

В.Г. Лешков

РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Допущено
Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию
в области горного дела в качестве учебника
для студентов вузов, обучающихся
по специальности
«Открытые горные работы»
направления подготовки
«Горное дело»*



МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

2007

УДК 622.271.1

ББК 65.304.12

Л 33

*Издано при финансовой поддержке:
Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках
Федеральной целевой программы «Культура России»;
Инвестиционного фонда поддержки горного книгоиздания;
артелей старателей «Восток» и «Дражник»*

*Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным
для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государст-
венным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.*

*Экспертиза проведена учебно-методическим объединением высших учеб-
ных заведений Российской Федерации по образованию в области горного
дела (письмо № 51-44/6 от 24.04. 2007)*

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. *Ю.В. Бубис* (кафедра «Технология, механизация и организация открытых горных работ» МГГУ);
- д-р техн. наук, проф. *Е.А. Котенко* (Академия горных наук);
- кафедра «Комплексное освоение и экология россыпных и морских месторождений» Российского государственного геологоразведочного университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. В.П. Дробаденко);
- отделение «Информатизации золото-платиновой и алмазной промышленности» Международной академии информатизации

Лешков В.Г.

Л 33 Разработка россыпных месторождений: Учебник для вузов. — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2007. — 906. с.: ил.

ISBN 978-5-98672-047-0 (в пер.)

ISBN 978-5-7418-0481-0

Даны сведения о горных породах, типах и строении россыпей, их минеральном составе, а также о поисках, разведке, кондициях, подсчете и утверждении запасов. Приведены общие понятия и основные положения разработки россыпей. Изложены история открытия, становления и современное состояние золотопромыслового дела на территории России. Рассмотрен комплекс технологий горно-эксплуатационных (предварительных, подготовительных, добычных и промывочно-обогатительных) работ при разработке россыпей открытым (бульдозерно-скреперным, экскаваторным, гидравлическим), подводным (многочерпаковыми драгами) и подземным способами. Предложены обоснования выбора и расчета рациональных параметров горных работ, обеспечивающих высокую эффективность применения этих способов разработки при освоении талых и многолетнемерзлых россыпей различного состава и мощности, а также наиболее полное использование природных ресурсов и охрану недр на приисках.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело».

УДК 622.271.1

ББК 65.304.12

ISBN 978-5-98672-047-0

ISBN 978-5-7418-0481-0

© В.Г. Лешков, 2007

© Издательство «Горная книга», 2007

© Издательство МГГУ, 2007

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2007

В тысячелетней истории развития цивилизаций россыпные месторождения сыграли поистине революционную роль, являясь «забойщиком» века металлов, одарив человечество первым из них — золотом, ставшим в последующие века «мерилом всех мерил», эталоном экономического могущества, независимости, богатства и процветания стран и народов.

В нашей стране на протяжении почти трех столетий россыпные месторождения золота эксплуатируются с высокой интенсивностью, обеспечивая вплоть до начала XXI в. поставку в государственные фонды преобладающего количества этого металла, а до 30-х гг. XX столетия — и металлов платиновой группы. Кроме золота и платины в настоящее время россыпные месторождения продолжают поставлять промышленности большое количество дефицитного минерального сырья, в частности касситерита, алмазов, ильменита, рутила, тантала, шеелита, циркона, пьезокварца, янтаря и других ценных промпродуктов.

Разрабатываемые россыпные месторождения горные предприятия называются приисками, которые по своей организационной, производственной и хозяйственной структуре во многом отличаются от добывающих предприятий других отраслей горной промышленности. Так, приисковой деятельностью охвачены обширные пространства преимущественно удаленных, труднодоступных и экономически мало освоенных районов нашей страны со сложными природно-климатическими условиями и характерной для них высокой степенью распространения многолетней мерзлоты.

Эта специфика обусловила необходимость ведения приисками по существу «натурального» хозяйствования, при котором, наряду с добывающими, промывно-обогащительными и эксплуатационно-разведочными подразделениями, в их состав обычно входят объекты собственной энергетики, транспорта, связи, ремонтно-механической и социально-бытовой сферы. Вместе с тем на прииске, как правило, одновременно задействовано несколько (до 10 и более) добычных участков (объектов), осуществляющих разработку россыпей различными способами (открытым, подземным, подводным), причем часто эти объекты рассредоточены на значительном (до

100 км и более) удалении друг от друга и от центральной приисковой базы (стана).

Многопрофильность хозяйственных функций и организационных форм проведения горных работ, связанных с необходимостью применения различных, по существу принципиально отличающихся друг от друга технологий, приемов и технических средств, требует от руководящего инженерного персонала всесторонних знаний предмета деятельности, навыков и умения рационально применять их в конкретных горно-геологических и природно-климатических условиях залегания разрабатываемой россыпи. Все это требует особо тщательного подхода к проектированию и организации работ по промышленному освоению россыпных месторождений, а также к подготовке высококвалифицированных горных инженеров для этой важной отрасли горно-промышленного производства.

В процессе подготовки учебника автор исходил из того, что в области теории и практики разработки россыпных месторождений наша страна занимает ведущее положение в мире. Поэтому в основу учебника положены исследования и передовой опыт отечественных предприятий, инженеров и ученых.

Отдельные вопросы, связанные со смежными профилирующими дисциплинами (геология, разведка, гидрогеология, обогащение, транспорт, гидротехнические сооружения и др.), рассмотрены в учебнике в сокращенном виде, и с ними студенту предстоит детально ознакомиться при изучении этих специальных курсов (предметов).

Раздел учебника, посвященный разработке талых и многолетнемерзлых россыпей подземным способом, написан д-ром техн. наук, проф. С.В. Потемкиным.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РОССЫПЯХ

1.1. Понятие о горных породах и минералах, формирование россыпей, типы рыхлых отложений

Земную кору слагают многочисленные виды горных пород. *Горной породой* называют агрегаты минералов более или менее постоянного состава, образующие самостоятельные геологические тела. Горная порода, состоящая из одного минерала, является мономинеральной (известняк, глина), а из нескольких — полиминеральной (гранит). Процентное выражение количества содержащихся в породе минералов называется ее минеральным составом, который служит одним из важнейших признаков породы. Другим основным признаком является ее строение, определяемое структурой и текстурой (приложение I, табл. I. 1). По происхождению горные породы подразделяются на осадочные, магматические (изверженные) и метаморфические.

Некоторые основные характеристики, относящиеся к породам и минералам россыпных месторождений, приведены в приложении I.

Минерал (от слова «минера» — руда) представляет собой природное вещество (химическое соединение или самородный элемент) стабильного химического состава и физического строения, образовавшееся в результате естественных физико-химических процессов в земной коре.

Содержание (по массе) в земной коре различных элементов характеризуется следующими данными: кислорода 49 %, кремния 26 %, алюминия 7,5 %, железа 4,2 %, кальция 3,3 %, калия 2,3 %, водорода около 1 %. Другие важные элементы входят в состав земной коры в десятых, сотых, тысячных и миллионных долях процента (титана 0,5 %, марганца 0,1 %, циркония 0,03 %, ванадия 0,02 %, хрома 0,02 %, никеля 0,02 %, лития 0,01 %, бериллия 0,01 %, меди 0,01 %, цинка 0,005 %, олова 0,004 %, кобальта 0,003 %, свинца

0,0016 %). Невысока концентрация и радиоактивных элементов, являющихся ядерным топливом для атомной энергетики. Так, содержание тория и урана составляет соответственно 0,0008 и 0,0004 %. Содержание же благородных металлов — серебра, золота и платины равно соответственно 0,00001, 0,0000005 и 0,0000005 %.

Горные породы, содержащие ценные минералы в повышенном количестве, называются *рудой*. К категории промышленных руд относятся мономинеральные горные породы, содержащие один минерал (от греческого слова «моно» — один), и полиминеральные, содержащие несколько минералов (от греческого слова «поли» — много) в таких количествах и концентрациях, при которых их промышленная переработка технически возможна и экономически целесообразна.

Минералы, обладающие ценными свойствами и качествами, используемые в народном хозяйстве на различные нужды, называются *полезными ископаемыми*. Естественное скопление полезного ископаемого в земной коре в количестве, выгодном для промышленного извлечения его из недр при современном уровне развития техники и технологии, называется *месторождением*.

Горные породы, добываемые совместно с полезными ископаемыми, но не используемые в народном хозяйстве из-за отсутствия надобности в них, называют *пустыми породами*.

Различают коренные (первичные) и россыпные (вторичные) месторождения твердых полезных ископаемых. Коренные месторождения, как правило, приурочены к крепким скальным породам. Россыпные месторождения образуются за счет разрушения пород коренных месторождений, являющихся по отношению к россыпным первичными, или материнскими. Разрушаясь, горные породы дробятся до такой степени, что отдельные минералы, входящие в их состав, высвобождаются и попадают в рыхлые отложения, представляющие собой механическую смесь пустых пород и ценных компонентов.

Россыпным месторождением (россытью) называется скопление рыхлых или сцементированных отложений обломочного материала, включающее зерна или кристаллы полезных минералов в промышленной концентрации. Образование россыпей связано с процессом выветривания, под которым понимаются разнообразные изменения горных пород и минералов под влиянием многих факторов: атмосферных осадков, ветра, температуры, солнечной радиации, животных и растительных организмов и др. Воздействие этих факторов обычно приводит к разрушению (разрыхлению) коренных пород, а

в процессе их перемещения — к сортировке обломочного материала (по крупности, плотности и форме зерен), истиранию, окатыванию и дифференциации частиц по степени механической прочности и химической устойчивости, а также к изменению химического состава и первоначального облика пород и минералов.

Различают *физическое* и *химическое* выветривание. Под физическим выветриванием понимается разрушение монолитной горной породы на обломки различного размера в основном под воздействием колебаний температуры. Днем в летнее время породы нагреваются и их объем вследствие этого увеличивается, а ночью в связи с охлаждением объем уменьшается. Такое многократное изменение объема приводит к растрескиванию и разрушению массива. Этот вид выветривания называется *инсоляционным* (от латинского слова «солюм» — солнце). Инсоляционное выветривание характерно для районов с резкоконтинентальным климатом.

В пустынях может происходить *солевое* выветривание. Подземные воды здесь сильно засолены. Они поднимаются вверх по капиллярным трещинам и при выходе на поверхность испаряются, а заключенные в них соли кристаллизуются на стенках трещин. С течением времени кристаллы солей увеличиваются в объеме и разрыхляют породы до пылевидного состояния.

В северных и высокогорных районах температура в летний период ночью опускается ниже нуля. Вода, проникая днем в трещины и поры породы, ночью замерзает. Многократное замерзание и оттаивание воды приводит к разрушению монолитной породы. Такое выветривание называется *морозным*.

Процессы физического выветривания не оказывают существенного влияния на состав горной породы, а только превращают ее из монолитной в рыхлую. Например, крепкий гранит превращается в дресву такого же состава. Однако раздробленность породы способствует *химическому выветриванию*, так как при этом увеличивается поверхность вещества, которая может взаимодействовать с водой и воздухом.

В результате химического выветривания горная порода теряет свой вид и состав и превращается в другую породу. К агентам химического выветривания относятся кислород, углекислый газ и вода, которые сами по себе химически инертны. Однако в водной среде кислород и углекислый газ становятся весьма активными.

Предисловие.....	5
I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	7
1. Общие сведения о россыпях.....	9
1.1. Понятие о горных породах и минералах, формирование россыпей, типы рыхлых отложений	9
1.2. Краткие сведения об обломочных горных породах.....	19
1.3. Условия образования россыпей.....	24
1.4. Типы россыпей.....	28
1.5. Строение россыпей.....	37
1.6. Распределение ценных минералов в россыпи.....	40
2. Краткие сведения о поисках, разведке, подсчете и утверждении запасов россыпей.....	43
2.1. Сведения о диагностике и физических свойствах минералов россыпей.....	43
2.2. Характеристика ценных минералов россыпей и их применение в промышленности.....	46
2.3. Поисково-оценочные работы на россыпях.....	63
2.4. Предварительная и детальная разведка россыпей.....	69
2.5. Кондиции, подсчет и утверждение запасов россыпей.....	78
3. Общие сведения о разработке россыпей.....	94
3.1. Исторические очерки о становлении и развитии золотороссыпного промысла на территории России.....	94
3.2. Физические свойства горных пород россыпей.....	163
3.3. Краткие сведения о мерзлых породах.....	175
3.4. Общие понятия и основные положения по разработке россыпей.....	178
3.5. Способы разработки россыпей.....	189
4. Охрана окружающей среды и воспроизводство природных ресурсов при разработке россыпей.....	192
4.1. Общие положения по охране окружающей среды.....	192
4.2. Восстановление земельных угодий, нарушенных горными работами....	196
4.3. Осветление промышленных стоков.....	214
4.4. Водотехнические расчеты по осветлению и сбросу промышленных стоков.....	221
II. ОТКРЫТАЯ РАЗРАБОТКА РОССЫПЕЙ.....	241
5. Бульдозерно-скреперный способ разработки.....	243
5.1. Общие положения.....	243
5.2. Общие сведения. Типы бульдозеров и скреперов.....	246
5.3. Способы выемки пород бульдозерами и скреперами.....	255
5.4. Предварительное рыхление пород.....	267

5.5. Работы по осушению россыпи.....	288
5.6. Работы по вскрытию россыпи.....	294
5.7. Подготовительные работы.....	305
5.8. Добычные работы.....	319
5.9. Режим работы и технико-экономические показатели.....	351
6. Экскаваторные способы разработки.....	356
6.1. Общие сведения.....	356
6.2. Основное оборудование.....	359
6.3. Рабочие параметры и производительность экскаваторов.....	370
6.4. Особенности разработки горных пород экскаваторами.....	379
6.5. Осушение и вскрытие россыпи.....	388
6.6. Подготовительные работы.....	395
6.7. Добычные работы.....	407
6.8. Режим работы и технико-экономические показатели разрезов.....	417
7. Гидравлический способ разработки.....	419
7.1. Общие сведения.....	419
7.2. Технологическое оборудование.....	430
7.3. Размыв пород гидромониторной струей.....	435
7.4. Самотечный гидротранспорт.....	445
7.5. Напорный гидротранспорт.....	452
7.6. Водоснабжение гидроустановок.....	465
7.7. Работы по вскрытию россыпи.....	475
7.8. Подготовительные работы.....	482
7.9. Добычные работы.....	484
7.10. Техника безопасности.....	500
8. Разупрочнение многолетнемерзлых и предохранение талых пород от сезонного промерзания.....	502
8.1. Общие сведения.....	502
8.2. Естественное оттаивание и поверхностная тепловая мелиорация многолетнемерзлых пород.....	506
8.3. Оттаивание мерзлых пород водой из поверхностных водоемов.....	514
8.4. Оттаивание мерзлых пород подогретой водой, паром и электрическим током.....	535
8.5. Предохранение поверхности россыпи от глубокого сезонного промерзания и интенсификация оттаивания многолетнемерзлых пород.....	543
III. РАЗРАБОТКА ОБВОДНЕННЫХ РОССЫПЕЙ ДРАЖНЫМ СПОСОБОМ.....	559
9. Классификация, устройство и условия применения драг.....	561
9.1. Краткий очерк развития драгостроения и дражной разработки.....	561
9.2. Типы современных драг и их классификация.....	572
9.3. Условия применения многоковшовых драг.....	576
9.4. Устройство многоковшовых драг.....	578
9.5. Проверка соответствия конструктивных размеров драг параметрам россыпи.....	594
10. Водоснабжение дражных разработок, вскрытие и подготовка россыпей...	600
10.1. Водоснабжение дражных разрезов.....	600

10.2. Способы вскрытия россыпей.....	607
10.3. Горно-подготовительные работы.....	617
10.4. Водоподпорные сооружения.....	624
11. Добычные работы.....	633
11.1. Выемка пород.....	633
11.2. Системы разработки россыпей.....	645
11.3. Ширина одинарного забоя свайной драги.....	657
11.4. Влияние производительности драги на себестоимость полезного ископаемого.....	669
11.5. Отвалообразование.....	675
11.6. Вспомогательные работы.....	680
11.7. Эксплуатационные потери и разубоживание песков.....	683
11.8. Режим работы, обслуживающий персонал и ремонт драг.....	689
11.9. Продолжительность дражного сезона. Методика расчета.....	693
11.10. Основные требования правил безопасности.....	713
IV. РАЗРАБОТКА РОССЫПЕЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ.....	719
12. Общие сведения о подземной разработке россыпей.....	721
12.1. Условия применения.....	721
12.2. Терминология.....	725
12.3. Особенности разработки талых и мерзлых россыпей.....	727
12.4. Способы вскрытия и вскрывающие выработки.....	729
12.5. Выбор места заложения вскрывающих выработок.....	733
12.6. Общие сведения о горном давлении, управлении кровлей и видах крепления.....	735
12.7. Проветривание горных выработок.....	746
13. Подземная разработка талых россыпей.....	750
13.1. Осушение россыпи.....	750
13.2. Проходка выработок.....	754
13.3. Подготовка шахтных полей.....	758
13.4. Очистка выемка.....	760
13.5. Системы разработки.....	761
14. Подземная разработка многолетнемерзлых россыпей.....	770
14.1. Отбойка пород.....	770
14.2. Проходка выработок.....	775
14.3. Подготовка шахтных полей.....	783
14.4. Очистная выемка.....	786
14.5. Системы разработки.....	792
14.6. Борьба с пылью.....	802
14.7. Отвалообразование.....	804
14.8. Режим и технико-экономические показатели работы шахт.....	808
14.9. Перспективы подземной разработки многолетнемерзлых россыпей....	811
Список литературы.....	813
Приложения.....	815