

В.И. Городниченко  
А.П. Дмитриев

# ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА

*Допущено Учебно-методическим  
объединением вузов Российской Федерации  
по образованию в области горного дела  
в качестве учебника для студентов вузов,  
обучающихся по направлению «Горное дело»  
(квалификация — бакалавр техники  
и технологии) и по специальности  
«Физические процессы горного  
или нефтегазового производства»  
направления подготовки  
«Горное дело»*



---

МОСКВА  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»  
♦  
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА  
2008

УДК 622(075.8)  
ББК 33  
Г 70

*Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»*

*Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07*

*Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-125/6 от 30.10.2006)*

**Рецензенты:**

- кафедра «Геотехнологии и геотехника» Тульского государственного университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *Е.И. Захаров*);
- д-р техн. наук, проф. *В.Ж. Аренис* (РАЕН)

**Городниченко В.И., Дмитриев А.П.**

Г 70

Основы горного дела: Учебник для вузов. — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. — 464 с.

ISBN 978-5-98672-063-0 (в пер.)

ISBN 978-5-7418-0509-1

Приведены общие сведения о горных работах, горных выработках, предприятиях и их продукции. Даны основные понятия и определения процессов разрушения горных пород и перемещения горной массы, а также принципы устройства и работы, характеристики и классификации применяемых машин и механизмов. Описаны процессы поддержания и проветривания горных выработок, осушения шахтных и карьерных полей, водоотлив на горных предприятиях и освещение горных выработок. Рассмотрены способы и технологии проведения горных выработок, строительства подземных сооружений, вскрытия и подготовки месторождений, очистной выемки полезных ископаемых. Изложены сущность и технологии подземной, открытой, гидромеханизированной, подводной и скважинной добычи полезных ископаемых. Уделено внимание первичной переработке и обогащению полезных ископаемых.

*В.И. Городниченко* — канд. техн. наук, доц. кафедры «Физика горных пород и процессов» МГГУ.

*А.П. Дмитриев* — д-р техн. наук, проф. кафедры «Физика горных пород и процессов» МГГУ.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Горное дело» (квалификация — бакалавр техники и технологии) и по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства» направления подготовки «Горное дело».

УДК 622(075.8)  
ББК 33

ISBN 978-5-98672-063-0  
ISBN 978-5-7418-0509-1

© В.И. Городниченко,  
А.П. Дмитриев, 2008  
© Издательство «Горная книга», 2008  
© Издательство МГГУ, 2008  
© Дизайн книги. Издательство МГГУ,  
2008

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Горное дело — это область деятельности человека, включающая в себя горную науку и горное производство, охватывающая всю совокупность способов разведки месторождений полезных ископаемых, строительства и эксплуатации горно-добывающих предприятий и предприятий первичной переработки и обогащения минерального сырья, строительства подземных сооружений с целью освоения природных ресурсов недр Земли.

Дисциплина «Основы горного дела» является одной из первых дисциплин цикла «Технология горного производства» для горных инженеров, обучающихся по специальности 130401.

Основная цель преподавания дисциплины — обучение студентов пониманию терминологии, принципов и методов освоения месторождений полезных ископаемых открытым, подземным, скважинным и другими способами, включая вопросы первичной переработки и обогащения минерального сырья, требования к его качеству и комплексному использованию.

Изучение дисциплины должно способствовать успешному проведению учебной практики, последующему изучению цикла дисциплин «Технология горного производства», а также дисциплин по специализации «Физические процессы горного производства».

При подготовке учебника авторы опирались на опыт преподавания данной дисциплины на кафедре Физики горных пород и процессов МГГУ для специальности 130401, сущность которого была сведена, во-первых, к учету уровня знаний студентов на этапе преподавания дисциплины для обеспечения усвоения студентами материала учебника, во-вторых, к изложению вопросов, имеющих наиболее общий характер для инженерной деятельности специалистов данного профиля, в-третьих, к мотивации приобретения студентами дополнительных знаний путем самостоятельной работы с научно-технической литературой и, в-четвертых, к побуждению участия студентов в изучении процессов и решении технических задач, связанных с добычей, переработкой и комплексным использованием минерального сырья.

Дисциплину изучают на первом и втором курсах посредством прослушивания лекций и выполнения практических работ с последующим закреплением знаний при курсовом проектировании.

В результате изучения дисциплины студент должен освоить терминологию и получить представление о перспективах развития горной промышленности, основных горно-добывающих регионах страны, видах продукции горных предприятий и основных ее потребителях, элементах залегания месторождений полезных ископаемых, горных выработках, видах горных предприятий, процессах и технологиях горного производства.

Студент должен уметь графически изобразить месторождения полезных ископаемых и элементы их залегания, схемы вскрытия, подготовки и очистной выемки при различных условиях залегания и свойствах горных пород, горизонтальные, вертикальные и наклонные горные выработки, схемы их проветривания и водоотлива. Студент должен суметь правильно выбрать форму поперечного сечения горных выработок, способ их поддержания, вид крепи в различных горно-геологических условиях, способ разрушения и перемещения горных пород с различными физическими и технологическими свойствами. Он должен быть способен выполнить простые расчеты параметров горных работ (размеры поперечного сечения горных выработок, рабочих площадок уступов карьеров, расход ВВ, показатели извлечения минерального сырья и др.).

Изучение дисциплины базируется на знаниях разделов общетеоретических и общетехнических дисциплин, в том числе химии, инженерной графики и геологии.

Части I и II написаны В.И. Городниченко и А.П. Дмитриевым, часть III — совместно В.М. Авдохиным и В.И. Городниченко.



Учение без размышления бесполезно,  
но и размышление без учения опасно.

*Конфуций (ок. 551—479 гг. до н.э.)*

## ВВЕДЕНИЕ

Полезные ископаемые, располагающиеся в земной коре в пределах территории страны, образуют ее минерально-сырьевую базу. Эти природные ресурсы называют богатством недр государства.

Добычу полезных ископаемых обеспечивают горно-добывающие отрасли промышленности, перспективы развития которых зависят прежде всего от состояния природных ресурсов. Их освоение играет важнейшую роль в развитии экономики России.

В нашей стране выявлены в промышленных концентрациях все виды минерального сырья, используемого в мировой практике.

Оценка прогнозных ресурсов, которую сегодня осуществляют в основном до глубины освоенных промышленностью недр, составляющей для твердых полезных ископаемых около 1 км, свидетельствует о том, что в России в обозримом будущем истощения минеральных ресурсов не предвидится, тем более что результаты исследований сверхглубоких скважин подтверждают наличие промышленных концентраций полезных компонентов на глубинах до 10 км.

По данным Министерства природных ресурсов России, в нашей стране 60—70 % запасов важнейших видов полезных ископаемых сосредоточено в ограниченном числе крупных месторождений. В настоящее время сохраняют свое значение освоенные крупные месторождения полезных ископаемых и имеют большие перспективы развития месторождения в регионах Сибири, Дальнего Востока и Севера (табл. 1 и 2).

В Сибири находится около 84 % разведанных запасов угля России (категории А, В, С<sub>1</sub>), из них бурых и каменных углей примерно поровну. В этих запасах сосредоточено до 90 % коксующихся углей России и около 85 % особо ценных для коксования углей марок ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС.

В настоящее время в Сибири, включая республику Саха, добывается около 70 % углей России. Как считают эксперты, этот показатель будет возрастать в связи с сокращением добычи угля в европейской части страны, а также на Урале и Дальнем Востоке. Можно предположить, что основная роль в обеспечении потребностей страны в углях в будущем будет принадлежать Кузбассу.

Региональная структура добычи, запасов и прогнозных ресурсов бокситов, руд железа, никеля, свинца, цинка, олова, золота, которые в значительной мере создают минерально-сырьевую базу металлургии России, представлена в табл. 3.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
<b>ЧАСТЬ I. ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>11</b>
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНЫХ РАБОТАХ.....	13
1.1. Месторождения полезных ископаемых и элементы их залегания.....	13
1.2. Запасы и извлечение полезных ископаемых.....	17
1.3. Технологии разработки месторождений полезных ископаемых .....	20
1.4. Горные выработки .....	21
1.5. Горные предприятия и виды их продукции .....	28
1.6. Производственный комплекс горного предприятия на земной поверхности.....	35
1.7. Основные сведения о свойствах горных пород .....	38
ГЛАВА 2. РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД.....	47
2.1. Способы разрушения горных пород .....	47
2.2. Механическое разрушение горных пород.....	49
2.2.1. Отбойка горных пород резцами .....	49
2.2.2. Отбойка горных пород коронками .....	58
2.2.3. Отбойка горных пород шарошками .....	71
2.2.4. Разрушение горных пород отбойными молотками .....	82
2.3. Разрушение горных пород посредством взрывания зарядов ВВ .....	82
2.3.1. Способы взрывной отбойки горных пород .....	82
2.3.2. Взрывчатые вещества и средства взрывания .....	90
2.4. Гидравлическая отбойка горных пород.....	103
2.5. Другие способы разрушения горных пород.....	104
ГЛАВА 3. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ РАЗРЫХЛЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.....	106
3.1. Способы перемещения горной массы.....	106
3.2. Перемещение горной массы при подземных горных работах .....	109
3.2.1. Перемещение горной массы погрузочными машинами.....	109
3.2.2. Перемещение горной массы погрузочно-доставочными машинами, комплексами, установками, устройствами, конвейерами.....	115
3.2.3. Перемещение горной массы рельсовым транспортом .....	122
3.2.4. Перемещение горной массы конвейерным транспортом.....	126

3.2.5. Перемещение горной массы трубопроводным транспортом.....	130
3.2.6. Перемещение горной массы подъемными установками.....	131
3.3. Перемещение горной массы на открытых горных работах.....	133
3.3.1. Перемещение горной массы выемочно-погрузочными машинами и комплексами.....	133
3.3.2. Перемещение горной массы железнодорожным транспортом.....	141
3.3.3. Перемещение горной массы автомобильным транспортом .....	143
3.3.4. Перемещение горной массы конвейерным транспортом.....	145
3.3.5. Перемещение горной массы гидротранспортом.....	149
<b>ГЛАВА 4. ПОДДЕРЖАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....</b>	<b>151</b>
4.1. Понятие о горном давлении .....	151
4.2. Способы поддержания подземных горных выработок .....	153
4.2.1. Поддержание выработок посредством придания им специальной формы поперечного сечения .....	154
4.2.2. Поддержание выработок креплением.....	155
4.2.3. Поддержание выработанного пространства закладкой и обрушенными горными породами .....	171
4.2.4. Поддержание выработок искусственным упрочнением массива горных пород.....	175
4.3. Поддержание открытых горных выработок.....	178
<b>ГЛАВА 5. ПРОВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....</b>	<b>180</b>
5.1. Рудничная атмосфера.....	180
5.2. Вентиляция шахт и рудников.....	184
5.3. Вентиляторы .....	187
5.4. Дегазация горных выработок .....	193
5.5. Подземные пожары .....	196
5.6. Подавление пыли и газов на открытых горных работах.....	197
<b>ГЛАВА 6. ОСУШЕНИЕ ШАХТНЫХ И КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ. ВОДООТЛИВ В ШАХТАХ И РУДНИКАХ. ОСВЕЩЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК .....</b>	<b>202</b>
6.1. Осушение шахтных и карьерных полей .....	202
6.2. Водоотлив в шахтах и карьерах .....	205
6.3. Освещение горных выработок .....	211
Контрольные вопросы и задания .....	212
<b>ЧАСТЬ II. ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>213</b>
<b>ГЛАВА 7. ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ .....</b>	<b>215</b>
7.1. Проведение горных выработок .....	215
7.1.1. Способы проведения горных выработок .....	215
7.1.2. Проведение горизонтальных и наклонных горных выработок буровзрывным способом.....	217
7.1.3. Строительство вертикальных шахтных стволов.....	229
7.1.4. Проходка восстающих выработок буровзрывным способом .....	234

7.1.5. Проведение горных выработок проходческими комбайнами и машинами .....	237
7.2. Строительство подземных сооружений .....	248
7.2.1. Виды подземных сооружений .....	248
7.2.2. Способы строительства подземных сооружений .....	249
7.3. Вскрытие месторождений полезных ископаемых .....	269
7.4. Подготовка месторождений к очистной выемке полезных ископаемых .....	274
7.5. Очистная выемка полезных ископаемых .....	283
7.5.1. Системы разработки месторождений полезных ископаемых .....	283
<b>ГЛАВА 8. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ .....</b>	<b>318</b>
8.1. Стадии открытых горных работ при разработке месторождений полезных ископаемых .....	318
8.2. Элементы карьера .....	319
8.3. Технология открытых горных работ .....	321
8.4. Вскрытие и подготовка карьерного поля к выемке полезного ископаемого .....	322
8.5. Подготовка горных пород к выемке .....	325
8.6. Вскрышные работы .....	327
8.7. Выемочно-погрузочные работы в карьере .....	330
8.8. Грузопотоки и транспортное обеспечение грузоперевозок .....	333
8.9. Отвалообразование .....	341
8.10. Системы разработки .....	345
8.11. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами .....	350
<b>ГЛАВА 9. ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННЫЕ И ПОДВОДНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ .....</b>	<b>350</b>
9.1. Гидромеханизация открытых горных работ .....	351
9.1.1. Гидромониторный способ разработки горных пород .....	351
9.1.2. Земснарядный способ разработки горных пород .....	353
9.1.3. Дrajный способ разработки горных пород .....	356
9.2. Подводные горные работы .....	357
9.3. Гидромеханизация подземных горных работ .....	358
<b>ГЛАВА 10. СКВАЖИННАЯ ДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>360</b>
10.1. Способы и процессы скважинной добычи .....	361
10.2. Технологии скважинной добычи .....	365
Контрольные вопросы и задания .....	369
<b>ЧАСТЬ III. ПЕРЕРАБОТКА И ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>371</b>
<b>ГЛАВА 11. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ. ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЧЕСТВА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ .....</b>	<b>373</b>
11.1. Основные понятия и термины .....	373
11.2. Характеристики качества полезных ископаемых .....	376
<b>ГЛАВА 12. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ОБОГАЩЕНИЯ .....</b>	<b>380</b>
12.1. Усреднение качества полезных ископаемых .....	380



12.2. Дробление и измельчение.....	382
12.2.1. Дробильно-измельчительные машины .....	384
12.3. Классификация по крупности.....	389
12.3.1. Машины и аппараты для классификации по крупности .....	391
12.4. Процессы гравитационного обогащения.....	394
12.4.1. Обогащение в тяжелых суспензиях .....	394
12.4.2. Отсадка и отсадочные машины .....	397
12.4.3. Обогащение в потоке воды на наклонной плоскости.....	399
12.4.4. Промывка.....	402
12.5. Процессы флотационного обогащения.....	403
12.5.1. Флотационные машины .....	406
12.6. Процессы магнитного обогащения .....	407
12.6.1. Магнитные сепараторы .....	410
12.7. Процессы электрического обогащения .....	411
12.8. Процессы радиометрического обогащения.....	414
12.9. Процессы обезвоживания .....	415
12.10. Окускование полезных ископаемых и продуктов обогащения .....	417

ГЛАВА 13. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И ОБОГАЩЕНИЯ .....	421
13.1. Технология переработки и обогащения .....	421
13.2. Подготовка полезных ископаемых к переработке и обогащению .....	422
13.3. Технология обогащения руд цветных металлов.....	423
13.4. Технология обогащения железных руд .....	427
13.5. Технология обогащения углей .....	429
13.6. Технология переработки нерудных полезных ископаемых .....	431
13.7. Обогащительные фабрики .....	434
13.8. Охрана окружающей среды при переработке полезных ископаемых .....	435
Контрольные вопросы и задания .....	438

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	439
------------------------	-----

ПРИЛОЖЕНИЕ .....	441
------------------	-----