природная пыль;
- вредные газы, загрязняющие атмосферный воздух.

Минеральные субобъекты охраны ОПС:

- минеральные тела (включая рудные, угольные и т.д.);
- полезные ископаемые;
- полезные компоненты;
- минеральные воды и рассолы.

Горные породы и массивы горных пород весьма разнообразны и их типизация освещается в ряде литературных (учебных, научных) источниках, включая справочники по горным породам и открытым горным работам (в частности, “Справочник. Открытые горные работы”, М.: “Горное бюро”, 1994, С. 15-46).

К субобъектам в составе земельных ресурсов относятся:

- почвенный покров;
- водосборная локальная территория;
- нарушение поверхности в зонах непосредственного влияния открытых горных работ (ОГР);
- рекультивация.

7.2.2. Основные проблемы проектирования охраны ОПС и их состав

Эффективное проектирование охраны ОПС связано с обстоятельным решением системного комплекса проблем обеспечения экологичности ОГР (рис. 7.4).

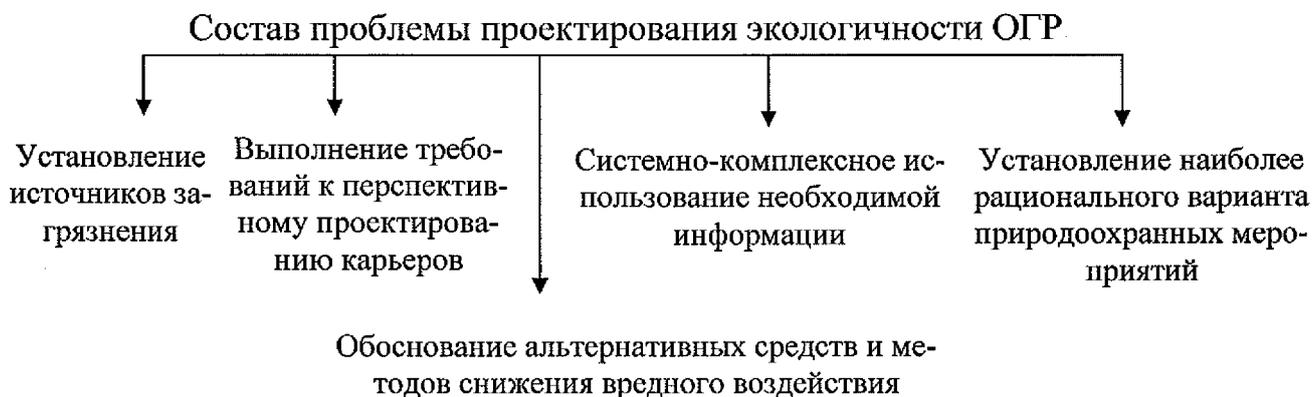


Рис. 7.4. Основной состав проблем проектирования экологичности ОГР

Для успешного решения основных проблем обеспечения экологичности ОГР при их проектировании необходимо использование широкого комплекса исходной информации, основные блоки которой схематически отражены на рис. 7.5.

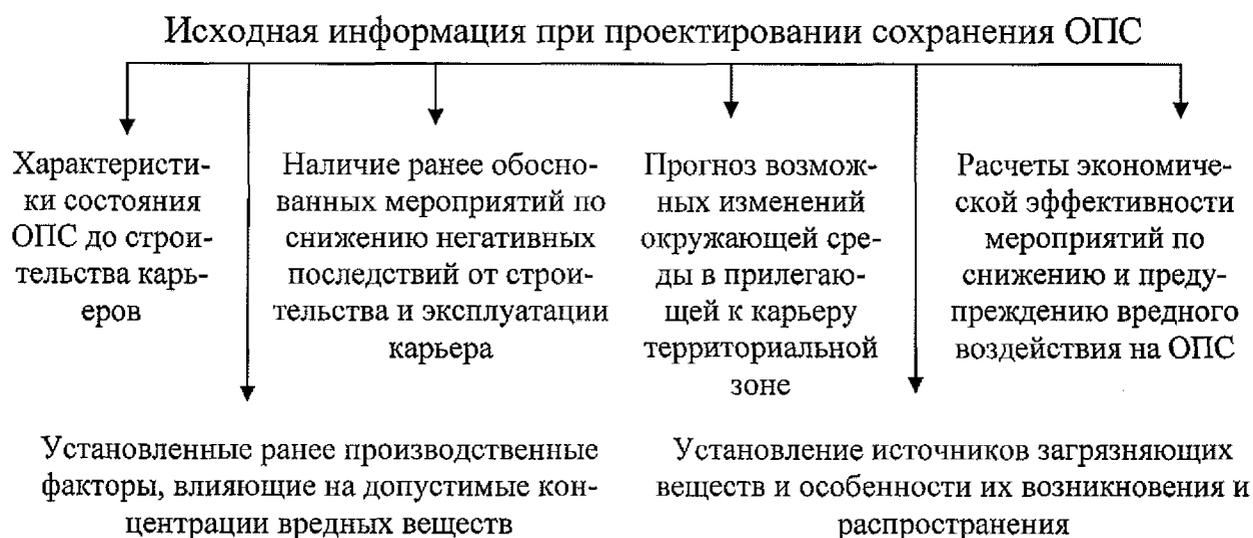


Рис. 7.5. Основные блоки исходной предпроектной информации

Общая схема взаимодействия функционирующего карьера с окружающей средой, составленная М. Е. Певзнером и В. П. Костоветским, приведена в публикации “Открытая разработка угольных и рудных месторождений” М.: Изд-во МГГУ, 2000 г.

При проектировании решений природоохранных проблем необходимо предусмотреть выполнение целого ряда требований, основные из которых представлены на рис. 7.6. и 7.7.

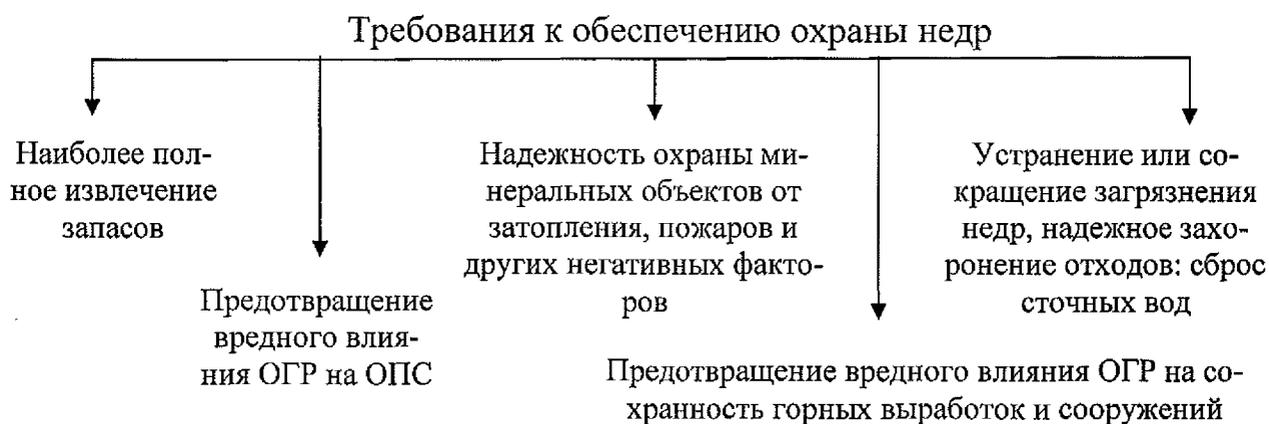


Рис. 7.6. Основные требования к обеспечению охраны недр при их освоении с использованием ОГР

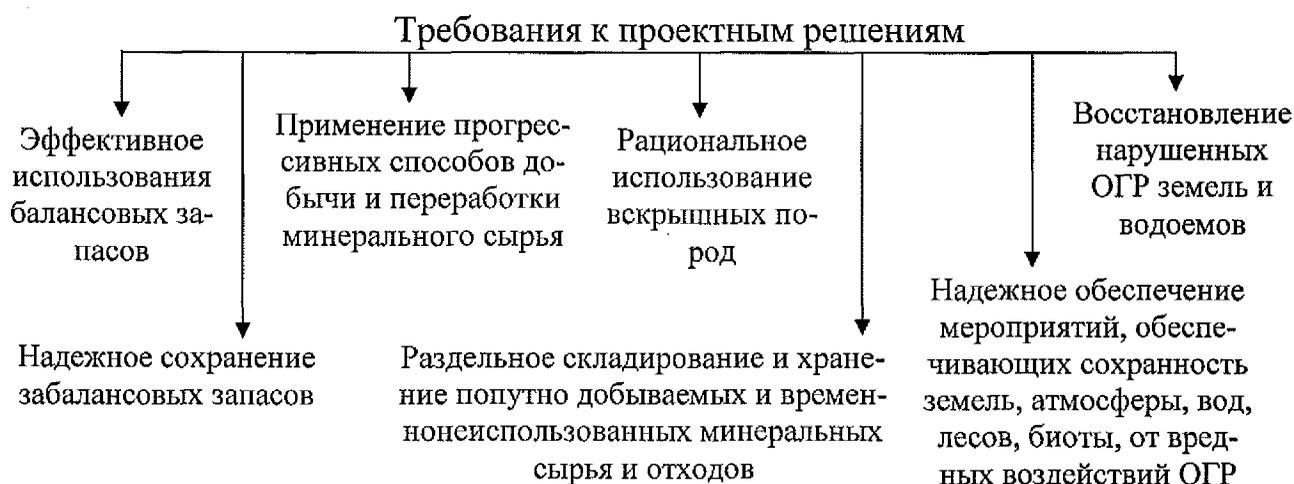


Рис. 7.7. Дополнительные требования к проектным обоснованиям сохранения ОПС при использовании ОГР

7.3. *Негативное воздействие открытых горных работ на ОПС и его сокращение или предотвращение*

7.3.1. *Основные этапы негативного воздействия ОГР на ОПС*

Негативные воздействия открытых горных работ (ОГР) на окружающую природную среду (ОПС) неоднородны и не малочисленны. Схематически их категории и группы представлены на рис. 7.8.

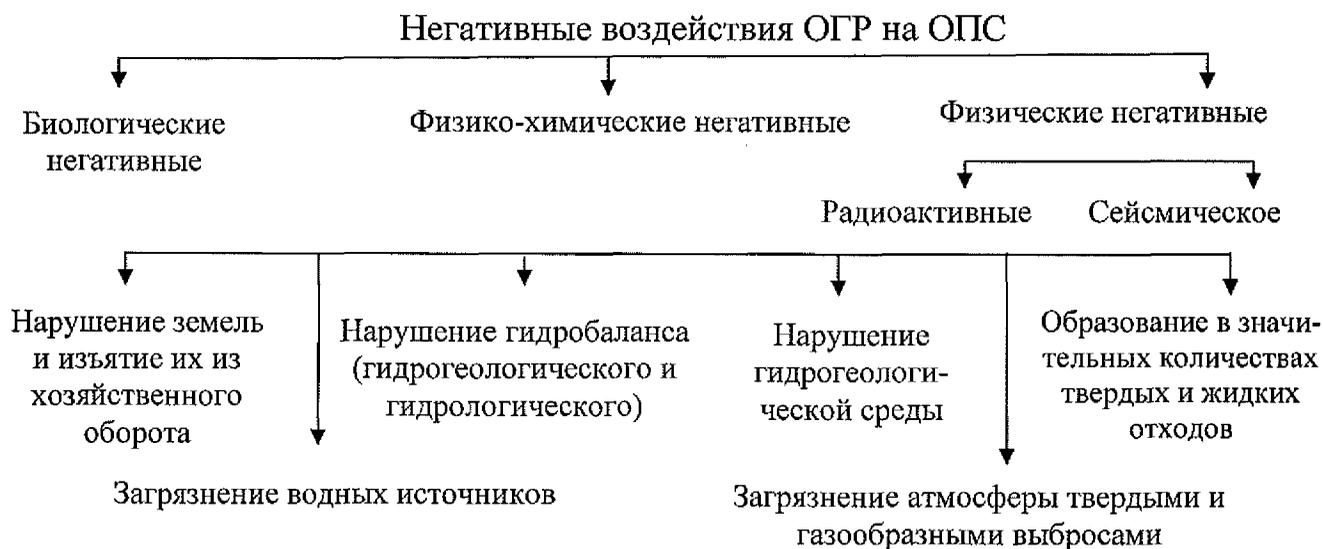


Рис. 7.8. Основной тип негативных воздействий ОГР на ОПС

В связи с этим при проектировании карьеров должно предусматриваться использование рациональных способов, средств и методов открытых горных

работ, позволяющих сократить до минимума возможный уровень негативного воздействия на ОПС.

7.3.2. Типы негативных технических выбросов

Объекты выбросов, нарушаемых земель и другие воздействия на природу в значительной степени определяются интенсивностью работы техники, а также технологией их ведения, содержанием вредных компонентов в выбросах и отходах.

Расчеты валовых выбросов вредных веществ при выемочно-погрузочных, транспортными отвало- и складообразовательных работах, дроблении и грохотании горной массы приводятся в учебнике “Проектирование карьеров” (М.: Высшая школа. 2009. С. 625-642).

Негативное воздействие на окружающую среду различных видов карьерного транспорта проявляется в виде отчуждения территорий при сооружении транспортных коммуникаций, загрязнения атмосферы пылью в результате сдувания ее с поверхности транспортируемого материала и поднимания пыли с дорог; загрязнения воды подвижным составом и обслуживающим хозяйством.

Объем запыленной воздушной зоны при массовом взрыве значителен:

– на каждый кубический метр подготовленной к взрыву породы, составит $8000-10000 \text{ м}^3$;

– концентрация пыли в воздухе составляет 50 мг/м^3 .

Масса пыли, выделяемая при бурении скважин $m_{пб}$, определяется по формуле

$$m_{пб} = \sum_{i=1}^n Q_{on} q_i T_i K_2 \cdot 10^{-3}, \quad (7.1)$$

где Q_{on} – объемная производительность i -го станка по выбуриванию породы из скважины, $\text{м}^3/\text{ч}$; q_i – удельное пылевыведение с 1 м^3 выбуренной породы i -м станком, кг/м^3 ; T – чистое время работы бурового станка в год, ч; n – общее число работающих станков; K_2 – коэффициент, учитывающий влажность материала.

Уровень валовых выбросов вредных веществ при взрывных работах таков:

а) суммарная масса взрывающего ВВ доходит до $800-1200 \text{ т}$;

б) удельное количество пыли, выделяемое при взрыве, изменяется в диапазоне $30-160 \text{ г/м}^3$ в зависимости от рецептуры ВВ и свойств взрывающихся пород;

в) вредные примеси выделяются в атмосферу в виде пылегазового облака.

При этом часть вредных газов – около одной трети – остается во взорванной горной массе и позднее выделяется в атмосферу.

Основными вредными газами, выделяющимися при взрыве промышленных ВВ, являются оксид углерода CO и оксиды азота $\text{NO}_x(\text{NO}+\text{KO}_2)$.

7.3.3. Расчеты валовых выбросов вредных веществ при выемочно-погрузочных работах

Выемочно-погрузочные работы сопровождаются значительным пылевыделением. При этом на интенсивность пылевыделения оказывают влияние – объем одновременно разгружаемой породы, высота разгрузки, угол поворота экскаватора. Так, при работе одноковшовых экскаваторов в высоких забоях из-за обрушения верхней части уступа запыленность повышается в 1,5-5 раз.

Масса пыли, выделяющейся при работе одноковшовых экскаваторов, (т/год) рассчитывается по формуле

$$m_{\text{эл}} = q_{\text{уд}} \left(3,6 \frac{EK_3}{t_{\text{ц}}} \right) T_r K_1 K_2 \cdot 10^{-3}, \quad (7.2)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельное выделение твердых частиц (пыли) с 1 м^3 отгружаемого им (перегружаемого) материала, $\text{г}/\text{м}^3$; E – вместимость ковша экскаватора, м^3 ; K_3 – коэффициент экскавации; $t_{\text{ц}}$ – время цикла экскаватора, с; T_r – чистое время работы экскаватора в год, ч; K_1 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (определяется по наиболее характерному для данной местности значению скорости ветра), $\text{м}/\text{с}$.

7.3.4. Валовые выбросы вредных веществ при транспортировании горной массы и отвалообразовании

Негативное воздействие на окружающую среду видов карьерного транспорта – это отчуждение территорий при сооружении транспортных коммуникаций, загрязнения атмосферы пылью (в результате сдувания ее с поверхности транспортируемого материала и поднимания пыли с дорог), загрязнение воды подвижным составом и обслуживающим хозяйством.

Интенсивность пылеобразования при этом зависит от скорости движения, грузоподъемности, а также от состояния дороги, материала ее верхнего покрытия. Запыленность воздуха в зоне автодороги достигает десятков и сотен миллиграммов на 1 м^3 .

При работе автомобильного и железнодорожного (тепловозы) транспорта загрязнение атмосферы карьера происходит из-за выбросов вредных веществ при работе двигателей внутреннего сгорания. В атмосферу с отработанными газами поступают аэрозольные и газообразные компоненты, наиболее опасными из которых являются нормируемые вредные вещества: оксиды азота NO_x (сумма NO и NO_2 в пересчете на NO_2); оксид углерода – CO ; углеводороды CH – пары несгоревшего топлива и смазочного масла; частицы – твердый фильтрат (углерод) C и аэрозоли несгоревшего топлива и смазочного масла. Ненормируемые вредные вещества: оксиды серы SO_x (сумма SO_2 и SO_3 в пересчете на SO_2).

Дробильные и грохотильные установки, сооружаемые на карьерах при использовании конвейерного транспорта, – мощные источники пылевыведения.

Масса выброса вредных веществ от сжигания топлива в двигателях автомобилей или тепловозов, т/год, определяется по формуле

$$m_{ат} = \sum_{i=1}^n m_{ати} \quad (7.3)$$

где n – общее число примесей, выбрасываемых в атмосферу; I – число видов примесей, выбрасываемых источником; $m_{ати}$ – масса i -го вредного вещества, выделяемого при работе автомобиля (тепловоза), т/год.

Масса вредных веществ, сдуваемых с поверхности транспортируемого материала, при использовании автосамосвалов или дизель-троллейбусов составляет: для автосамосвалов БелАЗ-7548 – 17 м², БелАЗ-7540 – 14 м², БелАЗ-7549 – 31 м², БелАЗ-7512 – 42 м², БелАЗ-75215 – 52 м²; для дизель-троллейбусов (на базе БелАЗ-7512) – 42 м².

Валовый выброс пыли на отвалах вскрышных пород образуется точечными, линейными и плоскостными источниками.

Точечные источники – места складирования горной массы; линейные – транспортные коммуникации, расположенные на отвале; плоскостные – пылящие поверхности отвала. Дополнительные источники загрязнения воздуха на отвале – автомобили и технологические поезда.

Масса вредных веществ, образующихся на отвалах вскрышных пород $M_{ао}$, т/год, определяется по формуле

$$M_{ао} = m_{ву} + m_{сот} + S_{сот} + m_{д} S_{д}, \quad (7.4)$$

где $m_{ву}$ – масса твердых частиц, выделяющаяся в зоне выгрузки и укладки пород, т/год; $m_{сот}$ – масса твердых частиц, сдуваемая с 1 м² свежееотсыпанного отвала за год, т/год; $S_{сот}$ – площадь свежееотсыпанного отвала, равная площади, отсыпаемой за год, м²; $m_{д}$ – масса твердых частиц, сдуваемая с 1 м² дефлирующих поверхностей за год, м²; $S_{д}$ – площадь дефлирующих поверхностей отвала, м².

7.4. Проектирование природоохранных мероприятий при эксплуатации карьеров

7.4.1. Исходные положения

При проектировании карьеров предусматриваются средства и методы открытой разработки, обеспечивающих минимально возможный уровень негативного воздействия на окружающую природную среду, который не должен превышать установленных для конкретной местности допустимых норм. В свя-

зи с этим предусматриваются ограничения.

При контроле за промышленными выбросами вредных веществ, в частности вводятся:

ПДК – предельно допустимые концентрации;

ДОК – допустимые остаточные концентрации;

ВДК – временно допустимые концентрации;

ПДВ – предельно допустимые выбросы.

Строгое соблюдение ПДВ, которые устанавливаются для каждого предприятия, должно обеспечивать выполнение санитарных нормативов.

Алгоритм оценки технологических решений, ограничивающих воздействие отдельных технологических процессов на ОПС:

1. Установление ВДК или (и) ПДВ, либо получить их в местных органах власти;

2. Определение источников негативного воздействия проектируемого карьера на ОПС, их мощностей и тенденций их изменения;

3. Разработка альтернативных вариантов (мероприятий) по сокращению вредного воздействия источников загрязнения, а также по осуществлению природоохранных мероприятий;

4. Установление уровня негативного воздействия каждого из вариантов

5. Исключение из дальнейшего рассмотрения вариантов, показатели которых не соответствуют ВДК и ПДВ;

6. Осуществление экономического сопоставления оставленных для рассмотрения вариантов;

7. Принятие решения о целесообразности по реализации того или иного варианта.

7.4.2. Комплекс основных мероприятий по охране атмосферы

Общий типаж источников, факторов, видов загрязнений и комплексе мероприятий по охране атмосферы карьеров приведен в табл. 7.1.

7.4.3. Проектирование мероприятий по предотвращению и снижению вредных выбросов в атмосферу карьеров

В процессе производства открытых горных работ образуются в значительном количестве пылегазовые выбросы, которые содержат вредные компоненты: пыль, оксиды углерода и азота, сажу, диоксид серы и другие загрязнители атмосферы не только самих карьеров, но и окружающих их территорий. При этом удельный вес вредных газообразных веществ на карьерах составляет 13 %, а твердых – 87 %.

Таблица 7.1

**Основные источники, факторы и виды загрязнений атмосферы
карьеров и угольных разрезов**

Источ-ник загрязнения	Факторы загряз-нения	Характеристика источников и факторов за-грязнения	Вид за-грязне-ния	Мероприятия по охране воздушного бассейна	
				общие	специальные
Открытые горные работы (ОГР)	Природные и технологические процессы	Крупнопло-щадные сосре-доточенные выбросы по-стоянного дей-ствия	Пылега-зовые	Оптимизация пара-метров с учетом при-родных факторов и условий застройки территории. Совершенствование технологии горного производства. Со-вершенствование операций горного производства.	Специальные мето-ды
	Эрозия поверх-ностей горных выработок (траншей, усту-пов, площадок, берм и пр.)	Крупнопло-щадные выде-ления периоди-ческого дейст-вия	Пылевые	Управление парамет-рами горных вырабо-ток	Закрепление эруди-руемых поверхно-стей; пылеподавле-ние
	Перевозка гор-ной массы с помощью авто-транспорта	Рассредоточен-ные выделения и выбросы по-стоянного дей-ствия	Пылега-зовые	Применение экологи-чески и технически эффективных видов транспорта	Связывание и по-давление пыли на автодорогах и на поверхности транс-портируемой гор-ной массы
	Буровые работы	Рассредоточен-ные выбросы постоянного действия	Пылевое	Совершенствование техники и технологии буровых работ	Связывание и улав-ливание пыли
Техногенные образования из отходов горного производст-ва	Массовые взрывы про-чие взрыв-ные работы	Рассредоточен-ные выбросы периодическо-го действия	пылега-зовые	Совершенствование технологии взрывных работ; применение невзрывных способов отбойки; дробление и рыхление г.п.	Предварительное увлажнение масси-ва; применение спе-циальных видов забойки; подбор ВВ по газовому балан-су; пылеподавле-ние.
	Отбойка, погрузка, транспорти-рование г.м.	Рассредоточе-ние выделения постоянного действия	Пылевое	Совершенствование техники и технологии операций	Связывание и по-давление пыли

Источник загрязнения	Факторы загрязнения	Характеристика источников и факторов загрязнения	Вид загрязнения	Мероприятия по охране воздушного бассейна	
				общие	специальные
Техногенные образования из отходов горного производства (отвалы, терриконы, хвосты и шлакохранилища)	Эрозия поверхностей техногенных образований	Рассредоточение выделения постоянного действия	Пылевое	Оптимизация размещения техногенных образований и их параметров. Управленческие параметры техногенных образований и их параметров. Рекультивация в целях народнохозяйственного использования. Комплексное использование минерального сырья, утилизации отходов производства.	Санитарно-гигиеническая рекультивация обработанных территорий; связывание и подавление пыли
	Самовозгорание горных пород и техногенных образований	Рассредоточение выделения постоянного действия	Газовое	То же	Формирование отвалов с учетом предотвращения очагов самовозгорания
	Эрозия поверхностей	Рассредоточение выделения постоянного действия	Газовое	Оптимизация размещения складов с учетом природных факторов и условий застройки территории. Оптимизация параметров складов	Связывание и подавление пыли
Склады продуктов горного производства	Операция по складированию продукции и загрузке	Рассредоточение или сосредоточение выделения постоянного действия	Газовое	Совершенствование оборудования и технологии складских работ	Связывание и подавление пыли
	Технологические процессы производства	Сосредоточенные выбросы постоянного действия	Пылегазовые	Оптимизация размещения складов с учетом природных факторов и условий застройки территории. Совершенствование технологий производства. Утилизация отходов производства	Очистка выбросов; регенерация воздуха

При проектировании карьера разработаны меры по снижению вредных выбросов в атмосферу, к числу основных из них относятся:

- применение технических средств в технологических процессах производства с минимальным выделением загрязняющих веществ в атмосферу;
- локализация и подавление вредных веществ непосредственно в местах их образования, гидроорошение, обработка пылесвязывающими составами, заиливание (и др.);
- очистка промышленных выбросов в атмосферу от загрязняющих веществ с помощью специальных устройств (циклоны, скрубберы и т.д.).

Предотвращение пылеобразования при выемочно-погрузочных работах и отвалообразовании обычно достигается увлажнением взорванной горной массы или предварительным увлажнением рабочей части уступов. Поверхность взорванной горной массы орошается водой с помощью различного рода распылителей, а также поливочных машин и установок, оборудованных гидромониторами. Предварительное увлажнение массива может осуществляться нагнетанием жидкости через скважины с помощью насосных установок или из борозды под воздействием гравитационных сил.

При погрузочно-разгрузочных и транспортных горных работах предусматривается гидроорошение механических устройств и аппараты для пылеподавления (укрытия, оснащенные аспирацией, и ограждения), физико-химические методы (пена, искусственный снег, пылесвязывающие вещества, смачиватели и т.п.).

Аспирационные укрытия позволяют локализовать источники пылеобразования и в последующем очистить запыленный воздух в пылеулавливающих аппаратах. При выборе схем аспирации обычно исходят из компоновки технологического оборудования и условий его применения. Для этой цели используют укрытия, обеспечивающие равномерное разрежение воздуха по укрытиям и исключающие проникновение пыли в рабочую зону. Для очистки аспирационного воздуха, поступающего от транспортных средств с запыленностью < 5 г/м, могут устанавливаться мокрые или батарейные циклоны сухой очистки, при концентрации пыли > 5 г/м³ – две ступени пылеулавливающих аппаратов. Общая степень очистки достигает 90-99,5 %.

На перегрузочных пунктах ленточных конвейеров предусматривается применение устройств эжекционного пылеотсоса.

Для предотвращения сдувания пыли со штабелей применяются специальные ограждения, а при больших поверхностях – ветрозащитные барьеры; перспективным является формирование пылевлагосвязующих покрытий пылящих поверхностей из естественных и искусственных материалов.

Выбор оборудования и материалов, необходимых для комплексного обеспыливания технологических процессов на карьерах, зависит от пылеобразующих характеристик разрушаемого породного массива и перемещаемой горной массы, видов производственных процессов и применяемого оборудования.

При бурении скважин все буровые станки оснащают пылеулавливающими установками и устройствами для бурения скважин с промывкой.

Для уменьшения выбросов в атмосферу пыли и токсичных газов, образующихся при работе станков термомеханического бурения с воздушным окислением горючего, применяют установки, в которых пыль подавляется распылением воды из распылителей, установленных на каждой вытяжной трубе, а токсичность газов уменьшается за счет замены технологического горючего топливно-водяной эмульсией. Эффективность очистки воздуха при этом составляет: от пыли – 90-99 %, от оксида углерода – 81 %, от оксидов азота – 80 %, от альдегидов – 100 %.

При огневом бурении предусматривается применение пенного способа пылеулавливания.

При взрывных работах уменьшение запыленности воздуха предусматривается взрыванием:

- зарядов ВВ в скважинах с воздушными промежутками, что обеспечивает равномерное разрушение горных пород;

- угольного массива в режиме рыхления с последующим гравитационным увлажнением разрыхленной горной массы летом холодной и зимой подогретой до 20–50 °С водой с добавками смачивателя или рассолами NaCl или CaCl₂;

- с применением внешней (с удельным расходом воды 1,4 кг/м³ взорванной массы) и внутренней (с удельным расходом 0,8 кг/м³ взорванной массы) гидрозабоек скважин;

- высоких уступов (до 30 м и более), снижающих высоту подъема пылегазового облака;

- в условиях зажатой среды (например, на неубранную горную массу).

При массовых взрывах (наряду с применением рациональных сеток расположения скважин, короткозамедленного взрывания) используется гидрообеспыливание. Его можно проводить до взрыва, одновременно с ним и после него. В зависимости от интенсивности образования пыли во время взрыва, обусловленной свойствами взрываемых горных пород, используют сочетания различных способов гидрообеспыливания.

Для гидрообеспыливания массовых взрывов до их проведения применяют в основном три способа: 1) предварительное орошение взрываемого блока и прилегающих к нему площадей; 2) предварительное увлажнение взрываемого массива; 3) предварительное увлажнение за счет свободной фильтрации воды из канав, расположенных на поверхности взрываемого массива.

Предварительное орошение осуществляют гидромониторами с помощью гидропоездов и поливочных машин с расходом воды около 10 л на 1 м площади.

Предварительное увлажнение массива через скважины осуществляют в основном нагнетанием воды насосами различных типов. Удельные расходы воды при различных способах гидрообеспыливания приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Удельный расход воды для увлажнения горных пород при различных способах гидрообеспыливания

Горная порода	Гидромониторы	Нагнетание в массив или фильтрация	Оросители
Скальные породы, крепкие руды, породы вскрыши	20–30	160–180	150–200
Уголь, перегоревшие угольные навалы	60–85	40–170	100–160

Предварительным нагнетанием воды или растворов солей, а также их свободная фильтрация одновременно с обеспыливанием взрывных работ снижают пылевыделение на последующих технологических процессах.

При обеспыливании воздуха в процессе взрыва с помощью внешней водяной забойки расход воды составляет около 0,4–0,5 м³ на каждую скважину и должен определяться исходя из ее удельного расхода, равного 1–1,5 л на 1 м³ взрываемой горной массы. Внутренняя водяная забойка обеспечивает повышенный эффект при использовании запирающего заряда дробления, составляющего 20–30 кг ВВ. Для этого заряда используется часть ВВ основного заряда, который взрывается через 7–10 мс после запирающего. Расход воды на внутреннюю водяную забойку составляет 50–70 л на каждую взрываемую скважину.

Обеспыливание воздуха после массовых взрывов достигается водовоздушными струями создаваемых оросительно-вентиляционными установками.

Способы гидрообеспыливания массовых взрывов могут применяться и в холодный период года при использовании вместо воды растворов хлоридов магния, кальция или натрия.

При экскаваторных работах предотвращение пылеобразования осуществляются поверхностным орошением или предварительным увлажнением массива.

Средства орошения располагают на верхней или нижней площадке уступа с учетом направления ветра относительно положения экскаватора в забое.

Породно-угольные навалы с горизонтальной поверхностью и супесчаные породы рекомендуется увлажнять за счет свободной фильтрации воды, подаваемой в специальные каналы или углубления.

Орошение и осаждение пыли, образующейся при экскавации горной массы, достигаются применением различного вида оросителей и распылителей.

Предварительное увлажнение массива угля осуществляется нагнетанием жидкости через скважины насосными установками.

Для нагнетания жидкости используются скважины диаметром 100–160 мм, пробуренные перпендикулярно (по возможности) к плоскости напластования. Длина скважин принимается равной высоте уступа.

Параметры нагнетания жидкости в скважины (давление и расход) определяют опытным путем.

На угольных разрезах расход жидкости составляет 50-100 л/мин, давление воды – 1,5-6 МПа, а расстояние между скважинами – от 5 до 15 м.

При орошении навалов конусообразной формы и с горизонтальной поверхностью большой площади (600–1200 м²) удельный расход воды составляет 1 л/мин на 1 м² площади. Если при работе одноковшовых экскаваторов интенсивность пылевыведения составляет 2 г/с, то при работе роторных экскаваторов образуются системы гидрообеспыливания, аспирации и сухого пылеулавливания.

Для предотвращения пылеобразования *на автомобильных дорогах* предусматривается очистка дорог с жесткими покрытиями от просыпавшейся мелочи и пыли сухим или мокрым способом.

На грунтовых автомобильных дорогах простейшего и переходного типов проектом предусматривается пропитка покрытия одним из связывающих веществ, профилирование и укатка.

На ленточных конвейерах для подавления пыли предусматриваются укрытия мест пылеобразования, орошения, аспирация и пыледавление с помощью пены.

Орошение и пылеподавления пеной применяют при положительных температурах воздуха, аспирацию и пылеулавливание – при положительных и отрицательных.

Стационарные и конвейерные линии оборудуются укрытиями по всей его длине для предотвращения сдувания пыли ветром.

Расход воды на конвейерах принимают в пределах 10-30 л на 1 м³ транспортируемой горной массы. При этом из общего количества воды 30-40 % расходуется на первом перегрузочном пункте, а остальное количество воды равномерно распределяется между последующими пунктами.

Аспирация предусматривается на стационарных конвейерных линиях путем укрытия пунктов перегрузки. При высоких уровнях запыленности целесообразней двухступенчатая очистка, включающая в себя циклоны (первая ступень) и рукавные или зернистые фильтры (вторая ступень).

При экскавации угля с погрузкой его в автосамосвалы и железнодорожные полувагоны для пылеподавления необходимо предусматривать обеспыливание и проветривание установками местного проветривания или вентиляторно-оросительными установками.

7.5. Проектирование рекультивации земель, нарушенных открытыми горными работами

7.5.1. Общие положения и основные типы рекультивации

Рекультивация нарушенных земель – это системный комплекс разнопрофильных и целенаправленных работ, а также мероприятий, направленных на

землевозстановление и облагораживающие территории как самого карьера (или угольного разреза), так и смежной с ним территорией.

Проектирование рекультивации земель предусматривает разработку комплекса горно-технических, инженерных, сельско- и лесохозяйственных, а также других работ и мероприятий по восстановлению биологической продуктивности, хозяйственной ценности нарушенных горными работами земельных площадей, по улучшению состояния окружающей среды. Обеспечение необходимого качества восстановления и облагораживания нарушенных земель – один из важных ее результатов – техническое и технологическое совершенство горного производства в соответствии с современными экологическими требованиями и нормативами.

С учетом характера дальнейшего использования восстановленной территории рекультивация нарушенных земель может иметь различную направленность, в частности, – сельскохозяйственную, водохозяйственную и другие направления ее применения.

Содержание, количество и характер нормативных требований к качеству рекультивированных земель предопределяется видом освоения нарушенных территорий.

Чаще всего предпочтение отдается сельскохозяйственной рекультивации. При ценных почвах и интенсивном сельском хозяйстве нарушенные земли должны восстанавливаться и использоваться как пахотные угодья.

Рациональным вариантом следует признать комплексную рекультивацию, осуществляемую по различным направлениям и имеющую целью создание новой ландшафтной единицы ненарушенной территории.

Оценка качества рекультивированных земель на карьерах должна отражать:

- морфологию и параметры техногенного рельефа, его местоположения;
- агрохимические, физико-механические и другие важные свойства пород и грунтов – объектов рекультивации, а также соответствие утвержденному проекту осуществленных технологических процессов и видов работ;
- состав и свойства минералов;
- другие значимые факторы и соответствие нормам ПДК вновь образованных почв.

7.5.2. Основные типы земельно-карьерной рекультивации

Общий состав данного рекультивационного комплекса, который предусматривается при проектировании карьеров, представлен схемой на рис. 7.9.

Следует отметить, что объемы годовых нарушений горными работами земель, пригодных для сельскохозяйственного использования, в частности, составляет более 150 тыс. га. Причем с увеличением масштаба добычи полезных ископаемых они существенно возрастали.

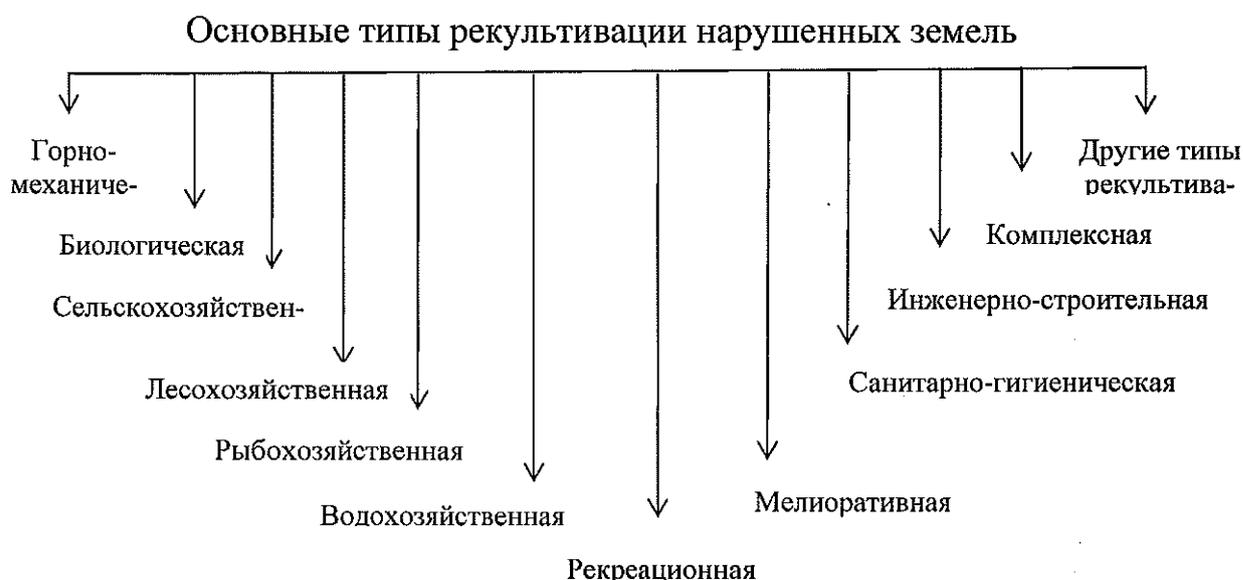


Рис. 7.9. Основные типы рекультивации нарушенных земель, выделенные по ее назначению (производственно-восстановительные типы)

Ныне, благодаря применению усовершенствованных и обновленных способов и методов карьерной рекультивации нарушения земель несколько сокращаются.

Проектируемые рекультивационные работы производятся в два смежных этапа: первоначально как *горнотехническая рекультивация*, а затем как *биологическая*. Однако в определенных условиях осуществляется один из этих этапов общих типов рекультивации.

7.5.3. Проектируемые способы и технологические схемы технической рекультивации нарушенных земель

Рекультивация нарушенных земель предопределяется в основном техникой и технологией горных работ, в частности, отвалообразование горных пород – типом разрабатываемого месторождения.

Как одна из общих категорий рекультивации (назовем ее горной) и как исходный ее этап рекультивация включает в себя:

- планировку поверхности;
- формирование рекультивационного горизонта;
- выполаживание откосов;
- строительство пожьездных дорог;
- создание необходимых гидротехнических, мелиоративных сооружений;
- сопряженные земляные работы.

Конечная цель рекультивации – создание “рационального ландшафта”, под которым понимается прогрессивная форма организации собственно карьерной и прикарьерной территории.

В зависимости от пригодности вскрышных пород, почвенных, природно-климатических и физико-географических условий в целом, а также установлен-

ного типа освоения предусматриваются следующие поэтапные способы рекультивации земель на карьерах:

- нанесение на рекультивируемые поверхности плодородного слоя почвы или слоя лёссовидных суглинков (мощностью 30-120 см) с применением комплекса минеральных удобрений;

- обработку рекультивированных грунтов или горных пород с применением мелиоративных работ: известкование, внесение минеральных удобрений, мелиоративные севообороты и др;

- обработку рекультивированных грунтов с использованием биоактивизированных препаратов, в частности, – препаратов из бурых углей и отходов углеобогащения, а также штаммов почвенных микроорганизмов.

Ныне разработаны *принципы* организационно-технологической увязки основных процессов открытой добычи полезных ископаемых с рекультивацией нарушаемых земель в единый комплекс горного производства. При этом предусматривается совмещение отдельных и комбинированных схем технической рекультивации земель.

Причем применение *совмещенных технологических схем технической рекультивации* включает: использование основного горно-транспортного оборудования, применяемого на карьерах для выполнения всех работ рекультивации нарушенных земель; транспортирование и укладку на рекультивированные поверхности почв и потенциально пригодных пород; планировку поверхности; формирование откосов отвалов без привлечения специальной дополнительной техники.

При применении на карьерах мощного технологического оборудования реализация совмещенных схем не всегда практически осуществима.

Раздельные технологические схемы технической рекультивации являются технологическими схемами, представляющими собой самостоятельный технологический процесс в общем цикле ведения вскрышных работ. При этих технологических схемах выполнение рекультивационных работ осуществляется специальным оборудованием, не связанным с горным производством, т.е. по самостоятельному производственно-технологическому циклу. Условия применения таких схем:

- возможность достижения более высоких технико-экономических показателей работы предприятия при конкретном варианте раздельной схемы рекультивации по сравнению с совмещенной;

- необходимость выполнения технического этапа рекультивации обособленно от основного технологического процесса добычи, поскольку технология рекультивации принципиально отличается от технологии ведения горных работ;

- горные работы на участке рекультивации завершены с определенным опережением;

- рекультивируемый участок находится за пределами зоны ведения горных работ, выполняемых основным технологическим оборудованием.

Рекультивационные работы с раздельными схемами можно вести до начала, в процессе и после завершения горных работ. Раздельные схемы создают

возможность обеспечить хозяйственное использование рекультивированных земель независимо от технологии ведения вскрышных работ.

7.5.4. Проектирование биологической рекультивации земель

Биологическая рекультивация нарушенных земель, как категория и как этап ее реализации, осуществляется землепользователями в основном за счет средств предприятий. В связи с этим классификация способов и схем биологической рекультивации рассматривается горнодобывающей промышленностью с точки зрения оптимизации условий применения и уровня требований к техническому этапу рекультивации.

Биологическая рекультивация – это комплекс работ и мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель с использованием мобильной техники – тракторов с прицепными, полунавесными и навесными плугами, гидрофицированных луцильников, борон, культиваторов, рыхлителей, а также прицепных и навесных фрез, катков и машин для приготовления и внесения минеральных и органических удобрений.

Комплекс мероприятий по биологической рекультивации включает посев трав и посадку первичных древесно-кустарниковых и лесных культур; внесение мелиорантов, органо-минеральных удобрений; биоактивизированных или бактериальных препаратов, укладку торфо-дерновых ковров и др. При этом используют различные сеялки, навесные ямокопатели и лесопосадочные машины.

В последние годы в угольной промышленности получает распространение микробиологический способ рекультивации породных отвалов для использования их под сельскохозяйственные угодья и в санитарно-гигиеническом направлении. Назначение данной технологии – повышение биологической активности отвальных грунтосмесей путем сплошной инокуляции поверхности отвалов активной почвенной микрофлорой (адаптированной к местным условиям).

Вопросы для самоконтроля

1. Каков состав природно-техногенной среды, окружающей карьер, и в карьерах?
2. В чем заключается охрана окружающей природной среды (ОПС)?
3. Назовите природоохранные объекты ОПС.
4. Какие исходные данные необходимы для проектирования охраны ОПС?
5. Перечислите вредные вещества, выделяемые в атмосферу и в само карьерное пространство при основных технологических процессах.
6. Каковы требования к обеспечению охраны ОПС и к проектным решениям?
7. Какие основные природоохранные мероприятия предусматриваются при проектировании карьеров?
8. Охарактеризуйте проектируемую рекультивацию земель.

VIII. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА КАРЬЕРОВ

8.1. Проектирование электроснабжения карьеров

8.1.1. Проектирование систем электроснабжения карьеров

Как правило, электроснабжение карьеров предусматривается от районных энергосистем с использованием воздушных линий электропередачи напряжением 35-220 кВ и установок передвижных трансформаторных подстанций напряжением 35/6-10кВ в зонах ведения горных работ.

В целях обеспечения электроснабжения потребителей карьера предусматриваются различные напряжения: при распределении электроэнергии и питании электроприемников основных горных машин и комплексов – 35 кВ; питания электродвигателей и распределения электроэнергии – 10 или 6кВ и для питания других электроприемников – до 1 кВ.

При этом предусматривается принимать рациональные схемы электроснабжения карьеров соответственно системам разработки – транспортной, бес-транспортной, комбинированной, а также применяют технику непрерывного действия. Принятие того или иного варианта схемы электроснабжения осуществляется на основе технико-экономических обоснований.

При технологически связанной горнотранспортной техникой и комплексами, их питание предусматривается от общего источника питания или линии электропередачи.

Отдельная передвижная воздушная линия напряжением 6-10 кВ должна присоединять лишь ограниченное количество буровой и экскаваторной техники.

С использованием подключательных или распределительных пунктов предусматривается присоединение передвижных электроустановок к линии электропередач напряжением 35кВ.

8.1.2. Применение передвижных трансформаторных подстанций и подключательных пунктов

С помощью передвижных комплексных трансформаторных подстанций типа ПКТП 35/6-10 кВ осуществляется электропитание горных машин, строительных и некоторых других временно функционирующих площадок в общей системе электроснабжения. Их техническая характеристика представлена в справочнике ОГР.

Электроснабжение переменным током осветительных установок осуще-

ствляется подстанциями ПСКТМ 6/0,4-0,23 кВ мощностью 25-63 кВ. Эти же установки предусматриваются использовать и для других вспомогательных переменных электроприемников на карьерах.

Для распределения электроэнергии напряжением 6-10 кВ и расставленных кабельных сетей системы электроснабжения мобильного горнотранспортного оборудования предусматривается использование передвижных комплексных распределительных пунктов.

8.1.3. Воздушные и кабельные линии передачи электроэнергии

Сооружение *воздушных линий электропередачи* напряжением 6-35 кВ стационарного и передвижного типов проектируется для электроснабжения электроприемников карьеров.

При этом предусматривается использование типовых опор и сталеалюминиваемых проводов сечением 35-185 мм², а при сооружении передвижных воздушных линий – деревянные одностоячные опоры на железобетонных основаниях.

Пролет между передвижными опорами определяется локальными климатическими условиями; он не должен превышать 50 м.

Расстояние между секционными разведенностями передвижных воздушных линий устанавливается в пределах 400-600 м.

Магистральные и распределительные кабельные линии электропередач (ЛЭП) напряжением 6-10 кВ предусматривается использовать для электрообеспечения карьеров.

Кабельные ЛЭП 6-10 кВ оборудуются гибкими кабелями типа КГЭ-6, КГЭТ-6, КВГВ-10 и некоторыми другими. Переключаются они по уступам карьеров.

Гибкие кабели КГ-0,66 (со вспомогательной жилой – ТУ 16-705. 356-84) предусматривается применять для питания электроприемников напряжением 1 кВ. Их конструктивные параметры и токовые нагрузки, а также методика расчета электрических нагрузок приведены в том же справочнике ОГР.

8.2. Проектирование освещения карьеров

Проектирование искусственного освещения карьеров производится по трем основным ее типам: рабочее, аварийное и охранное.

Рабочее карьерное освещение проектируется при производстве, прежде всего, основных технологических процессов: буровых и взрывных работах, выемочно-погрузочных, минерально-подготовительных, транспортных, отвало- и

складообразовательных и прочих операциях.

При осуществлении бурения скважин и шпуров предусматривается общее локализованное освящение, а для взрывных работ – общее равномерное освящение, для немеханизированных способов и для механизированных – комбинированное освящение. Освещенность минимальная при этом допускается от 10 до 100 лк – для буровых работ и от 30 до 75 лк – для взрывных работ. Освещение данных объектов, а также экскаваторных забоев, складов, открытых территорий, участков и площадок карьеров предусматривается осуществлять прожекторами так называемого заливающего света типа ПЗС, ПФС и ПКН.

В основу расчетов освящения прожекторами принимается метод световых потоков.

Для наружного освящения автодорог, конвейерных галерей и линий забойных конвейеров предусматривается использование светильников типов СПО, СПШ, СЗП (с лампами накаливания), СПОР, СППР, СЗПР и некоторых других (с лампами ДПЛ). При этом расчеты освящения осуществляются точечным методом.

Лампы накаливания применяются следующих типов:

- для освещения объектов на территории карьеров – лампы общего пользования типа НГ;
- специальные прожекторные – типа ПЖ;
- галогенные типов КИ, КГ;
- газоразрядные – ртутные высокого давления тип ДРЛ, металлогенные типа ДРИ и натриевые типа ДНаТ.

Спектральный состав излучения ламп весьма близок к солнечному.

8.3. Проектирование генерального плана карьера

Генеральный план карьера – это масштабное графическое изображение рельефа поверхности, горных выработок, промышленных зданий, сооружений, транспортных и энергетических сетей в районе карьера и объектов жилого массива. Его еще называют ситуационным планом карьера, вычерчивающихся в масштабах 1:5000, 1:10000, 1:25000. Исходный проект генерального плана представляется схематически.

Состав поверхности сооружений карьера, как общепроизводственного объекта, таков: собственно карьер, включая внешние отвалы, дренажные сооружения, электроподстанции и некоторые другие объекты, промплощадка, жилой поселок и культурно-бытовые учреждения.

Общий состав генерального плана карьера схематически показан на рис. 8.1.

Основная совокупность зданий и сооружений самой промплощадки карье-

ра схематически отражены на рис. 8.2.

Основные объекты генерального плана это, прежде всего, – карьеры, отвалы пустых пород, техногенные склады, обогатительные фабрики, склады и бункеры, хвостохранилища обогатительных фабрик, железнодорожные станции, промплощадки, ремонтные цехи и склады, базисные и расходные склады взрывчатых материалов и др.

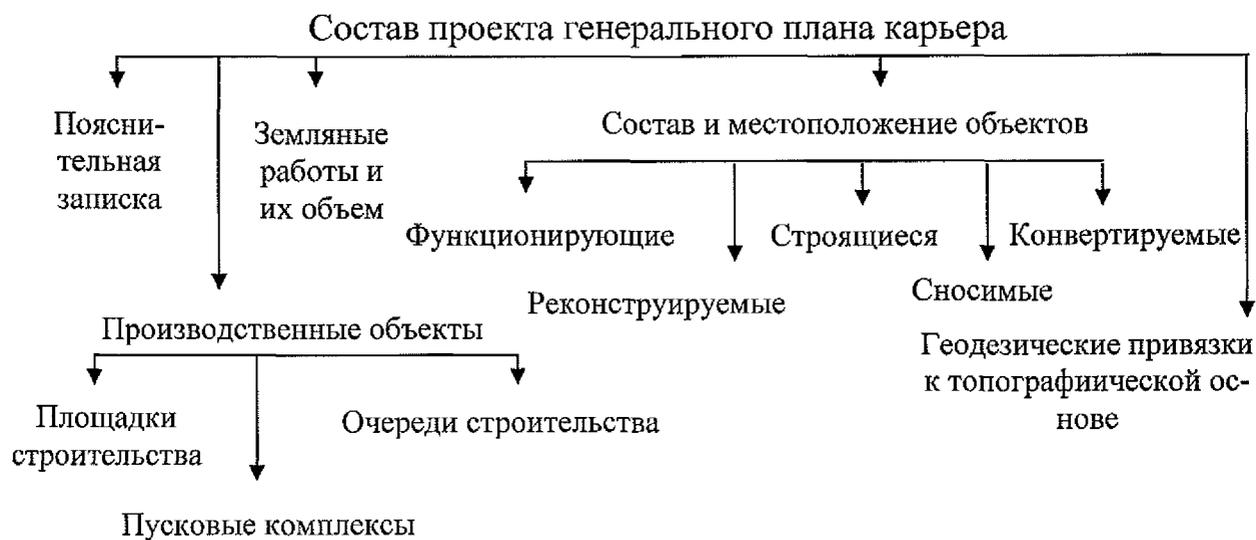


Рис. 8.1. Общий состав генерального плана карьера



Рис. 8.2. Общий состав объектов промплощадки карьера

В состав горного предприятия не редко могут входить: базы стройиндустрии и материально-технического снабжения, теплоцентр или котельная, главная понизительная подстанция, базисный и расходный склады взрывчатых материалов, административный центр, водозаборные, водоочистные, канализационные очистные сооружения, площадки дренажных отвалов, пристанционные

площадки, железнодорожная станция примыкания, коммуникации различного назначения и т.д.

Исходные данные для проектирования генерального плана карьера представляем схематически на рис. 8.3.

Генеральный план горнодобывающего предприятия основывается на общегосударственных и отраслевых нормативных документах, строительных нормах и правилах безопасности, а проектирование генеральных планов горнообогатительных предприятий – на общих принципах формирования промышленных комплексов (рис. 8.4).

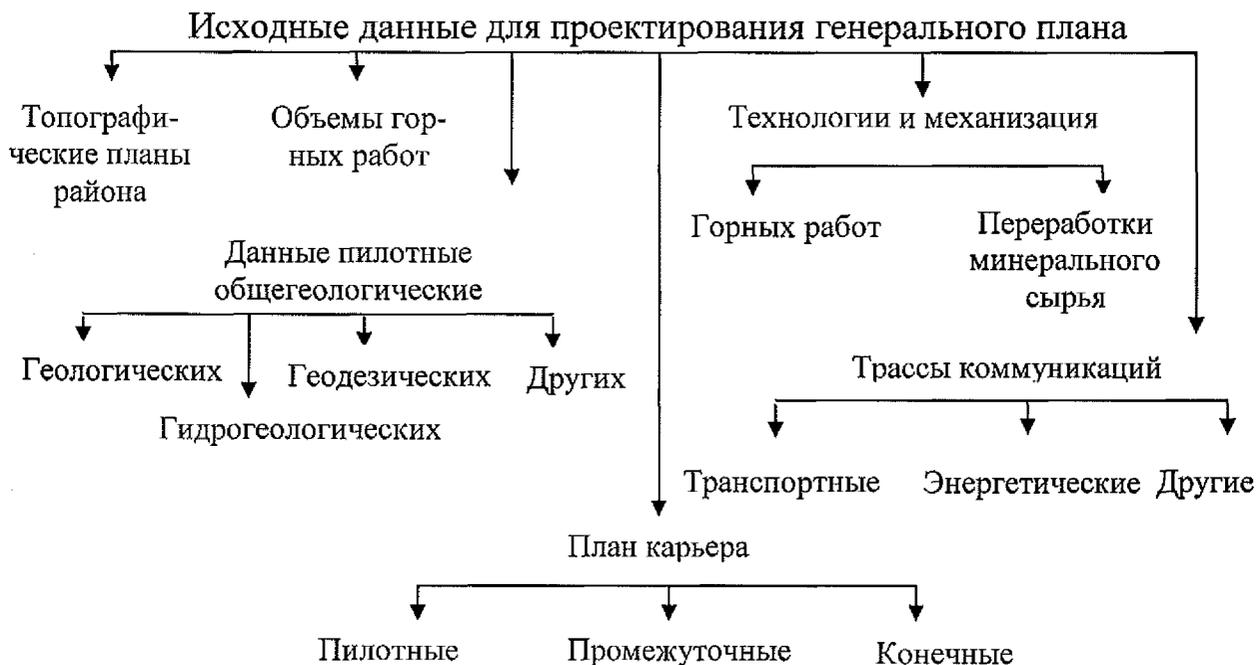


Рис. 8.3. Общий состав исходных данных для проектирования генерального плана карьера

Поскольку генеральный план горного предприятия, как правило, имеет свои особенности, предопределяемые множеством объективных и субъективных факторов, то в большинстве случаев его не удастся компактно сформировать в пределах одной промплощадки, приходится использовать совокупность отдельно-расположенных площадок.

Следует при этом отметить, что территория расположения объектов карьера – это земельный объект, а часть земельного отвода (5-10 % от него) является горным отводом, на котором размещается сам карьер и близрасположенные основные производственно-технологические объекты.

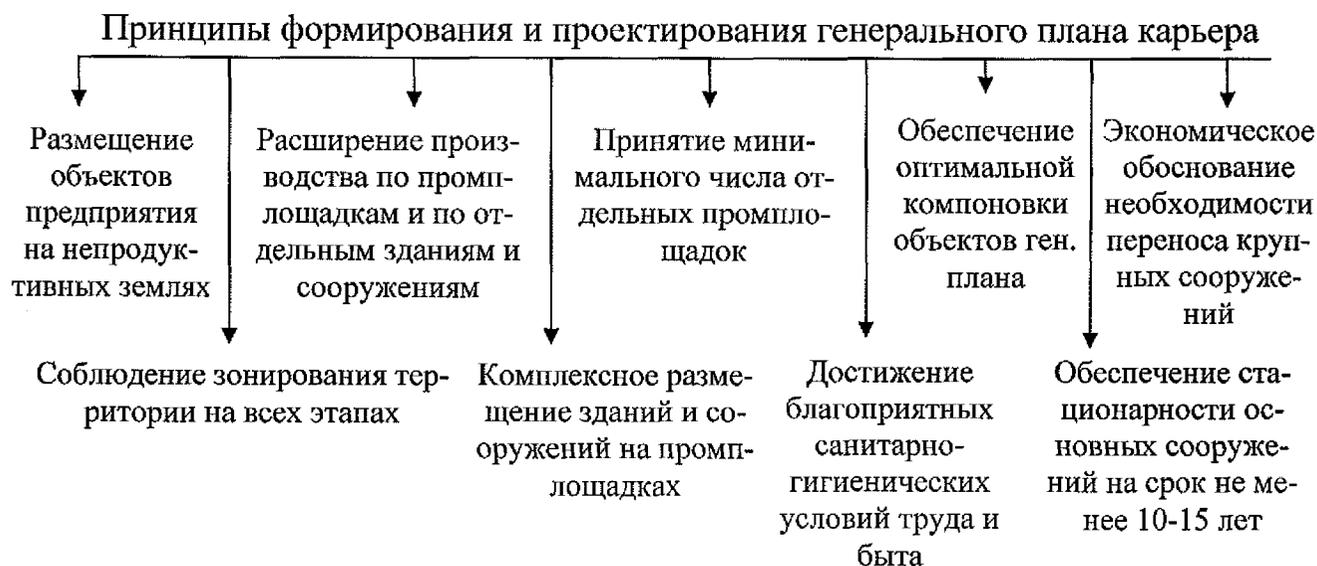


Рис. 8.4. Комплекс основных принципов рационального формирования и проектирования генерального плана карьера

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы системы электроснабжения?
2. Какие линии передачи электроэнергии используются для карьеров?
3. Каков состав проектирования освещения карьеров?
4. Что представляет собой генеральный план карьера?
5. Раскройте общий состав проекта генерального плана карьера.
6. Каков общий состав исходных данных для проектирования генерального плана карьера?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В основу учебного пособия положены новые материалы, отражающие современные достижения в области проектирования горнодобывающих и горнообогатительных предприятий, а также некоторые материалы и данные, изложенные в наиболее известных и используемых в вузах учебниках по проектированию карьеров, и предметные результаты собственных научных исследований, обоснований и обновлений лекций студентам.

Содержание учебного пособия предопределяется авторами с позиций системно-комплексного подхода, что нашло свое отражение в структурированном составе учебного пособия.

Значительное внимание уделено выделению и обоснованию научно-практических и учебно-образовательных категорий, а главным образом, понятийно-терминологических, в частности, таких базовых категорий, как “технология освоения”, “система разработки”, “минеральные образования”, “минеральные объекты”, “режим горных работ” и ряда других важных категорий.

В относительно кратком, но ёмком отражении представлены состав, структура и содержание деятельности в области проектирования карьеров с выделением: предпроектных типов обоснований, стратегии проектирования, системотехнических работ, принятия проектных решений. При этом предметное краткое изложение получило *автоматизированное проектирование карьеров (САПР)*, в том числе с указанием современных компьютерных программ.

Относительно детально представлено проектирование основных параметров карьеров, включая выделение категорий параметров, их составы и методы определения. При этом представлены методические основы определения производственной мощности карьеров; системы геометрических параметров и границ карьерных полей; системы коэффициентов вскрыши и горной массы, а также конечных контуров карьеров, включая их глубину.

На новых подходах основано изменение проектирования:

- *вскрытие рудных и угольных месторождений* с системным отражением способов вскрытия карьерных полей и эксплуатационных горизонтов, определяющих способы вскрытия факторов, горных выработок и объектов вскрытия;

- *систем открытой разработки* рудных и угольных месторождений, включая раскрытие сущности систем разработки, их содержания, распространенность наиболее “авторитетных” классификаций и их недостатков, элементов и параметров системы разработки, фронта горных работ и его типы и формы;

- *режима горных работ*, основоположниками которого явились выдающиеся ученые страны: академик В.В. Ржевский и профессор, доктор техн. наук А.И. Арсентьев. Отмечено при этом, что дальнейшее развитие данное научно-практическое направление как в области проектирования карьеров, так и в области научных исследований и обоснований, а также учебно-образовательного процесса получило в работах ряда их талантливых учеников и последователей.

Центральным и наиболее общим разделом учебного пособия являются в

комплексе его части – “Проектирование технологий горных работ и технологических схем”, а также “Проектирование технологических процессов”. При этом даны:

- современное толкование и более четкое определение терминологических категорий – “технология”, “горные технологии” и “технологические схемы”;
- авторская иерархическая система “горные технологии”;
- основы проектирования технологий открытых горных работ;
- типы открытых горных технологий в основных аспектах их проявления, в частности – непрерывности;
- основные факторы, предопределяющие установление и выбор технологий, а также комплекс предъявляемых к технологиям требованиям;
- комплекс основных типов исходных данных для проектирования и создания горных технологий;
- системный комплекс применяемых технологических схем открытой разработки месторождений руд и ископаемых углей с различным горно-транспортным оборудованием, включая мобильное, в частности фрезерные машины.

Субцентральной частью учебного пособия по существу является его часть “**Проектирование технологических процессов**”, к которым отнесены следующие их типы:

1. Горно-геологическая эксплуатационная разведка, используемая на карьерах и угольных разрезах.
2. Подготовка горных пород к выемке (главным образом их разрушение и рыхление в массивах уступов и их элементов).
3. Выемочно-погрузочные работы.
4. Эксплуатационная минеральная подготовка, в частности эксплуатационная рудоподготовка (в отличие от обогатительной рудоподготовки).
5. Транспортировка минерального сырья (рудной массы, ископаемого угля и т.д.).
6. Отвалообразование вскрышных пород.
7. Складообразование (руд, угля и некоторых других типов твердого минерального сырья).

Заключительная часть учебного пособия посвящена краткому изложению состава и порядка **проектирования энергообеспечения и генерального плана карьеров**. При этом представлены проектируемые системы энергоснабжения карьеров, передвижные трансформаторные подстанции, линии передачи электроэнергии; средства, типы искусственного освещения карьеров.

Проектирование *генерального плана карьера* основывается на установлении и использовании состава проекта общего генерального плана и объектов промплощадки карьера; исходных данных для его проектирования; комплекса основных принципов нормирования и проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анистратов, Ю. И.* Проектирование карьеров / Ю. И. Анистратов, К. Ю. Анистратов. – М. : Изд-во НПК “ГЕМОС Лимитед”, 2003. – 172 с.
2. *Арсентьев, А. И.* Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А. И. Арсентьев, Г. А. Холодняков. – М. : Недра, 1994. – 336 с.
3. *Мельников, Н. В.* Классификация способов вскрытия и систем разработки месторождений открытым способом / Н. В. Мельников. – Уголь. – 1974. – № 12.
4. *Мельников, Н. В.* Справочник инженера и техника по открытым горным работам / Н. В. Мельников. – М. : Недра, 1971. – 704 с.
5. *Мельников, Н. В.* Совершенствование методов проектирования в карьере / Н. В. Мельников, А.И. Арсентьев, А. В. Архипов и др. ; Под ред. Н. В. Мельникова. – М. : Наука, 1981.– 232 с.
6. *Ржевский, В. В.* Научные основы проектирования карьеров / В. В. Ржевский, М. Г. Новожилов, Б. П. Юматов. – М. : Недра, 1971.– 212 с.
7. *Ржевский, В. В.* Проектирование контуров карьеров / В. В. Ржевский. – М. : Металлуриздат, 1956.– 148 с.
8. *Трубецкой, К. Н.* Справочник. Открытые горные работы / К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, К. Е. Винницкий, Н. Н. Мельников и др. – М. : Горное бюро, 1994. – 590 с.
9. *Проектирование карьеров* / К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин, В. С. Кованька. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с.
10. *Трубецкой, К. Н.* Охрана окружающей среды при освоении земельных недр / К. Н. Трубецкой, Ю. П. Галченко, Л. И. Бурцев. – Вестник РАН МАЙК. Наука, 1998. – Том 68. – № 7. – С. 629–637.
11. *Секисов, Г. В.* Системы минеральных объектов. Карьеры и методы определения их границ / Г. В. Секисов, А. Зельберг, Н. В. Зыков – РАН, Дальневост. отд-ние, Ин-т гор. дела [и др.]. – Хабаровск ; Чита : [б. и.], 2007. – 249 с. : ил. - Библиогр.: 74 назв.
12. *Секисов, Г. В.* Минеральные образования, ресурсы и объекты / В. Г. Романов, Н. В. Зыков. – Хабаровск. – Чита, 2003.– 184 с.
13. *Хохряков, В. С.* Проектирование карьеров / В. С. Хохряков. – М. : Недра, 1992. – 382 с.
14. *Хохряков, А. В.* Учет экологических факторов при определении параметров открытой разработки месторождений / А. В. Хохряков, В. И Фоминых // изд. Вузов. – Горный журнал, 1987. – № 3.– 156 с.
15. *Яковлев, В. Л.* Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / В. Л. Яковлев. – Новосибирск : Наука, 1989. – 240 с.
16. *Шешко, Е. Ф.* Основы проектирования карьеров / Е.Ф. Шешко, В. В. Ржевский. – М. : Углетехиздат, 1953. – 336 с.

17. *Шестаков, Е. А.* Проектирование горных предприятий / Е.А. Шестаков. – М. : Изд-во МГГУ, 2003. – 212 с.
18. *Бистан, П. П.* Теория и практика усреднения руд / П. П. Бистан. – М. : Недра, 1979.– 242 с.
19. *Беляков, Ю. И.* Проектирование экскаваторных работ / Беляков, Ю. И. – М. : Недра, 1983. – 349 с.
20. *Васильев, М. В.* Научные основы проектирования комбинирования карьерного проектирования / М. В. Васильев, В. Л. Яковлев. – М. : Наука, 1972. – 199 с.
21. *Горная энциклопедия.* Том 1-5.– М “Советская энциклопедия”, 1984-1991.
22. *Городецкий, П. И.* Основы проектирования горнорудных предприятий / П. И. Городецкий. – М. : Metallurgizdat, 1955. – 416 с.
23. *Кумачев, К. А.* Проектирование железорудных карьеров / К. А. Кумачев, В. Я. Майминд. – М. : Недра, 1981. – 457 с.
24. *Ломоносов Г. Г.* Формирование качества руды при открытой добыче / Г. Г. Ломоносов. – М.: Недр, 1975. – 224 с.
25. *Певзнер, М. Е.* Экология горного производства / М. Е. Певзнер, В. Н. Костовецкий – М. : Недра. 1991. – 395 с.
26. *Юматов, Б. П.* Строительство и реконструкция рудных карьеров / Б.П. Юматов, М. В. Бунин. – М. : Недра, 1970. – 238 с.

Учебное издание

Секисов Геннадий Валентинович

Алексеев Владимир Сергеевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ

Дизайнер обложки И. Л. Тюкавкина

Печатается с авторского оригинала-макета

Подписано в печать 22.12.17. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 8,60. Тираж 500 экз. Заказ 425.

Издательство Тихоокеанского государственного университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии
издательства Тихоокеанского государственного университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.