

А.К. Порцевский

ВЫБОР

РАЦИОНАЛЬНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ
ДОБЫЧИ РУД

*Геомеханическая
оценка
состояния недр*



*Использование
подземного
пространства*



Геоэкология



МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

2 0 0 3

УДК 622.273.21

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. *И.А. Ковалев* (Московский государственный геологоразведочный университет),
- д-р техн. наук, проф. *Г.Г. Ломоносов* (Московский государственный горный университет),
- д-р техн. наук, проф. *Е.В. Петренко*

Порцевский А.К.

Выбор рациональной технологии добычи руд. Геомеханическая оценка состояния недр. Использование подземного пространства. Геоэкология. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 767 с.: ил.

ISBN 5-7418-0249-4

Изложены основы технологии добычи руды в сложных горно-геологических условиях подземным способом. Рассмотрены различные стадии работ: вскрытие и подготовка месторождения, проведение выработок, технологические процессы, системы разработки, физико-химическая геотехнология. Приведена методология выбора рациональной технологии добычи руд на основе геомеханической оценки состояния недр. Описаны методы управления напряженно-деформированным состоянием массива и качеством рудной массы. Показаны варианты нетрадиционного сооружения и использования подземного пространства. Отражены проблемы геоэкологии и управления горным предприятием.

Для специалистов и студентов горного профиля.

Табл. 162, ил. 136, список лит. – 48 назв.

УДК 622.273.21

ISBN 5-7418-0249-4

© А.К. Порцевский, 2003

© Издательство МГГУ, 2003

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

В XX в. значительно выросли объемы и темпы освоения недр. Использование горных технологий и технических средств все в большей степени влияет на социально-экономические и экологические условия жизни общества. В нашей стране недра – важнейшая часть национального природного богатства. Горное дело – область воздействия человека на литосферу. Важнейшей составной частью горного дела являются горные науки, изучающие фундаментальные и частные закономерности преобразования недр. Ученые и специалисты-горняки осознают, что в новом веке уже нельзя только бесконечно извлекать из недр матушки-Земли полезные ископаемые, оставляя огромных размеров котлованы, терриконы и отвалы пустых пород, ядовитые озера хвостохранилищ, брошенные подземные полости и провалы земной поверхности. Необходимо бережно брать из недр полезные ископаемые с помощью шадящих технологий, учитывающих последствия крупномасштабного и интенсивного изменения недр.

Предлагаемая книга является монографией, развивающей новую философию освоения и сохранения недр Земли. В начале XXI в. подземным способом обрабатывают магматогенно-метасоматические месторождения руд цветных, редких и радиоактивных металлов с применением следующих систем разработки: камерных с открытым очистным пространством, с обрушением руды и породы, с твердеющей закладкой камер и слоев. Месторождения этих руд являются сложноструктурными, генетически связанными с разломами. Автор рассматривает не только принципы определения геомеханических параметров систем разработки, но на основе опыта работы на урановых месторождениях и выполненных им исследований прогнозирует последствия извлечения руды и предлагает нестандартные решения по использованию подземного пространства, приводит методики расчета напряженно-деформированного состояния нарушенного массива, несущей способности подземных полостей и искусственных массивов, служащих опорными стропильными конструкциями в блоках.

Автор монографии – доцент кафедры Разработки месторождений полезных ископаемых Московского государственного открытого университета. Окончив в 1980 г. МИСИ по специальности «Строительство ядерных установок» и затем горный факультет Читинского политехнического института, он около семи лет работал в Приаргунском горно-химическом комбинате (г. Краснокаменск), где прошел хорошую производственную школу и приобрел опыт геомеханических исследований в сложных горно-геологических условиях. Работая с 1987 г. во ВНИИПромтехнологии, подготовил кандидатскую диссертацию по урановым рудникам Забайкалья и Средней Азии, защитил ее в 1991 г. во МГРИ им. С. Орджоникидзе. А.К. Порцевский подготовил 15 учебных пособий и 7 прикладных компьютерных программ по различным курсам подземной разработки месторождений полезных ископаемых.

Монография А.К. Порцевого представляет несомненный интерес для специалистов, ученых и производственников, преподавателей, аспирантов, магистров и студентов горных вузов.

Первый вице-президент Академии горных наук,
профессор, доктор технических наук,
лауреат Государственной премии СССР,
заслуженный изобретатель России



Е.А. Котенко

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая монография написана по результатам многолетних научных изысканий автора – преподавателя горной технологии добычи руды, но представлена в таком виде, чтобы она была интересна не только небольшой группе специалистов-геомехаников, но и могла быть использована студентами и горными инженерами для решения собственных задач.

Согласно новым идеологии и методологии горных наук (по К.Н. Трубецкому, Н.П. Лаврову, Ю.Н. Малышеву) недра Земли не могут быть сведены лишь к тем полезным ископаемым, которые необходимы в настоящее время, недра – это ценность, в некоторых отношениях не имеющая стоимостного выражения. До настоящего времени технологии разработки месторождений не предусматривают дальнейшее, повторное использование преобразованных недр в новом качестве, например, подземного сооружения – завода, атомной электростанции, обогатительной фабрики, хранилища, могильника бытовых, химических и радиационных отходов, чана-перколятора для выщелачивания металла из забалансовых руд. Новая оценка технологий разработки месторождений, включающих в себя не только освоение, но и сохранение недр, требует дополнительных знаний о горном массиве, особое значение приобретает прогноз (не только в техническом, но и в социально-экономическом плане) последствий извлечения руды.

В настоящей работе уделено особое внимание рассмотрению элементов оценки технологий освоения месторождений в геомеханическом аспекте применительно к самым сложным в отработке и самым многочисленным месторождениям (согласно классификации А.Г. Милютина) -- магматогенно-метасоматической генетической группы, образовавшимся в

результате магматических и постмагматических процессов. В качестве примеров использования нового взгляда на технологию разработки месторождений приведены данные о преобразовании наиболее многочисленных систем разработки (по данным Д.Р. Каплунова) – с открытым очистным пространством, твердеющей закладкой и обрушением руды и пород.

Извлечение из недр цветных, благородных, редких, радиоактивных и рассеянных металлов по большей части осуществляется на месторождениях магматогенно-метасоматической генетической группы, например, на гидротермальных. Это наиболее многочисленная группа месторождений, отличающихся тем, что оруденение формировалось в зонах разгрузки при резком падении температуры и давления, при движении гидротермальных растворов по зонам трещиноватости и диффузии в породах. Поэтому добыча руды производится в весьма сложных горно-геологических условиях, особенно на больших глубинах.

Тяжелые условия формирования месторождений с зонами разгрузки и избыточного горного давления, различно ориентированными трещинами и разломами, часто «незалеченными», приводят к необходимости заблаговременно оценить степень нарушенности массива, выбрать наиболее эффективную систему разработки (а может быть, наоборот, изменить характеристики массива, для того чтобы применить в разных блоках унифицированную, наилучшую систему разработки), разработать мероприятия по поддержанию очистного пространства, погашению пустот, локализации сдвижений, снижению опорного горного давления, предусмотреть вторичное использование преобразованных недр.

Рациональное использование ресурсов недр невозможно без взаимоувязки и выбора различных технологических мероприятий. Обоснование же этих мероприятий необходимо производить на базе геомеханических проработок **последствий извлечения руд**, а принятие решений должно основываться на информационных данных, полученных с использованием компьютерных технологий.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	6
Глава 1. Особенности геомеханической оценки состояния недр на сложноструктурных месторождениях	14
§ 1. Изученность вопросов оценки состояния недр	14
§ 2. Особенности геологического строения сложноструктурных месторождений	25
§ 3. Естественное напряженно-деформированное состояние горного массива	46
§ 4. Земля глазами астрофизиков	64
Глава 2. Вскрытие и подготовка рудных месторождений	77
§ 1. Основные положения вскрытия месторождений	77
§ 2. Классификация способов вскрытия	78
§ 3. Характеристика месторождений	80
А. Горно-геологическая характеристика рудных месторождений	80
Б. Промышленная характеристика рудных месторождений	83
§ 4. Требования к вскрытию месторождений	87
§ 5. Типы и назначение шахтных стволов	88
§ 6. Выбор схемы вскрытия месторождения	94
Последовательность выбора оптимального варианта вскрытия ...	95
Выбор способа вскрытия	96
А. Расчет капитальных затрат	96
Б. Расчет эксплуатационных затрат	98
§ 7. Сравнение вариантов при выборе способа вскрытия рудных месторождений	104
§ 8. Последовательность выбора схемы вскрытия	110
§ 9. Расположение стволов относительно рудного тела	111
§ 10. Ступени вскрытия месторождения	114
Глубина I очереди вскрытия, шаг вскрытия	116
Групповое вскрытие шахтных полей	118
§ 11. Околоствольные дворы	120
§ 12. Выбор способа подготовки месторождения	123
§ 13. Расположение восстающих, рудоспусков и порядок подготовки	129
§ 14. Объемы подготовительно-нарезных выработок	131
§ 15. Годовая производительность рудника	132

§ 16. Оценка производительности рудника	136
Глава 3. Технология проведения горизонтальных и вертикальных горных выработок	142
§ 1. Проветривание тупиковых забоев	143
§ 2. Проведение горизонтальных горных выработок	145
Форма и размеры поперечного сечения	145
Взрывная отбойка	148
Выбор перфораторов	148
Выбор взрывчатых веществ (ВВ)	151
Средства взрывания (СВ)	152
Заряжание взрывчатыми веществами	153
Выбор зарядной машины	154
Расчет параметров БВР	154
Механическая отбойка	158
§ 3. Доставка и погрузка	160
§ 4. Крепление проходческих и очистных забоев	165
Управление горным давлением	175
§ 5. Расчет продолжительности проходческого цикла	176
§ 6. Проведение вертикальных горных выработок	177
I. Восстающие, рудоспуски	177
II. Стволы	180
Расчет БВР	187
§ 7. Крепление ствола	189
Углубка вертикального ствола	193
§ 8. Расчет продолжительности проходческого цикла	195
§ 9. Проведение разведочных канав, траншей, шурфов, камерных выработок	196
Сооружение камерных выработок	196
Проходка разведочного шурфа	198
Проведение канавок и траншей	199
Глава 4. Технологические процессы очистной выемки	204
§ 1. Классификация производственных процессов подземных горных работ	204
§ 2. Основные технологические процессы	206
А. Шпуровая отбойка	207
Б. Скважинная отбойка	209
В. Минная отбойка	213
§ 3. Выбор бурового оборудования	213
§ 4. Расчет шпуровой отбойки	217
Расчет основных показателей паспорта БВР	223
§ 5. Расчет скважинной отбойки	223
Особенности отбойки пучковыми скважинами	228

Особенности отбойки в зажатой среде	229
Особенности отбойки с учетом НДС	232
Отбойка параллельными комплектами сближенных скважин	233
§ 6. Расчет технико-экономических показателей БВР	234
§ 7. Выбор зарядной машины	236
Интервал замедления электродетонаторов	237
§ 8. Сейсмобезопасные расстояния и допустимая масса заряда ВВ	239
Распространение сейсмовзрывных колебаний	239
Особенность контурного взрывания	241
Расчет сейсмобезопасных параметров БВР	243
§ 9. Механическая и электрофизическая отбойка	245
§ 10. Доставка и погрузка руды	246
Выбор погрузочных машин	248
Доставка руды силой взрыва	249
Оптимизация длины доставки	250
§ 11. Выпуск руды	252
§ 12. Производительность оборудования	253
Бурение шпуров	253
Бурение скважин	255
Зарядание шпуров и скважин	256
Расход ВВ при вторичном дроблении негабарита	257
Производительность доставки	257
§ 13. Поддержание очистного пространства	260
А. Поддержание целиками	260
Б. Поддержание крепью	261
В. Поддержание магазинированием	261
Г. Поддержание закладкой	262
§ 14. Закладка выработанного пространства	263
Пневматическая закладка	264
Гидравлическая закладка	264
Инъекционная закладка	266
§ 15. Твердеющая закладка	266
Сводная ведомость факторов твердения, формирования за- кладки	269
Транспортировка твердеющей закладки в самотечном режиме ...	272
Транспортировка твердеющей закладки в самотечно-пневмати- ческом режиме	273
Контроль прочности закладочного массива	274
§ 16. Полнота использования рудником недр	276
Классификация потерь руды по месту их образования	276
Классификация разубоживания	277
Нормирование показателей извлечения руды	279
Основные мероприятия по снижению потерь и разубоживания	280

Глава 5. Системы разработки при подземной добыче руды	281
§ 1. Классификация систем разработки	281
А. Классификация систем разработки по М.И. Агошкову	281
Б. Классификация систем разработки по В.Р. Именитову	283
В. Другие классификации систем разработки	287
§ 2. Технология очистных работ в блоке	289
Технология создания отрезной щели	289
I класс. Системы с открытым очистным пространством	289
II класс. Системы с магазинированием руды в очистном про- странстве	296
III класс. Системы с закладкой очистного пространства	299
IV класс. Системы с креплением очистного пространства	303
V класс. Системы с креплением и с закладкой	304
VI класс. Системы с обрушением вмещающих пород	305
VII класс. Системы с обрушением руды и вмещающих пород	306
VIII класс. Комбинированные системы разработки	311
§ 3. Конструкции днищ блоков с массовой отбойкой	312
§ 4. Опыт подземной отработки редкометалльных месторождений	316
§ 5. Выбор системы разработки	347
Методика выбора систем подземной разработки рудных место- рождений	350
Упрощенный учет инвестиционных вложений	354
Обоснование параметров систем разработки	360
Последовательность выбора подготовительно-нарезных вырабо- ток	362
Последовательность расчета очистных работ	363
Последовательность расчета параметров системы разработки	365
Извлечение полезных ископаемых	366
Определение размеров основных элементов систем разработки	369
Глава 6. Выбор технологии добычи руды при системах разра- ботки с закладкой выработанного пространства	373
§ 1. Изученность вопросов использования твердеющей закладки	373
§ 2. Анализ методик расчетов прочности искусственной потоло- чины	390
§ 3. Исследования на моделях механизма деформирования искусст- венной потолочины	407
§ 4. Деформирование несущей потолочины	420
§ 5. Варианты применения разнопрочной твердеющей закладки	436
§ 6. Рекомендации по повышению качества горных работ с исполь- зованием твердеющей закладки	454
Глава 7. Выбор технологии добычи руды при системах разра- ботки с обрушением руды и вмещающих пород	456