

### Предисловие

## Раздел I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

### 1. Сущность и элементы открытых горных разработок

- 1.1. Способы разработки месторождений полезных ископаемых
- 1.2. Технология разработки месторождений
- 1.3. Понятие о карьере
- 1.4. Элементы и параметры карьера

### 2. Горные породы как объект разработки

- 2.1. Полезные ископаемые и их качество
- 2.2. Технологическая характеристика горных пород
- 2.3. Характеристика скальных и полускальных пород
- 2.4. Характеристика разрушенных пород
- 2.5. Характеристика плотных, мягких и сыпучих пород
- 2.6. Общая оценка сопротивления горных пород разрушению

## Раздел II. ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ

### 3. Способы подготовки горных пород к выемке

- 3.1. Общие сведения
- 3.2. Предохранение пород от промерзания
- 3.3. Оттаивание мерзлых пород
- 3.4. Управляемое обрушение пород
- 3.5. Механические способы подготовки к выемке естественного камня
- 3.6. Механическое рыхление горных пород
- 3.7. Основные положения подготовки скальных пород взрывом

### 4. Технологические основы буровых работ

- 4.1. Буримость горных пород
- 4.2. Виды бурения и их технологическая оценка
- 4.3. Технологическая характеристика и режим ударного бурения
- 4.4. Технологическая характеристика и режим шнекового бурения
- 4.5. Технологическая характеристика шарошечного бурения скважин
- 4.6. Режим и скорость шарошечного бурения
- 4.7. Технологическая характеристика и режим пневмоударного бурения
- 4.8. Технологическая характеристика и режим термического бурения
- 4.9. Вспомогательные работы при бурении
- 4.10. Технологические основы автоматизации бурения
- 4.11. Организация буровых работ
- 4.12. Производительность буровых станков
- 4.13. Совершенствование буровых работ

### 5. Технологические основы взрывных работ

- 5.1. Технологическая характеристика взрывчатых веществ и средств инициирования
- 5.2. Взрываемость горных пород
- 5.3. Фактический и проектный расход ВВ
- 5.4. Параметры взрывных скважин и конструкции зарядов
- 5.5. Расположение и порядок взрывания скважинных зарядов

- 5.6. Расчет зарядов и параметров их расположения (при заданных модели станка и диаметре скважин)
- 5.7. Особенности метода скважинных зарядов
- 5.8. Характеристика развала взорванной породы
- 5.9. Особенности других методов взрывания
- 5.10. Механизация вспомогательных процессов при взрывании
- 5.11. Вторичное взрывание
- 5.12. Основы безопасного ведения взрывных работ

### **Раздел III. ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ**

#### **6. Технологические и физико-технические основы работ**

- 6.1. Типы забоев
- 6.2. Типы заходов
- 6.3. Эскавируемость горных пород в массиве
- 6.4. Эскавируемость разрушенных горных пород
- 6.5. Технологическая оценка основных видов выемочного оборудования
- 6.6. Общие сведения о производительности выемочных машин

#### **7. Выемка пород скреперами, бульдозерами и погрузчиками**

- 7.1. Технологические параметры колесных скреперов
- 7.2. Процесс выемки пород скреперами
- 7.3. Производительность скреперов
- 7.4. Процесс выемки пород бульдозерами
- 7.5. Производительность бульдозеров
- 7.6. Технологические основы автоматизации работ
- 7.7. Технологическая характеристика погрузчиков
- 7.8. Выемка пород погрузчиками
- 7.9. Производительность погрузчиков

#### **8. Выемка пород одноковшовыми экскаваторами**

- 8.1. Технологические параметры механических лопат
- 8.2. Выемка мягких и плотных пород карьерными мехлопатами
- 8.3. Выемка взорванных пород карьерными мехлопатами
- 8.4. Раздельная выемка мехлопатами
- 8.5. Выемка вскрышными мехлопатами
- 8.6. Производительность мехлопат
- 8.7. Технологические параметры драглайнов
- 8.8. Забои драглайнов
- 8.9. Выемка с перевалкой пород в выработанное пространство
- 8.10. Производительность драглайнов
- 8.11. Вспомогательные работы

#### **9. Выемка пород машинами непрерывного действия**

- 9.1. Технологическая характеристика цепных экскаваторов
- 9.2. Забои цепных экскаваторов
- 9.3. Производительность цепных экскаваторов
- 9.4. Технологическая характеристика роторных экскаваторов
- 9.5. Забои роторных экскаваторов
- 9.6. Раздельная выемка роторными экскаваторами
- 9.7. Производительность роторных экскаваторов

- 9.8. Выемка шнекобуровыми машинами
- 9.9. Выемка взорванных пород машинами непрерывного действия
- 9.10. Вспомогательные работы

#### **10. Основы организации и автоматизации выемки**

- 10.1. Структура процесса работы экскаваторов
- 10.2. Задачи организации выемки
- 10.3. Сущность и методы решения организационных задач выемки
- 10.4. Технологические основы автоматизации работы одноковшовых экскаваторов
- 10.5. Основы автоматизации контроля и учета работы одноковшовых экскаваторов
- 10.6. Технологические основы автоматизации работ многоковшовых экскаваторов

### **Раздел IV. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И СКЛАДИРОВАНИЕ КАРЬЕРНЫХ ГРУЗОВ**

#### **11. Карьерные грузы и средства их перемещения**

- 11.1. Общие сведения
- 11.2. Характеристика горных пород по трудности транспортирования
- 11.3. Технологическая оценка видов карьерного транспорта

#### **12. Карьерный железнодорожный транспорт**

- 12.1. Технологическая характеристика подвижного состава и железнодорожного пути
- 12.2. Расчет массы поезда
- 12.3. Раздельные пункты
- 12.4. Обмен поездов и путевое развитие на уступах карьера и отвалов
- 12.5. Основы организации движения поездов
- 12.6. Пропускная и провозная способность перегонов и раздельных пунктов
- 12.7. Режим работы и техническая производительность
- 12.8. Технико-экономические показатели

#### **13. Отвалообразование при железнодорожном транспорте**

- 13.1. Сооружение отвальных насыпей
- 13.2. Плужное отвалообразование
- 13.3. Отвалообразование мехлопатами
- 13.4. Отвалообразование драглайнами
- 13.5. Отвалообразование многоковшовыми экскаваторами

#### **14. Путевые работы**

- 14.1. Состав путевых работ
- 14.2. Циклическая передвижка путей
- 14.3. Передвижка путей путепередвижателями непрерывного действия
- 14.4. Непрерывная передвижка путей турнодозерами
- 14.5. Переукладка путей
- 14.6. Текущее содержание путей
- 14.7. Снегозащита железнодорожных путей
- 14.8. Обслуживание контактной сети
- 14.9. Борьба с прилипанием и примерзанием пород

#### **15. Автомобильный транспорт**

- 15.1. Технологическая характеристика подвижного состава
- 15.2. Технологическая характеристика карьерных дорог
- 15.3. Обмен автомашин в забоях и на отвалах

- 15.4. Пропускная и провозная способность карьерных дорог
- 15.5. Бульдозерное отвалообразование
- 15.6. Вспомогательные работы при эксплуатации подвижного состава
- 15.7. Строительство карьерных дорог
- 15.9. Техничко-экономические показатели

#### **16. Перемещение пород конвейерами**

- 16.1. Технологическая характеристика и параметры конвейеров
- 16.2. Транспортно-отвальные конвейерные установки и перегружатели
- 16.3. Технологическая характеристика приемных и разгрузочных устройств
- 16.4. Отвалообразование при конвейерном транспорте
- 16.5. Техническая производительность конвейеров
- 16.6. Вспомогательные работы при конвейерном транспорте
- 16.7. Технологические основы автоматизации работы конвейеров

#### **17. Комбинированный и специальный карьерный транспорт**

- 17.1. Общие сведения
- 17.2. Карьерные рудоспуски
- 17.3. Карьерные рудоскаты
- 17.4. Канатный подъем
- 17.5. Другие виды специального транспорта
- 17.6. Кабельные краны и экскаваторы. Канатные скреперы
- 17.7. Перегрузочные пункты
- 17.8. Усреднение руд и усреднительные склады

### **Раздел V. РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

#### **18. Процессы разработки строительных горных пород**

- 18.1. Характеристика продукции
- 18.2. Процессы производства щебня
- 18.3. Механизация процессов производства щебня
- 18.4. Транспортирование, складирование и отгрузка щебня
- 18.5. Производственные процессы добывания камня
- 18.6. Механизация выемки, погрузки и перемещения камня
- 18.7. Технология и механизация обработки камня

### **Раздел VI. ВЗАИМНАЯ СВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ**

#### **19. Технологическая и организационная связь работы карьерного оборудования**

- 19.1. Комплексы карьерного оборудования
- 19.2. Организация работы комплекса оборудования
- 19.3. Геолого-маркшейдерское обеспечение горных работ
- 19.4. Обеспечение качества в процессах добычных работ

#### **20. Проектирование буровых и взрывных работ**

- 20.1. Оптимальная кусковатость взорванных пород
- 20.2. Рациональные диаметры скважин
- 20.3. Порядок проектирования взрывов
- 20.4. Прогнозирование кусковатости взорванных пород
- 20.5. Организация взрывных работ
- 20.6. Техничко-экономические показатели буровзрывных работ

## **21. Планирование выемочно-погрузочных и транспортных работ**

- 21.1. Организация планирования
- 21.2. Текущее планирование горных работ
- 21.3. Расчет технологического графика работ на уступе
- 21.4. Сменное планирование горных работ
- 21.5. Планирование ремонтов горного оборудования
- 22. Управление горными работами
- 22.1. Структура и задачи управления
- 22.2. Задачи управления при железнодорожном транспорте
- 22.3. Задачи управления при автомобильном транспорте
- 22.4. Экономическая эффективность АСУ карьера

## **Список литературы**

### **Приложения**

### **Алфавитно-предметный указатель**

## **Предисловие**

"Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981--1985 годы и на период до 1990 года", утвержденными XXVI съездом КПСС, предусмотрено: опережающими темпами развивать добычу угля наиболее эффективным открытым способом на основе широкого внедрения прогрессивной технологии, горного и транспортного оборудования большой единичной мощности; ускорить создание производственных мощностей в Кузбассе, сооружение объектов Канско-Ачинского и Экибастузского топливно-энергетических комплексов и увеличение добычи угля в этих районах; обеспечить опережающее развитие сырьевой базы черной металлургии; в цветной металлургии обеспечить укрепление сырьевой базы действующих предприятий, а также ее дальнейшее развитие, обеспечить дальнейшее развитие промышленности нерудных строительных материалов.

При подготовке четвертого издания данного учебника автор руководствовался решениями XXVI съезда КПСС, последующими решениями Пленумов ЦК КПСС и постановлениями партии и правительства, направленными на решение задач по совершенствованию хозяйственного механизма, улучшению качества добытых полезных ископаемых, комплексному использованию минерального сырья, сохранению окружающей среды, охране недр и подготовке высококвалифицированных кадров.

В четвертом издании автор продолжил развитие научных и инженерных основ курса, отличающихся от основ специальных курсов (геологические дисциплины, разрушение горных пород взрывом, горные и транспортные машины и комплексы, организация производства и др.), исключив при этом дублирование и вместе с тем сохранив взаимную связь всех производственных процессов.

Базой учебного курса "Процессы открытых горных работ" является учение о горных породах -- объектах горных работ. Основанием для современных инженерных и экономических расчетов при планировании и проектировании технологии, механизации и организации горных работ должны служить сравнительно простые экспериментальные данные о породах в конкретных природных условиях каждого карьера. Каждый технологический процесс рассматривается на основе физико-технических и горно-технологических показателей и характеристик пород. Это нашло отражение прежде всего

в методиках расчета производительности горных и транспортных машин и определении условий их применения.

Методический аспект учебника -- стремление показать студенту как независимое значение каждого производственного процесса, так и их общее объединяющее начало, а также возможности оптимизации совокупности выполняемых процессов. Этим задачам посвящено также учение о технологической связи процессов и технических средств, об основах организации горных работ, их планирования и управления.

Третьему изданию учебника присуждена Государственная премия СССР за 1983 г.

## Из Раздела I. Основные понятия открытых горных работ

### 1. СУЩНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК

#### 1.1. СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Открытыми горными работами* называют совокупность работ, производимых с земной поверхностью с целью добывания разнообразных горных пород и создания различных выемок и котлованов. Наибольшие масштабы открытых горных работ связаны с добычей полезных ископаемых. При этом все работы и процессы, связанные с извлечением полезного ископаемого из недр, совершаются в открытых горных выработках. При *подземном способе разработки* полезные ископаемые добывают посредством сооружения специальных подземных выработок.

При открытой разработке месторождений горные работы подразделяются на **вскрышные** (выемка, перемещение и размещение вскрышных пород) и **добычные** (выемка, перемещение и складирование или разгрузка полезного ископаемого). В соответствии с целями и особенностями производства выделяются отдельно **горно-подготовительные работы**, объединяющие проведение вскрывающих и подготовительных выработок (капитальных траншей и полутраншей, разрезных траншей и полутраншей и других выработок, например подземных, и т.д.). Целью горно-подготовительных работ является создание транспортного доступа к забоям и начального фронта горных работ.

Открытая разработка включает также работы по подготовке месторождения и его отдельных участков (в основном подготовка поверхности), по обеспечению устойчивости разрабатываемого массива горных пород, по охране недр и сооружений (обеспечению водного режима, предотвращению самовозгорания пород и деформации поверхности, рекультивации и т.п.). Указанные работы должны производиться в определенном порядке. Между ними необходимо выдерживать четкие соотношения и зависимости, позволяющие по техническим условиям обеспечить в каждый момент времени требуемый фронт вскрышных и добычных работ, производительную и безопасную работу применяемого оборудования и в целом эксплуатацию месторождения.

Порядок и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участка называется **системой разработки**. Принятая система разработки должна обеспечить безопасность ведения работ, планомерность и экономическую эффективность их, предусмотренную производственную мощность карьера, полноту извлечения запасов, комплексное использование всех полезных ископаемых, охрану недр и окружающей среды.

Под **вскрытием** (системой вскрытия) понимается совокупность долговременных горных выработок (траншей и подземных выработок), обеспечивающих транспортный доступ с земной поверхности к рабочим горизонтам карьера и забоям с целью доставки вскрышных пород на отвалы, полезных ископаемых -- к пунктам их приема на поверхности, а с поверхности к рабочим горизонтам -- материалов, оборудования и людей.

## 1.2. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Технология разработки месторождения** -- это совокупность способов и приемов механизированного осуществления взаимосвязанных процессов горных работ, основанная на фундаментальных знаниях закономерностей разработки и возможностей технических средств.

Непосредственно горные работы на карьерах заключаются в выемке, перемещении и складировании полезных ископаемых и вскрышных пород. Соответственно весь комплекс горных работ можно разделить на связанные между собой **основные производственные (технологические) процессы**: подготовку пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, перемещение (транспортирование) горной массы, складирование (отвалообразование) пустых пород и разгрузку или складирование полезных ископаемых. Если на карьере производится первичное обогащение или переработка полезного ископаемого до конечного продукта, они также входят в состав основных производственных процессов.

Технологическими называют процессы, при которых разрабатываемые горные породы изменяют свое агрегатное состояние и местоположение.

Каждому основному производственному процессу соответствуют **вспомогательные работы**, которые позволяют планомерно осуществлять основной процесс или облегчают его.

Помимо этого на карьерах выполняется ряд общих **вспомогательных процессов** -- электроснабжение, вентиляция, водоотлив, опробование полезных ископаемых, ремонты оборудования и др. -- способствующих производству горных работ.

Выемочно-погрузочные работы, перемещение и разгрузка (складирование) горной массы объединяют основные и вспомогательные процессы горных работ, составляя единый и по существу, непрерывный технологический комплекс **горных работ**, в котором организация одного процесса влияет на организацию других связанных с ним процессов.

Все основные производственные процессы на карьерах механизированы. В настоящее время преобладающими способами механизации производственных процессов являются **экскаваторный, гидравлический и комбинированный** (их сочетание). При экскаваторном способе применяются различные механические средства (экскаваторы, скреперы, механические виды транспорта и др.), а при гидравлическом основные производственные процессы осуществляются с помощью воды и специального гидромеханизированного оборудования. Экскаваторный способ универсален, посредством его выполняется до 95 % объемов горных и массовых земляных работ; гидравлический способ применяется преимущественно при разработке пород, легко поддающихся размыву и транспортированию водой, при наличии источников воды и достаточно дешевой электроэнергии.

Средства механизации производственных процессов должны в первую очередь соответствовать характеристикам пород, в противном случае выполнение этих процессов становится технически невозможным или весьма затруднительным. Важно не только иметь техническую возможность выемки и перемещения горных пород, но и обеспечить высокую производительность средств механизации в каждом процессе, их надежность в работе и долговечность эксплуатации.

Большие объемы разрабатываемых и перемещаемых горных пород, измеряемые на карьере нередко десятками и сотнями миллионов тонн в год, вызывают необходимость подбора технических средств механизации основных процессов, соответствующих по производительности, размерам, развиваемым усилиям (мощности) друг другу. Такая цепь взаимосвязанных машин и механизмов, обеспечивающих надежную и эффективную разработку и перемещение пород, называется **комплексом карьерного оборудования**.

**Комплексная механизация** предусматривает полную механизацию не только основных, но и вспомогательных процессов. Комплекс карьерного оборудования включает соответствующие основному оборудованию по мощности и производительности средства механизации вспомогательных работ. Из всех операций вытеснен тяжелый ручной труд.

Наиболее дорогостоящим и трудоемким процессом при открытой разработке является перемещение горных пород. Минимальные затраты средств достигаются либо при перемещении пород в конечное положение по кратчайшему расстоянию, либо при перемещении их на большие расстояния более дешевыми видами транспорта.

В комплексы оборудования добычных и вскрышных работ, как правило, включаются транспортные средства. Они отличаются наличием разгрузочных устройств на поверхностном технологическом комплексе или у потребителей.

Наиболее эффективная и планомерная эксплуатация горного и транспортного оборудования достигается при поточном производстве горных работ, характеризуемом выполнением всех процессов в одном темпе, непрерывностью общего процесса разработки и равномерностью во времени (ритмичностью). Поточность производства легче достигается при использовании оборудования непрерывного действия (роторных экскаваторов, конвейеров и др.).

Основными принципами, на которых базируются технология и механизация горных работ, являются: поточное производство, совмещение основных процессов, независимость процессов, кратчайшее расстояние перемещения горной массы, сокращение числа и объемов вспомогательных работ.

## Об авторе



**РЖЕВСКИЙ Владимир Васильевич**  
Крупнейший специалист в области горных наук, академик АН СССР. В 1941 г. окончил Московский горный институт. В 1950 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1955 г. — докторскую. С 1958 г. — профессор Московского горного института, с 1960 г. — заведующий кафедрой технологии, механизации и организации горных разработок, с 1962 г. — ректор института. В 1966 г. избран членом-корреспондентом, а в 1981 г. действительным членом АН СССР. Лауреат Государственной премии СССР и премии Совета Министров СССР. Автор более 500 научных трудов в области теории и практики открытой разработки месторождений, физики горных пород и процессов. Подготовил свыше 150 кандидатов и 50 докторов технических наук.