

555.5
Г83

kogo

М. Б. ГРИГОРОВИЧ

ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ



161556

553.5
Г83

УДК 553.5 : 550.8

Григорович М. Б. Оценка месторождений облицовочного камня при поисках и разведке. Изд. 2, перераб. и доп. М., «Недра», 1976, 151 с.

Первое издание книги вышло в 1970 г. Книга была награждена серебряной медалью ВДНХ.

Во втором издании книги приводятся технические требования к облицовочному камню и краткие сведения о его использовании различных видов. Даются геологическая, петрографическая и физико-механическая характеристики различных видов облицовочных камней по основным генетическим группам. Приводятся сведения о распространении месторождений облицовочного камня на территории Советского Союза и за рубежом, а также генетическая классификация месторождений.

Несколько глав посвящено вопросам геолого-литологического изучения месторождений, опробования, изучения трещиноватости, методики поисков и разведки, а также геолого-экономической оценки. Заключительные главы содержат краткие сведения о способах разработки месторождений и состоянии промышленности облицовочного камня в нашей стране и за рубежом.

Второе издание книги дополнено новыми данными по методике геологоразведочных работ на облицовочные камни и геолого-экономической оценке месторождений. Дополнен перечень гостей и технических условий.

Книга рассчитана на геологов, работающих в области разведки месторождений облицовочных камней.

Табл. 30, ил. 19, список лит. — 61 назв.

Г 20804—469
043 (01)—76 11—76

БИБЛИОТЕКА
Сельского хозяйства
Академии наук СССР

161556

© Издательство «Недра», 1976

ПРЕДИСЛОВИЕ

Декоративные цветные камни в последние годы находят все более широкое применение в жизни советского общества. Наиболее ценные и красивые из них идут для изготовления ювелирных изделий (драгоценные камни), из менее ценных вырабатываются мелкие предметы, украшающие быт (поделочные камни).

Облицовочные камни применяются при строительстве общественных, государственных и культурных сооружений (станций метрополитена, правительственные здания, дворцов культуры, театров, мемориальных сооружений и др.). Большой объем строительства с применением облицовочных камней в последние годы обусловил развитие геологоразведочных работ на этот вид полезных ископаемых, выявивших значительное число месторождений высокодекоративного камня. По ресурсам облицовочных камней, их разнообразию и богатству цветовой гаммы Советский Союз занимает одно из первых мест в мире.

Настоящая книга является первой попыткой обобщения большого опыта, накопленного в нашей стране, по разведке

месторождений облицовочного камня. В ней приводятся сведения о физико-технических и декоративных свойствах облицовочных камней, их генетическая и промышленная классификация, методика геологоразведочных работ и опробования. Кратко охарактеризованы история применения облицовочного камня в нашей стране и приведены данные о размещении их месторождений в Советском Союзе и за рубежом. В связи с тем, что важнейшим элементом геологоразведочных работ на облицовочные камни является определение процента выхода блочного камня из горной массы и выхода из блоков облицовочных плит, в книге приведены необходимые сведения по этим вопросам, а также по методике изучения трещиноватости.

Второе издание книги дополнено новыми данными по месторождениям облицовочных камней, полученными за годы, прошедшие после выхода первого издания (1970 г.), а также содержит требования новой инструкции ГКЗ СССР по облицовочным и строительным камням.

Автор приносит благодарность Л. М. Гроховскому, Е. Я. Киевленко, А. П. Гаврилову и В. П. Петрову за ценные советы и замечания.

«Камень сейчас в руках человека не забава и роскошь, а прекрасный материал, которому мы сумеем вернуть свое место, материал среди которого интереснее и веселее жить».

А. Е. Ферсман

Глава I

ОБЛИЦОВОЧНЫЕ КАМНИ — ИХ ВИДЫ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

К природным облицовочным материалам относятся различные горные породы, обладающие декоративными свойствами, достаточно высокой прочностью и способностью длительное время противостоять воздействию процессов выветривания, т. е. долговечностью.

В качестве облицовочного камня используются горные породы различного происхождения: изверженные (интрузивные и эфузивные), метаморфические и осадочные.

Из интрузивных пород применяются граниты, сиениты, диориты, габбро-нориты, лабрадориты. Из эфузивных — вулканические туфы, порфиры, порфириты, диабазы, андезиты и базальты. Из осадочных пород применяются известняки и доломиты, песчаники, гипс; из метаморфических — мраморы (белые и цветные), кварциты.

Большинство свежих, невыветренных горных пород, применяемых в качестве облицовочных камней, обладает высокой долговечностью, измеряемой сотнями и даже тысячами лет.

Долговечность различных видов облицовочных камней характеризуется цифрами, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Долговечность облицовочных камней (теоретическая) в годах
(по Б. В. Залесскому и Б. П. Беликову, 1948)

Порода	Начало разрушения	Угрожающее состояние	Окончательное разрушение
Кварцит	650	1460	—
Гранит, лабрадорит и др.	220—350	220—1070	1625
Мрамор	20—135	33—400	100—1200

Пригодность камня в качестве облицовочного, как уже указывалось, определяется главным образом двумя группами свойств: декоративными и физико-механическими.

Декоративные свойства облицовочного камня определяются его цветом и рисунком, обусловленным особенностями структуры и текстуры породы. Цвет камня в значительной степени определяет его декоративные качества.

Для облицовки в основном применяют камни светлых тонов (розовые, красные и серые) — граниты, сиениты, гранодиориты, белые и цветные мраморы. Темноокрашенные породы, такие как диориты, габбро и базальты, а также черные мраморы находят меньшее применение и используются в основном или в сооружениях, имеющих мемориальное значение (габбро, черные мраморы), или для изготовления деталей, декоративные качества которых имеют второстепенное значение (например, базальты для ступеней, дорожных камней и др.). Цвет кристаллической, зернистой горной породы определяется цветом слагающих ее минералов и вмещающей их массы.

По А. Е. Ферсману (1962), можно выделить три типа окраски минералов. Идиохроматическая окраска, обусловленная хромофорами, является как бы неотъемлемой особенностью самого минерала, закономерным свойством, константой, как, например, твердость и пр. Аллохроматическая окраска зависит от посторонних механических примесей, часто она вызывается наличием других окрашенных минералов, газово-жидких включений и др. Псевдохроматическая окраска минерала обусловлена рассеянием белого цвета, интерференцией или дифракцией лучей света в поверхностных слоях минерала. В качестве примера можно привести лабрадор, иризирующая окраска которого связана, вероятно, с явлениями интерференции.

Наибольшее распространение и практическое значение для оценки декоративных качеств облицовочных камней имеет идиохроматическая окраска. Главнейшими хромофорами являются: титан, ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь. При этом главная роль принадлежит железу в форме ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} , а затем титану, марганцу и хруму. Гораздо реже окраска минералов связана с присутствием никеля, меди, ванадия и кобальта.

Большое значение для определения декоративных качеств камня имеет также и стойкость окраски, которая может значительно варьировать. Изваренные породы большей частью обладают достаточно стойкой окраской, медленно поддающейся изменениям под влиянием процессов выветривания.

Недостаточно стойкой является окраска некоторых осадочных и метаморфических пород, иногда сравнительно быстро исчезающая на открытом воздухе. Резко отрицательное влияние на стойкость окраски камня оказывают включения сульфидов (пирит и др.), быстро окисляющиеся на воздухе, с образованием водных окислов железа, дающих на поверхности камня бурые подтеки и пятна.

Одним из главнейших физико-механических свойств камня является прочность (сопротивление механическим нагрузкам).

Прочность горных пород определяется межмолекулярными силами в отличие от кристаллов, где прочность зависит от внутримолекулярных сил, строения кристаллической решетки и наличия тех или иных ее дефектов (Ржевский, 1964).

Прочность пород зависит от их пористости, трещиноватости, зернистости, формы зерен минералов и их расположения, а в осадочных породах и от физико-механических свойств цемента.

Поры в горных породах делятся на первичные, образующиеся в процессе формирования породы, и вторичные, возникающие при различных процессах изменения первичной породы — перекристаллизации слагающих ее зерен, метаморфизме, выщелачивании, выветривании и др.

По величине поры подразделяются на субкапиллярные ($<0,2$ мкм), капиллярные ($0,2$ мкм — $0,1$ мм) и сверхкапиллярные ($>0,1$ мм). Поры бывают открытые и закрытые. Открытая пористость определяется числом пор, соединяющихся с внешней средой и между собой. Закрытые поры — поры, изолированные друг от друга и от внешней среды. Пористость горных пород изменяется в значительных пределах — от 0 до 90%.

По величине общей пористости горные породы подразделяются на три группы:

- 1) породы низкой пористости ($p < 5\%$);
- 2) породы средней пористости (p от 5 до 20%);
- 3) породы высокой пористости ($p > 20\%$).

Наиболее высокой пористостью обладают осадочные породы.

Изваренные и метаморфические породы обычно являются низкопористыми, за исключением некоторых вулканических (туфолов). Пористость породы зависит от формы и размеров зерен минералов, слагающих породу, степени их отсортированности, сцепленности и уплотненности. У равномерно зернистых осадочных пород пористость больше, чем у неравномерно зернистых.

Пористость оказывает большое влияние на физико-механические свойства породы, так как она в значительной мере обуславливает их влагоемкость, прочность, водо- и газопроницаемость.

Повышение прочности при уменьшении пористости объясняется тем, что увеличивается площадь контакта между зернами, слагающими породу.

Так, прочность ракушечных известняков возрастает с $5 \cdot 10^6$ до $18 \cdot 10^7$ Па* при уменьшении пористости с 40 до 2%. Прочность песчаников увеличивается в 6 раз при уменьшении пористости в 1,5 раза. Зависимость прочности от пористости хорошо

* В Международной системе единиц измерений (СИ) за единицу давления и напряжения принят паскаль (N/m^2); $1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 10^5 \text{ Па}$.

видна на рис. 1. Прочность пород на сжатие зависит и от числа минералов, ослабляющих структуру, и от связи между зернами (прослойков слюды, кальцита, гипса и др.).

Значительное влияние на физико-механические свойства и климатическую стойкость породы наряду с минеральным составом оказывает ее структура и текстура.

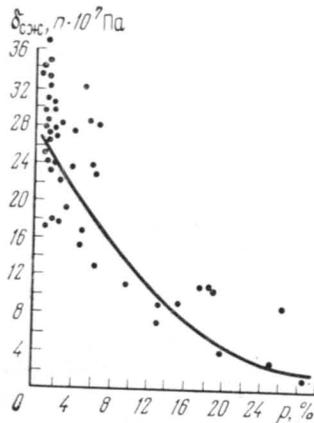
Изверженные и метаморфические породы, обладающие однородно-кристаллическим строением, имеют обычно наибольшую прочность на сжатие, незначительную пористость, слабо насыщаются водой и стойки по отношению к агентам выветривания. При афанитовой структуре свойства пород близки к однородно-кристаллическим, но при преобладании в породе стекла прочность ее снижается и она легче поддается воздействию температурных изменений. Осадочные и метаморфические породы, сложенные гладкими зернами, обладают, как правило, меньшей прочностью по сравнению с породами, содержащими зерна неправильной, зазубренной формы. Мелкозернистые породы большей частью обладают более высокой прочностью, чем крупнозернистые.

Рис. 1. Кривая зависимости предела прочности пород на сжатие от пористости (по В. В. Ржевскому)

Наличие шлиров, жил, ксенолитов, а также участков отличного минерального состава или структуры (такситовой текстуры) отрицательно сказывается на прочностных показателях породы.

При порфировом строении породы большое значение имеет строение как основной массы, так и вкрапленников. Если основная масса имеет микрокристаллическое или миаролитовое строение, а вкрапленники сложены прочными и погодоустойчивыми минералами, порода обладает достаточно высокой прочностью. При стекловатой основной массе и нестойких к выветриванию вкрапленниках стойкость породы невысокая. Сферическая (шаровая) текстура обычно снижает прочностные свойства породы. Гнейсовидная, полосчатая сланцеватая и флюидальная текстуры изверженных и метаморфических пород также способствуют снижению прочности, особенно если напряжение направлено параллельно полосчатости.

При наличии в породе мелких пустот, расположенных параллельно полосчатости, прочность ее снижается, так как это способствует проникновению воды по слоям.



Друзовая и миаролитовая текстура в интрузивных и миндалекаменна — в эфузивных породах резко влияет на механическую и климатическую стойкость этих пород.

Высокая прочность камня значительно повышает его долговечность и климатическую стойкость. Однако она в большей степени затрудняет и удорожает его обработку, что сказывается на массовости его применения в качестве облицовочного материала. Степень трудоемкости обработки облицовочного камня учитывается при геолого-экономической оценке месторождения. Особенно трудоемки в обработке участки с повышенной или пониженной прочностью камня, связанные с окремнением, включением более твердых или более мягких, чем основная масса, минералов, выкрашивающихся при обработке.

Промышленная ценность месторождений облицовочного камня определяется главным образом его блочностью, т. е. размерами нетрециноватых блоков, которые могут добываться из горной массы. Их размер определяется прежде всего расположением трещин и их густотой. Наиболее оптимальным является наличие в породе трех взаимно перпендикулярных систем трещин, расположенных на расстоянии 1—3 м одна от другой, что встречается, однако, крайне редко. При наличии сильной трещиноватости порода, даже обладающая высокой декоративностью и хорошими физико-механическими показателями, не может быть использована как штучный облицовочный камень (см. гл. IV).

Весьма существенное влияние на пригодность камня оказывает также степень его свежести (невыветрелости). Горные породы, выходящие на земную поверхность, в той или иной степени подвергаются процессам выветривания, приведшим к глубоким изменениям физико-механических свойств камня, вплоть до полной его дезинтеграции (см. гл. V); чем значительнее порода затронута выветриванием, тем менее она пригодна в качестве облицовочного камня.

Глава II

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛИЦОВОЧНЫХ КАМНЕЙ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Облицовочные камни благодаря сочетанию ряда ценных качеств находят широкое и разнообразное применение в различных областях строительства и архитектуры.

В зависимости от области применения среди облицовочных камней можно выделить три группы. К первой группе относятся камни, не несущие значительных механических нагрузок.

Это камни, идущие для изготовления плит, применяющиеся при внешней и внутренней облицовке зданий. Камни, используемые для внешних облицовок, должны обладать высокой погодостойкостью и достаточной прочностью. Для этих целей используют в основном интрузивные (гранит, лабрадорит и др.), а также метаморфические (кварцит) породы. Мраморы, известняки, травертины, вулканические туфы для внешних облицовок применяются главным образом в южных районах.

Для внутренних облицовок применяются как породы, идущие для внешних облицовок, так и более мягкие (гипс, ангидрит и др.).

Основными требованиями для камней этой группы являются декоративность, устойчивость к колебаниям температуры и воздействию других атмосферных агентов.

Таблица 2

Виды изделий из облицовочных камней

Назначение	Вид изделия	Рекомендуемые горные породы
Облицовка наружная	Облицовочные плиты и камни, профильные элементы	Гранит, сиенит, диорит, лабрадорит, габбро, базальт, вулканический туф, кварцит, мрамор (белый и серый)*, плотный известняк, песчаник
Облицовка внутренняя	Облицовочные плиты, профильные элементы	Мрамор, мраморовидный известняк, травертин, гипсовый камень, брекчия и конгломераты карбонатных пород, туф**
Наружные лестницы и площадки, парапеты и ограждения	Ступени, плиты для площадок, блоки для парапетов, столбы и стены, облицовочные плиты	Гранит, диорит, сиенит, габбро, базальт, песчаник
Внутренние лестницы и площадки, полы	Ступени, плиты для лестничных площадок и полов	Мрамор, плотный известняк, гранит, лабрадорит
Подземные сооружения	Облицовочные плиты и блоки камни	Известняк плотный, доломит, песчаник, гранит, диорит, габбро, базальт, диабаз

* Применение мрамора и некоторых туфов для наружных облицовок рекомендуется только в южных районах.

** Породы первой группы естественно могут быть использованы и для внутренних облицовок.

Вторую группу составляют камни, несущие большую механическую нагрузку. Из них изготавливают плиты для полов, ступени, облицовку устоев мостов и др. Камни этой группы должны обладать высокими физико-механическими показателями и погодостойкостью.

К третьей группе относятся камни, используемые для сооружения памятников и крупных декоративных архитектурных деталей (колонн, пилонов и др.), они должны обладать высокими физико-механическими свойствами, декоративностью и погодостойкостью. К блокам камня, добываемым для этих целей, предъявляются очень высокие требования в отношении размеров.

Так, блок гранита Кудашевского месторождения (УССР), предназначенный для памятника Карлу Марксу в Москве, имел первоначальный размер $15 \times 15 \times 3,6$ м (810 м^3) и массу свыше $75 \cdot 10^4$ кг.

Особую группу составляют декоративно-облицовочные камни, к которым относятся наиболее декоративные разности облицовочных камней и некоторые из поделочных. Декоративно-облицовочные камни в виде плиток небольшого размера применяются для облицовки главным образом интерьеров государственных, а также общественных зданий и сооружений (станций метрополитенов, дворцов культуры, залов в правительственные зданиях и др.). Их применяют также для внешних облицовок.

В качестве декоративно-облицовочных используют главным образом камни невысокой твердости — мраморы, мраморные ониссы, гипсы, серпентиниты, но также и более твердые — амазонитовые граниты, графические пегматиты, обсидианы и др.

Виды камня, рекомендуемые для получения различных облицовочных изделий, указаны в табл. 2 (СНиП 1-В, 8—62).

По твердости облицовочные камни делятся на три группы, указанные в табл. 3.

Действующие госты и технические условия лимитируют в облицовочных камнях следующие важнейшие показатели физико-механических свойств: предел прочности при сжатии, водопоглощение и морозостойкость в циклах попеременного замораживания и оттаивания (табл. 4).

Как указывается в ГОСТ 9479—69, к горным породам, предназначаемым для внутренней облицовки, требования по морозостойкости, водопоглощению и коэффициенту размягчения не предъявляются. Не предъявляются эти требования к твердым породам вообще (так как считается, что при показателях прочности, указанных в госте, породы достаточно морозостойки), к цветному мрамору, фельзитовому туфу, гипсовому камню и пористому известняку (так как установлено, что эти породы не морозостойки и для внешних облицовок применять их не рекомендуется).

Таблица 3

Группы камня по твердости

Порода	Степень твердости	Величина твердости	
		по шкале Мооса	микротвердость*
Кварцит	Твердые	6—7	1000—1500
Гранит			
Сиенит			
Габбро			
Лабрадорит			
Мрамор	Средней твердости	3—5	400—800
Известняки плотные			
Песчаники			
Туфы			
Известняки пористые	Мягкие	2—3	100—400
Гипсовые камни			

* Измеряется по шкале современных микротвердометров, в которой твердость алмаза принята за 10 000 единиц.

Таблица 4

Технические требования к породам, используемым при получении блоков для облицовочных плит (ГОСТ 9479—69)

Степень твердости пород	Порода	Предел прочности на сжатие, 10 ⁶ Па (не менее)	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклов (не менее)	Коэффициент размягчения (не менее)
Твердые	Гранит, диорит, кварцит, габбро, лабрадорит, базальт, диабаз, андезит	90		Не нормируется	
Средней твердости	Мрамор белый и серый Мрамор цветной и мраморизованный известняк	50 50	То же »	Мрз 25 —	0,7 —
Мягкие	Песчаник Известняк плотный и доломит Травертин Туф вулканический фельзитовый Гипсовый камень Известняк пористый Туфы вулканические других типов	30 20 20 20 15 5 5	То же 25 Ненормируется — — — 30	Мрз 25 Мрз 25 Мрз 25 — — — Мрз 25	0,7 0,65 0,7 — — — 0,7

Примечание. Прочерк означает, что требования не предъявляются.

Однако для полной оценки физико-механических свойств облицовочного камня определение только указанных показателей является совершенно недостаточным и наряду с ними должны определяться объемная масса, плотность, пористость, водопоглощение и процент водонасыщения. В зависимости от области применения иногда дополнительно приходится определять истираемость, сопротивление удару, величину модуля упругости и коэффициент линейного расширения.

Объемная масса камня является показателем, определяющим массу изготовленных из него строительных конструкций, что имеет большое значение при проектировании и строительстве зданий и различных сооружений. Кроме того, объемная масса в известной степени является показателем, характеризующим как прочность, так и способность камня принимать погрузку.

Плотность является показателем, позволяющим вычислять истинную пористость породы по формуле:

$$\alpha = \frac{\gamma_y - \gamma_0}{\gamma_y},$$

где γ_y — плотность, г/см³;

γ_0 — объемная масса, г/см³.

Определение объемной массы и плотности производится по ГОСТ 6427—52.

Водопоглощение — способность породы поглотить то или иное количество воды — является показателем, характеризующим ее пористость и стойкость в сооружениях. Его так же, как и морозостойкость, определяют по ГОСТ 7025—67.

При определении прочности на сжатие (одного из важнейших показателей) породу берут в трех состояниях: сухом, водонасыщенном и после замораживания. Испытания проводятся по ГОСТ 8462—62.

Испытание на изгиб не является обязательным для облицовочного камня. При необходимости его проводят по ГОСТ 8462—62.

Истираемость определяется в тех случаях, когда камень предназначается для отделки пола, лестницы, тротуара. Определения проводят на врачающемся стандартном круге. Показатель истираемости (потеря массы при истирании на стандартном круге) камня, предназначенного для настилки площадок и полов, должен быть (по ГОСТ 9479—69):

1) в зданиях и сооружениях с интенсивным движением людских потоков (станции метро, вокзалы, магазины и др.) — не более 0,48 г/см²;

2) при слабом движении — не более 2,2 г/см².

Сопротивление удару также определяют по требованию промышленности. Испытания проводят на копрах Пэджа или Мартенса.

Наряду с такими показателями качества облицовочного камня как прочность, погодоустойчивость, цвет и рисунок большое значение имеет полируемость, под которой понимается способность камня образовывать после соответствующей обработки гладкие зеркальные поверхности.

При полировке окраска камня делается глубже, уменьшается осаждение на него пыли, копоти, спор и семян растений и пр., ускоряется сток влаги, что повышает долговечность камня.

Способность камня принимать полировку зависит прежде всего от текстуры и структуры породы. Пористые и сланцеватые породы (туфы, трахиты, пемза, сланцы) обычно не полируются, хотя разработан способ, позволяющий ее производить (Азагорян и др., 1974). Плохо принимают полировку породы, состоящие из зерен различной величины.

В зарубежной литературе предлагается устанавливать коэффициент полируемости (Khill, 1963). Значение этого коэффициента для горной породы, обладающей идеальной способностью к полировке, принимается за 100. Для пород группы гранита значение коэффициента колеблется от 45 до 65. Увеличение содержания в граните слюды, а также вторичных минералов типа хлорита вызывает уменьшение значения коэффициента. Для группы базальта его значение колеблется от 45 до 70; для известняка и других сходных с ним пород обычно не превышает 55; для песчаников варьирует от 60 до 80. Известковый и глинистый цемент песчаников снижает их способность к полировке.

Размеры и объем блоков облицовочного камня в зависимости от вида горной породы приведены в табл. 5.

В зависимости от оборудования, применяемого для распиления, блоки делятся на два типа:

I — блоки, распиленные рамными, канатными и ленточными пилами;

II — блоки, распиленные дисковыми пилами.

Блоки, предназначенные для распиления, должны иметь форму прямоугольного параллелепипеда. Отклонения от прямого угла между смежными гранями допускаются не более 5°. Блоки не должны иметь сквозных трещин, видимых на смежных гранях. Тонкие извилистые трещины, выходящие на две смежные грани, допускаются только в блоках из цветного мрамора.

Требования к облицовочным плитам, изготавляемым путем распиления из блоков, определяются ГОСТ 9480—69, регламентирующим форму и размеры плит в зависимости от их назначения.

Министерством геологии СССР разработан и утвержден ОСТ 41-77—73 на декоративно-облицовочную плитку.

Таблица 5
Размеры блоков облицовочного камня (ГОСТ 9479—69)

Тип блока	Порода	Объем блоков, м ³		
		крупных	средних	мелких
I	Гранит, диорит, сиенит, лабрадорит, габбро, базальт, диабаз, андезит и другие сходные с ними изверженные породы, а также кварцит	1,5—4,4	1,0—1,45	0,7—0,95
	Мрамор белый и серый	1,5—4,4	1,0—1,45	0,45—0,95
	Мрамор цветной, мраморовидный известняк и гипсовый камень	1,0—4,4	0,7—1,0	0,45—0,65
	Известняк, доломит, травертин, песчаник и туф вулканический	1,5—4,4	1,0—1,45	0,7—0,95
II	Диорит, сиенит, лабрадорит, габбро, базальт, диабаз, андезит, мрамор белый, серый и цветной, мраморовидный известняк, гипсовый камень, известняк, доломит, травертин, песчаник и туф вулканический	—	0,5—0,7	0,06—0,45

По твердости и другим показателям ОСТ выделяет четыре группы пород для изготовления декоративно-облицовочной плитки:

I группа — родонит, яшма, роговик, дерево окаменелое;

II группа — гранит амазонитовый, порфир, кварцит, брекчия, лабрадорит, хибинит эвдиалитовый;

III группа — офиокальцит, лиственит, талько-хлорит, змеевик, агальматолит;

IV группа — доломит цветной и мрамор цветной.

В отношении физико-механических свойств ОСТ 41-77—73 предъявляет только требования, которые определяют пригодность поделочных камней, т. е. твердость, объемную массу, цвет и др. Но при применении декоративно-облицовочной плитки для внешних частей зданий необходимы те же определения, что и для обычных облицовочных камней.

Минимальный размер декоративно-облицовочной плитки установлен 5×5 см.

Отходы, получаемые на мраморных карьерах, обычно используются для производства мраморной крошки. Иногда же для этих целей специально разведываются и разрабатываются месторождения мраморов и мраморизованных известняков.

Мраморная крошка применяется как декоративный заполнитель различных мозаичных изделий и деталей (панелей и др.) и для наружной террофасадной штукатурки. В зависи-

ности от назначения мраморная крошка делится на мозаичную и фасадную. По окраске выделяют одноцветную и многоцветную, а по крупности зерна — крупную, среднюю, мелкую, песок и муку.

Технические условия 21-01-13—69 лимитируют предел прочности исходной породы (не $<4 \cdot 10^7$ Па), водопоглощение (не $>6\%$), истирание в полочном барабане (не $>45\%$ потери в массе).

В последние годы Институтом камня и силикатов разработана прогрессивная технология производства искусственного качественного мрамора (а также и других пород) из мелкой крошки, скрепляемой эпоксидной смолой с соответствующим пластификатором и отвердителем (Азагорян и др., 1974).

По характеру обработки лицевой поверхности облицовочного камня различают фактуры, получаемые скальванием или обработкой абразивами.

Способ обработки камня позволяет выявлять те или иные декоративные свойства в зависимости от намечаемого применения. Если камень должен рассматриваться с близких расстояний, то ему обычно придается зеркальная фактура. Если же каменная облицовка помещается на значительном удалении от зрителя, ему придается колотая или тесаная фактура.

Таблица 6

Требования к электротехническим мраморным доскам

Показатель	Класс А (собственно мрамор)			Класс Б (мраморизованные известняки и доломиты)
	I сорт	II сорт	III сорт	
Временное сопротивление на изгиб, Па (не менее)	$125 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
Водопоглощение, % (не более)	0,15	0,25	0,40	0,25
Удельное объемное электрическое сопротивление при напряжении 500 В постоянного тока, после выдержки в течение 48 ч в воздухе с относительной влажностью 97%, Ом/см (не менее)	10^8	10^7	10^7	10^7
Средняя пробивная напряженность в воздухе после 24 ч сушки при $120 \pm 10^\circ\text{C}$, кВ/см (не менее)	30	20	20	10

Мрамор и мраморизованные известняки применяются в электротехнике для изготовления распределительных досок. Мрамор, используемый для этих целей, должен быть свежим, невыветрелым и выдерживать распиловку, фрезеровку, шлифовку, полировку и сверление. На досках не допускаются видимые невооруженным глазом включения минералов, проводящих ток (сульфиды, магнетит и др.). Не допускается наличие прожилок и включений твердых минералов или пород (кварц, кремень и др.), затрудняющих обработку камня, а также рыхлых включений при обработке плит. Электротехнические доски из мрамора должны отвечать требованиям ГОСТ 629—41 (переиздан в 1952 г.), указанным в табл. 6.

Глава III

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ОБЛИЦОВОЧНЫХ КАМНЕЙ И УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ

Группа интрузивных пород

16/556

Гранитоиды и близкие к ним породы. В термин граниты вкладывается понятие о породе, либо образовавшейся в результате застывания кислого остаточного магматического расплава, либо, по современным представлениям являющейся продуктом выборочного плавления материала осадочной оболочки под действием общего глубинного потока тепла.

Строительная промышленность как в нашей стране, так и за рубежом применяет название гранит не только к гранитам, но и к другим изверженным породам.

Минеральный состав собственно гранита характеризуется наличием ограниченного числа основных компонентов: кварца, щелочного полевого шпата (ортоклаза, микроклина, анортоклаза), кислого плагиоклаза (альбита, олигоклаза), биотита, мусковита, иногда роговой обманки (или пироксена).

Пониженное содержание в породе кварца при высоком содержании в ней щелочного полевого шпата дает сиенит, а при наличии вместо щелочного шпата плагиоклаза — диорит.

Аксессорными в граните являются: гранат, апатит, турмалин, магнетит, циркон, сфен, пирит, эпидот и др.

Обычно граниты классифицируются по преобладающему в них темноцветному минералу на биотитовые, роговообманковые, авгитовые, хлоритовые, турмалиновые и др.

Наиболее распространенной структурой гранита является равномернозернистая (гранитная), обуславливающая однородное строение породы.

Полевые шпаты обычно образуют более или менее идиоморфные зерна, кварц представлен в виде зерен или заполнен-

ний промежутков между другими минералами. Роговая обманка образует черные вытянутые кристаллы.

В гранитах наблюдается иногда порфировидное строение вследствие развития крупных кристаллов полевого шпата, что придает ему особо высокую декоративность. Гнейсовидное строение гранит приобретает при значительном росте одинаково ориентированных кристаллов.

По размерам зерен выделяют граниты: мелкозернистые (размер зерен полевого шпата 1—2 мм); довольно мелкозернистые (1—5 мм); среднезернистые (2—10 мм); крупнозернистые (3—15 мм); очень крупнозернистые (до 30 мм).

Основной цветовой фон гранита обусловлен окраской преобладающего полевого шпата — розовой, желтой, красной, зеленой, серой и др. Примером красного гранита является Ленинградский (УССР), использованный при сооружении Мавзолея В. И. Ленина.

Светлая окраска полевых шпатов и отсутствие темноцветных минералов создает высокодекоративные светлые граниты. Красноватыми тонами обладают обычно калиевые полевые шпаты, в то время как преобладание плагиоклазов придает породе серый цвет различных оттенков.

Очень редки граниты голубовато-зеленой окраски (Майкульское м-ние), обусловленной преобладанием амазонита (зеленой разновидности микроклина, содержащей иногда до 3,1% Rb_2O). Встречаются также очень светлые, почти белые граниты, в которых в значительном количестве присутствует светлоокрашенный, до белого, микроклин.

Наряду с полевыми шпатами на цвет гранита оказывает существенное влияние присутствие темноцветных минералов (биотита, авгита, роговой обманки и др.).

Кварц в гранитах обычно прозрачен, но наблюдается и окрашенный в белые, желтые и фиолетовые тона, что также влияет на общую окраску породы или, вернее, на ее тон и декоративность.

Весьма декоративны письменные граниты, обладающие оригинальным сложным рисунком, образованным тонкими угловатыми темными кристаллами кварца, выделяющимися на фоне светлоокрашенного полевого шпата, а также граниты-ракавики (м-ние Петровка КАССР).

Интересные данные об окраске гранитов и ее изменениях были получены А. А. Гавруевичем при изучении Токовского месторождения (УССР). На основании полевых и лабораторных исследований он пришел к выводу, что окраска гранитов этого месторождения определяется главным образом цветом полевых шпатов, а различные оттенки — сочетанием окраски полевого шпата, кварца и темноцветных минералов (биотита и реже роговой обманки). А. А. Гавруевич указывает, что в красных гранитах окраска обусловлена наличием в полевых

шпатах окисного железа (гематита), присутствующего в виде микровключений, различимых при больших увеличениях.

При выветривании красных гранитов гематит переходит в водные окислы железа, которые постепенно выносятся водами. Вследствие этого красные граниты, выветриваясь, становятся бурющими, затем желтоватыми и, наконец, светло-серыми и почти белыми. Содержание Fe_2O_3 в красных гранитах описанного месторождения в среднем составляет 1,83%, в то время как в серых — всего 0,18% (Солонинко, 1955).

По химическому составу граниты характеризуются высоким содержанием SiO_2 (66—76%), часть которой присутствует в виде кварца. Содержание других окислов колеблется в следующих пределах (в %): Al_2O_3 11,2—16,1; Fe_2O_3 0,5—5,25; FeO 0,6—8,1; CaO 0,4—5,9; MgO до 4,5; Na_2O — 2,7—5,60; K_2O 0,9—6,6; TiO_2 до 0,58; H_2O 0,16—0,61.

Граниты относятся к числу наиболее прочных и стойких облицовочных камней, обладающих высокими физико-механическими показателями (табл. 7).

Р. Бейтс (1965), ссылаясь на произведенные рядом исследователей определения физико-механических свойств 116 образцов гранита из 17 штатов США, указывает, что пористость образцов колеблется от 0,4 до 3,84%, составляя в среднем 1,29%. После пребывания в воде в течение года эти образцы не пропитались полностью.

Одной из форм залегания гранитов являются батолиты — крупные интрузивные тела, характеризующиеся выдержанностью состава и качества гранитов. Размеры батолитов достигают очень больших величин. Так, гранитный массив на Аляске простирается на 2000 км при ширине 80 км. Для батолитов характерно отсутствие подошвы, по крайней мере на значительной глубине.

Наряду с батолитами граниты образуют и другие тела меньших размеров типа лакколитов, штоков, даек и жил.

В Карелии имеются крупные гранитные глыбы овальной формы, представляющие собой части древнейшего фундамента докембрийского возраста (Борисов, 1963). В гранитных телах иногда наблюдаются следы взаимодействия с вмещающими породами в виде ксенолитов, инъекционных прослоев и др.

В верхней части гранитных массивов (и других интрузивных пород) иногда наблюдаются остатки кровли (вмещающей породы), не полностью удаленной эрозией (рис. 2). Наличие этих просод, обычно значительно метаморфизованных, снижает одно-

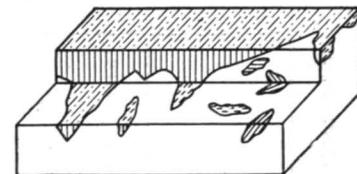


Рис. 2. Блок-диаграмма батолита (не заштриховано) и вмещающей породы (заштриховано) в последовательные стадии эрозии (по Ф. Лахи)

Порода (возраст), месторождение	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, 10 ⁶ Па		Истираемость, г/см ²
				сухом	водонасыщенным	
Гранодиорит (протерозой), Орленок (Иркутск, обл.)	2,72	1,40	0,19	1297	974	926
Гранит (протерозой), Импиниеми (КАССР)	2,68	1,12	0,2	2450	2360	2320
Гранит (докембрий), Емельяновское (УССР)	2,61	0,8	0,45	1190	1105	1140
Гранит (верхн. карбон), Северное (ТаджССР)	2,69	0,8	0,28	1385	1284	1226
Гранодиорит (ср. карбон), Шавазайское (ТаджССР)	2,67	0,31—1,5	0,12—0,5	До 2067	До 1908	До 1552
Гранит-порфир (палеозой), Чаркасарское (УзССР)	2,56	3,16	0,62	1500	1200	1000
Гнейсо-гранит (протерозой), Уксунлахти (КАССР)	2,56—2,68	—	0,1	До 3320	—	Морозостойкий
Гранит (протерозой), Возрождение (Ленинград. обл.)	2,6	0,4	0,1—0,5	До 2110	До 2000	До 2070
Гранодиорит (ср. карбон), Могоутай (ГаджССР)	До 2,66	До 1,3	До 0,42	До 1659	—	—
Диорит кварцевый, Тахта-Карача (УзССР)	2,83	—	0,19	1738,0	1372,0	1331,0
						0,327

родность строения гранитного массива и осложняет его разработку. В телах изверженных пород, в том числе и в гранитах, иногда наблюдается постепенное изменение состава по направлению к контактовым зонам, что может быть обусловлено:

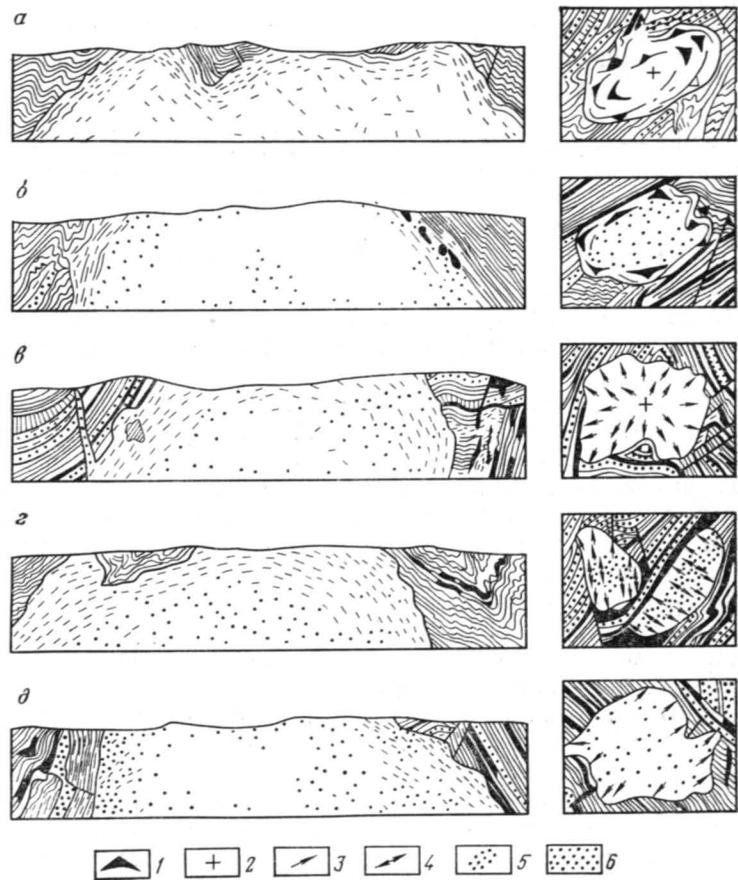


Рис. 3. Структура течения штока или батолита (по Ф. Лахи).

а — купол со слоями течения; б — такой же купол с массивным ядром; в — купол со слабо выраженным линиями течения (на данной стадии их еще нельзя обнаружить в поле); г — купол с ярко выраженным линиями течения; д — асимметричный купол с линиями течения

1 — падение и простижение слоев течения; 2 — горизонтальные структуры течения; 3 — погружение линий течения; 4 — горизонтальные линии течения; 5 — совпадение оси линий течения с осью массива; 6 — несовпадение оси линий течения с осью массива

1) растворением или расплавлением гранитной магмой вмещающей породы; 2) дифференциацией магмы, происходящей в процессе ее движения к поверхности земли и остывания. Эти процессы, а также образование структур течения наиболее ярко выражены в крупных, медленно остывающих гранитных телах (рис. 3).

Благодаря высоким физико-механическим показателям граниты широко применяются для облицовки зданий и сооружений и в том числе таких деталей конструкций, которые подвергаются ударным и истирающим нагрузкам (полы, ледорезы и др.).

Граниты, обладающие красивой расцветкой, обычно полируют, так как при этом наиболее полно выявляется их цвет и рисунок. В ряде случаев гранитам в облицовке придают различные фактуры.

Сиенит — глубинная зернистая порода. Главными составными частями являются калиевый полевой шпат и темный минерал (амфибол, пироксен, биотит). Кварц отсутствует или имеется в небольшом количестве.

Структура сиенитов близка к гранитам и часто носит порфировидный характер.

По химическому составу сиениты отличаются от гранитов меньшим содержанием SiO_2 (52—60%) и более высоким Al_2O_3 (20—34%).

Формы залегания сиенитов такие же, как и гранитов, но размеры интрузивных тел значительно меньше. Более ограничено и их распространение. Одной из разновидностей щелочных пород являются нефелиновые сиениты, главными составными частями которых являются щелочной полевой шпат, нефелин, иногда лейцит и темные минералы. Некоторые разности щелочных сиенитов отличаются высокой декоративностью (хбиниты, ляувариты и др.) и применяются как облицовочные камни.

Из пород этой группы наиболее декоративны эвдиалитовые хбиниты, месторождение которых имеется на Кольском п-ове (месторождение Айкуайвенчорр).

Диорит — глубинная зернистая порода, состоящая главным образом (до 75%) из среднего плагиоклаза и темного минерала (амфиболя, пироксена или биотита). Кроме того, в состав диорита входит кварц, небольшое количество калиевого полевого шпата, апатита и других минералов. Окраска диоритов серая или зеленовато-серая, при преобладании темных минералов переходящая в почти черную. Структура диоритов зернистая, гранитная, иногда порфировидная.

Химический состав диоритов характеризуется следующим содержанием главнейших окислов (в %): SiO_2 52—66; Al_2O_3 15,10—19,8; Fe_2O_3 0,74—10,60; FeO 1,8—14,5; MgO 1,2—3,8; CaO 2,8—7,4; Na_2O 2,9—4,02; K_2O 0,51—3,72; H_2O 0,16—3,5; TiO_2 0,54—1,39.

Диориты плохо принимают полировку и им обычно придают рельефную фактуру и применяют для наружных облицовок. Используют их также для изготовления ступеней и покрытия полов, так как диориты обладают низкой степенью истирания. Залегают диориты обычно в виде штоков, иногда образуют крупные массивы.

Габбро — кристаллическая глубинная порода, состоящая главным образом из основного плагиоклаза и темных минералов (пироксена, оливина, реже роговой обманки). Присутствуют акессорные минералы — апатит, магнетит, ильменит. Плагиоклазы представлены минералами от лабрадора до битовнита и окрашены обычно в темный, иногда почти черный цвет. Порода, состоящая из плагиоклаза, близкого к лабрадору, и ромбического пироксена, относится к нориту, а при наличии и моноклинного пироксена — к габбро-нориту.

При значительном преобладании аортита порода относится к аортозиту, а при преобладании лабрадора — к лабрадориту.

Породы группы габбро характеризуются высокими физико-механическими показателями, погодоустойчивостью и высокими декоративными качествами. Объемная масса их колеблется в пределах 2,67—2,75 г/см³, иногда при наличии ильменита поднимается до 2,98 г/см³. Временное сопротивление сжатию колеблется от 8·10⁷ до 25·10⁷ Па. Наблюдается как гранитная, так и офитовая (с идиоморфным плагиоклазом) структуры. Полевые шпаты обычно имеют удлиненную форму, при размерах кристаллов от 3—5 до 10—12 мм и больше. Изредка отмечались порфировидные структуры. Химический состав габбро характеризуется следующим содержанием основных окислов (в %): SiO_2 45—55; Al_2O_3 9,0—21; Fe_2O_3 0,40—10,7; FeO 0,4—15,6; MgO 0,9—16,6; CaO 5,9—17,2; Na_2O 0,55—3,2; K_2O 0,12—1,3; TiO_2 0,11—4,16.

Лабрадорит является габбро-норитовой породой и характеризуется преобладанием кристаллов лабрадора, иногда дающего голубую, синюю, реже золотистую иризацию. Известны как темные, так и светлые лабрадориты. Чем больше иризирующих кристаллов в лабрадорите, тем выше декоративные свойства породы. Иногда число таких кристаллов достигает нескольких тысяч на 1 м².

По условиям залегания породы группы габбро образуют неправильной формы штокообразные тела, характеризующиеся быстрыми переходами одной разности в другую, в связи с чем крупные месторождения одной разности, в особенности такой, как лабрадорит с большим числом иризирующих кристаллов, редки.

Тешенит — представляет собой анальцимсодержащую полностью кристаллическую гипабиссальную меланократовую щелочную породу. Состоит из пироксена и амфиболя, а также содержит в значительных количествах плагиоклаз и анальцим.

Тешенит обладает достаточно высокими физико-механическими показателями, близкими к диоритам, но мало декоративен (зерна темноцветных минералов на светло-сером фоне). Используется для изготовления ступеней и некоторых фасонных изделий. Физико-механические свойства сиенитов и других пород приведены в табл. 8.

Таблица 8

Физико-механические показатели различных интрузивных пород

Порода, месторождение	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %	Водопоглощение, %
Хибинит эвдиалитовый, Айкуайвенчорр (Мурманск. обл.)	2,64	1,1	0,2
Габбро, Горбулевское (УССР)	—	0,4	0,13—0,39
» Акча (УзССР)	2,89	—	0,8
» роговообманковое, Шавас (УзССР)	2,97	—	0,08
Лабрадорит, Турчинка (УССР)	2,68	0,47	0,87
» Головино (УССР)	2,8—2,94	—	0,15

Продолжение табл. 8

Порода, месторождение	Прочность на сжатие, 10 ⁵ Па в состоянии			Истираемость, г/см ²
	сухом	водонасыщенном	после замораживания	
Хибинит эвдиалитовый, Айкуайвенчорр (Мурманск. обл.)	2150,0	1950,0	1750,0	—
Габбро, Горбулевское (УССР)	—	—	—	—
» Акча (УзССР)	2596,0	22737	1991,8	0,36
» роговообманковое, Шавас (УзССР)	2304,0	1980,6	1765,5	1,06
Лабрадорит, Турчинка (УССР)	2517,0	2430,0	2229,0	0,26
» Головино (УССР)	До 1541,0	—	—	До 0,059

Группа эффузивных пород

Породы этой группы находят гораздо меньшее применение в качестве облицовочного камня по сравнению с интрузивными главным образом из-за темных или однообразных расцветок.

Из излившихся пород в качестве облицовочных применяют базальты, диабазы, андезиты, порфиры, порфириты и вулканические туфы.

Базальты обычно обладают мелкозернистой, иногда средне- и крупнозернистой структурами и состоят из основного плагиоклаза и авгита. Часто присутствуют оливин, магнетит, ильменит и другие минералы.

Диабазы при почти том же минеральном составе отличаются обычно большим содержанием вторичных минералов (хлоритов, уралитовой обманки и др.). Базальты часто имеют

темную до черной окраску. Химический состав характеризуется следующим содержанием основных окислов (в %): SiO₂ 40—50; Al₂O₃ 13,22; Fe₂O₃ 1,6—9,6; FeO 3,2—8,6; MgO 2,5—6,1; CaO 8,0—12,3; Na₂O + K₂O 10,2—15,3.

Базальты и диабазы залегают в виде мощных покровов и потоков. Они используются для мощения мостовых, закрепления откосов, тумб, а также для отделки зданий.

Кварцевые порфиры и другие кислые эффузивные породы не нашли широкого применения в качестве облицовочного материала, хотя среди них встречаются высокодекоративные разности (на темном фоне мелкокристаллической породы выделяются светлые, почти белые крупные кристаллы полевого шпата). Полировку принимают хорошо, трудность обработки средняя. При стекловатом строении основной массы физико-механические показатели значительно снижаются.

Бескварцевые (полевошпатовые) порфиры и трахиты обычно трещиноваты, обладают высокой пористостью и незначительной прочностью, малой морозостойкостью, вследствие чего применение их в качестве облицовочного камня ограничено.

Вулканические туфы относятся к особой группе вулканокластических образований, объединяющей различные типы горных пород, образовавшихся из вулканических продуктов.

В. П. Петров (1959) предлагает относить к вулканическим туфам магматические породы, претерпевшие только одно осаждение после выброса (туфолавы, игнимбриты, спекшиеся туфы и др.).

В зависимости от характера обломочного материала различают туфы: литокластические, кристаллокластические и витрокластические. Последняя разновидность туфа находит наиболее широкое применение в качестве строительного камня.

Степень цементации, а также характер пористости туфов главным образом определяют их физико-механические свойства. Известное значение имеет и содержание в туфе включений обломков породы и минералов, что увеличивает его объемную массу и отрицательно влияет на прочность.

Высокодекоративными качествами обладают молодые вулканические туфы Армении, среди которых известны светло-желтые, кирпично-красные, розовые и другие разности. Благодаря легкости обработки, высокой пористости и красивой расцветке вулканические туфы Закавказья (главным образом Армения) являются прекрасным стеновым и в то же время облицовочным материалом, отличающимся рядом ценных строительных и декоративных качеств, а также высокой долговечностью.

Залегают туфы в виде покровов мощностью от единиц до 12—15 м при широком площадном распространении. Физико-механические показатели эффузивных пород приведены в табл. 9.

Таблица 9

Физико-механические показатели эффиузивных пород

Порода, месторождение	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %	Водопоглощение, %
Туф вулканический, Чивчавское (ГССР)	До 2,34	—	До 8,06
Туф вулканический, Агавнатунское (АрмССР)	1,78	30,9	12,5
Туф вулканический, Гюллибулагское (АрмССР)	1,52	41,8	20,1
Базальт, Арамусское (АрмССР)	2,66	7,90	1,07
Туф вулканический, Джарташское (УзССР)	2,39	До 22,2	До 10,64
Порфир, кварцевый, Шавас (УзССР)	2,29	—	1,15
Туф кварцевого порфира, Акташ (УзССР)	2,6	—	0,06

Продолжение табл. 9

Порода, месторождение	Прочность на сжатие, 10 ⁵ Па в состоянии			Истираемость, г/см ²
	сухом	водонасыщенным	после замораживания	
Туф вулканический, Чивчавское (ГССР)	До 262	До 459	До 407	—
Туф вулканический, Агавнатунское (АрмССР)	245	206	179	—
Туф вулканический, Гюллибулагское (АрмССР)	До 347	До 322	До 289	—
Базальт, Арамусское (АрмССР)	926	813	712	0,4
Туф вулканический, Джарташское (УзССР)	До 1420	До 1005	До 1646	—
Порфир, кварцевый, Шавас (УзССР)	1715	1628,0	1427,5	0,019
Туф кварцевого порфира, Акташ (УзССР)	2357,8	—	2284,0	0,08

Группа осадочных пород

Из осадочных пород в качестве облицовочных камней применяются известняки, доломиты, песчаники, конгломераты, а также гипсы (редко).

Известняк — порода, по химическому составу содержащая не менее 90% углекислого кальция в виде кальцита и реже арагонита. Кроме того, в большем или меньшем количестве

присутствуют тонкодисперсные примеси алюмосиликатов (нерасторимый остаток). В известняке также часто содержатся кварц, халцедон, окислы и сульфиты железа и карбонат кальция — магния в виде минерала доломита.

Наиболее пригодны в качестве облицовочных материалов плотные известняки. Такого рода породы являются продуктом изменения известняков в процессе диагенеза или эпигенеза.

Конечным продуктом перекристаллизации известняков является мрамор, в котором следы первоначального строения уже полностью исчезли. Промежуточное положение занимают мраморизованные известняки.

Как указывает М. С. Швецов (1958), на платформах кристаллизация известняков идет главным образом под влиянием гидрохимического воздействия подземных вод. В геосинклинальных областях перекристаллизация происходит также и под влиянием повышенной температуры и давления.

Доломит — порода, состоящая в значительной части из минерала доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, в котором на MgCO_3 приходится 45,8%. В доломитовых породах обычно имеется примесь кальцита, часто цементирующего кристаллы доломита и реже являющегося продуктом вторичных изменений. Иногда в больших количествах присутствуют гипс и ангидрит в виде мелкорассеянной примеси, выполнения пор и пустот. Наблюдается примесь окисного и закисного железа. Встречаются стяжения халцедона, кристаллы кварца. Образование доломитов возможно как сингенетическим, так диагенетическим и эпигенетическим путем. Химический состав карбонатных пород характеризуется следующими данными (в %): известняки — CaO 55,5—40,6; MgO следы — 10; SiO_2 следы — 26; Al_2O_3 следы — 2; SO_3 следы — 0,5; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 0,05—0,8; п.п.п. 32—44,45. Значительные колебания содержаний CaO и примесей обусловлены наличием переходных разностей от чистых известняков к глинистым известнякам, мергелям, доломитам, окремненным и окварцованным известнякам. Доломиты — CaO 25,5—32,4; MgO 14,0—21,9; SiO_2 0,5—15; Al_2O_3 0,4—2,0; п.п.п. 34—47,7.

Окраска осадочных пород, в том числе и карбонатных, обуславливается одной из следующих причин:

1) окраской минералов, принимающих существенное участие в составе породы;

2) цветом механических примесей в виде мельчайших частиц или пленки на зернах;

3) небольшим количеством коллоидально-дисперсной примеси красящего вещества.

Черный и темно-серый цвет обуславливается обычно примесью органического вещества. Желтоватые, оранжевые, красноватые и буровато-серые тона свидетельствуют о присутствии окисного железа (или битумов). Зеленый цвет вызывается примесью глауконита и изредка соединениями меди и хрома.

Примеры физико-механических показателей некоторых известняков, доломитов и мраморизованных известняков приведены в табл. 10 (Беликов, 1961).

Таблица 10

Физико-механические показатели карбонатных пород

Порода, месторождение	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %	Прочность на сжатие, 10 ⁶ Па
Миоценовый travertin (Шахтахтинское)	2,30	12,3	10
Палеозойские доломиты (ЭССР)	2,34	19,73	119
То же, известковистые (Кунда)	2,62	10,74	80
» (Сааремаа)	2,18	23,91	57
Нижне- и среднекарбоновые известняки Московской синеклизы:			
Детритусовый, местами кавернозный (Белый Брод)	2,10	23,4	48
Детритусовый (Щурово)	2,20	19,68	60
Органогенно-обломочный (Коробчеево)	2,39	11,0	95
Органогенно-обломочный (Очкова Гора, пласт 21)	2,39	—	83

Известняки и доломиты залегают главным образом в виде пластов, реже линз. Наряду с этим известны и крупные массивы известняков сложной формы, например рифы.

К карбонатным породам относится и travertin, образующийся путем осаждения карбоната кальция из горячих или холодных растворов.

Песчаник состоит из угловатых или окатанных минеральных зерен крупностью от 0,1 до 2 мм, скементированных каким-либо веществом — глинистым, кремнистым (кварц, халцедон, опал), окислами железа, карбонатами и др.

В составе зерен, слагающих песчаник, обычно преобладает кварц, наряду с которым часто присутствуют полевые шпаты, слюда и другие минералы.

В зависимости от степени однородности минерального состава зерен различают олигомиктовые (почти однородного состава) и полимиктовые (состоящие из зерен различных минералов) песчаники. Как указывает М. С. Швецов (1958 г.), полимиктовые песчаники встречаются большей частью в геосинклинальных областях, по их окраинам. Олигомиктовые и мономинеральные песчаники преобладают в платформенных областях и редко встречаются в геосинклиналях.

Наиболее распространенные разновидностями песчаников, применяемых в качестве облицовочных, являются кварцевые с цементом, состоящим из различных модификаций кремнекислоты; к ним относятся и так называемые сливные песчаники,

по структуре близкие к кварцитам. Преобладают песчаники серых, желтовато-серых или белых цветов, реже встречается красный.

Полировка песчаники обычно не принимают и им придают колотые или шлифовальные фактуры. Примеры физико-механических свойств песчаников приведены в табл. 11 (Беликов, 1961).

Таблица 11

Физико-механические показатели песчаников

Порода, месторождение	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %	Прочность на сжатие, 10 ⁶ Па
Песчаники среднего и верхнего карбона			
Кварцевый с гидрослюдистым цементом, Усть-Быстринское (Донбасс)	2,67	1,34	266
То же, Хорошевское (Донбасс)	2,50	6,40	127
Песчаники нижнего мела			
Известковый, Бол. Балхан (ТССР)	2,52	5,14	191
Светло-серый с серицитовым цементом, уч. Казанджик (ТССР)	2,48	6,70	146

Форма залегания песчаников пластовая и линзовидная, сливные песчаники нередко залегают в виде глыб и тел неправильной формы в песках.

Гипсовый камень ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) имеет разнообразные и высокодекоративные расцветки, среди которых преобладают серые и желтоватые тона. Встречаются также почти белые разности, особенно ценными из которых является так называемый

Таблица 12

Прочность гипсового камня на сжатие (Хрусталев, 1953)

Образец	Прочность на сжатие, 10 ⁵ Па в состоянии			
	сухом		водонасыщенном	
	перпендикулярно слоям	параллельно слоям	перпендикулярно слоям	параллельно слоям
Изборский слоистый	322	250	120	110
То же, крупнокристаллический	370	—	214	—
Саурешский № 15	192	288	—	—
То же, № 17	168	215	125	116
Саласпилский доломитизированный	405	—	—	—

алебастр, белый просвечивающийся гипс, в прошлом широко применявшаяся в качестве статуарного камня и не уступающий по декоративным качествам лучшим сортам мрамора.

Гипсовый камень обладает довольно высокими показателями механической прочности (табл. 12).

Группа метаморфических пород

Из пород этой группы в качестве облицовочного камня наиболее широко применяются мраморы. Гораздо меньше используются кварциты и сланцы. Промежуточное положение между осадочными и метаморфическими карбонатными породами занимают широко использующиеся мраморизованные известняки.

Мрамором называют полнокристаллическую метаморфизованную породу, состоящую из зерен кальцита или доломита. Кроме того, в мраморах присутствуют другие минералы, наличие которых обусловливается составом исходной породы и условиями ее метаморфизации. В мраморах часто присутствуют: кварц, графит, гематит, пирит, лимонит, хлорит, полевой шпат, гранат, серпентин и другие минералы. По условиям образования мраморы относятся к двум типам:

1) образовавшиеся из известняков (доломитов) при высоких давлениях и температурах в условиях регионального метаморфизма;

2) образовавшиеся из известняков (доломитов) путем воздействия высокой температуры и летучих компонентов в условиях kontaktового метаморфизма.

Иногда наблюдается воздействие обоих видов метаморфизма. Области регионального метаморфизма характеризуются обычно выдержаным простирианием толщ и постоянством воздействия факторов метаморфизма на больших пространствах. Зачастую региональный метаморфизм связан с горообразательными процессами. Формирование геосинклиналей ведет к погружению огромных масс осадочных пород и их равномерному прогреванию. Постепенное увеличение глубины и повышение температуры в разных участках зоны регионального метаморфизма приводят к образованию пород, в разной степени измененных.

Месторождения мрамора регионального генезиса характеризуются выдержанностью текстурных и структурных признаков и часто наличием пластовой отдельности, облегчающей их разработку (Коелгинское месторождение).

В доломитах и доломитизированных известняках в условиях kontaktового метаморфизма кроме перекристаллизации может происходить образование новых минералов.

Мрамор имеет самую различную окраску — от чисто-белой, являющейся более ценной, до черной. Чаще встречается серый

мрамор, имеющий невысокую декоративную ценность. Окраска мрамора зависит от присутствия тонкораспыленных минеральных примесей.

Присутствие тонкорассеянных чешуек графита придает мрамору гамму оттенков от светло-серого до черного. Примесь хлорита и серпентина обуславливает зеленую окраску. Гематит и карбонаты марганца придают мраморам розовую и красную окраску, а присутствие лимонита обуславливает желтую и кремовую. Стойкость окраски мрамора может значительно варьировать. А. Е. Ферсман указывал, что норвежский голубой мрамор обесцвечивается после пятилетнего пребывания на воздухе, а итальянский розовый мрамор на Миланском соборе, построенном в XV веке, сохранил свою окраску.

Структура мрамора зависит главным образом от условий его образования. Наиболее часто встречается гранобластическая (зернистая) структура, характеризующаяся извилистыми, угловатыми или округлыми контурами зерен.

По однородности размеров зерен различают равномерно- и неравномерно-зернистую структуры. По характеру границ между зернами — мозаичную, зубчато-мозаичную и зубчатую структуру. Такая сложная структура мрамора обуславливает его погодоустойчивость ввиду тесной взаимосвязи зерен. Обычно в мраморах отсутствует одинаковая ориентировка зерен, но иногда оси кристаллов имеют близкое направление, что повышает декоративность камня, придавая отполированной поверхности бриллиантовый блеск.

Р. Бейтс (1965) указывает, что в 1 см³ тонкозернистого вермонтского мрамора содержится около 2000 зерен кальцита, а в таком же объеме более грубозернистого мрамора из Джорджа — всего 70 зерен.

Размеры зерен кальцита и доломита отдельных месторождений мрамора СССР следующие (Шлаин, 1949).

Месторождения	Размер зерен, мм
Уфалейское	0,05—0,40
Прохорово-Баландинское	0,06—0,30
Коелгинское	0,20—0,40
Полевское	0,05—0,60
Мраморское	0,20—1,50
Шишимское	0,40—2,10
Лопотское	0,02—2,25

Содержание кварца в мраморах обычно невелико и не превышает долей процента, но иногда достигает 20 и даже 40 %. Наличие скоплений хлорита по определенным плоскостям облегчает разработку мрамора, способствуя более легкому расколу.

Свежий мрамор обладает низкой пористостью, колеблющейся для мраморов месторождений США от 0,0002 до 0,5 %

(Бейтс, 1965). Для месторождений СССР Б. П. Беликов (1961) указывает колебания значений пористости в мраморе от 0,11 (Газганско м-ние) до 1,66% (м-ние Киви-Шурья, Карелия).

Мрамор, обладающий низкой пористостью, является более погодоустойчивым, так как у него незначительное водопоглощение и он сравнительно мало поддается воздействию мороза.

При наличии примесей (пирита, лимонита и др.) некоторых нестойких минералов прочность мрамора после водонасыщения иногда значительно снижается. Данные о физико-механических показателях мрамора приведены в табл. 13.

Таблица 13

Физико-механические показатели мраморов и мраморизованных известняков

Порода (возраст), месторождение	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %
Мрамор (протерозой), Кибик-Кордонское (Красноярский край):		
а) розовато-белый,	2,71	0,37
б) белый,	2,72	0,37
в) серый	2,73	0,73
Мрамор (верхний ордовик), Таскольское (Целиноградская обл.)	2,7	0,5
Мрамор (палеозой), Мраморское (Свердловская обл.)	До 2,69	До 1,83
Мраморный конгломерат (средний кембрий), Кноррингское (Приморский край)	До 2,75	До 4,41
Мраморизованный известняк (верхняя юра), Больше-Каменецкое (УССР)	До 2,7	До 2,88
Мрамор (нижний силур), Экспендинское (КазССР)	2,71	0,30
Мраморный конгломерат (верхний мел), Куйшевское (АрмССР)	2,64	2,62
Мраморная конглобекция (верхняя пермь), Вардатшское (АрмССР)	До 2,66	До 10,8
Мрамор (верхний силур), Кабутинское (ТаджССР)	2,68	1,0
Мрамор (нижний девон), Биркулинское (УзССР)	2,65	До 0,84
Доломит, мрамор (средний протерозой), Партизанская (Мурманская обл.)	2,7	0,3—1,76
Мрамор (архей), Бугульдейское (Иркутская обл.)	2,72	1,62
Мраморизованный известняк (верхний ордовик), Таскольское (КазССР)	2,7	0,5
Конгломераты мраморо-кремнистые (нижний карбон)	2,68	1,0
Среднее Текели (ТаджССР)		
Офиокальцит-озмекованный мрамор, Аркутсайское (УзССР)	До 2,77	—

По химическому составу мраморы обычно характеризуются высоким содержанием окислов Ca и Mg и небольшим количеством окислов кремния и алюминия. Данные о химическом составе мраморов различных месторождений СССР приведены в табл. 14 (Соловьев, 1946).

Декоративные качества мрамора, отличающиеся исключительным разнообразием, определяются его цветом и рисунком. Чисто белые кальцитовые или доломитовые мраморы встречаются редко. Обычно в мраморе присутствуют примеси, при равномерном распределении которых он приобретает ровную окраску. Неравномерное распределение примесей вызывает полосчатую или пеструю, пятнистую раскраску. Особую группу по декоративности образуют мраморные конгломераты, у которых цвет цемента и зерен различен (Кноррингское м-ние в Приморском крае).

Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, 10 ³ Па в состоянии			Истираемость, г/см ²
	сухом	водонасыщенном	после замораживания	
0,16	940,1	796,0	739,0	0,94
0,16	856,4	633,0	627,0	0,86
0,09	856,1	767,0	674,0	0,76
0,06	1420	1415	1340,0	0,2
До 0,19	До 675	До 880	До 890	До 1,52
До 0,90	575	465	До 1,15	До 1,15
До 1,30	До 1551	До 1429	До 1363	—
0,2	До 900	До 800	700	До 0,2
0,45	905	776	674	0,6
До 2,35	До 1009	До 871	До 775	—
0,10	895	837	826	1,65
До 0,50	До 1526	До 1440	Морозостойкий	0,82
0,1—0,2	До 3400	До 3200	До 2200	0,19
0,10	861	774	717	1,09
0,06	1420	1415	1340	0,2
0,2	До 800	До 700	До 700	1,5
До 0,19	До 1200	До 1100	До 1000	0,33

Большое значение для оценки декоративных качеств мрамора имеет его просвечиваемость, т. е. способность пропускать свет на глубину. Некоторые статуарные разности мрамора просвечивают на глубину до 3—4 см. Просвечиваемость мрамора обусловливается согласной ориентировкой оптических осей кристаллов.

Таблица 14

Химический состав мраморов некоторых месторождений СССР

Месторождение	Цвет мрамора	CaO	MgO	MnO	R ₂ O ₃
Коелгинское (Урал)	Серый	55,35	0,08	—	—
Прохорово-Баландинское (Урал)	Белый	52,44	0,83	—	—
Полевское (Урал)	»	53,89	0,21	—	0,08
Шишимское (Урал)	»	30,26	20,52	—	0,17
Уфалейское (Урал)	Серый	55,28	0,51	—	—
Шабровское (Урал)	»	55,4	Сл.	—	0,23
Фоминское (Урал)	Желтый	55,6	Сл.	—	—
Белогорское (КАССР)	»	22,38	16,06	0,17	—
Кибик-Кордонское (Красноярск. край)	Розовый	49,28	0,72	—	—
Бираканское (Хабаровский край)	»	29,74	20,65	—	—
Арзакенское (АрмССР)	Черный	55,64	Нет	—	0,12
Газганское (УзССР)	Серый	55,70	0,11	Следы	0,03

сталлов кальцита, но зависит также и от интенсивности окраски камня. Просвечиваемость (в %) определяется с помощью рефлексионного аппарата.

Формы залегания месторождений мрамора самые разнообразные. Наиболее часто встречаются пласто- и линзообразные тела. Размеры мраморных тел сильно варьируют — от крупных массивов мощностью в десятки и даже сотни метров и простираемием, измеряемым километрами, до мелких линз размером 10—30 м по простиранию и мощностью 3—4 м.

Как указывает Р. Бейтс (1965), в сильно дислоцированных толщах мощность пластов мрамора значительно уменьшается в гребнях антиклиналей и заметно увеличивается в замках синклиналей. Эти изменения мощности объясняются пластическим течением мрамора в период нахождения толщи в глубоких зонах земной коры (см. гл. IV).

В шарнирных областях складок, где наблюдается максимальная мощность мрамора, удается получать наиболее крупные блоки. Причем мощность мрамора в осевых частях синклиналей может быть до 20 раз больше, чем в крыльях (рис. 4).

Кварцит. Кварцитом называется метаморфическая горная порода, образовавшаяся из кварцевого песчаника. Кварциты (вторичные) могут также образовываться гидротермально-метасоматическим путем из кислых, реже средних магматических пород или (редко) из осадочных и метаморфических пород.

При образовании кварцитов из песчаников происходит переход аморфной кремнекислоты цемента в кварц.

Кварциты характеризуются высокой механической прочностью, погодостойкостью, малой пористостью, кислото- и щелоче-

Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Нерастворимый остаток	SO ₃	П. п. п.	CO ₂
0,22	0,06	0,14	—	0,003	—	44,0
0,22	0,04	0,04	—	0,003	Не опр.	Не опр.
—	—	0,01	0,28	—	42,16	» »
0,17	0,68	1,20	—	—	Не опр.	46,58
0,08	0,06	0,23	—	—	» »	44,05
—	—	0,32	—	—	42,98	Не опр.
—	—	0,16	—	—	Не опр.	» »
—	0,54	26,48	—	—	34,42	» »
0,46	0,30	8,09	—	—	40,48	» »
0,21	0,13	12,0	—	—	46,53	» »
—	—	0,40	—	—	Не опр.	42,64
—	—	—	0,05	0,04	43,13	Не опр.

упорностью. Они хорошо полируются, но обработка ввиду высокой твердости трудна и дорога, что ограничивает их применение в качестве декоративного камня. В кварцитах наблюдается как крупная, так и мелкая зернистость. Цвет — серый, реже чисто-белый или красный и малиново-красный разных оттенков. Физико-механические показатели кварцитов приведены в табл. 15

Таблица 15

Физико-механические показатели кварцитов и кварцита-песчаников

Возраст	Порода (месторождение)	Объемная масса, г/см ³	Прочность на сжатие, 10 ⁶ Па
Докембрий	Кварцит розовый сливной (гора Маршак, Белорецкий р-н)	2,65	357
	Кварцит слюдистый (гора Малиновая, близ г. Белорецка)	2,65	385
Нижний протерозой	Кварцит светло-серый, со слюдистым цементом (Сегозеро, Карелия)	2,67	290
	Кварцито-песчаник красный (Шокша, Карелия)	2,06	328
Допалеозой	Кварцит розовый сливной (Толкачи, овручская свита, УССР)	2,65	557
	Кварцито-песчаники (карьер Белокоровичи, овручская свита, УССР)	2,60	273

Таблица 16

Сводная геолого-промышленная характеристика месторождений облицовочного

Структурные элементы	Группа пород	Геологическое распространение	Форма залежей	Структура (цвет)
Платформы	Интузивные а) кислые (границы) б) средние (диориты, сиениты, щелочные породы—хининиты и др.) в) основные и ультраосновные (габбро, габбро-нориты, лабрадориты)	Широкое Ограниченнное »	Батолиты, крупные штоки	Кристаллически-зернистая порфировидная (красный, серый, зеленый)
			Штоки и другие тела	Гипидиоморфно-зернистая (темно-серый, зеленый)
			Штоки, массивы, лабрадориты в виде небольших тел	Кристаллически-зернистая (темно-серый, у лабрадоритов иногда почти черный)
	Эффузивные (базальты и др.)	Значительное	Массивы, покровы	Мелкозернистая (темно-серый)
	Кристаллические плиты (выступы древнего кристаллического фундамента)	Ограниченнное	Пластообразные залежи, иногда будинированные	Мелко- и тонко-зернистая (белый, розовый, серый, красный и др.)
				Мелкозернистая (светло-серый, розовый, красный)
			Пласти	Мелко- и тонко-зернистая (черный, серый)
		»	»	
Чехлы осадочных пород	Группа карбонатных пород (известняки, доломиты)	Широкое	»	Тонко- и мелко-зернистая (белый, светло-серый, желтый)
	Группа сульфатных пород (гипс, ангидрит)	»	Пласти, массивы	То же

камня						
Декоративность	Выход блоков	Погодостойкость	Масштаб запасов	Рекомендуемые области применения	Сопротивление сжатию в сухом состоянии, 10^7 Па	
Средняя	Обычно высокая	Высокий (30–40–50%); блоки очень крупные	Высокая	Десятки млн. м ³	Для всех видов облицовки и архитектурных изделий	18–30
	Средняя	Ниже, чем у гранитов (20–30%)	»	Сотни тыс. м ³	То же	20 и более
	Средняя, для лабрадоритов	Высокий (до 50%)	»	То же	»	20 и более (до 50)
Средняя и низкая	До 1 м ³ и более (30–40%)	Высокая	Млн. м ³	Главным образом для изделий, где не требуется высокой декоративности	30–33	
Средняя	Обычно высокая	0,3–0,5 м ³ (10–20%)	Невысокая	Десятки и сотни тыс. м ³	Главным образом для внутренней облицовки	7–19
	Наиболее декоративны красны	0,2–0,3 до 3 м ³ (10–15%)	Очень высокая	Млн. м ³	Для всех видов облицовок	30 и более
	Обычно низкая	До 50%	Невысокая	Десятки и сотни тыс. м ³	Главным образом для внутренних облицовок	15–20
Средняя	Обычно средняя (20–30%)	Удовлетворительная	Сотни тыс. м ³	То же	7–15	
»	То же	Обычно невысокая	Десятки тыс. м ³	Для внутренних облицовок, не несущих механических нагрузок	3–5	

Продолжение табл. 16

Структурные элементы	Группа пород	Геологическое распространение	Форма залежей	Структура (цвет)						
					Декоративность	Выход белков	Погодостойкость	Масштаб запасов	Рекомендуемые области применения	Сопротивление сжатию в сухом состоянии, 10^7 Па
Интрузивные а) кислые (граниты) б) средние (сиениты, диориты) в) основные и ультраосновные (пироксениты, габбро)	Широкое	Штоки	Крупно- и среднезернистая (красный, розовато-серый, зеленый)	Среднезернистая	Различная	Высокая, до нескольких кубических метров (50—60%)	Высокая	Десятки млн. м ³	Для всех видов облицовок	19—26
	Ограниченнное		Среднезернистая			Высокая (до 50%)	»	Млн. м ³	То же	
Эфузивные (базальты, перфидиты)	Ограниченнное, в отдельных районах широкое	Покровы	Мелкозернистая (темно-серый); порфириты иногда с крупными выделениями полевых шпатов		Средняя (30—40%)	»	Десятки млн. м ³	Для внешних и внутренних облицовок	Базальты 20—50, порфирииты 10—22	
Вулканогенные (туфы вулканические)	Распространены в районах молодой вулканической деятельности	Пластообразные залежи	Пористая (желтый, розоватый и др.)		Средняя	От 20 до 40% и более	»	Млн. м ³	Как стеновой облицовочный камень	0,7—1,6
Метаморфические а) мрамор и мраморизованные известняки; б) кварциты	Значительное	Пласти, крупные линзы, массивы	Мелко- и среднезернистая (белый, красный, серый, зеленый)		От высоко- до среднедекоративных	Сильно колеблется от 0,3 до 2 м ³ (5—40%)	Обычно невысокая	»	Главным образом для внутренних облицовок	11—30
	Ограниченнное	Пласти	Мелкозернистая (красный, розовый, серый)			Наиболее декоративен авантюрий	Главным образом мелкие (до 50%)	Очень высокая		Для всех видов облицовок; применение ограничивается трудностью обработки
Гидротермальные (мраморный оникс)	Весьма ограниченное	Пластообразные залежи и корки в пещерах	Плотная (медово-желтый, полупрозрачный)		Высокая, декоративный и поделочный камень	0,1—0,2 м ³ (30—50%)	Низкая	Тысячи и десятки тыс. м ³	Для внутренних облицовок, а также как поделочный камень	3—5

Геосинклинальные складчатые пояса	Декоративность	Выход белков	Погодостойкость	Масштаб запасов	Рекомендуемые области применения	Сопротивление сжатию в сухом состоянии, 10^7 Па
	Различная	Высокая, до нескольких кубических метров (50—60%)	Высокая	Десятки млн. м ³	Для всех видов облицовок	19—26
	Средняя	Высокая (до 50%)	»	Млн. м ³	То же	20—22
	Низкая, у некоторых порфиритов высокая	Средняя (30—40%)	»	Десятки млн. м ³	Для внешних и внутренних облицовок	Базальты 20—50, порфирииты 10—22
	Средняя	От 20 до 40% и более	»	Млн. м ³	Как стеновой облицовочный камень	0,7—1,6
	От высоко- до среднедекоративных	Сильно колеблется от 0,3 до 2 м ³ (5—40%)	Обычно невысокая	»	Главным образом для внутренних облицовок	11—30
	Наиболее декоративен авантюрий	Главным образом мелкие (до 50%)	Очень высокая	»	Для всех видов облицовок; применение ограничивается трудностью обработки	18—50
	Высокая, декоративный и поделочный камень	0,1—0,2 м ³ (30—50%)	Низкая	Тысячи и десятки тыс. м ³	Для внутренних облицовок, а также как поделочный камень	3—5

(Беликов, 1961). Форма залегания кварцитов обычно пласто- или линзообразная.

Сводная характеристика горных пород, применяемых в качестве облицовочных камней, дана в табл. 16.

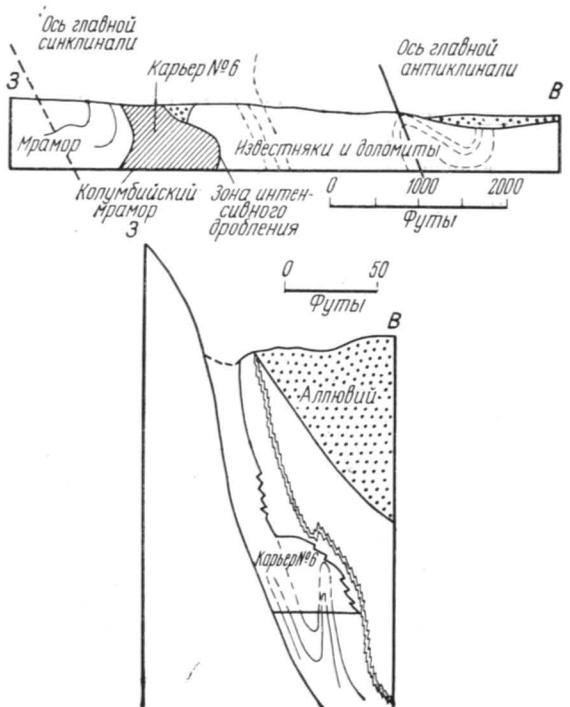


Рис. 4. Поперечные разрезы толщи мраморов месторождения Питсфорд, Вермонт (по Р. Бейтсу)

На верхнем разрезе показаны крупные складки и положение карьера № 6, приуроченного к складке течения, в мраморах Колумбийской формации на восточном крыле главной синклиналии

Глава IV

ДЕФОРМАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ТРЕЩИНОВАТОСТЬ

Горные породы в верхних слоях земной коры во многих случаях являются сравнительно хрупкими. В то же время формы их залегания свидетельствуют о том, что в других условиях они должны были обладать в большей или меньшей степени пластичностью. Факторами, определяющими изменение физико-механических свойств горных пород при их перемещении в

глубинах земной коры, являются: высокое давление, температура, время и растворы. Эффект появления пластичности у горных пород, по-видимому, вызывается совокупным воздействием всех этих факторов. Влияние температуры может быть существенным в том случае, когда она достигает такого предела, при котором наступает разрушение структуры породы и минералов или начинаются химические превращения. Горная порода в зависимости от условий может деформироваться упруго, пластично или с разрывом сплошности. В породах под влиянием деформирующих сил возникают сначала упругие деформации, т. е. такие, которые после удаления действующих сил полностью исчезают (обратимые деформации). Эти деформации могут переходить в пластические, сохраняющиеся и после удаления действующих сил (остаточные деформации). Последние возникают в том случае, если нагрузка на породу превосходит предел ее упругости.

Способность горной породы выдерживать деформации без разрушения определяет ее пластичность.

Напряжение, вызывающее разрушение тела, называется пределом прочности. Для пластичных тел между пределом упругости и пределом прочности имеется значительный интервал. Пластическая деформация происходит без существенного разрушения материала и появления заметных трещин.

Всестороннее сжатие, удерживая частицы тел во взаимной близости, а также препятствуя разрушению кристаллических решеток и образованию разрывов, увеличивает прочность пород и их способность к пластической деформации.

В первой стадии развития пластической деформации имеет место значительное увеличение прочности, которая с течением времени исчезает. Это явление носит название релаксации.

При длительном воздействии напряжения на твердое тело оно «течет» и деформируется (ползучесть). Эти два явления отражают процесс постепенного уменьшения интенсивности внутренних сил упругости, возникающих в теле при воздействии нагрузки.

Поведение известняка при высоких давлениях похоже на поведение ковких металлов. А. Е. Михайлов (1956) отмечает, что известняк, который при обычных условиях дает эффект только упругой деформации и ломается сейчас же, как только напряжение достигнет предела упругости (хрупкая деформация), под всесторонним давлением в $1 \cdot 10^9$ Па сминается на 50% без разрыва. При этом он повышает свою прочность до $13 \cdot 10^8$ Па.

Явление пластических деформаций горных пород имеет не только теоретический интерес, но в ряде случаев влияет на формирование залежей мраморов, а также гипсов, обусловливая пластическое течение горной массы под влиянием давления. Перемещение мрамора доказывается наличием в нем много-

численных мелких складок течения с поперечником от нескольких до десятков метров.

Способность различных горных пород, как и минералов, к пластической деформации различна. Подавляющее число осадочных пород проявляет способность к остаточной деформации при величинах всестороннего сжатия и температур, значительно меньших, чем изверженные или метаморфические породы силикатного состава.

При температурах 500—800° С и всестороннем давлении $5 \cdot 10^8$ Па (что соответствует глубине более 20 км) изверженные породы проявляют способность главным образом только в ката-кластической деформации, причем она локализуется в узких полосах сдвига. Большинство же осадочных пород проявляет способность к такой деформации на глубинах все-где несколько километров.

Осадочные породы неодинаково реагируют на воздействие всестороннего сжатия и повышенных температур (рис. 5).

Глубина расположения верхней границы упругой деформации не может считаться строго установленной. Так, Н. А. Елисеев (1953) оценивает ее от 2600 до 12 000 м. В верхних зонах земной коры (выше границ пластической деформации) горные породы подвергаются воздействию главным образом хрупких деформаций, сопровождаемых деструктурным метаморфизмом, одним из проявлений которых является появление в породах некоторых видов трещин.

Трещины, развитые в горных породах, возникают под влиянием различных геологических факторов, действующих на породу в течение всего времени ее существования. Они классифицируются по их ориентировке в пространстве (геометрическая классификация) и условиям образования (генетическая классификация).

Геометрическая классификация трещин в осадочных и метаморфических породах выделяет:

- поперечные трещины, секущие слоистость или сланцеватость по направлению падения;
- продольные трещины, параллельные линии простирации, но секущие слоистость или сланцеватость в вертикальных разрезах;
- косые трещины, секущие слоистость или сланцеватость в вертикальных разрезах;

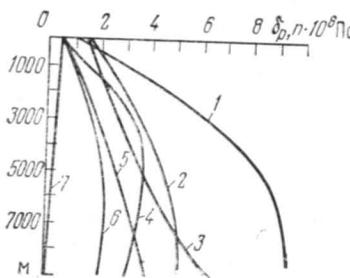


Рис. 5. Сравнительные данные по изменению максимальной прочности различных осадочных пород с ростом глубины (по Б. В. Байдлину)

1 — песчаник; 2 — доломит; 3 — ангидрит; 4 — мрамор; 5 — песчаник и известняк; 6 — глинистый сланец; 7 — каменная соль

границ пластической деформации) горные породы подвергаются воздействию главным образом хрупких деформаций, сопровождаемых деструктурным метаморфизмом, одним из проявлений которых является появление в породах некоторых видов трещин.

Трещины, развитые в горных породах, возникают под влиянием различных геологических факторов, действующих на породу в течение всего времени ее существования. Они классифицируются по их ориентировке в пространстве (геометрическая классификация) и условиям образования (генетическая классификация).

Геометрическая классификация трещин в осадочных и метаморфических породах выделяет:

- поперечные трещины, секущие слоистость или сланцеватость по направлению падения;
- продольные трещины, параллельные линии простирации, но секущие слоистость или сланцеватость в вертикальных разрезах;
- косые трещины, секущие слоистость или сланцеватость в вертикальных разрезах;

г) согласные трещины, ориентированные параллельно слоистости или сланцеватости как в плане, так и в разрезе.

В массивных, а также слоистых и сланцеватых породах трещины классифицируют и по углу наклона:

- вертикальные, с углами наклона от 80 до 90°;
- крупные, с углами наклона от 45 до 80°.

Генетическая классификация трещин выделяет следующие их виды (Михайлов, 1956).

I. Нетектонические трещины:

- первичные;
- выветривания;
- расширения пород при разгрузке;
- оползней, обвалов и провалов;
- искусственные.

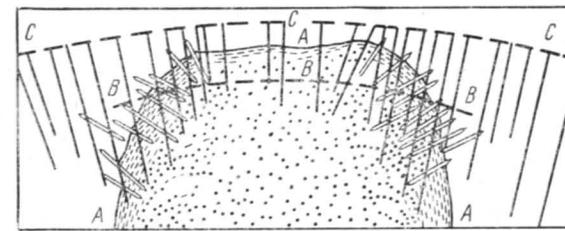


Рис. 6. Пример типичных взаимоотношений между структурами течения и системами трещин в интрузивном массиве средних размеров (по Ф. Лахи)

AAA — контур древней структуры — с краевыми трещинами, сопровождаемыми дайками (двойные линии); BBB — контур свода линий течения; CCC — контур распространения трещин во вмещающих породах

II. Тектонические трещины:

- трещины с разрывом сплошности пород;
- кливаж.

Нетектонические трещины в горных породах возникают под влиянием сил, развивающихся при изменении внутренних свойств пород, а также сил, возникающих при экзогенных процессах.

Наибольшее практическое значение имеют первые два вида.

1. В осадочных породах первичные трещины возникают главным образом в процессе диагенеза, вследствие потери воды и уплотнения породы. Трещины такого рода более четко выражены в районах, не подвергшихся интенсивному тектоническому воздействию, так как в противном случае они маскируются тектонической трещиноватостью.

Первичные трещины обычно пересекают только один пласт или небольшую пачку пластов. По отношению к слоистости они располагаются по-разному: перпендикулярно, косо, параллельно, а иногда образуют неправильные сложные формы.

В интрузивных породах первичные трещины образуются в период их охлаждения, что сопровождается уменьшением объема и возникновением объемных стягивающих напряжений (рис. 6).

В зависимости от ориентировки структур течения, возникающих в интрузивной породе в период ее остывания, выделяют трещины поперечные, продольные, пластовые и диагональные.

Поперечные трещины располагаются нормально к структурам течения; продольные — по простирианию линейных структур течения; пластовые образуются обычно в верхних частях массива и совпадают с поверхностью первичной полосчатости и, наконец, диагональные — косо по направлению структур течения.

2. При выветривании горные породы теряют свою монолитность и в них возникает сеть трещин, вызывающая распадение крупных блоков на мелкие обломки, которые затем могут разрушаться до дресвы или глинистой массы. Распадение породы происходит за счет расширения ранее существовавших трещин и образования новых.

3. В некоторых гранитах наблюдается плитообразная отдельность, выражаясь в способности породы распадаться на отдельные плиты или слои по трещинам, параллельным поверхности массива. Образование плитообразной отдельности объясняется расширением породы в результате ослабления давления на нее вследствие сноса эрозией вышележащих пород. Эта отдельность может, видимо, также возникать под влиянием регионального горизонтально направленного тектонического давления.

В массивах горных пород под влиянием всестороннего (трехосного) давления происходит аккумуляция значительной энергии, при быстром освобождении которой, вызванном вскрытием карьера, может возникнуть явление горного удара (взрыва).

Если расширение породы вверх при уменьшении нагрузки обусловливает образование пластовой отдельности или упругое изгибание массива, то горизонтальная составляющая расширения сохраняется в породе при ее освобождении от давления прилегающих частей массива, что и приводит к образованию эффекта горного удара. На карьерах облицовочного камня, чтобы ослабить горное давление, иногда проходят широкую выемку или линию буровых скважин большого диаметра. М. М. Протодьяконов так описывает «стреляние» породы, вызванное ее расширением при разгрузке, ...«когда проводится новая выработка, то в породах слышится треск, нередко достигающий по силе ружейного выстрела, и от обнаженной поверхности забоя отскакивают чечевицеобразные осколки и даже целые глыбы... Отделение всегда параллельно обнаженной поверхности забоя и совершенно не зависит от напластования, сланцеватости или сдвиговых трещин» (Михайлов, 1956, с. 46).

4. Трещины, входящие в эту группу, развиваются в теле оползающей горной массы, а также над карстовыми подземными пещерами и при обвалах. Практическое значение их для оценки месторождения облицовочного камня обычно невелико.

5. Искусственные трещины возникают в горных породах при взрывных работах, от ударных инструментов и механизмов. Особенно опасны мощные взрывы, могущие вызывать сильную трещиноватость в массиве облицовочных камней и сделать их непригодными для практического использования.

Тектонические трещины в породах появляются под воздействием тектонических сил. Трещины такого типа характеризуются значительной выдержанностью по простирианию и падению и пересекают при этом различные по составу и возрасту породы.

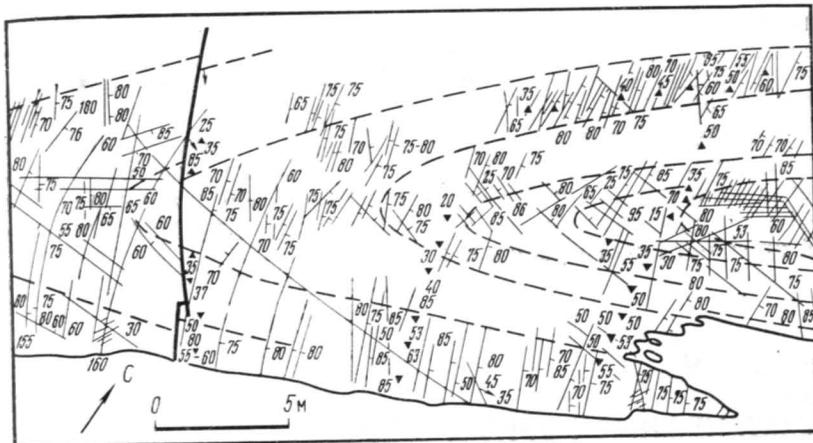


Рис. 7. Поперечные трещины на овальном поднятии. Изогипсы поднятия и трещины с указанием угла падения (по В. В. Белоусову).

Как указано выше, тектонические трещины делятся на трещины с разрывом сплошности и кливаж.

Трещины первого типа возникают при появлении в породе напряжений, превышающих предел прочности. При нормальных напряжениях (перпендикулярно к их главной оси) образуются трещины отрыва. Последние обычно приоткрыты, обладают неровной зернистой поверхностью и лишены следов перемещения. Они быстро выклиниваются по простирианию и падению, но часто сопровождаются другими трещинами, расположенными в стороне, но ориентированными в том же направлении.

Местные трещины отрыва возникают на участках, испытывающих растягивающие напряжения при формировании складок и разрывов, сопровождающихся перемещением пород. На периклинальных погружениях складок и при изгиба шарниров растяжение пластов происходит также и в направлении оси складки, причем образуются трещины отрыва, расположенные поперек направления складки (рис. 7).

Трещины скальвания образуются при касательных напряжениях, возникающих в породах, и ориентированы в направле-

ния максимальных напряжений. Трещины такого типа хорошо сохраняют свою ориентировку по простирианию и падению. Они распространены на участках, где имели место взбросы и сдвиги.

Трещины скальвания связаны не только с образованием отдельных структур, но в некоторых районах имеют и региональное распространение. Возникают они в складчатых областях, когда горные породы, не способные к пластическим деформациям, испытывают вслед за формированием складок новые напряжения.

Трещины скальвания возникают часто в интрузивных породах, подвергающихся сдавливанию после полного застывания. Они обычно плотно сжаты и имеют ровную, относительно гладкую поверхность. Гальки и крупные зерна, попадающие на линию разрыва, срезаются, а не выдергиваются из своих гнезд (Михайлов, 1956).

Способность горных пород делиться по параллельным или почти параллельным поверхностям на тонкие пластинки называется кливажом. Он образуется в последней стадии развития процесса пластической деформации, характеризующейся потерей прочности перед разрывом.

ния температур, которые обусловливают развитие ряда процессов: 1) изменение объема минералов и горных пород; 2) изменение объема воды и газов, заключенных в горных породах; 3) испарение и конденсация влаги; 4) ускорение или замедление химических реакций.

Эти процессы вызывают в горных породах ряд явлений, постепенно приводящих к их разрушению, а именно: 1) расшатывание и нарушение связей между частицами; 2) перераспределение плотности (особенно в глинистых породах); 3) нарушение структуры; 4) перераспределение растворимых продуктов выветривания; 5) изменение концентрации и состава солей, находящихся в воде насыщающей поры породы (Коломенский, 1959).

В процессах выветривания большую роль играют продукты жизнедеятельности организмов и разложения органических веществ — углекислый газ и органические кислоты, просачивающиеся в породу из почвы.

В коре выветривания широко развиты процессы окисления. Железо, марганец и сера, которые находятся главным образом в двухвалентной форме (Fe^{2+} , Mn^{2+} , S^{2-}), окисляясь, дают соединения типа Fe^{3+} , Mn^{4+} , S_6^- (Fe_2O_3 , MnO_2 , $CaSO_4$ и др.).

Также энергично идут процессы гидратации — большинство вторичных минералов содержит воду гидроксильную, кристаллизационную и др.

Минералы в различной степени подвержены воздействию процессов выветривания, что иллюстрируется табл. 17 (Перельман, 1965).

Изменение минералогического состава изверженных пород выражается обычно в переходе первичных алюмосиликатов (половых шпатов, авгитов, роговых обманок и др.) во вторичные (каолинит, монтмориллонит, иллит и др.). Последние образуются на поверхности камня и в трещинах скопления тонкого материала и придают породе характерный выветрелый вид.

Наряду с этим образуются и другие вторичные минералы, такие, как гипс, карбонаты кальция и магния, водные окислы железа и др. Почвенная влага богата активными соединениями (CO_2 , NH_3 , HNO_3) и содержит органические кислоты, разрушающие горные породы. Активным разрушителем является и морская вода.

В процессах разрушения горных пород более или менее значительную роль играет влага, находящаяся в порах камня. Содержащиеся в этой влаге растворенные соли при испарении выносятся на поверхность, где и отлагаются в виде налетов. Эти соли разрушающие действуют на поверхность камня, образуя рыхлую каменную муку. Характер пористости той или иной горной породы при процессах выветривания (насыщении пор водой и колебаниях температуры) оказывает влияние на ее прочность.

Глава V

ВЫВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

Горные породы, выходящие на земную поверхность, подвергаются выветриванию, приводящему не только к образованию трещин, но и к глубоким изменениям состава и физико-механических свойств пород. При выветривании на горные породы действуют различные агенты, характер и степень интенсивности влияния которых определяется многими факторами — геологическим строением, рельефом и физико-географическими особенностями района.

Основными агентами выветривания являются:

1) солнечная радиация, 2) вода, 3) кислород, 4) углекислота, 5) животные и растительные организмы, а также продукты их жизнедеятельности.

Горные породы, вступая в сложные взаимодействия с агентами выветривания, претерпевают значительные физические и химические изменения с образованием разнообразных продуктов выветривания. Одним из наиболее активных факторов выветривания является солнечная радиация. Тепловое излучение и неравномерность его в течение года и суток вызывает колеба-

Таблица 17

Относительная устойчивость минералов при химическом выветривании

Минералы	Весьма устойчивые	Устойчивые	Малоустойчивые	Неустойчивые
Породообразующие	Кварц	Мусковит, ортоклаз, микроклин, кислые плагиоклазы	Амфиболы, пироксен, диопсид, геденбергит	Основные плагиоклазы, фельшпатоиды, щелочные амфиболы, биотит, авгит, оливин, глауконит, кальцит, доломит, гипс
Аксессорные	Хромшпинелиды, топаз, турмалин, брукит, анатаз, лейкоксен, рутил, шпинель, платина, осмистый иридий, золото, циркон, корунд, алмаз	Альмандин, гематит, магнетит, титаномагнетит, сфеен, андрадит, гроссилиманит, дистен, сульфур, ортит, первоският, барит, ильменит, ксенотит, цонзит, эпидот, монацит, касситерит, андалузит, колумбит-танталит, торманит, гранат	Вольфрамит, шеелит, апатит, арсенопирит, киноварь, пирит	Пирротин, сфалерит, халькопирит, арсенопирит, киноварь, пирит

Характер процессов выветривания, происходящих в породах различного состава, подробно описан в интересной работе В. П. Петрова (1967). Автор указывает, что каолинизация полевых шпатов гранитов происходит в три стадии — сначала образуется мусковит, который постепенно гидратизируется и превращается в каолинит и гидрослюдю.

В соответствии с этим В. П. Петров в разрезе коры выветривания гранитоидов выделяет три зоны (снизу вверх):

1) дресвы, сложенную кварц-слюдяной породой с замещением полевого шпата слюдой; 2) гидрослюды, где развиты слюды в разной степени гидратации; 3) каолинита, где преобладает этот минерал (кварц частично растворен, железо в той или иной степени удалено).

Рассматривая возможность возникновения так называемых «закрытых кор выветривания», В. П. Петров указывает, что они образуются при боковом притоке воды и представляют собой полого залегающую линейную кору выветривания.

В другом случае «закрытая кора выветривания» представляет собой древнюю кору выветривания, покрытую более молодыми породами (рис. 8). Мощность коры выветривания может колебаться от десятков сантиметров до десятков и даже сотен метров и зависит от климатических условий, продолжительности процесса, рельефа, тектонического режима и состава пород. Наиболее мощные коры выветривания создаются во влаж-

ном, жарком климате при равнинном или слaboхолмистом рельефе и спокойном тектоническом режиме области. При выветривании образуются несколько горизонтов, представляющих собой постепенный переход от свежей коренной породы к почвам, являющимся конечным продуктом процесса выветривания. Снизу обычно лежит обломочный горизонт, выше которого идут горизонты различного состава (гидрослюдистый, каолинитовый, гидроокислов железа и алюминия и т. д.), зависящего от характера исходных пород и направления процесса.

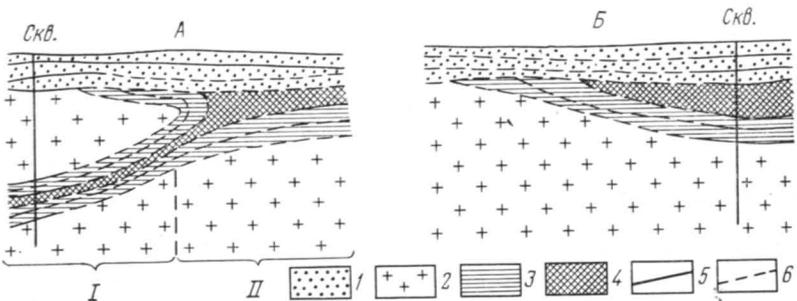


Рис. 8. Выходы коры выветривания (по В. П. Петрову)

А — закрытая кора выветривания с повторной зональностью; Б — то же, возникшая под покровом свежих пород

1 — молодые покровные породы; 2 — свежие выветривающиеся породы; 3 — наименее выветриваемые породы; 4 — сильно выветриваемые породы (верхняя зона коры выветривания); 5—6 — границы (5 — установленные; 6 — предполагаемые); I — линейная кора выветривания (закрытая кора); II — площадная кора выветривания

Интенсивность и глубина выветривания зависят от соотношения физического и химического выветривания. Первое, увеличивающая пористость породы, разрыхляя ее, образуя и расширяя трещины, способствует проникновению глубоко в породу агентов химического выветривания и выносу продуктов химической переработки породы. Выветривание горных пород большей частью происходит очень неравномерно. На одних участках оно изменяет и разрушает породы только в поверхностной зоне, на других — проникает на значительную глубину. Этому способствует трещиноватость и тектоническая нарушенность горных пород, глубокие трещины, разломы, зоны дробления, являющиеся проводниками для агентов выветривания. В таких зонах нередко возникают так называемые линейные коры выветривания.

При изучении облицовочного камня особенно важны ранние стадии выветривания, когда та или иная горная порода еще сохраняет свой внешний облик, а участки ее, затронутые выветриванием, отличаются лишь наличием волосных трещин или микротрещин, каемкой вторичных минералов на зернах полевого шпата, ослаблением связей между кристаллами, снижением прочности пород, увеличением пористости, нередко незаметными для глаза.

Изменение физико-механических показателей гранита в зависимости от степени выветрелости, определяемой глубиной от поверхности, показано в табл. 18 (Беликов и др., 1964).

Таблица 18

Влияние процессов выветривания на физико-механические свойства микроклиновых крупнозернистых гранитов Ново-Украинского типа

Характер породы (глубина взятия пробы)	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %	Прочность на сжатие, 10 ⁶ Па
Выветрелый гранит (с поверхности)	2,54	3,97	113
Гранит, затронутый выветриванием (1,5 м)	2,61	1,33	145
Трещиноватый гранит из карьера (3 м)	3,69	1,07	180
Гранит из карьера (17 м)	2,67	0,98	238
Свежий гранит (49 м)	2,61	0,63	240

Как видно из данных таблицы, прочность выветрелого гранита снижается более чем в два раза.

Наряду с поверхностным выветриванием в массивах горных пород наблюдаются явления глубинного выветривания. Такие явления отмечаются главным образом в районах молодой тектонической деятельности, вулканизма и сейсмической активности. Глубинное выветривание наблюдается также иногда и в породах кристаллического основания платформ. Так, при разведке месторождения гранитов Микашевичи в Белоруссии были встречены глубоко идущие зоны выветривания, приуроченные, видимо, к линиям тектонических разломов.

При выветривании мрамора теряется блеск отполированной поверхности, происходит выпадение зерен, возникновение трещин и изменение окраски. Интересные данные об изменениях, претерпеваемых облицовочными камнями в процессе службы в Московском метрополитене, приводят В. Г. Лившиц (1967). Гранит в облицовке полов в условиях даже самого большого пассажирского движения за многие годы не показывает существенного износа. Мрамор очень стоек, декоративен и долговечен в облицовке стен, колонн и пилонов. Однако иногда наблюдается потеря декоративных свойств мрамора. Как показали наблюдения в метро за состоянием облицовочных плит из мрамора, в них могут наблюдаться следующие виды коррозии.

1. *Побурение*, вызываемое окислением мелких зерен пирита, присутствующих даже в количестве 0,1%, а также применением для крепления плит мрамора железных крючьев, фильтрацией грунтовых вод, содержащих окислы железа. Наличие пирита отмечалось в следующих месторождениях мрамора: Коелгинского, Прохорово-Баландинского, Полевского и Шабровского, плиты из которых претерпевали изменение окраски.

2. *Чешуйчатое разрушение мрамора (шелушение)*. Этому виду коррозии подвержены мраморовидные известняки месторождений Шроша, Салиэти, Садахло и Кадиковка (Крым), в меньшей степени — месторождений Биюк-Янкой (Крым) и Тагильского (Урал). В мраморах других месторождений этого явления не наблюдалось. Процесс шелушения заключается в отделении от поверхности плиты мелких чешуек мрамора, постепенно отпадающих и оставляющих впадины (язвы). Образование чешуек обусловлено проникновением в мрамор с влагой карбонатов натрия и сульфатов. Источником карбоната натрия является жидкое стекло, применяемое для крепления плит.

Как указывает В. Г. Лившиц, применение естественного камня для облицовки метрополитена, несмотря на кажущуюся дорогоизнану, экономически себя оправдывает. Так, гранитный пол имеет практически неограниченный срок службы, в то время как асфальтовый служит не более 3—4 лет и дает колоссальное количество пыли, удаление которой требует громадных расходов. Присутствие пыли отрицательно сказывается на здоровье людей и влияет на состояние оборудования и механизмов.

В зависимости от состава породы и характера факторов, действующих на облицовочный камень, выделяют три вида проявления выветривания (Залесский и Беликов, 1948).

1. Повреждения распространяются на поверхности и внутри камня с одинаковой интенсивностью. Такое выветривание свойственно породам со средней пористостью, например песчаникам.

2. Повреждения развиваются на поверхности. Внутренние части камня выветриваются незначительно. Наблюдаются главным образом на изверженных породах.

3. Повреждения наблюдаются в камне на большой глубине и с поверхности менее заметны. Этот тип разрушения возникает под действием мороза.

По степени сопротивления выветриванию и долговечности среди мраморов выделяют следующие группы (Залесский, Беликов, 1948):

I группа — мраморы кристаллической структуры, с плотным сцеплением зерен. Могут применяться для наружных облицовок при условии частичной замены через 200—400 лет. К этой группе относятся мраморы месторождений Прохорово-Баландинского, Кибик-Кордонского (розовый), Газганского и Уфалейского.

II группа — мраморы кристаллической структуры, но с менее плотным сцеплением зерен. Могут быть применены и для наружных облицовок при условии частичной замены через 200 лет. К этой группе относятся мраморы месторождений: Кибик-Кордонского (бледно-розовый), Коелгинского, Белогорского, Ороктойского, Каркодинского.

III группа — мраморы кристаллической и пелитоморфной структуры с различной степенью плотности и характером сцепления зерен и мраморы кристаллической структуры с различными включениями, снижающими качество. Применять их для наружных облицовок не рекомендуется. Сюда относятся мраморы следующих месторождений: Кибик-Кордонского (белый и розовый с гематитом), Лопотского, Салиэты, Пуштулимского, Нижне-Тагильского, Агверанского и др.

В условиях современных промышленных городов облицовочные камни, расположенные на внешней стороне зданий, подвергаются разрушительному воздействию газов, содержащихся в атмосфере (CO , CO_2 , SO_2 , SO_3 , иногда HCl), а также сажи и пыли.

Наблюдения над степенью разрушения мраморной облицовки (мрамор Шишимского месторождения) Музея изобразительных искусств им. Пушкина в Москве, проведенные после 35-летней службы, показали, что разрушение зависит от двух факторов (Беликов, 1950).

1. Степени доступности детали агентам выветривания:

- а) стены, не доступные для осадков, не подвергались воздействию воды, замерзшей в порах, и хорошо сохранились;
- б) стены, отчасти открытые для осадков и ветра, испытывают глубокие изменения цвета, но выветрены слабо;
- в) колонны, открытые для осадков и ветра, изменяются сильнее.

2. Свойства камня:

- а) степени свежести мрамора — блоки, полученные из верхней части карьера, скорее подвергаются разрушению;
- б) структуры — более легко разрушающиеся мраморы обладают округлыми линиями сцепления зерен.

Результаты наблюдений над камнями в сооружениях XII—XIII вв. приводятся в работе В. Я. Степанова и К. П. Флоренского (1952). Белокаменные постройки Владимиро-Сузdalской Руси сложены из тесаных известняков (видимо, мячковского и подольского горизонтов среднего карбона Подмосковья) и известковых туфов. В камнях этих зданий выделяются три типа разрушений:

1) механического характера, связанные в основном с распорами от нагрузки сводов, что приводит к отклонению поддерживающих элементов от вертикали;

2) связанные с морозным выветриванием, проявляются в растрескивании и выкрашивании отдельных камней, обычно в местах максимального увлажнения камня с наружной стороны зданий;

3) приуроченные к защищенным от непосредственного воздействия воды частям зданий, проявляющиеся в виде так называемого мучнистого выветривания.

Глава VI

РАЗМЕЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ НА ТЕРРИТОРИИ СОВЕТСКОГО СОЮЗА. ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ИХ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Как указывалось выше, подавляющее число месторождений облицовочного камня связано с интрузивными и метаморфическими породами, значительно меньше число — с осадочными.

Первые приурочены к кристаллическим породам выступов докембрийских платформ, а также к геосинклинальным областям. С осадочными породами, образующими покровы древних платформ, а также развитыми в геосинклинальных областях, связаны месторождения известняков, доломитов, песчаников и гипсов. На платформах имеются также районы распространения базальтовых покровов.

Краткая характеристика основных районов распространения месторождений облицовочных камней приводится ниже.

Балтийский щит (Карелия, Кольский полуостров и Карельский перешеек). Восточная часть Балтийского щита представляет собой глубокоэродированную область, сложенную преимущественно породами архейского фундамента, в прогибах которого сохранились корневые части более молодых — нижне-, средне- и верхнепротерозойских образований.

Архейские образования представлены главным образом гранитами, гнейсами и кристаллическими сланцами. Гораздо меньше развиты основные породы. Нижнепротерозойские породы представлены различными гнейсами, сланцами, кварцитами, прорванными интрузиями основных, ультраосновных и кислых пород. Отложения среднего протерозоя представлены сегозерской серией, сложенной мощными толщами кварцитов, и онежской серией, сложенной доломитами и кристаллическими сланцами. Верхнепротерозойская подгруппа представлена песчаниками и кварцito-песчаниками. Наиболее молодые образования в Карельско-Кольском регионе представлены щелочными интрузиями каледонского и герцинского возраста — Хибинским и Ловозерским массивами щелочных пород на Кольском п-ове.

На территории Карелии широко развиты гранитные породы (граниты, гранодиориты и гнейсо-граниты). Наиболее распространенными являются архейские микроклиновые граниты, выходы которых занимают большие площади в Беломорье, Запад-

ной Карелии, Приладожье и на восточном побережье Онежского озера. Месторождения гранитов двух последних районов хорошо изучены и широко использовались в строительстве Ленинграда и Москвы.

Граниты восточного побережья Онежского озера представлены мелко- и среднезернистыми микроклин-биотитовыми разностями, реже плагиогранитами.

Приладожские граниты отличаются большим разнообразием расцветок — от светло-серых, пепельно-серых (сердобольский тип) до розовых, красных (валаамские граниты — о-в Герман), бурых и шоколадных.

К основным изверженным породам в Сартавальском районе Карелии относятся интрузии архейского возраста. Это в первую очередь зеленовато-черные и черные перидотиты, пироксениты друзитовой структуры.

Эффузивные разности основных пород протерозойского возраста представлены суйсарской серией, сложенной диабазовыми порфиритами, туфами, мандельштейнами и вулканическими брекчиями. Эти породы развиты на северо-западном Прионежье. Наибольший интерес из пород этой группы представляют иотнийские габбро-диабазовые породы западного побережья Онежского озера.

Из метаморфических пород на территории Карелии развиты кварциты и мраморы.

Кварциты и песчаники Карелии связаны с отложениями протерозоя (ятулийский отдел сегозерской серии и иотнийский отдел петрозаводской серии). Наиболее декоративными являются широко известные малиново-красные кварциты Шокшинского месторождения. Карбонатные породы Карелии относятся почти исключительно к протерозойским осадочно-метаморфическим образованиям нижнего и среднего протерозоя. Это доломиты, известково-доломитовые образования, развитые главным образом в Прионежье (р-н озер Суярви и Янисъярви), а также на севере Карелии (р-н озер Папаярви, Соварярви и Туломозера).

Мраморы обладают высокодекоративными окрасками, но большей частью сильно окварцованны, что затрудняет их обработку. Крупных месторождений не образуют.

На Карельском перешейке значительные площади заняты выходами крупнозернистых высокодекоративных гранитов серовато-розовых и серовато-красных тонов. Наиболее крупные месторождения имеются в Приозерском, Лесогорском и Выборгском районах Ленинградской области. Граниты этого района разрабатываются как облицовочный и строительный камень.

На Кольском полуострове развиты архейские серые средние и крупнозернистые граниты и гранито-гнейсы, состоящие из олигоклаза, кварца и небольшого количества микроклина, слюды, иногда амфиболя и граната. Эти породы широко распрост-

ранены в районе Кольского залива, севернее Мурманска. В небольшом количестве на Кольском полуострове развиты лейкократовые, среднезернистые, двуслюдистые граниты серовато-белого и розового цвета. Выходы таких гранитов известны на берегу Сайда-Губы.

Наряду с гранитами на Кольском полуострове развиты высокодекоративные породы щелочного состава. К их числу относится хибинит — разновидность нефелинового сиенита, состоящего главным образом из микроклин-пертита (40—45%), нефелина (35—45%) и щелочных цветных минералов — эгирина, арфведсонита и других (до 15%), с небольшим количеством эвдиалита. Хибинит обладает серо-зеленым цветом и своеобразным оригинальным рисунком. Присутствие кроваво-красных включений эвдиалита значительно повышает его декоративность. Крупное месторождение хибинитов известно в районе г. Кировска (Айкуайвенчорр). В качестве облицовочного камня можно также рассматривать порфировидные уртиты — кристаллическую породу, состоящую главным образом из нефелина (около 60%), эгирина (около 10%) с незначительным количеством альбита и апатита. Цвет уртитов серовато-зеленый. Декоративность камня создают крупные порфировидные кристаллы нефелина. Месторождение уртитов имеется в южной части Хибинского массива в долине р. Гакман.

Русская платформа. В Архангельской области на ряде островов Белого моря имеются декоративные амфиболиты.

Из пород осадочного происхождения, представляющих интерес в качестве облицовочного материала в районах Северо-Запада, следует отметить гипсы и ангидриты, приуроченные к шелонским слоям верхнего девона (Изборское месторождение в Псковской обл.) и к кунгурскому ярусу нижней перми (Звездское месторождение в Архангельской обл.).

Некоторый интерес также представляют доломиты невского горизонта нижнего ордовика, развитые в Ленинградской области, ранее использовавшиеся для наружных облицовок.

В Эстонской ССР известно одно месторождение облицовочного доломита (Каарма), приуроченное к отложениям верхнесибирского возраста. В Латвийской ССР в качестве облицовочного камня (для внутренней облицовки) применяют гипс Сауриешского месторождения, связанного с шелонскими слоями.

По-видимому, в качестве облицовочного камня могут быть использованы розовые пористые доломиты Семилукского горизонта в районе Саулкалэ и розовые доломиты района Иецава.

В центральных областях Русской платформы среди карбонатных пород палеозоя имеются разности, пригодные для облицовки. Известняки нижнего и среднего карбона, развитые в Московской, Калужской, Тульской и других областях, издавна использовались как стеновой и облицовочный камень при строительстве соборов, вокзалов, различных промышленных и жилых

зданий в Москве, Калуге и других городах Центральной России. Применялись они также и при строительстве Московского метрополитена.

На территории Украины месторождения облицовочного камня имеются как в платформенной, так и в геосинклинальных ее частях. По структурным элементам этого региона породы, пригодные в качестве облицовочного камня, распределяются здесь следующим образом:

- 1) Украинский кристаллический щит — граниты, лабрадориты, габбро, мраморы;
- 2) Донбасс — мраморизованные известняки, песчаники, гипсы, ангидриты;
- 3) Карпаты — мрамор, мраморизованные известняки, туфы;
- 4) Крым — мраморизованные известняки, диориты, диабазы.

Украинский кристаллический щит. К выходам на земную поверхность кристаллических пород щита приурочено значительное число месторождений облицовочного камня. Наиболее распространены здесь граниты, среди которых выделяют следующие разновидности, отличающиеся по декоративным признакам:

а) серые граниты со слабым голубым и зеленовато-голубым оттенком, мелко- и среднезернистые с однородной структурой и со слабо выраженным рисунком (житомирский иantonовский типы), развитые в Житомирской, Запорожской и Киевской областях;

б) порфировидные граниты — такой же окраски, как и граниты предыдущей группы, имеющие более широкое распространение по сравнению с первой и известные в ряде районов Житомирской, Кировоградской и Киевской областей;

в) темно-серые граниты нейтральных тонов, разнозернистые, порфировидные, так называемого Бердичевского типа, занимающие значительные площади между Казатиным, Бердичевым и Староконстантиновым;

г) красные граниты разных оттенков, имеющие большое развитие в ряде областей. Наиболее высокими декоративными качествами обладают красные среднезернистые и порфировидные разности района Коростеня, красные с розоватым оттенком граниты лезниковского типа, образующие большой массив в Житомирской области, красные порфировидные граниты, известные в Одесской и Николаевской областях, а также крупнозернистые с яркой окраской граниты, выходящие в районе Никополя у ст. Ток, красные и красно-серые граниты, выступающие в Приазовской части Украинского кристаллического массива;

д) граниты типа рапакиви, сосредоточенные в Радомышльском и Черкасском массивах. В первом массиве архитектурно-декоративным качеством обладают мелкоовoidные темно-зеленые

разности; во втором — крупнозернистые черные и темно-зеленые разности с крупными овоидами светло-зеленого олигоклаза.

Породы габбро-анортозитового комплекса развиты главным образом в Житомирской и Киевской областях. Район распространения этих пород протягивается с юга на север на 30 км и с запада на восток на 25 км. При этом лабрадоритовые породы развиты в центральной части этого района, а по периферии распространены габбро-нориты. По цвету среди лабрадоритов Украины выделяются две разновидности:

а) темные лабрадориты, развитые в восточной и центральной частях района (порода имеет темно-серый, почти черный цвет с размером зерен до 10—12 см, иризация синяя и золотистая);

б) светлые лабрадориты, развитые в северных частях района (представляют собой светло-серые, средне- и крупнозернистые породы с размером зерен 1—3 см, часто с большим числом кристаллов, иризирующих в голубоватых тонах).

Темные лабрадориты залегают в виде довольно крупных тел среди габбровых пород и встречаются сравнительно часто. Светлые встречаются значительно реже, образуя шлирообразные выделения среди темных.

С кристаллическими породами Украины связаны также месторождения мрамора, приуроченные к комплексу пород тетерево-буцкой свиты в Житомирской области. Значительно большее число месторождений мрамора и мраморизованных известняков локализовано в зоне кайнозойской складчатости Карпат и Крыма.

Карпаты. В осевой части внутренней антиклинальной зоны Карпат имеются месторождения мраморизованных известняков. Известняки прослеживаются на северо-запад от Раховского массива, почти через все Закарпатье, образуя на поверхности две узкие извилистые полосы (северную и южную), удаленные одна от другой на 5—10 км, при ширине полос до 1 км. Известняки сильно дислоцированы, смяты в складки, разбиты на отдельные глыбы, иногда надвинуты на более молодые отложения и вмяты в их толщу. По возрасту они относятся к триасу, юре и мелу. Известняки северной полосы серые, а также красные и коричневые с прожилками белого кальцита (Монастырское и Калянельское м-ния).

В южной полосе преимущественно развиты известняки серые, фарфоровидные, реже красные, розовые и белые плотные, а также массивные криноидные крупнокристаллические.

Месторождения мрамора приурочены к Раховскому кристаллическому массиву и прослеживаются в виде пластов или крупных линз среди хлоритовых и слюдистых сланцев палеозоя. Мрамор плотный, крепкий мелко-, средне- и крупнозернистый. Цвет от белого и серого (Кругловское, Требушанское м-ния) до красного и черного (Ягдоклошское м-ние).

Крым. На Крымском полуострове в зоне Восточно-Крымского и Яйлинского синклиниориев, а также Судакско-Карадагской складчатой системы широко развиты мраморизованные известняки, относящиеся к верхней юре. Окраска их варьирует от светло-серой, белой до красной, коричневой и розовой (Биюк-Янкойское месторождение).

Донбасс. Здесь среди палеозойских отложений известны многочисленные месторождения в той или иной мере мраморизованных известняков, а также месторождения песчаников, гипсов и ангидритов. Декоративные свойства их слабо изучены.

Кавказ. Значительное число месторождений различного облицовочного камня приурочено к области Кавказского хребта. Наиболее распространены здесь мраморы и мраморизованные известняки, залегающие среди отложений различного возраста. Наиболее древними из них являются докембрийские, образующие небольшие залежи, расположенные в труднодоступных районах Северного склона Главного Кавказского хребта, но известные также и в Закавказье.

Широко распространены месторождения палеозойского и мезозойского возраста, известные главным образом в Закавказье.

Закавказье. В Грузии месторождения мраморов образуют пять групп.

1. Группа Дзирульского кристаллического массива, где месторождения мраморизованных известняков и цветного мрамора приурочены к нижнеюрской песчано-карбонатной свите, развитой в периферической части массива. Пояс цветных мраморизованных известняков и мраморов протягивается от Сурамского хребта до г. Чиатура. Он включает Молитское, Морелисское, Сакасрийское, Бжиневское, Убисское, Шрошинское, Салиетское и другие месторождения. Мраморы обладают окрасками главным образом красных тонов с красивым и разнообразным рисунком.

2. Группа Верхне-Сванетских месторождений (Десское и др.), приуроченная к полосе развития древних метаморфических пород десской свиты и областям крупных нарушений. Цвет мраморов преимущественно беловато-серый, структура зернистокристаллическая.

3. Кахетинская группа, связанная с карбонатными толщами верхнего лейаса. Мраморы этой группы развиты по всему южному склону Кавказского хребта, а также в Северо-Западной части Дзирульского массива. Преобладают светло-серые и белые окраски.

4. Группа Кутаиси-Цхалтубская, находящаяся в западной Грузии (Годоган и др.). Здесь мраморизованные известняки образовались в результате перекристаллизации барремских карбонатных пород. Окраска их белая, серая, желтая.

5. Группа месторождений южной части Грузии и Абхазии, приуроченная к сеноманским карбонатным толщам. Мраморы

этой группы обладают разнообразной окраской и высокодекоративными свойствами. Б. П. Беликов среди мраморов Грузии выделяет собственно мраморы, относя к ним образовавшиеся регионально-метаморфическим путем месторождения Кахетии (Лопота) и восточной Сванетии (Десси), а также контактно-метаморфизованные — нижнемеловые месторождения западной части Грузии (р-н Кутаиси). Остальные месторождения относятся к мраморизованным известнякам (Молита, Шроша, Садахло, Салиэти и др.).

В Армении месторождения мраморов известны во многих районах. В Севанском районе изучены Арзакендское и Агверанское месторождения, приуроченные соответственно к метаморфическим кристаллическим сланцам кембрия и докембрия и мраморизованным известнякам мела. В Иджеванском районе известно месторождение мрамора, также приуроченное к меловым отложениям. В Вединском районе Ааратское и Хорвирабское месторождения связаны с отложениями девона и карбона. Цвет мраморов первых двух районов белый, черный, серый и розовый, а в последнем — черный, темно-серый и коричневый.

Территория Армении исключительно богата месторождениями вулканических туфов. Среди них выделяют следующие типы (Ацагорцян, 1966):

- 1) анийский; 2) артикский, 3) ереванский; 4) бюреканский;
- 5) фельзитовый.

Большинство туфов Армении имеет четвертичный возраст, фельзитовые же — третичный.

Туфы анийского типа обладают наибольшей прочностью, обусловленной отсутствием в них обломков пород и состоят из мелкозернистого вулканического стекла пемзовой структуры. Цвет — желто-оранжевый.

Артикский туф имеет видимую пористость при вытянутой форме пор и заключенных в породе пемзо- и шлакообразных гнезд.

Наиболее распространенными являются туфы ереванского типа, характеризующиеся кластической структурой вулканического материала, большим содержанием интрателлургических фенокристаллов (до 40% по объему), меньшей пористостью, сравнительно большой объемной массой. Цвет — красный, черный, бурый.

Туфы бюреканского типа содержат значительное число иностранных обломочных включений различных твердых пород и в том числе вулканического стекла, что снижает их прочность.

Фельзитовые туфы, видимо, под воздействием гидротермальных процессов изменены, окварцовены, карбонатизированы и хлоритизированы. Они более плотные и тяжелые, чем туфы четвертичного возраста, тонкопористые и обладают светлой окраской различных оттенков — розовой, кремовой, зеленоватой и др.

На территории Армении интрузивные породы имеют довольно широкое развитие, но разведаны только два — Памбакское месторождение гранодиоритов и Ломоносовское — гранитов.

В Азербайджане имеется значительное количество горных пород, которые могут быть использованы в качестве облицовочного камня. К их числу относятся мраморизованные известняки, граниты, диориты, гранодиориты, габбро, порфиры, туфы и другие, обладающие богатой окраской, красивым рисунком и достаточно высокими физико-механическими показателями.

Месторождения облицовочных камней в республике, которые могут иметь промышленное значение, известны главным образом в пределах Малого Кавказа (в Ханларском, Кировабадском, Дашкесанском, Шамхорском, Кедабекском, Кельбаужарском районах, а также в Нагорно-Карабахской автономной области и в Нахичеванской АССР).

К числу этих месторождений относятся Учтепе-Кызылкаинские граниты, Шамхорские гранодиориты, Зурнабадские и Баянские габбро, Тоданские долериты, Дашкесанские мраморизованные известняки и др. В Нагорном Карабахе имеется зона распространения мраморизованных известняков.

Урал является областью исключительно широкого распространения месторождений различного облицовочного камня как изверженного, так метаморфического и осадочного происхождения. Почти все месторождения мрамора расположены на восточном склоне Уральского хребта, где карбонатными породами в значительной степени сложены ордовикские, силурийские, а также девонские толщи.

Мраморы ордовикско-силурийского возраста располагаются в пределах Восточно-Уральского поднятия, которое характеризуется проявлением интенсивной тектоники, сложным строением и глубокой метаморфизацией слагающих ее осадочно-вулканогенных, интрузивных и карбонатных пород. Последние в той или иной степени превращены в мрамор, характеризующийся белой и серой окраской и различной зернистостью. Залегает мрамор обычно в зоне контакта с интрузивами. Он образует довольно крупные массивы, линзы и прослои среди изверженных и метаморфизованных пород различного состава. Преобладает кальцитовый мрамор. Он обладает разнообразной окраской: известные белые, серые и цветные разности с различным рисунком.

По степени метаморфизации Ю. А. Розанов (1941) выделяет среди уральских мраморов две группы.

К первой группе относятся типичные кристаллические мраморы, обладающие белой, серой или желтой окраской.

Вторую группу образуют менее метаморфизованные карбонатные породы, обладающие пелитоморфной структурой и ог-

носящиеся скорее к мраморовидным известнякам. Среди них преобладают розовые, красные, сиреневые и черные тона.

Месторождения гранитов, гранодиоритов и сиенитов также распространены главным образом на восточном склоне Урала. Крупные гранитные интрузии имеются в районах городов Свердловска и Челябинска. В окрестностях г. Свердловска граниты образуют три обширных поля, вытянутых в меридиональном направлении (Верхнеисетское, Шарташское и Сысерское). Граниты, слагающие эти поля, представлены преимущественно разностями, состоящими из кислого плагиоклаза, микроклина и биотита.

Второй крупный гранитный массив расположен к западу и юго-западу от г. Челябинска. Здесь развиты микроклиновые, биотитовые и двуслюдянные разности серых и розоватых тонов.

На Урале имеются и другие декоративные породы, которые могут применяться в качестве облицовочного камня. Среди них следует отметить габбровые породы черного, серовато-черного цвета, зеленые с причудливым рисунком эмблемы Баженова, Шабровского, месторождения талькового камня, золотисто-желтые кварциты (авантюрины) Таганая и многие другие.

Сибирь. В горных системах Алтая, Салаира, Кузнецкого Алатау и Саян изверженные породы слагают крупные массивы. В этих же складчатых зонах среди палеозойских отложений широко развиты метаморфизованные карбонатные породы, среди которых имеются высокодекоративные цветные мраморы. Несмотря на широкое распространение изверженных и метаморфических пород, в Сибири очень мало разведенных месторождений облицовочного камня.

В Западной Сибири крупные залежи гранита имеются в районе г. Новосибирска, расположенного на выходах крупного интрузива варисцового гранита. Интрузив сложен в основном среднезернистыми, порфировидными роговообманково-биотитовыми гранитами, переходящими в кварцевые диориты.

В районе города имеется ряд карьеров, где добывался светло-серый мелкозернистый гранит. Выходы гранитов наблюдаются также у с. Колывани, по берегам р. Ини, в Ояшском и Масялинском районах, в бассейне р. Кии, по р. Юре и др.

В Кемеровской области известно крупное месторождение оливинового габбро (Ново-Николаевское), разрабатывавшееся для получения облицовочного камня. Известны здесь также Мундыбашское и Усть-Таловское месторождения порфиритов.

В Алтайском крае имеются громадные ресурсы гранитов, но они более или менее изучены только в районах, тяготеющих к крупным культурным центрам.

Месторождения гранита известны в Бийском, Троицком, Уч-Пристанском, Змеиногорском и других районах.

Богата Западная Сибирь также месторождениями мраморов и мраморизованных известняков, число учтенных месторожде-

ний которых на территории Кемеровской области и Алтайского края достигает сорока. В пределах Салаирского кряжа месторождения мраморов и мраморизованных известняков относятся к докембрию и нижнему палеозою.

В Кузнецком Алатау в северных районах, тяготеющих к железной дороге, развиты мраморы регионально метаморфического типа. В южной части этого хребта месторождения мраморов связаны главным образом с кембрийскими отложениями и подвергались как контактому, так и региональному метаморфизму.

В Алтайском крае месторождения мраморов приурочены к карбонатной метаморфической толще кембрия и силура и характеризуются высокими декоративными свойствами камня. Большой интерес представляют месторождения Ороктойской группы мраморов в Горно-Алтайской АО. Здесь имеются мраморы различных раскрасок, которые по своим физико-механическим и декоративным свойствам относятся к наилучшим видам декоративного камня.

Исключительно декоративен также мрамор Пуштулимского месторождения (молочно-белый, тонкозернистый). Он обладает брекчиевидным строением, обусловленным наличием сургучно-красного и бордово-малинового гематито-кремнистого материала, заполняющего промежутки между обломками мрамора. Мрамор частично хлоритизирован, благодаря чему отдельные его участки окрашены в зеленые тона различной интенсивности в виде узорчатых прожилков и расплывчатых пятен.

В Восточной Сибири интрузивы гранитов наблюдаются в восточных отрогах Кузнецкого Алатау, где они приурочены к выходам метаморфических толщ палеозоя, вдоль линии железной дороги Абакан — Ачинск.

Мощные интрузивы гранитов и гранодиоритов известны также среди выходов нижнепалеозойской метаморфической толщи в Западных Саянах.

В долине Енисея (р-н Красноярска), пересекающей Красноярский хребет, развиты средние щелочные породы (граносиениты, гранодиориты и др.).

Восточный Саян является областью крупных интрузий гранитов и гранодиоритов. Их выводы измеряются тысячами квадратных километров. Мощные интрузивы гранитов развиты в Прибайкальском р-не, от юго-западных берегов Байкала до Р. Витим. Богата гранитами Селенгинская Даурия.

В Бурятской АССР (от г. Слюдянки до г. Улан-Удэ) наблюдаются многочисленные выходы гранита, разрабатывавшиеся в период постройки Забайкальской железной дороги.

В Читинской области в зоне складок Монголо-Охотского пояса имеются мощные интрузии гранита, среди которых известны зеленые граниты Итыкинского месторождения.

Мраморы и мраморизованные известняки также широко развиты в Восточной Сибири.

В Западном Саяне значительные толщи кристаллических известняков и мраморов кембрийского и силурийского возраста прослеживаются вдоль северного склона хребта. Месторождения здесь подвергались региональному метаморфизму, а также и контактовым воздействиям.

В Восточном Саяне месторождения мраморов связаны с отложениями как кембрия, так и девона, но первые расположены в районах с трудными транспортными условиями, а вторые обладают низким качеством.

Разведанных месторождений облицовочного камня в Восточной Сибири немного.

В Красноярском крае в качестве облицовочных камней разведаны мраморы Кибик-Кордонского и Базаихского месторождений. Наиболее высокими декоративными качествами обладает мрамор Кибик-Кордонского месторождения, расположенного на обоих берегах р. Енисея в 60 км выше с. Шушенского.

В Иркутской области в качестве облицовочных камней известны розовые мраморы месторождения Буровщина, приуроченного к метаморфической толще архея. Здесь, кроме того, имеются месторождения амфиболитов, гранитов, кварцитовидных розовых и белых песчаников, а также плойчатых доломитов.

На территории Бурятии широко развиты мраморизованные известняки протерозойского возраста, светло- и темно-зеленые фельзиты и фельзит-порфирь, лиловые и коричневые кварцевые порфирь и андезитовые порфирь пятнистой окраски. Разведанных месторождений нет.

Дальний Восток. Здесь широко развиты интрузивные, эфузивные и метаморфические породы, представляющие интерес в качестве облицовочного камня, но изученность их низкая. К группе облицовочных камней относятся мрамор, мраморизованные известняки, гранодиориты, андезиты и горнбледиты. Месторождения мрамора и мраморизованных известняков приурочены к толщам метаморфических пород докембрия или пирокласто-осадочного комплекса верхнепермского возраста. Залегают карбонатные породы в виде пластов и линз. Наиболее декоративным из известных месторождений является мраморный конгломерат Кноррингского месторождения. На Сахалине и Камчатке разведанных месторождений облицовочного камня нет, но перспективы их выявления имеются. Мраморы и мраморизованные известняки красивых оттенков широко распространены в Восточно-Сахалинских горах. На Камчатке в качестве облицовочных камней могут применяться серпентинизированные перidotиты, месторождения которых находятся в районе г. Петропавловска, гранитоиды и другие породы.

Якутская АССР является областью широкого распространения гранитов. Огромные массивы их имеются в Олекминско-Витимском районе. Богат разнообразными гранитами также Алданский район, где, кроме докембрийских красных аляскиловых гранитов, широко развиты интрузии послеюрских порфировидных светло-серых гранитов.

Месторождение белого мрамора обнаружено в хр. Черского.

В Приморском и Хабаровском краях известны крупные массивы гранитов: в Буреинском и Малохинганском хребтах, Сихотэ-Алине, Становом хребте и других районах.

Средняя Азия. Процессы регионального метаморфизма карбонатных пород, приведшие к образованию мраморов, были широко развиты здесь среди протерозойских и палеозойских отложений. Мраморы протерозойского возраста известны в Горной Бухаре, Гиссарском хребте и на Памире. Мраморы и мраморизованные известняки палеозоя распространены в Алайском и Туркестанском хребтах. В Средней Азии также широко развиты различные изверженные породы, которые могут найти применение в качестве облицовочного камня.

Узбекистан особенно богат месторождениями облицовочного камня. Статуарные снежно-белые, кремовые и черные мраморы известны в Мальгузарском хребте. Ландшафтные и нежно-розовые мраморы с разнообразным рисунком имеются в Нурутинском хребте (м-ние Газган). Серые, темно-серые и розовые пятнистые разности мрамора выявлены в Каратюбинских горах (м-ние Аман-Кутан), а белые, черные и зеленоватые — в Каржантау (м-ние Аркутсай). В Чаткало-Кураминском районе имеется много массивов вторичных кварцитов с алунитом и агальматолитом, которые хорошо полируются и пригодны для изготовления различных архитектурных деталей.

В Узбекистане имеются и другие горные породы, которые могут быть использованы в качестве облицовочных материалов. К их числу относятся граниты, габброидные породы, пироксениты, перидотиты, амфиболиты и листвениты.

В пределах республики выделяется несколько районов, наиболее перспективных в отношении выявления месторождений облицовочного камня.

В Ташкентской области: а) юго-западная часть Чаткальского хр. — гранит, габброидные породы, порфиры, порфириты и мрамор (м-ние Акча-Шавас); б) горы Каржантау — гранит, порфир, мрамор, алунит и агальматолит (м-ния Акташ и Аркутсай).

В Самаркандской области: а) горы Кара-Тюбе и Чакыл-Калян — граниты и мраморы (м-ния Акбайра, Миранкул, Тахтакарага, Аман-Кутан); б) Зарабулак-Зиаэтдинские горы — граниты (м-ния Акмазар, Зиаэтдин, Зарабулак); в) горы Карагатау — мрамор, гранит, габбро, перидотит и основные эфузивы

(м-ния Газган, Карицсай, Османсай и др.); г) Мальгузарские горы — мрамор статуарный (м-ние Мальгузар).

В Киргизии имеется два разведанных месторождения облицовочного камня — Кыртавалга (гранит), Новороссийское (зеленый мрамор).

В Таджикистане широко распространены породы, пригодные для получения облицовочных камней. Разведаны месторождения мрамора (Қабутинское), гранодиоритов (Северное и Могол-Тауское) и мраморных конгломератов (Среднее Текели). В районе г. Душанбе имеются перспективные месторождения гранитов, мраморов и других декоративных пород.

В Туркмении массивы гранитов имеются в горах Шахадам на побережье Красноводского залива. Заслуживают изучения в качестве облицовочного материала юрские известняки Куба-Дага и района Гаурдака, а также меловые известняки Большого Балхана.

В Казахстане горные породы, пригодные в качестве облицовочного камня, пользуются широким распространением, однако они почти не изучены. К таким породам относятся: интрузивные (граниты, диориты, гранодиориты, диабазы, габбро), эфузивные (порфириты, альбитофирьи, туфы), осадочные (песчаники, известняки) и метаморфические (мрамор, кварциты).

Выходы интрузивных и метаморфических пород имеются главным образом в областях палеозойской складчатости — в западной и восточной зонах Центрального Казахстана, а также на Алтае.

Месторождения мрамора известны в Алма-Атинской области на южном склоне горы Урюкты, где мраморы приурочены к девонским отложениям и контактируют с гранитной интрузией, в северо-западной части Заилийского Алатау и в других районах.

Разведаны месторождения гранитов (Курдайское и Майкульское) и мрамора (Таскольское, Карагатское и Экпендинское).

Высокими декоративными качествами обладают голубые амазонитовые граниты Майкульского месторождения, находящегося в Джамбулской области.

Выходы амазонитовых гранитов приурочены к краевым частям гранитного массива, на его контакте с отложениями нижнего силура. Возраст гранитов позднегерцинский.

Распространение различных видов горных пород, образующих месторождения облицовочного камня на территории СССР, показано в табл. 19.

Как указывалось выше (см. табл. 16), по приуроченности к определенным структурным элементам земной коры среди месторождений облицовочного камня можно выделить следующие группы.

I. Месторождения платформ:

а) выступов древнего кристаллического фундамента (кристаллических щитов);

Таблица 19

Распространение месторождений облицовочного камня

Район	Интрузивные		Эффузивные		Метаморфические		Осадочные		Гидротермальные	
	гранит	габбродиорит	базальт, порфирит	пирокластические (туфы)	мрамор	кварцит	известник, доломит	гипс	ониксовый мрамор	
Карелия, Кольский п-ов, Ка-рельский перешеек	+	+	+	—	+	+	—	—	—	—
Центральные районы РСФСР	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
Юг Украины и Крым	+	+	*	—	—	—	+	+	—	—
Северный Кавказ	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Закавказье (Армения)	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Средняя Азия (горные р-ны	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Туркмении и Узбекистана)	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Казахстан (центральные р-ны)	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Урал	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Западная Сибирь	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Восточная Сибирь	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дальний Восток	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Имеются призирующие разности лабрадоритов.

б) осадочного чехла платформ (платформенных плит).

II. Месторождения геосинклинальных областей.

Каждая из этих групп характеризуется определенным составом слагающих ее пород. Различны также степень метаморфизма пород и их физико-механические свойства.

Глава VII

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ ЗА РУБЕЖОМ

Месторождения горных пород, используемых в качестве облицовочного материала, известны во многих странах.

США. По уровню развития камнедобывающей и камнеобрабатывающей промышленности США занимают одно из первых мест в мире. Здесь для получения облицовочного камня разрабатываются месторождения гранитов, мраморов и других пород.

Месторождения гранитов распространены во многих районах: в Новой Англии, в области выходов пород кристаллического

комплекса, в южной части провинции Пидмонт, в районах выходов на земную поверхность кристаллических докембрийских пород у южной границы Канадского щита и в других местах.

Одним из наиболее значительных районов добычи штучного камня из гранита является район Барре в шт. Вермонт. Здесь граниты слагают массив, протягивающийся на 4 км. Гранит внедрился в мощную толщу палеозойских метаморфических пород, представленных сланцами, кварцитами и известняками.

В карьерах обнажаются массивные серые средне- и тонкозернистые биотитовые граниты однородной текстуры. Плоскость раскола расположена почти вертикально и ориентирована в северо-восточном направлении. Плоскость волокнистости почти горизонтальна, торцевая плоскость вертикальна и образована поперечными трещинами. В карьерах наблюдается плитообразная отдельность. При этом мощность «пластов» увеличивается с 1 фута на поверхности до 30 футов на глубине 200 футов.

На глубине в гранитном массиве встречаются крупные глыбы сланцев, вытянутые в том же направлении, что и гранитный массив. Эти глыбы рассматриваются как «ребра» или «перегородки» вмещающих пород, между которыми внедрилась гранитная магма. Граниты Барре весьма однородны по своему составу и залегают согласно с вмещающими породами, без следов нарушений, что позволяет предполагать постепенное внедрение гранитной магмы.

В Северной Каролине (в округе Сара близ горы Эри) находится крупный массив, сложенный плотным однородным среднезернистым гранитом, очень светлым, серым, почти белым. Гранит не содержит жил и даек, плитообразная отдельность отсутствует.

В центральной части шт. Миннесота (в окрестностях г. Сент-Клауд) расположена группа карьеров, разрабатывающих докембрийский гранитный массив. Здесь добывают розовый, красный и серый граниты. В последних имеется значительное число даек. Хорошо развита система удобных для разработки трещин. Из миннесотских гранитов наиболее известен так называемый роквиллский розовый, крупнозернистый, однородный, состоящий из крупных бледно-розовых кристаллов ортоклаза, расположенных в грубозернистой массе, состоящей из облачно-серого кварца и черного биотита.

Наибольшее количество мрамора (скulptурного и строительного) добывается в штатах Вермонте и Джорджии, меньшее — в Колорадо, Мэриленде и Северной Каролине. В западной части Центрального Колорадо (округ Ганнисон) имеется месторождение мрамора, образовавшееся при воздействии термического (контактового) метаморфизма. Толща палеозойских пород в третичное время подверглась здесь термальному воздействию гранитной магмы. Ширина контактного ореола колеблется от нескольких до 300 футов. Песчаники превратились в

кварциты, глинистые сланцы в твердые роговики; глинисто-кремнеземистые карбонатные породы — в силикатные породы, обогащенные эпидотом, гранатом, диопсидом, роговой обманкой и tremolитом; известняки полностью перекристаллизовались в мраморы. Нижняя часть этой формации имеет доломитовый состав, а верхняя представляет собой единый пласт среднезернистого белого мрамора.

В шт. Вермонт (р-н г. Питсфорда) расположено шесть месторождений мрамора: Брандон, Питсфорд, Проктор, Западный Ратленд, Кларендон и Данди. На месторождении Питсфорд добывается так называемый «колумбийский» мрамор, принадлежащий к серии пород бикментауского возраста. Мраморы приурочены к восточному крылу опрокинутой синклиналии. Породы имеют север-северо-западное простирание и падают почти вертикально, на восток. Карьеры располагаются в пределах мощной зоны складок течения. В одной из таких складок мощность пласта мрамора увеличивается с 10 до 132 футов при ширине складки до 50 футов. В участках с большой мощностью пласта зернистость мрамора возрастает с 0,2 до 0,5 мм. В основном мрамор обладает светлой голубовато-серой окраской с неправильными пятнами, являющимися проявлением интенсивной микроплойчатости. Ввиду кругого падения пластов глубина карьеров достигает 400 футов и они представляют собой огромные камеры, в которых добывали блоки мрамора массой до 65 т.

Травертин, широко применяемый для облицовки зданий, разрабатывается в шт. Айдахо.

На Кубе имеются значительные запасы мрамора в провинциях Лас-Вигоес, Ориенте и др. По возрасту месторождения мрамора относятся к верхней юре, верхнему мелу и среднему єоцену (Петров, 1972).

В Англии крупные месторождения порфировидных серых гранитов связаны с интрузиями Корнуолла и Бадминтура на юго-западном побережье страны.

Значительные ресурсы гранита сосредоточены в северо-восточной части Шотландии, где имеются многочисленные штоки, лакколиты и пластовые тела посткаledonских биотитовых двуслюдистых и роговообманковых гранитов.

Граниты в Шотландии занимают площадь более 5 тыс. км². В пределах этого района выделяют пять разновозрастных интрузий.

Наиболее крупные массивы гранитов третичного возраста расположены у северо-западного и западного побережья Шотландии. Подавляющая часть остальной площади занята гранитами кaledонского возраста. Они сконцентрированы в пределах Грампианской горной страны. Наиболее крупными массивами здесь являются Хилл-оф-фар, Бэтток, Глен-Дейн, Кейринг, Мур-оф-фар и Этайв. Наиболее освоенной является группа

месторождений, расположенных к западу от г. Эбердин и в том числе Хилл-оф-фар и Бэтток. В центральной части первого из них залегает красный гранит, отличающийся высокой способностью к полировке. В краевых частях обнажаются мелкозернистые серовато-синие граниты. Мировой известностью пользуются серые и красные роговообманковые граниты Петерхода, серебристо-серые Дельбитты, светло-красные Коренни и др.

Месторождения мрамора известны в Девоншире, главным образом в Ашбартоне. Кроме того, мрамор имеется в Вирковорте, Дургаме, Сомерсете, Ланкашире и на о-ве Мэн.

Швеция исключительно богата месторождениями гранита, входящими в состав древнего кристаллического щита. Они отличаются высокой выдержанностью состава. Их делят на два типа: 1) архейские, сильно измененные динамометаморфизмом; 2) постархейские, спокойно залегающие, неизмененные.

Большая часть разработок гранита сосредоточена в провинции Смоланд. Многие из них широко известны: красные граниты Воневика; мясо-красные, малиновые и рубиновые Утгамма; шведский розовый гранит Граверсфорса с голубым или пурпурным кварцем; светло-серые и бледно-красные граниты Богуслана (Лизе-Коль, Мальме и др.).

Серпентинитовый оливково-зеленый мрамор добывают в районе г. Стокгольма.

Норвегия богата гранитами и близкими к ним породами: кварцевыми сиенитами, монцонитами, пулласкитами, нордмаркитами и др. Календонские биотитовые граниты образуют лакколит с силурийским покровом близ Драммен-фиорда, где добывают декоративные разности. Большие ломки гранита имеются в громадных массивах Остфольда, а также в округе Смален (красные и серые граниты). Месторождения гранита имеются во многих районах страны как во внутренних (гранитогнейсы Опдала), так и по южному и западному побережью (декоративные белые граниты Сонгнес-фиорда и др.). За Полярным кругом (около Фауске) имеются крупные месторождения высококачественного мрамора, подчиненные мощной толще кристаллических сланцев.

Велики ресурсы гранита в Финляндии, целиком лежащей в области кристаллического щита. Ряд месторождений, расположенных на побережье Ботнического залива, разрабатывается с глубокой древности (Нюстад, Тиурала и др.). Метаморфизованные и окварцованные доломиты, обладающие красивой расцветкой, широко распространены как в центральной, так и в восточной частях Финляндии. Месторождения доломитов приурочены к метаморфической толще кварцитов и кремнисто-глинистых сланцев. Они частично используются в качестве декоративного материала.

В ФРГ месторождения гранитов имеются в Шварцвальде, Баварской горной стране, Саксонии, где также есть крупные

месторождения порфиров, гнейсов, серпентинитов и песчаников, разрабатывающихся для получения облицовочного камня.

В ГДР месторождения изверженных пород (граниты, порфиры, диабазы) расположены главным образом в южных районах страны. Граниты представлены мелкозернистыми разностями и обладают высокими физико-механическими показателями.

Крупный массив гранита (Лаузицкий) находится в районе Демиц-Тумитце, около железной дороги Дрезден — Баутин. Площадь массива составляет около 3500 км², сложен он среднезернистым гранитом, в состав которого входит голубоватый и бело-серый полевой шпат, что обуславливает высокие декоративные качества камня. На месторождении развита система трещин, образующих скамьеобразные отдельности, облегчающие разработку.

В области Тюрингского Леса добываются мраморы, известняки и песчаники.

В Австрии имеются месторождения среднезернистого гранита, серого и голубовато-серого (Тюнибрух), в Австрийском Тироле известны месторождения мрамора.

Франция обладает богатыми ресурсами гранитов, месторождения которых расположены в центральных частях страны и во многих районах Альп и Пиренеев. Наиболее богата залежами гранита Бретань (красные и розовые разности), Перро-Гирек и Трабердан, Динанский район (голубые и серые разности). Желтоватые и серые граниты имеются в окрестностях Ланниона. Другой областью гранитной промышленности Франции является долина Мозелот в Вогезах, где расположены многочисленные крупные ломки высококачественного серого гранита (Сент-Аме, Венни, Сольксюр, Ла-Брас, Карнимон и др.).

Есть во Франции и месторождения мрамора, расположенные в департаментах Верхних Пиренеев, Калэ, Савойи, Верхней Гаронны, Ариежа, Эро, Верхних Альп и др.

В Верхних Пиренеях добывается полосчатый, пятнистый, брекчиевидный мрамор, содержащий прожилки и пятна серого, желтого, красного, белого и других цветов. Разновидности этого мрамора, имеющие зеленый, красный и другие высокодекоративные оттенки, используются для внутренней отделки зданий.

В департаменте Эро имеется месторождение высококачественного мрамора («grotte d'Italia»), окрашенного преимущественно в коричневый и темно-красный цвет. Этот мрамор вывозится в Англию, где используется, в частности, для отделки каминов. В департаменте Верхняя Гаронна добываются белые статуарные мраморы («stain-heat»), отличающиеся однородной тонкозернистой структурой.

Месторождения черных мраморов имеются в Верхних Альпах, Верхней Гаронне и других местах.

Продуктом экспорта являются также мраморы «hemterilla», представляющие метаморфизованные коралловые известняки, распространенные в департаменте Эн.

Бельгия располагает многочисленными месторождениями мрамора, расположенными главным образом в провинциях Намир и Эно. По возрасту они относятся к девону и карбону. Характеризуются красивой окраской. По условиям образования здесь выделяют следующие типы: 1) рифовые, образующие как небольшие купола до 200 м в сечении, так и более крупные, прослеживающиеся на несколько километров (первые обычно имеют красную или красно-серую окраску, вторые характеризуются преобладанием серого цвета); 2) пластовые, имеющие черную окраску, иногда с белыми точками; 3) мраморные брекчии.

В Италии крупные месторождения гранита известны в Пьемонте, где в окрестностях Лаго Маджиоре имеется богатый ассортимент строительного и декоративного камня: розовый и красный гранит Бавено, великолепный белый гранит Альдо, цветные пятнистые граниты Манторфана и др. Почти целиком сложены гранитом острова Эльба и Сардиния, где ведется усиленная его эксплуатация.

Одними из крупнейших в мире являются месторождения высокосортных мраморов — Каррапре в Апуанских Альпах. Каррапарский мрамор известен в нескольких разновидностях: чисто-белый статуарный мрамор («статуарио») считается лучше греческого. Мрамор «бианкохиаро» характеризуется большим числом оттенков от белого до бледно-серого. Довольно широко также распространен мрамор «бардиглио», отличающийся нежным серо-голубым и серо-зеленым оттенком. Разновидность, носящая название «бреккиато», представляет собой мраморную брекчию с карбонатным цементом. Особую декоративность породе придают разноцветные прожилки. Также высокодекоративны кораллово-розовые мраморы из района Гарфаньяна и черные мраморы района Массы.

Мраморы входят в состав автохтонных покровных структур Апуанских Альп. Главной мраморной формацией является свита верхнетриасового и нижнелейасового возраста. Выше залегают хлоритовые и серицитовые сланцы мела и эоцен.

Каррапарский мрамор представляет собой почти химически чистый карбонат кальция (98—99% CaCO₃).

Месторождения мрамора также имеются в районах Коампо, Винченца, Боттичино, Гроссетано, в Сицилии и Сардинии.

В окрестностях г. Вероны находится месторождение «перламутрового» мрамора, содержащего примесь брусита.

В Болгарии имеется значительное число месторождений мрамора, которые по возрасту относятся к докембрию, палеозою, триасу и юре.

Докембрийские мраморы развиты в пределах Македоно-Родопской области (обычно серые, серо-белые и белые разности). Мраморы верхнего метаморфического комплекса широко распространены на территории страны в горах Рила, Пирин, Родоп (белые, реже серые и полосчатые).

Палеозойские мраморы приурочены к отложениям диабазо-филлитовой формации в пределах средней и западной частей Балканского хр. Высоким качеством обладает мрамор Берковицы, розовый с сине-зелеными прожилками, черный и сахаровидно-белый.

Триас-юрские мраморы и мраморизованные известняки гор Странут и Сакар имеют ограниченное распространение.

В Югославии имеются месторождения молодых гранитов (м-ния Борания, Букулия и др.).

Главнейшие месторождения мрамора расположены в ее западной и юго-западной частях: Венчац, Брезовац, по рекам Дрине, Теочин и др. Мраморные брекции добываются на месторождениях Ропочево, Елица, в окрестностях Ралича и др. Мраморный оникс известен в месторождениях Лозовик, Печска-Бане, Венчанске; цветной декоративный известняк — в окрестностях с. Косераз; травертин — в районах Ужал, Брасин, окрестностях г. Пирош и в других местах.

В Польше месторождения доломитового мрамора известны в районе Олджиховиц, где они приурочены к строньской серии кембрия. Мрамор залегает в виде крупных линз. Значительно распространены мраморовидные известняки (так называемые Свентокшайские мраморы), расположенные юго-западнее г. Кельце. Наибольшей известностью пользуются мраморы из районов Болеховицы, Шевц, Ситкувка, Залсиова и др.

По возрасту мраморы в основном относятся к девону. Все разновидности мрамора благодаря достаточной морозоустойчивости пригодны для производства декоративных строительных деталей — колонн, плит и др.

В качестве облицовочного камня разрабатываются также светло-серые стегомские, светло-голубые стшеминские и серо-розовые карконосские граниты. Добываются также две разновидности сиенитов — темные и пестрые. Ценные сорта мраморов имеются в Славневизе (уезд Ница). В местности Строне-Сленске (уезд Клодзо) добывают кристаллические известняки.

В Келецком и Krakовском районах эксплуатируются плотные известняки. Песчаники с кремнево-глинистым и железисто-кремнистым цементом добывают в Шидлевско-Куневском районе. Хорошим скульптурным камнем являются легкие пинчувские известняки.

В Румынии месторождения облицовочного гранита разрабатываются в Добрудже. В Южных Карпатах, в районе Пояна-Руске, на поверхность выходят пласты белых с розовым оттенком мраморизованных известняков, приуроченных к толще

хлоритовых сланцев и амфиболитов. Известняки добывались как облицовочный материал в виде больших глыб массой до 25 т.

В метаморфической толще, выходящей на северных склонах горы Фэгераш, имеются слои молочно-белого и серовато-белого мрамора мощностью свыше 100 м.

В Чехословакии основными горными породами для получения облицовочных камней являются граниты, сиениты, мраморы, травертины и песчаники. Наиболее распространен гранит, лучшими разностями которого считаются крупнозернистый из района г. Ниперово и светлый из окрестностей Жулава и Черна Вода у г. Петрова. Добыча сиенитов ведется на территории Южной Чехии (около г. Штепановице). В этих же районах добывается гранит (Тргове-Свини) и кристаллические известняки (Крты). Травертины разрабатываются в Спишском Подгражье и в Бешенкове.

На территории республики распространены вулканические туфы, в основном андезитовые, приуроченные к третичным отложениям (Кремницко-Штьявницкому р-не и др.). Они широко используются для строительства жилых домов, общественных зданий и памятников.

В Словакии известны месторождения высококачественных гранитов (р-н г. Братиславы, Малые Карпаты и др.). В качестве декоративного камня используются некоторые разновидности известняков (р-н Тугара), травертины и ониксовидный мрамор.

В Венгрии (окрестность Полгарди) добываются белые и светло-серые мраморы. Более крупные залежи его находятся в изолированном горном массиве Шендро, в районе г. Рацаца.

Плотные мраморизованные известняки большей частью мезозойского возраста распространены в центральных районах Венгрии. Известняки высокого качества, разнообразной окраски, хорошо полдаются полировке и используются для отделки интерьеров. Мраморы и мраморизованные известняки известны также среди осадочных толщ карбона (гора Мечек), триаса (Бюккост, Хатвехали, Шаклош, Баконь) и третичного периода (Татобаня, Обуда, Баконь, окрестности г. Будапешта).

Микроклиновые граниты (кембрий — силур) развиты в горах Мечек и Велензер (юго-восточная Венгрия); ортоклазовые гранит-порфиры в горах Велензер; габбро, диабазы иультраосновные породы обнажаются в районе массива Бюкк; кварциты залегают в горах Токай и Марта. Кварцевые песчаники олигоценового возраста, пригодные для облицовки, известны в районах Будан, Пилиш и Черхат.

В Греции сохранившиеся с античных времен разработки чистого мрамора расположены в Аттике, Долиане (Аркадия), долине р. Ониус, Мани (Лакония), Алифаке (Фессалия), Каристосе и на островах Парос и Родос.

В 15 км от г. Афин находится Пентеликонское месторождение белого мрамора с нежным желтоватым оттенком. Античные разработки мрамора известны также на о. Тенос и в Оморфорхи (зеленый фессалийский камень). Мрамор месторождения Тиссаон почти целиком сложен огромным падающим на север пластом мрамора, перекрытым слюдяными сланцами Трикери и Лавкоса. Это тонкозернистый мрамор, голубовато-серого до белого цвета с тонкими темными полосками.

В Португалии в качестве облицовочного декоративного камня разрабатываются месторождения гранита, сиенита, нефелина, габбро-диорита, габбро и др. Часть добываемого камня экспортится в Италию, Бельгию, Люксембург, Францию, Испанию, Японию и другие страны.

Иран богат облицовочными камнями. Месторождения мрамора известны в районах городов Мерага, Тебриза, Шираза, Казвина, Хорасана, Иезда и др. Наибольшей известностью пользуются старые каменоломни г. Иезда (Гурум-Путт и Мераге). Крупные залежи миоценовых мраморов зеленого, красного, серого и коричневого цветов имеются на юго-западе страны.

В Турции граниты широко распространены в горах Доманидаг, южных отрогах Понтийских гор и в других районах. Месторождения мрамора имеются в малоазиатской части страны, с чем связаны названия Мраморное море и о-в Мармар. Группа знаменитых в древности каменоломен расположена в северной части о-ва Мармар. Здесь добывались блоки размером 9—10 м в поперечнике без единой трещины. Мрамор белого цвета. Крупные месторождения его найдены в 19 км от г. Афьян-Карасар, где имеются свыше 60 каменоломен. Наиболее часто встречается мрамор беловато-серого, черного и розового цвета.

Следующая группа месторождений мрамора расположена в 9—10 км от г. Базаркия. Здесь добывают мелкозернистый просвечивающийся мрамор голубого, голубовато-серого и белого цвета. Имеются также месторождения мраморного онекса.

Индия располагает значительными ресурсами облицовочных камней, главным образом гранита и мрамора. Так, в Раджастане имеются крупные залежи белого, серого, черного и розового мраморов. Добыча ведется в районах Мекрана, Карве, Маунула и др. В районе Пурулия развит мощный пояс мраморов, приуроченных к толще архейских гнейсов. Мрамор образует линзы длиной 3—5 км и шириной до 45 м. В нем хорошо заметны следы пластического течения.

В Пакистане имеется ряд месторождений белого, желтого, зеленого и серого мрамора, общие запасы которого оцениваются в 370 млн. м³. Наиболее крупные месторождения имеются в Азид-Кашмире. В районе Пешавара имеется крупное месторождение зеленого мрамора-онекса.

На Аравийском полуострове цветной мрамор добывается на месторождении, расположенном в 120 км от г. Аджман.

Глава VIII

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СПОСОБАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

Разработка месторождений штучного и особенно облицовочного камня отличается рядом специфических особенностей, которые позволяют выделять такого рода карьеры в особую группу горнодобывающих предприятий.

Этими особенностями являются (Мельников, 1962):

а) необходимость в процессе добычи камня сохранять его основные качественные показатели (т. е. прочность, блочность и декоративные свойства);

б) использование специальных методов отделения блоков камня от забоя, погрузки их, транспортировки и подъема или спуска из карьера;

в) применение специальных средств механизации отбойки, погрузки и транспортировки штучного камня и крупных блоков;

г) комплексное использование попутно добываемой горной массы, количество которой, как правило, значительно превосходит выход штучного камня и крупных блоков;

д) применение особых вариантов систем разработки и способов вскрытия месторождения.

Первая особенность обуславливает специфику работы карьеров по добыче штучного камня, так как в отличие от всех других видов полезных ископаемых здесь необходимым условием является получение блоков определенных размеров при сохранении их прочностных показателей. Следовательно, одной из особенностей разработки облицовочного камня является обязательное ограничение разрушительных напряжений в процессе отделения блоков от горной массы с тем, чтобы не нарушить целостность камня.

Большое значение имеют также доставка блоков из карьера и транспортировка их к месту дальнейшей обработки, так как подъем и передвижение крупных блоков без должных устройств может привести к их разрушению.

Комплексное использование горной массы имеет большое значение для повышения рентабельности работы горного предприятия, добывающего штучный камень.

Как показала практика работы карьеров, даже при правильном использовании трещин и микроориентировки минералов выход крупных блоков из горной массы практически редко превышает 25—30%, а остальная масса породы представляет собой бутовый камень, окол или мелкие блоки.

Большое значение при организации работы в карьере массива интрузивных пород имеет знание анизотропности строения

массива, которое следует учитывать при выборе способов и направления разработки.

Работами по структурному анализу установлена анизотропность строения массивов интрузивных пород (гранит и др.), что облегчает раскол камня по определенным направлениям. Анизотропность обусловливается закономерностью формы и расположения минералов, входящих в состав породы. Опытный глаз легко различает эту почти неуловимую структуру, и каменотесы пользуются ею для облегчения своего труда.

Р. Бейтс (1965) указывает, что на гранитных карьерах в США выделяют следующие направления, по которым более легко осуществляется раскол; первое совпадает с системой наиболее развитых трещин, а второе — с направлением вытянутости зерен породы. В большинстве месторождений одно направление располагается вертикально или почти вертикально, а второе почти горизонтально.

Гранитные карьеры ГДР имеют, например, следующее распределение добываемой горной массы по видам продукции: крупные гранитные блоки и изделия из них 5%, брускатка и другие мелкие дорожно-строительные камни 75%, щебень различных фракций 20%.

Среди факторов, обуславливающих низкий выход блоков из горной массы, можно выделить устранимые и неустранимые (Чесноков, 1958). К первым следует отнести:

1) неправильное расположение фронта разработок относительно направления облегченного раскола гранита;

2) неправильное расположение уступов карьера относительно трещин, особенно горизонтальных, т. е. несовпадение подошвы уступа с горизонтальными трещинами;

3) неправильное расположение шпуров без учета направления облегченного раскола и трещин отдельности и применение дробящих взрывчатых веществ и зарядов излишней величины;

4) отделение гранитных блоков от массива без предварительного обнажения их с трех сторон, в результате чего в блоках создаются вредные напряжения (условия «зажима»);

5) сбрасывание крупных блоков с уступов к подошве карьера.

К неустранимым факторам, снижающим выход блоков из горной массы, относятся:

1) выветрелость верхних горизонтов;
2) наличие включений (в виде шлиров, ксенолитов и жил) и нарушений;
3) отсутствие правильной системы трещин и пересечение их под косыми углами.

Важное значение для правильной организации работы в карьере облицовочного камня имеет наличие подготовленного широкого фронта работы, что позволяет осуществлять выбор

участка, отвечающего требованиям потребителя в отношении блочности, окраски и рисунка.

Крупные месторождения облицовочного камня разрабатываются открытыми карьерами, почвоуступной системой, гори-

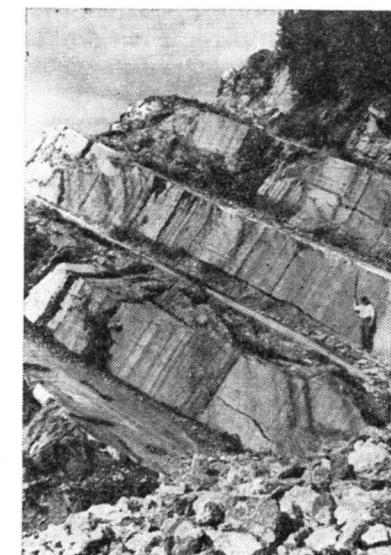


Рис. 9. Карьер на Большом Каменецком месторождении мрамора (УССР)

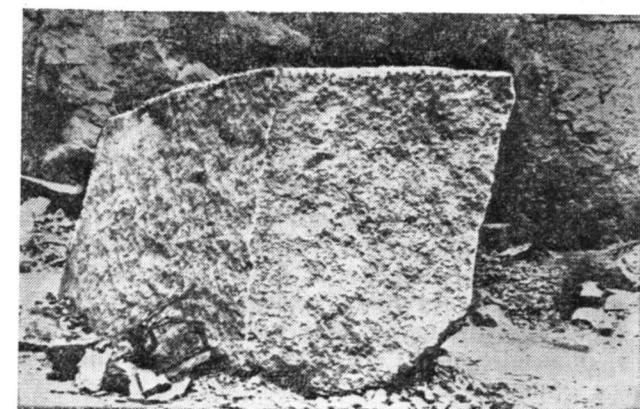


Рис. 10. Блок гранита (10 м³), добытый на Емельяновском месторождении (УССР)

зонтальными слоями (уступами и подуступами) сверху вниз (рис. 9, 10).

Гранитные карьеры по классификации систем разработки относятся к таким, в которых перемещение породы большей частью имеет подчиненное значение в связи с от-

носительно незначительным объемом вскрышных работ (Чесноков, 1958).

Коэффициент вскрыши на большинстве гранитных карьеров по отношению к добываемому граниту не превышает 0,3—0,2 : 1,0.

Глубина разработки карьеров облицовочного камня, как и других полезных ископаемых, лимитируется мощностью тела полезного ископаемого или экономическими соображениями; усложнением условий разработки вследствие, например, увеличения притока воды; возрастанием объема вскрышных и подготовительных работ, включая необходимость соблюдения угла естественного откоса, и, наконец, трудностью подъема добывого полезного ископаемого с большой глубины.

В отношении карьеров гранита часть этих препятствий отпадает, так как глубина распространения последних значительна и измеряется сотнями метров. Небольшая, как правило, мощность вскрыши и высокая устойчивость стенок гранитного карьера также благоприятствуют углублению выработки.

Наряду с этим большое значение имеет улучшение качества гранита с глубиной (уменьшение трещиноватости, более устойчивая окраска). Как показали расчеты (Чесноков, 1958), оптимальная глубина карьеров штучного камня определяется в 100—150 м, но может быть экономически рентабельной даже при 400—450 м. Практически глубина карьеров при бесстраншном вскрытии с применением кабельных кранов ограничивается технически целесообразными пролетами этих кранов — в пределах 250 м.

Приведенные соображения о глубине карьеров гранита рекомендуется учитывать при составлении проектов геологоразведочных работ.

Требования, предъявляемые промышленностью облицовочного камня к получению крупных нетрещиноватых блоков, обусловливают необходимость применения специфических способов разработки. Применение бризантных взрывчатых веществ, широко используемых при добыче рваного камня, здесь полностью исключается, так как возникающее при этом высокое давление (до $1 \cdot 10^{10}$ Па) широко распространяется в массе породы и вызывает образование многочисленных трещин.

На карьерах облицовочного камня из взрывчатых веществ находят применение (и то ограниченное) лишь метательные (главным образом черный порох).

На гранитных карьерах взрывчатые вещества используются иногда для отделения блоков от массива.

На карьерах мрамора также иногда применяют метательные взрывчатые вещества для обрушения крупного уступа камня высотой от 15 до 30—35 м, основание которого подрабатывается горизонтальными выработками. Объем одновременно взрываемого массива достигает 2000—3000 м³.

Полученные крупные блоки распиливают канатными пилами. Такой способ добычи мрамора применяют в Италии на карьерах «Фриэтта» и «Така-Бианка» (Мельников, 1962).

Большая сохранность блоков камня достигается при использовании способов отделения блоков, без применения взрывчатых веществ. Такими способами являются:

- 1) образование врубов на границах блоков ударно-врубовыми машинами (чаннелерами) или с помощью пробуривания по линиям желаемого раскола ряда шпуров, располагающихся почти вплотную один к другому;
- 2) применение клиновых работ в различных вариантах;
- 3) комбинированный (буро-клиновые работы);
- 4) обрушение гранитного массива путем подработки его по основанию уступа горными выработками.

Первый способ дает наибольшую гарантию сохранности камня, но очень дорог и применяется только для получения особы ценных блоков.

Наиболее распространенным (более дешевым и производительным) является способ отделения блоков с помощью клиновых работ в сочетании с взрывными работами с применением пороховых зарядов.

Одним из последних достижений техники в области отбойки природного камня является применение на гранитных карьерах термического способа. Последний основан на разрушении крепких горных пород под действием высокотемпературного факела, образующегося при сгорании жидкого горючего в кислороде и обладающего сверхзвуковой скоростью.

Термический способ эффективно применяется пока только на весьма крепких и нетрещиноватых породах с высоким содержанием кварца. Производительность его при работе по граниту достигает 2 м²/ч.

Для более мягких пород типа мраморов и известняков широко применяются как у нас, так и за рубежом камнерезные машины различных конструкций (Столярова, Петрика, Галанина, Заступайло и др.). Наибольшее применение камнерезные машины нашли на карьерах вулканических туфов (в Армении) и пильных известняков (в Азербайджане, на Украине и в Молдавии). С помощью камнерезных машин Столярова добывается мрамор на Коелгинском месторождении (Урал) и др.

В заключение приведем некоторые сведения о разработках штучного камня за рубежом.

В США (центральная часть шт. Вермонт) более 100 лет производится разработка несколькими карьерами крупного гранитного месторождения. Глубина их уже превысила 100 м. В карьерах получают крупные блоки массой до 20 т и более, выход которых составляет около 15%. Остальные 85% добываемой горной массы перерабатывают на мелкий дорожный камень и щебень.

До 1958 г. отбойка гранитных блоков производилась ченнерами — машинами ударного действия, образующими вокруг блока сплошные врубы. Наряду с этими применялись пороховые заряды.

В 1958 г. на одном из карьеров этой группы был впервые применен термический способ отбойки гранита, а в 1959 г. его стали применять уже на всех карьерах.

Наряду с этим продолжают использовать ченнеры и пороховые заряды, которые комбинируют с огневым способом.

Подъем гранитных блоков из карьера осуществляется с помощью деррик-кранов, установленных на борту карьера. Грузоподъемность деррик-крана достигает 70 т, вылет стрелы — 35 м.

Гранитные карьеры в Демиц-Тумитце (ГДР) также имеют почти столетнюю давность. Разработки расположены в центральной части Лаузицкого гранитного массива, занимающего площадь более 3500 км². Верхняя часть гранитного массива выветрена и удаляется во вскрышу. Для месторождения характерно наличие правильной системы трещин, образующей скамьеобразные формы отдельности камня, что значительно облегчает получение блоков правильной формы. Ввиду высокой стоимости земельных участков глубина карьеров достигает 80—100 м. Гранитные блоки отбивают с помощью черного пороха при широком применении пневматического инструмента (расход сжатого воздуха на 1 т годовой продукции составляет 300 м³). Подъемно-транспортные операции производятся кабельными кранами грузоподъемностью от 4 до 16 т и с пролетом до 250—300, реже 500 м. Выход крупных блоков обычно не превышает 10—15 %. Из более мелкого камня производят брускатку. Продукция, получаемая на карьерах, распределяется следующим образом (в %):

крупные блоки и изделия из них	13,2
брускатка	65,4
щебень	21,4

Гранитные карьеры «Чеп» в Англии существуют с 1875 г.; гранит используется для облицовки зданий и сооружений, монументального строительства, а также для изготовления бортовых камней, ступеней, плит, карнизов, элементов изгородей и других строительных деталей (Мельников, 1962). По цвету выделяются две разновидности гранита — розовый и голубой. Он добывается способом обрушения главным образом с помощью камерных зарядов черного пороха. У основания уступа проходит штолня длиной 15—25 м в глубину массива и из нее штреки длиной по 12,2 м, в которых высекаются зарядные камеры. Выход горной массы от одного взрыва составляет около 30 000 т, в том числе гранитных блоков около 1000 т. Крупные блоки дробят

с помощью шпурков и открытых зарядов, а также свободно падающего груза.

Крупные блоки разделяются с помощью клиньев. Гранитные блоки поступают на распиловочный завод, где из них изготавливают плиты и другую продукцию, а попутная горная масса направляется на дробильно-сортировочный завод, где перерабатывается в щебень.

Глава IX

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ В СССР И ЗА РУБЕЖОМ

Использование природного камня как строительного и декоративного материалов в нашей стране насчитывает многовековую давность. По-видимому, первоначально камень для строительства стал применяться в южных районах нашей страны, бедных деревом, но богатых различным каменным материалом.

Одними из наиболее древних являются дохристианские крепостные и храмовые сооружения из базальта и других пород, сохранившиеся в Армении и Грузии.

Уже тогда было достигнуто искусство не только сооружать из камня прочные и величественные сооружения, но и украшать их высокохудожественной резьбой, сохранившейся до наших дней.

Мрамор и мраморизованные известняки Крыма встречаются в каменных постройках Херсонеса (IV в. до н. э.). Использовались они и для внутренней отделки первых каменных построек Киевской Руси.

На севере нашей страны применение камня началось также в глубокой древности. Так, в 1113 г. Новгород строит в уступе р. Волхов первую на Руси каменную крепость Ладогу (ныне Старая Ладога) с пятью большими каменными башнями по углам. Основным строительным материалом при сооружении этой крепости служил гранит, добывавшийся, по-видимому, в западном Прионежье (Борисов, 1963).

В борьбе со шведами за свои владения в Прионежье и за выход из Ладожского и Онежского озер через Неву в Финский залив новгородцы строят и другие крепости (Орешек на истоке р. Невы) и ряд укрепленных монастырей (Валаамский и Соловецкий), при сооружении которых также использовался местный камень.

Белый известняк широко применялся для храмовых построек Новгородской Руси (Софийский собор XI в. и др.). В XII в. на

Владимира-Сузdalской земле возникают первые белокаменные постройки, возводимые, по-видимому, из ковровских доломитизированных известняков и доломитов.

Московский период характеризуется особенно широким и разнообразным применением известняков в строительстве («Белокаменная Москва»).

Пышный расцвет получило в России строительство из камня в XVIII в., когда Петр I и его преемники начали строить и украшать новую столицу на берегах Невы. Здесь в первые же годы были сооружены две крепости (Петропавловская и Кронштадтская), Адмиралтейство с верфью и доками для военных судов, торговая пристань на р. Неве, а также началось строительство дворцов, соборов и различных государственных зданий.

Значительная часть камня для этого строительства доставлялась из бывш. Олонецкой губернии (ныне КАССР). Большую роль в развитии русской камнедобывающей промышленности начала XVIII в. сыграл правительственный указ, запрещающий выписывать мрамор и другие декоративные камни из-за границы и обязывавший находить и добывать их в своей стране.

Расцвет отечественной архитектуры в стиле яркого и пышного барокко, базирующийся на широком использовании природного декоративного камня, имел место во второй половине XVIII в., когда строительство осуществлялось группой талантливых русских зодчих во главе с В. Растрелли.

Основным поставщиком камня оставалась Олония, где к этому времени были открыты месторождения мрамора, гранита, вулканических туфов, брекчий, черных шунгитовых сланцев и других декоративных пород (Борисов, 1963).

Камень добывался в виде цельных монолитных колонн, облицовочных плит, цокольного камня, монолитов для пьедесталов, памятников и каменных скульптур.

В первой половине XIX в. в России получил развитие более строгий стиль «русского ампира», творцами которого являлись выдающиеся русские зодчие — Воронихин, Баженов, Захаров, Росси, Кваренги и Камерон. При возведении этими мастерами различных монументальных сооружений также широко использовался облицовочный камень, шедший по-прежнему из Олонецкой губернии.

Искусство добывать крупные блоки камня, а затем транспортировать его на большие расстояния, обрабатывать и устанавливать уже тогда стояло на большой высоте. Для колонн Исаакиевского собора в 1830 г. добывались монолиты гранита в карьере Пютерлахской каменоломни около г. Выборга. Колонны, полученные из этих блоков, имели высоту 17 м, диаметр 2,13 м, массу 115,6 т (Бутиков, Хвостова, 1974).

Громадный гранитный блок для Александровской колонны, стоящей на Дворцовой площади в Ленинграде, был получен из

того же карьера в 1832 г. (высота колонны 25,6 м; диаметр основания 3,66 м).

Русский декоративный камень был широко известен и за границей. Так, в 30-х годах прошлого века для сооружения в Париже саркофага Наполеона I из России был доставлен крупный монолит малиново-красного шокшинского кварцита.

С окончанием в 1859 г. строительства Исаакиевского собора (архитектор Монферран), богато украшенного наружными и внутренними облицовками из различного камня, закончилась эпоха расцвета дореволюционной русской камнедобывающей и камнеобрабатывающей промышленности, и в предреволюционные годы добыча облицовочного камня в России велась в незначительном объеме. Мрамор, применявшийся главным образом для нужд электротехники, добывался только на Урале, где разрабатывался кустарным способом в нескольких мелких карьерах. Частично его завозили из Италии и обрабатывали в маленьких кустарных мастерских. Гранит и лабрадорит в небольшом количестве добывались на Украине, причем добыча носила эпизодический характер и зависела от наличия заказов.

Пришедшая в конце XIX века в упадок камнедобывающая и камнеобрабатывающая промышленность России стала развиваться только после Великой Октябрьской революции, когда в 30-х годах началось крупное строительство, связанное с реконструкцией городов, сооружением Московского метрополитена, при облицовке которого широко применялись природные облицовочные камни. Все это способствовало выявлению месторождений высококачественного декоративного камня.

При сооружении Мавзолея В. И. Ленина были использованы лабрадориты Головинского и Турчинского месторождений, красный кварцит — Шокшинского, габбро — Слипцицкого, гранит — Лезниковского и других месторождений (Григорович и др., 1970).

На отделку станций Московского метрополитена им. В. И. Ленина было использовано более 300 тыс. м³ мрамора, гранита, мраморного онекса, родонита и других пород.

Добыча облицовочного камня начала развиваться на Украине, Урале, в Закавказье, Средней Азии и Сибири. Очень широко местные облицовочные камни применяются в Армении (рис. 11).

Особенно быстро стала расти промышленность облицовочного камня после окончания Великой Отечественной войны.

В послевоенные годы в Москве облицовочные камни широко использовались при строительстве МГУ и Дворца съездов.

Памятник К. Марксу в Москве высечен из светло-серого гранита (Кудашевское м-ние УССР), причем первоначальный размер монолита составлял 15×15×3,5 м (рис. 12).

В 1970 г. к столетию со дня рождения В. И. Ленина в г. Ульяновске было закончено сооружение Ленинского мемо-

риала — величественного архитектурного памятника, при строительстве которого широко применялись мрамор, гранит, туф и другие облицовочные камни. Развернувшееся в послевоенные годы строительство метрополитенов в крупных городах нашей страны также требует большого количества облицовочных камней.

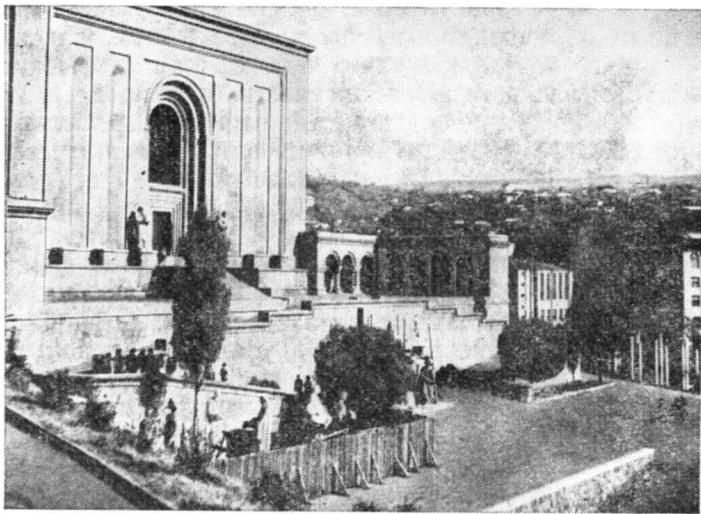


Рис. 11. Хранилище древних рукописей из светло-серого базальта (Ереван)

Из 212 месторождений, учтенных балансом запасов облицовочных камней, в 1973 г. эксплуатировались 102. Разработка ведется камнедобывающими предприятиями системы МПСМ СССР и других ведомств.

По данным ВГФ, количество запасов эксплуатируемых месторождений составляет около 70% от общего их числа.

Подготавливается к эксплуатации 16 месторождений, в том числе Кыбик-Кордонское месторождение мрамора в Красноярском крае, являющееся основной сырьевой базой строящегося Саяно-Шушенского камнеобрабатывающего комбината.

Добыча на месторождениях облицовочного камня за последние годы существенно не меняется и составляет около 3 млн. м³ горной массы в год. Причем ввиду невысокого выхода блоков стандартных размеров большая часть добытого камня используется для получения бута, щебня и дорожных (бортовых) камней.

Объем производства блоков и плит из главнейших видов облицовочного камня приведен в табл. 20.

Таблица 20

Объем производства облицовочных камней в СССР
(Симонян, 1969)

Годы	Продукция в блоках, тыс. м ³		Продукция в плитах, тыс. м ²	
	гранита и других твердых пород	мрамора	гранита и других твердых пород	мрамора
1913	Нет данных	4	35	30
1940	16	9	90	120
1965	19	25	110	390
1975*	74,2	131,3	668	1484

* Проектные данные.

За рубежом развитию производства облицовочного камня уделяется большое внимание и он является предметом широкого экспорта и импорта.

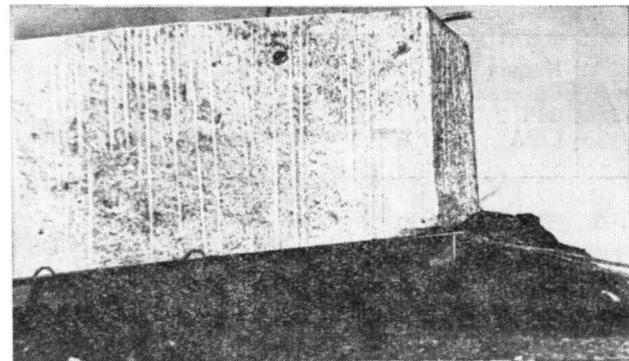


Рис. 12. Монолит светло-серого гранита для памятника Карлу Марксу в Москве. Кудашевское месторождение (УССР)

Данные об объеме производства камнедобывающей промышленности в некоторых зарубежных странах приводятся в табл. 21 (Симонян, 1969).

Как указывает Н. В. Мельников (1962), промышленность облицовочного камня за рубежом является растущей отраслью.

В США добыча гранита производится в 16 штатах более чем 150 предприятиями, которые выпускают изделия более чем из 60 разновидностей гранитов, различающихся цветом, рисунком и особенностями строения.

Мрамор добывается в 10 штатах, и изделия из него выпускаются 40 предприятиями, вырабатывающими продукцию широкого ассортимента — начиная от мелких бытовых изделий до крупных стандартных блоков мрамора.

Таблица 21

Производство блоков облицовочного камня за рубежом, тыс. т

Порода	Страна	1954 г.	1958 г.	1960 г.	1962 г.	1964 г.
Гранит и другие твердые породы	Италия	237,1	222,3	281,9	480,0	—
	Франция	207,9	181,0	258,3	279,0	586,0
	ФРГ	206,0	168,0	156,0	176,0	196,0
	США	52,6	75,2	75,0	78,0	—
Мрамор	Италия	593,0	654,0	836,0	1440,0	—
	Франция	75,5	88,3	86,4	80,4	113,1
	ФРГ	89,0	118,0	163,0	198,0	275,0
	США	58,1	103,4	105,0	117,0	—
Известняк	Италия	1098,0	1525,0	1684,0	—	—
	Франция	739,7	1079,0	1207,0	1228,0	1675,0
	ФРГ	—	—	1750,0	2030,0	—
	США	420,0	600,0	550,0	470,0	—
Песчаник	Италия	943,5	1069,6	1113,7	—	—
	Франция	161,4	119,7	70,6	73,1	61,2
	ФРГ	116,2	109,6	121,6	138,0	168,0
	США	221,8	157,5	238,0	174,0	—

В 17 штатах на 150 предприятиях добываются блоки и штучный камень из известняков и доломитов. В 20 штатах на 160 карьерах добываются песчаники и кварциты 50 разновидностей.

В США число предприятий, добывающих природный камень для архитектурно-строительных целей, за последние 10—15 лет непрерывно растет.

Как в ГДР, так и в ФРГ добыча природного камня в послевоенные годы увеличилась и превратилась в важную отрасль промышленности.

Во Франции добывается 40 разновидностей мрамора и примерно столько же разновидностей гранита и известняка.

На Скандинавском полуострове камнедобывающая промышленность имеет многовековую давность.

Швеция, с незапамятных времен строившая свои крепости и церкви из гранита, со второй половины XIX в. становится поставщиком его на мировой рынок в связи с быстрым развитием портового и дорожно-мостового строительства. Гранит вывозится главным образом в виде блоков, а также брускатки и клейнпфлястера, вырабатываемых из легкоколюющихся гра-

нито-гнейсов Гётеборгского округа. Вывоз гранитной продукции составляет от 100 до 300 тыс. т в год.

Норвегия также завоевала почетное место на мировом рынке, причем ее гранитная промышленность базировалась главным образом на вывозе плит и брускатки из громадных месторождений Остфольда (район г. Осло). Ряд крупных морских гаваней таких, как Дувр, Девоншир, а также порты Риги, Штеттина, Гамбурга, сооружения Кильского канала, построены из норвежского гранита. Ежегодный экспорт гранитной продукции из Норвегии составляет до 200—250 тыс. т.

Финляндия также экспортирует свои высококачественные граниты, которые идут главным образом в США и Англию, где они являются объектом реэкспорта.

Ввиду довольно ограниченного ассортимента декоративных камней, имеющихся в США, эта страна импортирует камень в значительных количествах и на большие суммы. Так, в 1963 г. было ввезено в виде блоков, плит и других изделий мрамора на 11,3 млн. долл.; гранита на 2,1 млн. долл.; песчаника, известняка и травертина на 5,5 млн. долл.

Сведения по экспорту и импорту облицовочного камня в некоторых зарубежных странах приведены в табл. 22.

Таблица 22

Экспорт и импорт блоков облицовочного камня в зарубежных странах, тыс. т

Страна	Мрамор				Гранит			
	1960 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1960 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.
Экспорт	Италия	280	205	239	277	10	3,0	11,0
	Португалия	29	42	75	—	—	—	—
	Бельгия	9	11	11	13	1	0,5	0,5
	ФРГ	3	3	9	12	306	224,0	138,0
	Югославия	22	27	22	—	1,5	1,2	1,1
	Франция	—	18	17	52	—	—	—
Импорт	США	125	135	—	—	103	102,0	—
	ФРГ	76	103	115	138	433	554,0	560
	Бельгия	17	29	27	31	1	0,5	0,5
	Франция	—	13	17	39	17	—	—
	Англия	47	50	59	—	—	—	—
	Япония	7	8	7	—	—	—	—
	Италия	43	64	101	122	9	12	19

Италия ежегодно экспортирует в различные страны мрамор и другие декоративные камни на сумму 10—15 млн. руб., что является важной статьей валютного баланса страны.

Экспорт мрамора из Франции выражается в сумме более 1 млн. руб., из Бельгии — до 0,5 млн. руб. в год.

В последние годы за рубежом растет использование природного камня в виде облицовочных плит, которые прекрасно сочетаются с современными бетонными и железобетонными строительными конструкциями.

Как показывает опыт, гранит может широко применяться не только для монументальных сооружений, где он является незаменимым, но и для обычных городских и сельских построек.

Глава X

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

Различие генетических типов горных пород, применяемых в качестве облицовочного камня, и разнообразие условий их залегания создают известные трудности в создании национальной промышленной классификации месторождений этого сырья.

При составлении промышленной классификации месторождений облицовочного камня необходимо учитывать ряд факторов, определяющих методику разведки, а также последующую эксплуатацию.

Важнейшими из них являются условия образования, а также форма тела полезного ископаемого и его размеры. Не менее важными факторами являются условия залегания, а также выдержанность физико-механических и декоративных свойств камня.

С учетом сказанного выше и составлена промышленная классификация месторождений облицовочного камня, среди которых выделен ряд типов, отличающихся по условиям образования, залегания и степени выдержанности физико-механических и других свойств.

По условиям образования среди месторождений облицовочного камня выделяются три основные группы месторождений, приуроченных к магматическим, осадочным и метаморфическим породам.

Месторождения магматических пород

Месторождения интрузивных пород. *Typ I* — месторождения, образующие крупные массивы, выдержаные по площади, мощности и качественным показателям. Сюда относятся батолиты и штоки гранита, а также других пород (сиенитов, диоритов). Этот тип месторождений облицовочного камня

является промышленно весьма важным, так как благодаря крупным размерам интрузивов, измеряемых зачастую многими квадратными километрами, значительному распространению на глубину, высокому и выдержанному качеству камня, на них возможна организация больших механизированных карьеров, дающих большое количество крупноблочного камня. Месторождения этого типа известны как на щитах, так и в геосинклинальных областях.

К ним можно также отнести известные в Карелии крупные овальной формы тектонические глыбы гранитных пород, являющиеся обломками древнего кристаллического фундамента (Борисов, 1963). Эти глыбы окаймляются более молодыми, сильно метаморфизованными первично-осадочными и вулканическими породами.

Подтип I^a — месторождения, образующие крупные тела неоднородного состава, обусловленного наличием значительного числа ксенолитов, а также секущих жил и даек. К этому же подтипу относятся месторождения интрузивных пород, пересеченные крупными трещинами разлома, вдоль которых развиваются зоны выветривания, значительно снижающие выход кондиционного камня и усложняющие разведку.

Районом широкого распространения месторождений этого типа является Украинский кристаллический массив, где выходы гранитов занимают большие площади и известны месторождения облицовочных разностей этих пород.

Другим районом распространения крупных гранитных массивов в пределах древней платформы является Карелия и Карельский перешеек.

Примером месторождения гранита, обладающего высокодекоративными качествами, однородность которого нарушена дайками амфиболитов, является месторождение о-ва Герман (Сюскюянсаари), расположенного в северной части Ладожского озера. Благодаря высокой декоративности камня месторождение интенсивно разрабатывалось в XIX в. и в начале XX в. Оно представляет собой две возвышенности, отстоящие на 0,5 км одна от другой. Сложено мелкозернистым красным гранитом и гнейсо-гранитом.

В районе г. Питкяранта развиты гнейсо-граниты и мигматиты нижнеархейского возраста, которые образуют крупные тектонические глыбы, окруженные более молодыми породами — кристаллическими сланцами ладожской серии нижнего протерозоя. Гранитные породы нижнеархейских тектонических глыб представлены более или менее гранитизированными гнейсами и в меньшей степени гнейсо-гранитами и мигматитами. В этих породах наблюдаются пластовые и секущие дайки ортоамфиболитов.

Весь комплекс архейских образований района претерпел многообразные тектонические нарушения — складчатые деформации, разрывы и расколы, с которыми связаны явления буди-

нажа (пластичной деформации) и выполнение трещин разломов жильными образованиями (кварцем, пегматитом, аплитом). Все эти процессы осложнили геологическое строение месторождения, создавая неоднородность в составе гранитного массива. Граниты и гнейсо-граниты о-ва Герман светло-красного цвета, со своеобразным облачным рисунком, пронизанные жилками.

Физико-механические показатели гранита высокие. Временное сопротивление сжатию в сухом, водонасыщенном состоянии и после 25-кратного замораживания составляет $(3025-2080) \times 10^5$ Па. Потери при истирании 0,26—0,32 г/см². На месторождении развиты три основные системы трещин.

Выход блоков размером 0,28 м³ и крупнее составляет 10%, максимальный размер блоков — 7,8 м³.

Тип II — жилы, дайки, некки и другие тела неправильной формы. Такие формы залегания известны для гранитов, сиенитов и других пород. Размеры их значительно меньше, чем батолитов и лакколитов, но и они могут образовывать месторождения, имеющие промышленное значение.

К крупным образованиям такого типа относятся, например, кольцевые интрузии Хибин, к которым приурочены месторождения щелочных сиенитов (хибиниты). К этому же типу можно отнести относительно небольшие по размерам интрузивные тела изменчивого состава, как, например, месторождения иризирующего лабрадорита, образующие обычно некрупные тела среди пород габбро-норитового состава.

Примером может служить месторождение лабрадорита «Синий камень», расположенное близ с. Турчинка Житомирской обл. (УССР).

В геологическом строении месторождения принимают участие кристаллические породы докембрия, представленные лабрадоритами и габбро-лабрадоритами. Лабрадориты образуют довольно крупное тело в габбро-лабрадоритовом массиве. Разведанная мощность лабрадоритов составляет 45 м; площадь месторождения — около 40 тыс. м². Порода почти мономинеральная, состоящая из лабрадора (98—99%).

Физико-механические свойства следующие: объемная масса 2,68—2,7 г/м³; пористость 0,45—0,5%; предел прочности на сжатие в сухом состоянии $2517 \cdot 10^5$ Па; после 25-кратного замораживания $22 \cdot 10^7$ Па; водопоглощение 1%. Лабрадорит месторождения иризирует синевато-фиолетовыми, синими, зеленовато-синими и голубоватыми тонами.

На месторождении хорошо выражена система трещиноватости северо-западного простирания с падением на северо-восток под углом 78—88°. Выход блоков размером более 0,3 м³ составляет 20%. При распиловке из 1 м³ камня получается 9 м² плит.

Месторождения эфузивных пород. К этой группе относятся потоки и покровы вулканических пород вы-

держанной мощности и состава. Особое место занимает группа пирокластических пород (легких, пористых вулканических туфов), имеющих большое практическое значение как стеновой и одновременно облицовочный камень. Месторождения туфов такого типа развиты в геосинклинальных областях. Меньшее значение имеют излившиеся аналоги кислых интрузивных (липараты, кварцевые порфиры) и основных (базальты) пород.

Примером месторождения пирокластических пород является Артикское месторождение вулканического туфа (АрмССР). Туфы образовались в четвертичное время. Мощность туфового пласта равна в среднем 7 м при колебаниях от 1 до 18 м. Мощность вскрыши, состоящей из суглинков и почвенного слоя, не превышает 1 м.

Система трещин, вызванная остыванием пирокластической массы, создает отдельность в виде пятигранных вертикальных призм размерами обычно от 5—6 до 10 м в поперечнике. Выход блоков составляет в среднем около 50%.

Туф Артикского месторождения имеет видимую пористость при вытянутой форме пор, что наряду с пемзо- и шлакообразными включениями придает ему псевдофлюидальную текстуру. Окраска туфа преимущественно розово-фиолетовая, реже розовато-серая и красновато-розовая.

Под микроскопом структура туфа кристаллокластическая, частично витрокристаллокластическая при спутанно-волокнистой, флюидально-пенистой текстуре. Основная масса породы состоит из вулканического стекла. Включения представлены плагиоклазами, пироксенами и другими минералами.

Артикский туф применялся в Армении еще в глубокой древности (VI, IX, XII вв.). В настоящее время он широко используется в республике, а также за ее пределами как стеновой материал в виде грубоколотых блоков или блоков правильной формы, получаемых путем распиловки глыб.

Наружные поверхности камня имеют обычно чистую теску. Благодаря удачному сочетанию прочности, пористости (что обусловливает его низкую теплопроводность), а также красивой расцветке артикский туф является одновременно и стеновым, и высокодекоративным облицовочным камнем. Применяется он также в виде тонких плит, как частично облицовочный материал.

Месторождения осадочных пород

Из осадочных пород в качестве облицовочного камня применяют, как уже отмечалось, известняки, доломиты, песчаники, а также гипсы.

Главными типами промышленных месторождений этих пород являются: пластовые, пластообразные, а также массивы и тела неправильной формы.

Среди этих месторождений можно выделить следующие типы, отличающиеся по условиям залегания пород, а также по выдержанности их качественных показателей.

Тип I — пласты и пластообразные залежи, лежащие горизонтально или с небольшим наклоном и выдержаные по мощности и качественным показателям. К этой группе можно отнести месторождения слабометаморфизованных известняков верхнего осадочного яруса платформ, как, например, карбоновые известняки Подмосковья, широко применяемые как стеновой и облицовочный камень, а также доломиты, песчаники и гипсы ряда месторождений.

Тип II — пластовые и пластообразные тела, залегающие с наклоном более 30° , выдержаные по мощности и качественным показателям. В эту группу входят месторождения мраморизованных известняков геосинклинальных областей, подвергнувшись воздействию главным образом регионального метаморфизма.

Примером может служить Давалинское месторождение мраморизованных известняков (АрмССР) девонского возраста. Известняки преимущественно серые, реже черные и желтоватые, содержат большое количество остатков фауны, в той или иной мере перекристаллизованной, и тонкие прожилки белого и реже желтого кальцита.

Мощность слоев известняка колеблется от 0,1 до 2 м, изредка больше. Иногда пласти известняка разделяются тонкими пропластками сланцеватых глин. Простижение толщи с юго-востока на северо-запад, но местами наблюдается местная мелкая складчатость. Преобладающее падение известняков северо-восточное под углом $40-50^{\circ}$. Суммарная мощность декоративных известняков темно-серого, желтовато-серого цвета с прожилками белого и золотистого кальцита составляет 4,2 м.

Известняки сложены мелкозернистым кальцитом (размер зерен 0,01—0,06 мм) и содержат большое количество остатков фауны, что создает своеобразный рисунок и повышает декоративность камня.

Физико-механические свойства черных мраморизованных известняков следующие: объемная масса $2,69 \text{ т}/\text{м}^3$; пористость $0,74-1,47\%$; водопоглощение по массе $0,25\%$; по объему $0,67\%$; временное сопротивление сжатию в сухом состоянии $100-153 \cdot 10^6 \text{ Па}$; истираемость $0,17 \text{ г}/\text{см}^2$.

Известняки трещиноваты и образуют в основном некрупные блоки (до $0,5 \text{ м}^3$).

Вследствие наличия скрытой трещиноватости мраморные блоки при распиловке дают низкий выход досок.

Тип III — крупные массивные тела мраморизованных известняков, без ясно выраженной слоистости. Месторождения этой многочисленной и важной группы обычно сложены рифовыми

образованиями, но, видимо, могут образовываться и другим путем. Эти месторождения развиты в геосинклинальных областях.

Небольшую подгруппу образуют отторженцы, образовавшиеся путем отделения крупных глыб мраморизованных известняков от основного массива.

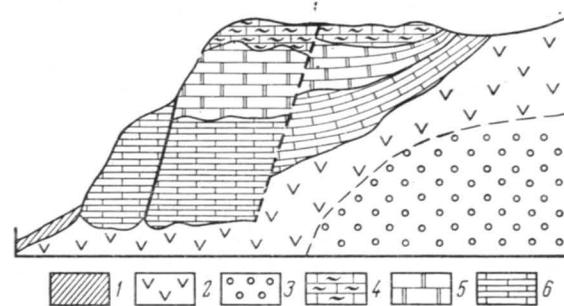


Рис. 13. Схематический геологический разрез Большегольского месторождения мрамора (по И. С. Солонинко)

1 — четвертичные отложения; 2 — диабазы (Cr_2); 3 — конгломераты (Gr_{1+2}); 4 — мрамор серый; 5 — мрамор пятнистый; 6 — мрамор коричневый

Примером подобного месторождения является Большегольское в Закарпатье (участок «Пещерный лог»), сложенное бескорневыми глыбами мраморизованных известняков, залегающих среди отложений другого возраста (рис. 13).

Месторождения метаморфических пород

Тип I — месторождения пластовые и пластообразные, залегающие с большим или меньшим углом наклона моноклинально или образующие складки. Месторождения такого типа образовались путем регионального метаморфизма карбонатных пород или песчаников. Выдержанность мощности и качественных показателей могут значительно меняться в зависимости от нарушений первичных условий залегания. Приурочены главным образом к кристаллическим щитам, но известны и в геосинклинальных областях. К этому типу относится Шокшинское месторождение кварцитов (КАССР). Сложено породами иотнийского возраста (красно-бурые и серые кварц-полевошпатовые перекристаллизованные песчаники мощностью до 36 м) и собственно шокшинской свиты (красные и розовые кварциты и хлорит-серicitовые сланцы). Общая мощность красных кварцитов составляет 24 м. Выше их залегает наиболее декоративный малиново-красный кварцito-песчаник («шокшинский порфир») мощностью 17 м. Над ним лежат красные песчаники мощностью 40 м.

Породы иотния образуют на месторождении пологую антиклинальную складку, ядро которой сложено красным песчаником и малиновым кварцитом, а крылья — серыми песчаниками,

розовыми и красными кварцитами и хлорит-серицитовыми сланцами.

Среди малиновых кварцитов различают; а) неравномерно-зернистые с содержанием кварца 95%; агрегатов кремния и хальцедона 2—3%; серицита 0,5—1,0%; гидроокислов железа 0,05% и б) крупнозернистые кварцito-песчаники с незначительным содержанием серицита.

Кварциты, по данным А. А. Розенкранца, обладают следующими физико-механическими показателями: сопротивление раздавливанию в сухом состоянии $(2214-2902) \cdot 10^5$ Па, водонасыщенных $(1915-2739) \cdot 10^5$ Па, после замораживания $(1433-2619) \cdot 10^5$ Па, прочность на излом $(214-433) \cdot 10^5$ Па, потеря при истирании $(0,064-0,023) \cdot 10^5$ Па, водонасыщение 0,03—0,38%, объемная масса 2,62—2,64 т/м³. На месторождении развиты три системы трещин: две из них кругопадающие ($85-90^\circ$) и одна пластовая, совпадающая с направлением падения. Выход блоков составляет 24—27%.

Тип II — месторождения мраморов линзообразной или неправильной формы, образовавшиеся главным образом путем регионального метаморфизма, часто при участии и kontaktного. В месторождениях этого типа наблюдаются явления будинажа. Приурочены как к кристаллическим щитам, так и к геосинклинальным областям.

Среди всех указанных типов можно выделить подтипы, отличающиеся большей степенью изменчивости качественных показателей. Несмотря на различие условий образования месторождений, принадлежащих к различным генетическим типам, в отношении методики разведки они могут быть объединены в группы, сходные по условиям залегания (например, месторождения, имеющие пластовую форму залегания).

Примером месторождений, образующих линзовидные залежи, можно считать месторождение мрамора Рускеяла I (КАССР), расположенное в 30 км от г. Сортавала. В этом районе месторождения карбонатных пород сортавальской серии нижнего протерозоя образуют вытянутые полосы и линзовидные тела небольшой, как правило, мощности, приуроченные к контакту роговообманковых ладожских сланцев с более древними архейскими гнейсо-гранитами.

Наиболее крупные из этих тел находятся у дер. Рускеяла. Район месторождения сложен согласно залегающими в антиклинальной складке роговообманковыми и биотит-роговообманковыми сланцами, а также мраморизованными известняками и доломитами. Вся толща этих пород смята в крупные и мелкие складки, составляя юго-западное крыло антиклинальной структуры, содержащей два месторождения в окрестностях дер. Рускеяла (Рускеяла I и II).

На месторождении Рускеяла I породы падают на юг под углом $50-60^\circ$. Карбонатные породы не слагают здесь сплош-

ного горизонта среди вмещающих кристаллических сланцев, а представляют собой отдельные крупные линзы, образовавшиеся в результате тектонических воздействий, приведших к формированию структурных форм будинажа (Борисов, 1963). Одним из наиболее крупных тел является так называемая «финская залежь», имеющая в длину около 1 км при мощности карбонатных пород около 350 м.

В разрезе карбонатных пород выделяются три горизонта: а) верхний, сложенный серыми доломитами и доломитизированными известняками, мощностью 200 м; б) средний — из белых слабодоломитизированных известняков и чистых кальцитовых мраморов средней мощностью 50 м; в) нижний, сложенный полосчатыми доломитизированными мраморами с мелкими прослойками кальцитового мрамора, мощностью около 100 м.

Структура карбонатных пород крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистая. Многие разности скарнированы и содержат до 50% скарновых минералов — tremolita, актинолита, диопсида, волластонита и др. Прочность на сжатие колеблется в сухом состоянии от $8 \cdot 10^7$ до $18 \cdot 10^7$ Па и в водонасыщенном — от $679 \cdot 10^5$ до $1640 \cdot 10^5$ Па; водопоглощение 0,10—0,11%; размер блоков 0,5—3,0 м³.

Глава XI

ГЕОЛОГО-ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ И ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

В состав геологической документации, ведущейся на всех стадиях геологоразведочных работ на месторождениях облицовочного камня, входят: описание естественных обнажений, горных выработок, керна буровых скважин, документация отбора проб, а также зарисовки обнажений, горных выработок и составление колонок. Особым специфическим разделом документации является изучение, описание, отражение на графике трещиноватости и определение декоративных свойств камня. Правильно поставленная и тщательная полевая документация является важнейшей составной частью всего цикла геологоразведочных работ и дает материал, достаточно полно характеризующий особенности геологического строения месторождения и состава пород. Если этот материал не собран в поле, он не может быть восполнен в камеральный период.

При изучении и документации месторождений облицовочного камня основное внимание необходимо обращать на сле-

дующие показатели, характеризующие особенности их геологического строения и качество камня.

I. Показатели, характеризующие особенности геологического строения месторождений:

- 1) форма залежи и ее размеры;
- 2) условия залегания;
- 3) взаимоотношения с вмещающими породами.

II. Показатели, характеризующие особенности состава и строения породы и ее декоративные свойства:

- 1) минералого-петрографический состав породы;
- 2) структура и текстура;
- 3) цвет и рисунок камня.

III. Показатели, характеризующие степень выветрелости и трещиноватости пород:

- 1) виды процессов выветривания и их влияние на качество камня;
- 2) трещиноватость и блочность камня.

Особенности геологического строения

Документация показателей, характеризующих особенности геологического строения месторождения, производится в основном так же, как при поисках и разведке других видов нерудных полезных ископаемых.

От самой ранней стадии изучения месторождения и до его детальной разведки при описании обнажений, горных выработок и скважин фиксируются сведения, позволяющие установить форму, размеры залежи и условия ее залегания. К ним относятся: идентичность пород; различия в их макроскопических признаках; особенности, обнаруженные в различных обнажениях и выработках; элементы залегания; степень нарушенности; наличие тектонических структур, трещиноватых зон и разломов, взаимоотношение полезной толщи со вскрышными породами; положение участков и зон с заметными изменениями; закарстованность и пр. Обязательным элементом документации и первичной обработки ее в поле является систематическое (ежедневное) обобщение данных описаний обнажений и выработок на геологических и литологических разрезах, планах, блок-диаграммах, с нанесением на них вновь собранных сведений, что позволяет более обоснованно нанести дальнейшие маршруты, выработки, скважины.

Особое значение имеет фиксация сведений по характеру взаимоотношений залежи полезного ископаемого с вмещающими породами (характер контактов, наличие или отсутствие постепенных переходов, ксенолитов, четкости границ и пр.).

Форма и размеры залежи, устанавливаемые в первый период работ, имеют большое значение для его предварительной оценки и определения методики геологоразведочных работ. Чем

крупнее размеры залежи и правильнее ее контуры, тем легче и проще ее разведывать и тем больше оснований ожидать выдержанность качественных показателей камня. Большое значение имеют также и условия залегания полезного ископаемого.

На сильно дислоцированных, смятых участках сильно развита трещиноватость, снижающая выход камня. В массивах изверженных пород следует избегать участков, по которым проходят крупные региональные разломы, так как здесь может иметь место развитие трещиноватости и процессов выветривания или воздействие гидротермальных растворов, способствующих значительным изменениям в минеральном составе камня (каолинизация полевых шпатов и др.), что приводит к снижению его прочности.

При изучении крупного массива интрузивных пород, например гранитов, нужно выбрать участок таким образом, чтобы он находился в части батолита (штолка), где породы кровли были бы полностью удалены процессами эрозии, так как иначе в граните можно встретить большое количество включений, являющихся остатками кровли батолита, что резко сказывается на однородности строения и состава породы и может значительно снизить ее качество.

Для метаморфических пород группы мраморов существенное значение имеет определение условий их образования (путем регионального или kontaktового метаморфизма), что в известной степени определяет распределение и постоянство качественных показателей. Важно также правильно определить строение залежи мраморов (массивное или слоистое), наличие и характер складчатости и пр.

Особенности состава и строения породы и ее декоративные свойства

Минерало-петрографический состав. Определение минералого-петрографического состава в полевых условиях может производиться только приближенно, но оно все же позволяет в известной мере судить о качестве камня.

При документации необходимо отмечать примерное количество, размеры и взаимоотношения основных минералов, слагающих породу, а также акцессорных или вторичных минералов, присутствие которых может существенно влиять на качество камня. Это в первую очередь относится к сульфидам и окисям железа.

Интрузивные породы. Для пород группы гранитов (граниты, гранодиориты, кварцевые сиениты, кварцевые диориты) благоприятными признаками являются: значительное содержание кварца и небольшое — слюды, а также полное от-

существие сульфидов. Неблагоприятными показателями являются: низкое содержание кварца, высокое содержание слюды и присутствие сульфидов.

Для пород группы габбро и норита положительными признаками являются: высокое содержание пироксена; малое количество оливина; отсутствие сульфидов.

Эфузивные породы. Для базальтов и андезитов благоприятными признаками являются: преобладание авгита над плагиоклазом, небольшое содержание оливина и нефелина, отсутствие сульфидов, незначительное содержание стекловатой массы. Для андезитов, кроме того, существенное значение имеет отсутствие слюды и наличие пироксена и амфибала. Для кварцевых порфиров положительное значение имеет высокое содержание кварца как во вкрапленниках, так и в основной массе, незначительное количество биотита, отсутствие сульфидов.

Для вулканических туфов отрицательным признаком является значительное присутствие включений (пемзы, лейкита и др.).

Метаморфические и осадочные породы. Для мрамора и мраморизованных известняков нежелательным является присутствие сульфидов, а также включений и прослойков кремня и других более твердых или более мягких образований, которые будут выкрашиваться при распиловке блоков, полировка поверхности плит и затруднять обработку камня.

Структура и текстура. При документации большое внимание должно уделяться описанию размеров, формы и характера распределения в породе минеральных зерен.

Интузивные породы. Для пород группы гранита весьма существенна однородность строения и отсутствие участков, сложенных породами другого состава.

При изучении массива интузивных пород важно фиксировать наряду со структурой и текстурой также элементы первично-магматической тектоники, что сводится к наблюдениям и измерениям направления истечения магмы и нанесения их условными знаками на геологическую карту и разрезы. Сюда относится плоскопараллельная полосчатая (или гнейсовидная) текстура магматической породы, возникающая благодаря перераспределению темноцветных минералов при движении магмы, а также вытянутость шлировых сегрегаций в направлении ее движения. Плоскостные элементы истечения могут быть подмечены также и в расположении таблитчатых кристаллов слюды и полевого шпата. Эти наблюдения рекомендуется делать на выветрелой поверхности, где расположение минералов выступает более ясно. Из текстурных и структурных признаков для пород группы гранита благоприятными являются: массивная текстура, мелко- или средне- и равномернозернистое строение, расположение зерен кварца, при котором они более или менее связаны между собой, как бы цементируя или охватывая

кристаллы полевого шпата, равномерное распределение в породе пластинок кварца.

Отрицательными признаками для пород группы гранита являются: расположение пластинок слюды в виде полосок, такитовая текстура, диспергентное (рассеянное) расположение зерен кварца, наличие ксенолитов, жил и прожилков.

Неустойчивыми к воздействию атмосферных агентов являются граниты с катакластической и миаролитовой (с большим числом пустот) структурой. Такие граниты поглощают воду в большом количестве, что снижает их прочность.

Для пород группы габбро положительное значение имеет массивная, а не полосчатая текстура, и офитовая, а не габброявляя структура, мелко-, средне- и равномернозернистое строение.

Эфузивные породы. Для базальтов и андезитов положительными признаками являются плотное, афанитовое (а не порфирово-миндалекаменное) сложение; офитовая, долеритовая, интерсеральная (а не гиалопилитовая или витрофировая) структура основной массы. Для кварцевых порфиров благоприятным признаком является плотное афанитовое сложение, а при порфировом — преобладание основной массы над вкрапленниками и небольшие их размеры, полно- или полукристаллическая (а не стекловатая) структура основной массы.

Метаморфические породы. Положительное влияние на физико-механические свойства мраморов оказывает размер зерен кальцита (доломита). Как правило, более высокой механической прочностью обладают мелко- и среднезернистые мраморы. Крупнозернистые разности имеют пониженную прочность и, кроме того, трудно поддаются механической обработке, так как крупные кристаллы кальцита благодаря высокой спайности легко раскалываются и выкрашиваются. В описании следует отмечать степень метаморфизации, наличие остатков пелитоморфного карбоната и т. д.

Цвет и рисунок. При описании и зарисовках обнажений, горных выработок и керна скважин необходимо отмечать цвет, его оттенки и интенсивность окраски камня, характерные особенности и формы рисунка, цветовые переходы и связь их с теми или иными основными минералами. Желательно использовать при этом цветные фотографии, а зарисовки делать цветными карандашами.

Для пород группы гранита наиболее декоративными являются чистые, густые тона красного, розового и серого цвета. Высокодекоративными являются редко встречающиеся зеленые амазонитовые, а также малораспространенные очень светлые лейкократовые граниты, цвет которых обусловлен отсутствием темноокрашенных минералов и светлой окраской полевых шпатов.

На декоративность гранитов существенное влияние может оказывать и цвет зерен кварца. Наличие черной или коричне-

вой слюды придает граниту темный цвет, при наличии примесей окислов железа или титана переходящий в темно-серый или темно-коричневый. Рисунок гранита обусловлен его структурными и текстурными особенностями. Весьма декоративны граниты, имеющие порфировидное строение, а также обладающие облачным рисунком.

Различие окраски и ее оттенков в сочетании с различием структур и текстур придает гранитам исключительное разнообразие декоративных свойств. Из пород группы габбро наиболее высокими декоративными свойствами обладает лабрадорит, представляющий собой беспироксеновую фацию габбро. Его декоративные качества определяются цветом и, главное, числом иризирующих кристаллов (глазков), приходящихся на единицу площади (до 2000 шт. на 1 м²), которые, однако, без полировки плохо различимы. Среди аортозитов наиболее декоративными являются светло-серые, с пестрым рисунком, обусловленным наличием светлых пятен на темно-сером фоне. Собственно габбро имеют обычно довольно однообразную темно-серую окраску с зеленоватым оттенком и малодекоративны.

Эффузивные породы. Наиболее декоративны породы типа порфиров и порфиритов при наличии белых вкраплений полевых шпатов на темном (темно-сером, темно-фиолетовом и др.) фоне. Цвет вулканических туфов обычно светлый, желтый, розовый, сероватый. Иногда наблюдается полосчатое распределение окраски, повышающее их декоративность. Более редко наблюдаются туфы, обладающие темной, почти черной или красной окраской.

Метаморфические породы. Мрамор и мраморизованные известняки обладают самой разнообразной окраской: чисто-белой, телесной, желтой, розовой, серой, красной, зеленой и черной. Наиболее распространеными являются светло- и темно-серые мраморы, которые относительно малодекоративны. Декоративность мрамора (кроме статуарного) значительно повышается при наличии в нем рисунка, обусловленного неравномерным распределением окраски, полосчатостью или наличием извилистых пустот, выполненных белым кальцитом. Весьма декоративны цветные мраморизованные известняки, содержащие мелкие остатки фауны. Однако наиболее ценными являются чисто-белые мелкозернистые просвечивающие статуарные мраморы.

Породы изверженного происхождения обычно обладают достаточно устойчивой окраской. Некоторые же виды цветного мрамора теряют окраску в течение довольно короткого времени, измеряемого годами. В связи с этим нужно сравнивать окраску мрамора в свежем сколе и на поверхности, подвергшейся выветриванию. Сводная характеристика декоративных свойств облицовочных камней приводится в табл. 23.

Таблица 23

Признаки декоративности облицовочных камней

Порода	Признаки	
	положительные	отрицательные
Гранит, сиенит розовых и красных тонов	Насыщенный цвет, порфировидные текстуры крупнозернистых разностей, расположение темных минералов, образующие красивый рисунок в мелкозернистых разностях, интенсивно окрашенные кристаллы кварца	Резкие пятна и прямолинейные полосы, желтые и бурые оттенки, большое содержание темноцветных минералов
Гранит серых и зеленых тонов	Однородная чистая светлая окраска, окрашенные кристаллы амазонита, невысокое содержание темноцветных минералов	Неравномерность окраски, бурые и желтые пятна, повышенное содержание темноцветных минералов
Лабрадориты черные, темно-серые и светлые	Интенсивность окраски, большое число иризирующих кристаллов лабрадора (до 1500—2000 шт. на 1 м ²)	Желтые, осветленные участки, отсутствие или небольшое число иризирующих кристаллов
Аортозиты светло-серые и серые	Равномерность окраски	Наличие желтых пятен
Габбро	Насыщенная черная окраска, однородное мелкозернистое строение	Неравномерность окраски, желтые и бурые пятна
Порфиры и порфириты	Белые или светлоокрашенные крупные идиоморфные кристаллы полевого шпата на однородно окрашенном темном фоне	То же
Туфы вулканические	Светло-розовая, желтая, серая окраска, равномерная или полосчатая	Бурые, серые и желтые пятна, крупные включения, нарушающие однородность окраски
Мраморы и мраморизованные известняки: белые и светлоокрашенные;	Равномерный тон окраски, мелкозернистость, просвечиваемость (для мраморов)	Бурые и желтые пятна, пятнистая окраска
рисунчатые, темно-окрашенные	Красивый рисунок, четкая полосчатость, наличие причудливых вторичных окрасок, интенсивность окраски	Бурые, желтые пятна и включения
Ониксовидный мрамор	Медово-желтая или светло-желтая окраска, высокая просвечиваемость, ярко выраженная полосчатость	То же
Группа кварцитов	Густая, равномерная интенсивная окраска (красная, малиновая, фиолетовая)	Бурые, желтые пятна и включения
Гипс	Светло-голубая, розовая, светло-серая окраска, просвечиваемость, красивый облачный рисунок	Грязно-серые и бурые пятна, включения
Песчаник	Однородность и интенсивность окраски	То же

Выветрелость. О большом влиянии процессов выветривания на качественные показатели облицовочного камня говорилось выше (см. гл. V).

Здесь рассмотрим благоприятные и неблагоприятные признаки, позволяющие примерно оценить в полевых условиях степень выветрелости горных пород и их пригодность в качестве облицовочного камня.

Процессы выветривания в большей или меньшей степени меняют как физико-механические свойства, так и химический состав горной породы. Эти изменения сказываются на внешнем облике последней, меняя его иногда до полной неузнаваемости.

Однако при детальном изучении горной породы можно установить характер изменений, произошедших в ней под влиянием агентов выветривания, и определить их причины.

Наиболее важными внешними признаками выветрелости горной породы следует считать: 1) изменение ее цвета; 2) степень и характер раздробленности; 3) изменение минерального состава и 4) изменение механической прочности.

При сильной выветрелости горной породы признаки выветривания достаточно ясны и вряд ли нуждаются в подробной характеристике. Важнее научиться определить выветрелость породы в том случае, когда этот процесс еще нешел далеко и не привел к ярко выраженному разрушению, но в то же время вызвал значительные изменения ее физико-механических свойств.

Для отдельных видов горных пород можно примерно наметить признаки, позволяющие судить о степени ее выветрелости, а также оценивать характер трещиноватости.

Для интрузивных пород группы гранита благоприятными признаками являются: свежесть и нетрециноватость полевого шпата, параллелепипедальная отдельность и редкое расположение трещин отдельности и тектонических трещин, позволяющее получать блоки нужного размера, отсутствие тонких волосных трещин.

При выветривании в полевых шпатах, прежде всего в плагиоклазах, появляются помутнение, ржавые потеки и матовость на плоскостях спайности, расширение спайных швов. Листочки биотита светлеют и вокруг них появляются ржавые пятна. Сульфиды разлагаются и образуют цветные подтеки. Происходит также выкрашивание отдельных зерен.

Поверхность породы становится шероховатой, трещины увеличиваются в числе и расширяются, особенно сказывается выветривание на крупнозернистых гранитах типа рапакиви, в которых оно распространяется значительно глубже, чем в обычных среднезернистых гранитах (в том же районе). Неблагоприятным показателем является резко выраженная плитняковая, шаровая или неправильно полиэдрическая отдельность.

Для пород группы габбро признаком невыветрелости является свежесть и нетрециноватость полевых шпатов, отсутствие серпентинизации и хлоритизации темноцветных минералов. Следует отметить, что соссюритизация полевых шпатов при небольшом количестве вновь образованного минерала не снижает существенно прочности и погодостойкости породы.

Положительным признаком является также параллелепипедальная отдельность.

Базальты и андезиты должны обладать свежестью и твердостью основной массы, не издающей при нагревании гнилостного запаха. Стальная игла не должна оставлять на камне царапин. Хлоритизация авгита слабая и вторичные кальцит и цеолиты, образующиеся в результате разложения плагиоклазов, присутствует в небольшом количестве. Отдельность должна быть крупной пластовой и поперечной.

В кварцевых порфирах признаком слабой выветрелости является свежесть и нетрециноватость полевых шпатов, а также основной массы.

Наиболее благоприятными для разработки являются породы с грубопластовой или параллелепипедальной отдельностью.

Для полевой оценки пригодности мраморов и мраморизованных известняков наибольшее значение имеет определение степени их трещиноватости и закарстованности. При интенсивной трещиноватости и значительной закарстованности даже высокодекоративный мрамор может оказаться непригодным для промышленного использования вследствие невозможности получения из него блоков кондиционных размеров.

Выветривание мраморов и известняков выражается в развитии густой сети трещин, а также в растворении и выносе грунтовыми водами карбонатной части породы.

При выветривании в известняках и мраморах происходит выщелачивание отдельных зерен, расширение швов между зернами и увеличение пор.

В доломитизированных породах, при общем возрастании пористости, идет увеличение числа микроскопических пор за счет субмикроскопических (Беликов, 1964).

По краям таких пор наблюдается отложение соединений железа. Конечным продуктом выветривания карбонатных пород является мучнистая порода (доломитовая мука).

В кварцевых песчаниках обычно происходит изменение и выщелачивание цемента.

Трещиноватость. Определение системы трещин, пронизывающих массив каменных пород, имеет в ряде случаев решающее значение для оценки месторождения, так как от их расположения и густоты зависит возможность получения блоков камня определенных размеров.

Следует, однако, отметить, что изучение трещиноватости с детальностью, достаточной для решения вопроса о густоте и рас-

положении трещин, возможно при хорошей обнаженности месторождения и наличии больших открытых поверхностей свежих пород. Такие условия могут иметь место в районах, где покров четвертичных отложений имеет малую мощность или совсем отсутствует.

Однако отсюда не следует, что на участках со слабой обнаженностью не нужно изучать трещиноватость. Даже при слабой обнаженности, прибегая к помощи горных выработок, можно собрать много ценных данных о системах трещин, развитых в изучаемом массиве. Трещиноватость можно изучать как на отдельном месторождении, так и на больших площадях развития тех или иных пород (например, гранитов).

Вопросы изучения трещиноватости горных пород применительно к месторождениям облицовочного камня освещены в работах Д. С. Белянкина, Б. В. Залесского и Б. П. Беликова (1948) и Б. П. Беликова (1948; 1953). Полевые методы изучения трещиноватости горных пород также описаны в работе А. Е. Михайлова (1956).

Трещиноватость нужно изучать по большому числу естественных или искусственных обнажений и по керну, причем по каждому крупному обнажению нужно делать по возможности 100—200 замеров. При этом замерять следует все трещины, выделяя искусственные, полученные при взрывах или добыче камня и в керне под влиянием механических нагрузок.

В том случае, если в пределах месторождения имеются участки, занимающие различное положение в структурном отношении (например, на крыльях или в осевых частях складок и др.), а также для пород различного состава, отдельных свит или структурных этажей изучение трещиноватости также должно проводиться отдельно.

Следует отметить, что иногда не удается выявить зоны наибольшего развития трещиноватости, так как к ним бывает приурочена овражно-балочная сеть.

При изучении систем трещин необходимо измерять элементы ориентировки трещин, при этом рекомендуется фиксировать азимут простирания и падения, а также угол падения. Определение всех трех элементов ориентировки трещин облегчает процесс обработки результатов замеров.

Замеры следует производить с точностью до 1° по каждой трещине отдельно (Беликов, 1953).

Перед началом работы по замерам ориентировки трещин рекомендуется сначала установить элементы залегания пластов пород, развитых на участке (месторождении), ориентировку сланцеватости, структуры течения в изверженных породах. Если трещина почти закрыта и определить элементы ее залегания обычным способом нельзя, рекомендуется вставить в трещину лист картона или бумаги и по ее поверхности производить нужные измерения.

Для облегчения работы следует стремиться находить поверхности, ориентированные перпендикулярно к направлению трещин, так как замеры в косых срезах требуют сложных графических построений.

При изучении трещиноватости горных пород наряду с определением элементов залегания трещин необходимо вести учет их числа.

Б. П. Беликов (1953) предлагает оценивать блочность камня числом интервалов между трещинами на протяжении 10 м вкрест простирания данной системы трещиноватости. Измерения ведутся рулеткой в пределах обнаженной поверхности.

Результаты замеров арифметическим расчетом приводятся к 10 м. При этом особо выделяются интервалы между трещинами, превышающие 1 м.

Оба полученных значения, число интервалов на 10 м и число интервалов длиной более 1 м (коэффициенты частоты трещин) записывают на диаграмму при соответствующих максимумах. А. Е. Михайлов (1956) рекомендует следующую форму таблицы для записи наблюдений над трещинами (табл. 24).

Таблица 24

Форма документации трещин

Номер точки наблюдения	Состав и элементы залегания пород	Элементы ориентировки трещин			Количество трещин на 10 м	Описание поверхности	Генезис трещин	Минерализация	Дополнительная характеристика
		азимут падения	азимут простирания	угол падения					

Для графического изображения трещиноватости, развитой на месторождениях, существует несколько способов. Наиболее простым является построение роз-диаграмм — способ, предложенный Филиппсом, а затем развитый Г. Клоосом, а в СССР А. А. Полкановым.

Роза-диаграмма трещиноватости строится по тому же принципу, что и роза ветров. Недостатком этого метода является то, что на одной диаграмме можно показать только один из элементов ориентировки трещин.

Так, для построения розы-диаграммы простирания трещин на полукруге произвольного радиуса наносится градусная сетка с северными румбами и проводятся радиусы-меридианы. Интер-

валы между меридианами обычно берутся равными $5-10^\circ$, но они могут быть уменьшены и до $1-2^\circ$. Затем принимается масштаб линейного изображения одной трещины, и такие отрезки в соответствии с азимутом простирации трещин наносятся на диаграмму от центра по радиусам. Для упрощения часто округляют значения замеров азимутов до $5-10^\circ$. После нанесения всех замеров концы линий, составленных отрезками, соединяют прямыми, и получившийся изломанный контур затушевывают или заливают тушью или краской.

Существует также способ построения диаграмм в прямоугольных координатах. По оси абсцисс откладывают один из элементов замеров трещин, например азимут падения, простирации или угол падения, а по оси ординат — число трещин, выраженное в процентах. Недостатком этого метода является малая наглядность и невозможность изображения на одной диаграмме всех элементов, характеризующих трещиноватость. В то же время эти диаграммы просты по построению, легко сопоставимы и их применяют для изображения однотипных трещин.

Один из способов построения диаграмм трещиноватости с помощью лучей был предложен А. И. Ефимовым (Михайлов, 1956). На диаграмме наносятся линии простирации трещин в одном из румбов так, чтобы при добавлении к азимуту простирации трещин 90° по ходу часовой стрелки получались азимуты их падения. Например при падении трещин на северо-восток линия ее простирания показывается в северо-западном румбе. Величина угла падения трещины изображается длиной радиусов кругов, построенных с делением через 10° . Таким образом, при вертикальном угле падения трещины радиус максимальной длины доходит до линии внешней окружности; чем меньше угол падения, тем короче радиус.

В настоящее время наиболее распространенным способом графического изображения трещиноватости является способ круговой диаграммы, основанный на использовании равноплощадной сетки Вальтера — Шмидта.

Для построения диаграммы по этому методу (Беликов, 1953; Михайлов, 1956) необходимо изготовить из куска картона или фанеры ряд трафаретов. При отсутствии готовой сетки Вальтера — Шмидта можно обойтись упрощенной сеткой, на которой показаны лишь окружность и верхний радиус. Радиус окружности для простоты расчетов рекомендуется при изготовлении трафаретов брать равным 10 см. Окружность делится на равные градусные интервалы, располагаемые против часовой стрелки, начиная от верхнего радиуса, принятого за нулевой.

Круговая шкала служит для отсчета замеров азимутов падения. Градуировка радиуса производится в соответствии с принципом, принятым при построении сетки Вальтера — Шмидта. Эта сетка сохраняет равенство площадей, заключенных между меридианами и параллелями, за счет нарушения пропорци-

ональности и изображения угловых значений, что необходимо для количественной оценки замеров.

Сетка для нанесения замеров приводится на рис. 14, а масштаб для градуировки северного радиуса — на рис. 15. Нуевые значения углов падения указываются в центре сетки, углы падения, равные 90° , на ее окружности. В центре круга, разделенного на градусы и с нанесенным радиусом, вставляется игла, при помощи которой накалывается восковка с нанесенной на ней окружностью того же диаметра и радиусом. На окружности восковки наносится стрелка для отсчета азимутов падения по градусной сетке на окружности диаграммы. Для нанесения замеров азимутов падения восковку поворачивают до совмещения стрелки с нужным показателем сетки. Затем по радиусу, нанесенному на восковку, отмечают угол падения трещины; полученная точка и будет изображать положение поверхности трещины (рис. 16).

При горизонтальном положении трещины точка, изображающая трещину, будет расположена в центре сетки. Для нанесения замера вертикальной трещины на сетку к значению азимута простирации прибавляют 90° , затем поворачивают восковку до полученного значения и на окружности сетки у конца нулевого радиуса наносят точку.

На одну диаграмму обычно наносят 300—400 точек. Полученные данные обрабатывают, получают изолинии плотности точек. Для этого точечную диаграмму накладывают на транспарант, имеющий разграфку через 1 см, так, чтобы центр диаграммы и север совпадали с центром транспаранта и концом вертикального диаметра. Затем с помощью прямоугольника из целлулоида или ватмана с вырезанным в нем кружком диаметром 20 мм подсчитывают плотность попадания точек. Этот кружок последовательно накладывают на каждый из узлов транспаранта так, чтобы узел попал в центр кружка. Затем подсчитывают число точек, попавших в кружок, и записывают цифру в центре последнего. Точки, попавшие на линию окружности кружка, считают две за одну. Шаблон с кружком передвигают последовательно по горизонтальным рядам узлов транспаранта так, чтобы охватить все узлы, кроме периферийных.



Рис. 14. Сетка для нанесения замеров

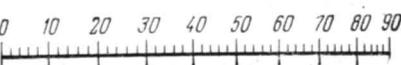


Рис. 15. Масштаб для градуировки северного радиуса при круге диаметром 20 см (уменьшено)

Для учета узлов, лежащих на окружности транспаранта, применяют линейный шаблон с двумя кружками, центры которых отстоят один от другого на 20 см. В шаблоне делают вырез посередине для возможности движения его по штифту.

Шаблон накладывают на транспарант таким образом, чтобы оба узла транспаранта, расположенные на противоположных концах диаметра, совпадали с центрами кружков (рис. 17).

В сумме оба участка диаграммы, захватываемые кружками, будут почти равны площади одного кружка шаблона. Сумму точек, попавших в оба кружка, представляют в их центрах, таким образом на противоположных концах диаметров будут одинаковые цифры. Последние можно ставить как на точечную диаграмму, так и на чистый бланк диаграммы, но в этом случае нужно иметь два транспаранта (Беликов, 1953).

В полученной цифровой диаграмме проводят изолинии плотности таким же способом, как это делается на топографических

картах. Изолинии плотности проводят через точки, соответствующие определенным процентам плотности. Этот процент определяется исходя из общего числа замеров. Например, при 200 замерах десяти процентам плотности будут соответствовать 20 точек, а одному проценту — 2 точки. Через цифры замеров и проводят изолинии плотности (рис. 18).

На диаграмму также наносят коэффициенты частоты трещин рядом с номерами соответствующих максимумов, что позволяет судить о расстоянии между трещинами.

Ввиду того что некоторые системы трещин используются для облегчения добычи камня, угловые расстояния между ними имеют большое значение и должны быть показаны на диаграмме.

Путем определения систем трещин, развитых на месторождении, можно ориентировочно судить о выходе блоков (Беликов, 1953). Это суждение может быть более или менее достоверным в том случае, если на месторождении установлено не более трех основных систем трещин.

Для получения дополнительных данных, характеризующих трещиноватость и ориентированную блочность камня на глубине, следует тщательно изучать и документировать извлекаемый из скважин керн. При этом наряду с определением выхода керна по интервалам большое значение имеют замеры и учет стол-



Рис. 16. Восковка, наложенная на сетку. При данном положении восковки нанесен замер поверхности трещин с азимутом падения 50° 60° (точка А). Точка Б отвечает замеру; азимут простириания 223° 90°

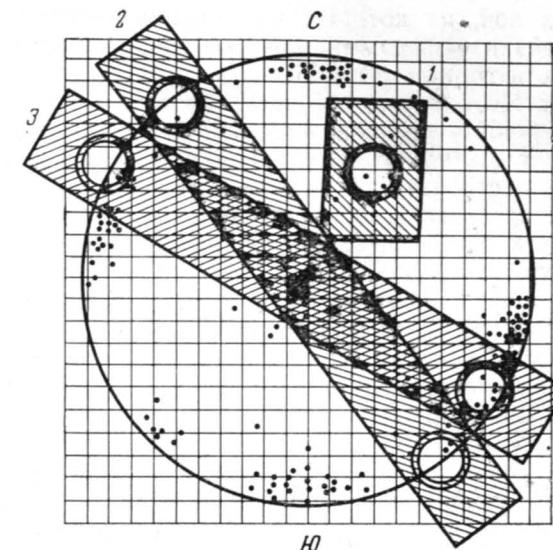


Рис. 17. Обработка точечной диаграммы шаблонами (по Б. П. Беликову)
1 — положение «малого» шаблона; 2 — положение «большого» шаблона при подсчете узлов, лежащих по окружности транспаранта; 3 — положение «большого» шаблона при подсчете узла, лежащего близ окружности транспаранта

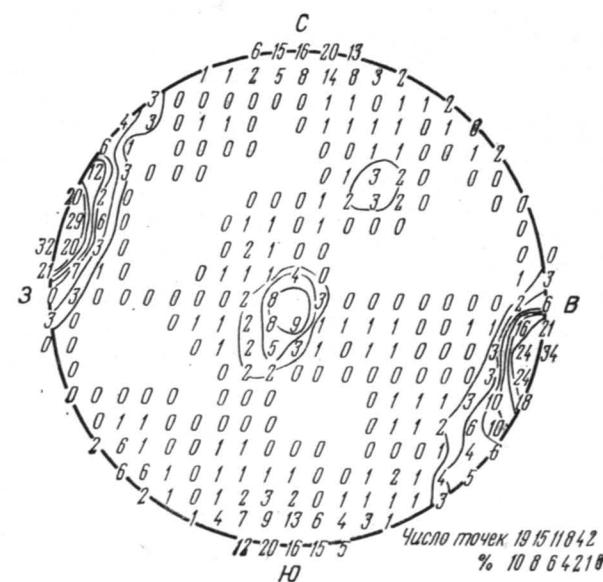


Рис. 18. Цифровая диаграмма с демонстрацией метода нанесения изолиний Соколовогорского карьера (189 замеров). По Б. П. Беликову

биков керна, привязка их на глубине, выявление сильно трещиноватых зон, из которых керн получается часто в виде щебенки и увязки с данными наблюдений за трещиноватостью в обнажениях и горных выработках при построении геологических разрезов. Необходимо обращать внимание и на косые склоны торцов керна. К таким наблюдениям обычно применяется правило: малая длина столбиков керна в отдельных случаях может свидетельствовать не только о повышенной трещиноватости, но и недостатках техники бурения, большая длина столбиков подтверждает малую трещиноватость и возможность получения крупных блоков.

Выход столбиков керна по длинам вычисляется в процентах, с учетом требований госта к размерам блоков.

Ввиду того, что выход блоков стандартных размеров является важнейшим показателем для оценки месторождений облицовочного камня, в последние годы ведутся исследования по разработке новых методов его определения.

Так, Е. П. Окользин и П. Ф. Корсаков (1974) рекомендуют определять следующие показатели трещиноватости горных пород: число трещин на 1 м (отношение общего числа трещин к длине участка); удельную трещиноватость (длину трещин, приходящуюся на 1 м² площади); среднюю ширину трещин, вычисленную по формуле средневзвешенного; среднее расстояние между трещинами шириной в 10 мм и более; коэффициент трещинной пустотности (относительную площадь трещин, %). Авторы предлагают также строить графики, отражающие связь этих показателей с размерами блоков.

Ф. А. Амбарцумян (1974) для оценки степени трещиноватости предлагает пользоваться площадной характеристикой густоты трещин, выраженной формулой $K_{тр} = \Sigma l / S$, где Σl — суммарная длина всех трещин на измеряемой площади, м; S — площадь подсчета или замеряемого участка, м. Эти методы основаны на опыте изучения действующих карьеров, но в практике геологоразведочных работ применений пока не нашли.

Ведутся также исследования по определению содержания блоков на глубине по данным колонкового бурения. Все эти исследования нуждаются в дальнейшей проверке и обобщении, что является задачей научно-исследовательских организаций.

Глава XII

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ ВЫРАБОТКИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАЗВЕДЕКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

Выбор геологоразведочных выработок определяется геологическим строением месторождения, мощностью вскрытых пород, рельефом участка, прочностью камня и другими особенностями, характеризующими условия залегания породы. Геологоразведочные выработки по своему назначению могут быть подразделены на две группы:

1) основные, характеризующие условия залегания, строение полезной толщи и качественные показатели полезного ископаемого;

2) вспомогательные, проходка которых имеет целью определить мощность вскрытых пород, рельеф поверхности коренных пород и мощность выветрелой зоны.

Основными выработками являются скважины колонкового бурения, шурфы, канавы, расчистки, а иногда и штолни с квершлагами (редко). Вспомогательными — скважины колонкового бурения, а также шурфы, дудки, канавы.

При разведке месторождений облицовочного камня наиболее широко распространенным видом глубоких выработок являются скважины колонкового бурения, позволяющие сравнительно быстро получить разрез изучаемого месторождения на заданную глубину. Однако данных, полученных при бурении скважин, обычно недостаточно для полной качественной характеристики месторождения, поэтому следует использовать материалы, полученные по расчисткам, канавам и другим горным выработкам. Кроме того, обычно приходится проходить дополнительно мелкие выработки для определения мощности вскрыши, глубины и границ зоны выветривания. Глубина колонковых скважин при разведке месторождения облицовочного камня большей частью достигает 50—100 м, начальный диаметр колеблется от 83 до 127 мм*, а конечный должен обеспечивать получение столбика керна диаметром 70 мм (как минимум 50 мм). Верхняя часть скважины обычно закрепляется обсадными трубами.

В зависимости от геологических условий и рельефа поверхности месторождения проходят вертикальные, наклонные или горизонтальные скважины.

* К. П. Хозанович и А. М. Палей (1954) отмечают, что при разведке строительного камня применение колонкового бурения диаметром меньше 200 мм нежелательно, так как такой керн показывает пониженные показатели прочности. Однако в большинстве случаев применение столь крупного диаметра не вызывается необходимостью, особенно на крепких породах.

При проходке скважин по однородным малотрещиноватым плотным породам, особенно изверженным, обычно получается достаточно высокий выход керна. Однако наличие сильнотрещиноватых или выветрелых участков и зон дробления, неоднородность пород разреза, переслаивание твердых пород с мягкими или рыхлыми, закарстованность карбонатных пород вызывают сильное понижение выхода керна на отдельных интервалах. Причины снижения выхода необходимо тщательно изучать, так как они могут являться косвенным показателем ухудшения качества полезного ископаемого на отдельных участках и интервалах. Согласно инструкциям ГКЗ выход керна по скважинам должен составить не менее 85% для карбонатных пород и не менее 90% для изверженных. Учитывая высокие требования к физико-механическим свойствам облицовочного камня, такой выход может допускаться только в крайних случаях. В целях повышения выхода керна, в зависимости от характера разреза, применяются различные меры: ограничение длины рейса, промывка скважин глинистым раствором, использование двойных колонковых труб, понижение давления промывочного раствора или бурение с местной циркуляцией воды («всухую»), подбор соответствующего породе режущего инструмента буровых начекников.

Шурфы вследствие их довольно высокой стоимости применяются при небольшой мощности полезной толщи (максимум до 10—15 м) или для вскрытия ее верхних горизонтов и прослеживания границ зоны, затронутой выветриванием. В зависимости от их глубины и характера разреза сечение шурfov обычно составляет 1×1,5 или 1,5×2,5 м. Использование взрывчатых веществ при проходке шурfov нежелательно, но при необходимости следует применять не бризантные, а метательные вещества (черный порох).

Проходка штолен целесообразна только при крутом падении пластов или в тех случаях, когда применение буровых скважин крайне затруднено условиями рельефа. Штолни применяются как прямоугольного, так и трапецидального сечения (высота 1,8—2 м и ширина 1,5—2 м).

Канавы проходят по головам пластов вкрест их простирации. Расчистки применяют для удаления наносов на крутых склонах.

Опытные карьеры закладывают с целью определения выхода блочного камня. Закладывать их следует в наиболее свежей, невыветрелой зоне месторождения.

Вскрышные выработки проходят с целью уточнения рельефа поверхности полезной толщи, границ зоны выветривания и мощности вскрышных пород. Для решения этих вопросов применяется проходка скважин колонкового бурения самоходными буровыми станками УКБ-2-100 и СБУ-150. Применение этих станков благодаря их высокой производительности позволяет значительно ускорить геологоразведочные работы. Скважины

желательно углублять в коренные невыветрелые породы примерно на 2—3 м. При этом следует иметь в виду, что в породах вскрыши могут встретиться крупные глыбы, которые можно ошибочно принять за коренные породы.

Применение геофизических методов. Геофизические методы находят применение как при поисковых, так и при разведочных работах на строительный камень. При поисках они помогают выбирать участки с наименьшей вскрышой, а также лишенные мощных тектонических зон дробления и значительного развития карстовых полостей. При этом применяют методы электрического сопротивления, а именно вертикального электророндирования и электропрофилирования. Применение этих методов основано на различном сопротивлении горных пород разного состава пропускаемому через них постоянному току. С их помощью удается определять рельеф кровли коренных пород, мощность и распределение вскрыши, расположение зон разломов и крупных карстовых полостей.

Для определения мощности рыхлых вскрышных пород, границ коренной толщи, а также полостей внутреннего карста обычно применяют электророндирование.

Удельное электрическое сопротивление горных пород зависит не только от их петрографического состава, но и от пористости, степени водонасыщения, а также химического состава воды, содержащейся в породах (табл. 25).

Таблица 25

Удельное электрическое сопротивление важнейших горных пород (по В. В. Федынскому, 1964 г.)

Порода	ρ , Ом·м	Порода	ρ , Ом·м
<i>Извещенные и метаморфические породы</i>			
Базальт	10^3 — 10^5	Лава	10^2 — 10^4
Габбро	10^3 — 10^5	Мрамор	10^4 — 10^8
Гнейс	10^2 — 10^5	Порфир	10^1 — 10^4
Гранит	10^3 — 10^5	Сиенит	10^2 — 10^5
Диабаз	10^4 — 10^5	Трахит	10^1 — 10^5
Диорит	10^4 — 10^5		
<i>Осадочные породы</i>			
Аргиллит	10^1 — 10^2	Конгломерат	10^1 — 10^3
Алевролит	10^3 — 10^5	Мергель	1 — 10^3
Глина	1 — 10^3	Песок	$0,5$ — 10^3
Доломит	10^2 — 10^4	Песчаник	10 — 10^3
Известняк	10^2 — 10^3	Сланцы глинистые	10^2 — 10^3

При поисках пункты зондирования обычно располагают по линиям, отстоящим одна от другой на 0,3—0,5—1,0 км, расстояние между пунктами 0,3—0,5 км. При разведочных работах гу-

стота сетей зондирования может варьировать от 10×10 до 50×50 м, в зависимости от размеров колебаний рельефа кровли или карстовых полостей.

Наряду с указанными выше методами в последнее время применяется также метод электроразведки, основанный на измерении индукционных токов, возникающих в приемных рамках в результате применения низкочастотных переменных токов (метод импедансов).

Применяют также методы магниторазведки, основанные на изучении магнитных свойств горных пород.

Ферромагнитные и параметрические свойства горных пород обусловлены в большинстве случаев наличием железосодержащих минералов — магнетита, пирротина, ильменита, лимонита и др. Как правило, основные породы (габбро, диабазы, базальты, перидотиты, дуниты и др.) более магнитны, чем кислые (граниты, сиениты, диориты).

Сведения о магнитной восприимчивости кристаллических пород приведены в табл. 26.

Таблица 26

Магнитная восприимчивость кристаллических пород
(по В. В. Федынскому, 1964 г.)

Порода	$\chi, 10^6$ ед. CGSM	Порода	$\chi, 10^6$ ед. CGSM
Гранит	0—4500	Базальт	125—15 500
Гранодиорит	200—2000	Перидотит	400—73 000
Диабаз	0—14 000	Порфирит	0—23 000
Габбро	1000—7500	Сиенит	0—6 500

Следует указать, что данные геофизических исследований необходимо сопоставлять с данными скважин колонкового бурения или шурфов.

Необходимо также предварительно тщательно изучить геологический разрез месторождения с целью установления физических констант слагающих его пород.

Глава XIII

ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

Опробование месторождений облицовочного камня производится на всех стадиях его изучения. От методики опробования в значительной мере зависит правильность оценки месторождения.

Перед опробованием месторождения облицовочного камня ставятся две основные задачи.

1) определение физико-механических, декоративных и других свойств камня;

2) определение выхода блоков из горной массы и выхода плит из блоков.

Методика опробования месторождений облицовочного камня в основных чертах аналогична методике опробования месторождений камня, используемого для строительных целей. Это — отбор проб из обнажений, горных выработок и керна скважин, обработка проб и подготовка их к анализам и испытаниям, испытание физико-механических свойств камня, минералого-петрографические исследования и анализы. Специфичным является отбор проб для изучения декоративных свойств камня, характера поверхности, способности камня принимать шлифовку и полировку, трудоемкости его распиловки и обработки, характера блочности, выхода блоков различных размеров и выхода досок из блоков.

На месторождениях облицовочного камня отбирают пробы для: 1) полного комплекса физико-механических испытаний; 2) сокращенных физико-механических испытаний; 3) минералого-петрографических исследований; 4) химических анализов и 5) изучения декоративных свойств камня. В зависимости от области намечаемого использования облицовочного камня отбирают пробы и для других видов испытаний.

Важной составной частью опробования является опытная добыча блоков с целью определения выхода блочного камня и отбора проб на технологические испытания, заключающиеся в распиловке блоков и изготовлении облицовочных плит.

Учитывая необходимость комплексного использования камня и особенно отходов, получающихся при добыче блоков, производится опробование и изучение пригодности его в качестве бута и щебня, для производства кислотоупоров (изверженные породы), известни (карбонатные породы), мраморной крошки и др.

В отличие от опробования других полезных ископаемых, почти все пробы на месторождениях камня для определения его пригодности как облицовочного (а также строительного) отбираются штучным способом. Объясняется это тем, что опробование должно решить вопрос о физико-механических свойствах камня в его естественном, не нарушенном дроблением, виде, так как именно в таком состоянии камень будет использоваться в строительстве.

Бороздовое опробование применяется главным образом для отбора проб метаморфических и осадочных (в основном карбонатных), реже изверженных пород на химический анализ.

Опробование месторождений изверженных, метаморфических и осадочных пород имеет много общего, но в то же время и свою специфику.

Общим для месторождений всех типов пород является отбор двух видов штупфных проб: для сокращенных физико-механических испытаний — штупфов размером примерно $5 \times 5 \times 8$ см или столбиков керна длиной 5—10 см и для испытаний полного цикла — монолитов размером $20 \times 20 \times 20$ или $30 \times 30 \times 30$ см, а также отбор образцов $3 \times 3 \times 5$ см для изготовления шлифов.

При отборе проб (монолитов) следует производить геологическое описание места их взятия и описание самой пробы — структуру, текстуру, цвет, наличие включений, форму, размер и характер распределения пор, трещиноватость и др.

При отборе монолитов применение взрывчатых веществ не допускается и их следует отделять от коренной породы молотками, клиньями или сплошным обуриванием, производимым по периметру монолита.

На верхней поверхности монолита, совпадающей со слоистостью или сланцеватостью породы, масляной или эмалевой краской наносят номер пробы и показывают стрелкой верх и низ монолита. Паспорт на пробу составляют в трех экземплярах. Первый кладут в мешок с пробой, второй направляют в лабораторию, а третий хранится в геологоразведочной партии.

В штупфах ($5 \times 5 \times 8$ см) определяются объемная масса, плотность, пористость, водопоглощение, петрографический состав. Монолиты используются для производства полного цикла испытаний, при котором определяются объемная масса, плотность, пористость, водопоглощение, петрографический состав, сопротивление сжатию в сухом состоянии, после водонасыщения и после замораживания. При необходимости дополнительно определяются сопротивление изгибу, истираемость и сопротивление удару.

Штупфы и столбики керна для испытаний по сокращенной программе не подвергаются какой-либо предварительной обработке, не требуется придания им строго геометрической формы, однако для получения более точных результатов желательно, чтобы они по форме были близки к параллелепипеду или цилиндру.

Для проведения испытаний по полной программе из монолита вырезают пятнадцать одинаковых образцов, представляющих правильные кубы с длиной ребра 5 см, или высверливают на специальных станках столько же цилиндров с равными диаметром и высотой, обычно также равной 5 см. В последние годы предпочтение отдается цилиндрам, так как изготовление их является менее трудоемким. Поверхности образцов шлифуют, особенно тщательно верхнюю и нижнюю грани кубиков и торцевые грани цилиндров. Определение временного сопротивления сжатию в сухом состоянии, в насыщенном водой состоянии и после испытания на морозостойкость производится на пяти образцах каждое. Весьма важно, чтобы все три вида испытаний проводились на образцах с близкими показателями объемной

массы и водопоглощения. Для других видов испытаний обычно используется оставшаяся часть монолита.

Ряд ценных методических указаний по вопросам изучения качества камня содержится в работе Б. П. Беликова и др. (Методы исследований..., 1964), где излагаются методы, разработанные в лаборатории физико-механических испытаний горных пород ИГЕМ АН СССР.

Следует отметить, что неправильная подготовка кубиков для определения физико-механических свойств камня (непараллельность граней, плохая пришлифовка поверхности граней, недостаточная точность пришлифовки давящих поверхностей пресса) может привести к значительному снижению показателей прочности камня (до 2—2,5 раз).

Испытания по полной программе производятся и на пробах, отобранных из керна скважин. Для этой цели в пробу отбирают столбики керна такой длины, чтобы обеспечить изготовление из них цилиндров с диаметром и высотой, обычно равными 5 см. Длина отдельного столбика керна для изготовления образца должна быть не меньше 10 см. Цилиндры большей частью выбирают из керна большего диаметра. В некоторых случаях для испытаний используют столбики керна диаметром 7—8 см без обработки их боковой поверхности; выравнивают и прошлифовывают только торцевые грани цилиндров. Точность определений в этом случае несколько снижается. Для получения необходимых 15 цилиндров суммарная длина керновой пробы должна быть не менее 0,8—1,5 м (Методы исследований..., 1964). Однако она может быть несколько большей или меньшей, в зависимости от мощности отдельных пластов или состояния керна. Иногда для этой цели приходится бурить куст из двух-трех скважин.

При проведении поисковых работ испытания по полной программе проводятся сравнительно редко, в единичных случаях главным образом на участках, перспективных для постановки на них разведочных работ. Большой частью ограничиваются испытаниями по сокращенной программе, в отдельных случаях производят определение временного сопротивления сжатию только в сухом или, что желательнее, в насыщенном водой состоянии. Для предварительной оценки пользуются известными зависимостями между отдельными параметрами физико-механических свойств пород.

Перед началом опробования проводится тщательное литологическое изучение месторождения (см. гл. XI), при котором должны быть выделены в пластовых месторождениях пласти или пачки пластов, обладающие визуально близкими физико-механическими свойствами, а в массивных месторождениях — участки или зоны. Особо должны выделяться зоны различной степени выветрелости, среди которых различают следующие: сильно выветрелых пород, слабо выветрелых, затронутых вы-

ветриванием и свежих. Такое выделение имеет особое значение для изверженных пород, где зона сильно выветрелых пород обычно слагается разностями, не применимыми даже в качестве щебня, вследствие слабой механической прочности и неморозостойкости.

Для уточнения границ зон выветривания рекомендуется в поисковую стадию работ произвести по ним отбор штуков ($5 \times 5 \times 8$ см) и образцов для изготовления шлифов, а также провести в лаборатории определения физико-механических свойств (объемной массы, плотности, водопоглощения), а также петрографические исследования.

Испытания физико-механических свойств камня по полной программе являются весьма трудоемкими и требуют больших затрат времени и средств. Поэтому при проведении предварительной и детальной разведки как строительного, так и облицовочного камня применяется система опробования и испытаний, включающая проведение небольшого числа испытаний поному циклу и сравнительно дешевых и несложных сокращенных испытаний, а также петрографических исследований. Эта система основывается на выявлении в породах одинакового вещественного состава и структуры зависимости между величинами временного сопротивления сжатию в сухом, водонасыщенном состоянии или после испытаний на морозостойкость и величинами объемной массы, пористости или водопоглощения. Для пород различного состава и структуры количественное выражение этой зависимости различное. В связи с этим для каждого месторождения, иногда для каждого пласта или отчетливо выделяющейся литологической и петрографической разности пород в нем, на основе сопоставления результатов определения сопротивления сжатию в сухом и насыщенном водой состоянии, а также после замораживания с результатами определения объемной массы, пористости и водопоглощения выводится корреляционная зависимость между этими показателями. Обычно она выполняется в виде графиков с корреляционными кривыми объемной массы, сопротивления сжатию в сухом состоянии, водопоглощения, сопротивления сжатию в водонасыщенном состоянии, после замораживания и т. д. Использование корреляции позволяет ограничить число испытаний по полной программе тем минимумом, который необходим для построения корреляционных кривых с необходимой точностью. В большинстве случаев для каждой выделенной разности, зоны или пласта полные испытания проводят по 10—15 пробам (для построения кривых на графики наносят результаты испытаний каждого образца).

Корреляционные кривые дают возможность по основной массе проб, отобранных из разведочных выработок, скважин и обнажений, ограничиться проведением только сокращенных испытаний. На шлифах, изготовленных из образцов, отбираемых одновременно с пробами на физико-механические испытания,

проводят петрографические исследования, устанавливающие наличие на месторождении разностей с одинаковым вещественным составом и структурой, характер распространения их по площади и в разрезе, а также контролирующие правильность отнесения опробованных интервалов к той или иной разности.

Практически работы по опробованию месторождений, представленных крупными массивами пород, например гранитов, должны заключаться в отборе монолитов или керновых проб на полный цикл испытаний по выделенным зонам и петрографическим разностям так, чтобы каждая зона (кроме, конечно, сильно выветрелых пород) и каждая петрографическая разность были охарактеризованы на различных глубинах и в разных частях участка разведки. Отбор таких проб производится по четырем-пяти наиболее полным и характерным разрезам с таким расчетом, чтобы каждая разность была охарактеризована 10—15 пробами.

При разведке месторождения, сложенного пластами пород различного состава, раздельно должны опробоваться пласти или пачки пластов, выделенные при литологическом изучении.

Наряду с отбором проб для полных испытаний из всех разведочных выработок и скважин по тем же выделенным разностям пород отбирают пробы для проведения испытаний по сокращенной программе. Число таких проб обычно в несколько раз больше, чем испытываемые по полной программе. При проведении испытаний по сокращенной программе иногда для контроля по отдельным пробам определяют прочность на сжатие в сухом или водонасыщенном состоянии. Параллельно проводят петрографические исследования, имеющие особо важное значение при выделении зон слабо выветрелых и затронутых выветриванием пород. Образцы для изготовления шлифов отбираются по разрезу через 0,25 м.

При отборе проб для сокращенных испытаний на месторождениях однородного массивного сложения расстояния по вертикали между точками отбора должны составлять для зоны затронутой выветриванием 0,5—1,0 м. В свежих породах это расстояние увеличивается до 2—3, иногда 5 м. На месторождениях, сложенных пластами пород, из каждого пласта отбирают по вертикали три пробы близ подошвы, в средней части и близ кровли, при значительной мощности пласта с интервалами, не превышающими 3—5 м. В том случае, если при изучении месторождения будут установлены пласти и горизонты или зоны, не представляющие интереса с точки зрения возможности получения из них облицовочного камня, их следует предварительно изучить как сырье для получения известки и т. д. в зависимости от состава пород и наличия возможных потребителей.

Наряду с отбором проб для определения физико-механических свойств камня следует отбирать небольшое число проб для

химических анализов, характеризующих выделенные на месторождении основные петрографические разности пород.

Отбор проб на химический анализ слоистых пород следует производить бороздовым методом. Для массивных пород (типа гранита) наряду с бороздовыми можно использовать и штуфные пробы. Химическими анализами определяется содержание CaO, MgO, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, R₂O, SO₃ и потери при прокаливании.

Для определения декоративных качеств облицовочного камня нет каких-либо установленных технических условий и требований и оценка в известной степени зависит от индивидуального вкуса геолога. Некоторые общие указания по этому вопросу даны в гл. XI.

Предварительная оценка декоративных свойств камня может быть произведена в полевых условиях. Для этого нужно получить свежий скол камня. Рисунок и цвет его выступают более ярко, если скол смочить водой или жидким минеральным маслом. Более полная оценка декоративных свойств камня дается по полированной поверхности образца. Такое определение также может быть произведено и в полевых условиях. Для этого образец с одной более или менее гладкой поверхностью подвергают обработке абразивным материалом с постепенным уменьшением крупности его зерна (карборунд черный следующих марок: 16 K₂C₁, 46 K₂C₁, 120 K₂C₂, электрокорунд — Э-СТ и, наконец, полировальный порошок — окись хрома или окись олова). Полировку производят войлоком, набитым на колодку.

Для более полного определения декоративных свойств камня целесообразно подвергнуть обработке три взаимно перпендикулярные поверхности образца (или несколько образцов), так как рисунок камня может в значительной степени меняться в зависимости от направления среза.

В процессе предварительной и детальной разведки необходимо изучить характер изменений и выдержанности цвета и рисунка в пределах участка разведки. Для этой цели в разных частях участка из обнажений и горных выработок отбирают штуфы, а из скважин столбики керна, по которым делают пришлифовки. При этом по керну шлифуют торцовую часть и боковой срез, а по штуфам обычно две-три грани.

Окончательное суждение о декоративности камня может быть составлено по полированным плитам, полученным в лаборатории или на камнеобрабатывающем заводе.

Желательный размер плит не менее 250×400 мм (Орлов, 1966). Но этот размер зависит, конечно, от крупности рисунка и однородности породы. В некоторых случаях можно довольствоваться образцами значительно меньших размеров, вплоть до полировки среза столбика керна. Надо отметить, что без пришлифовки декоративность некоторых разновидностей камня определить иногда почти невозможно. Особенно это относится к

таким породам, как мраморизованные известняки, в которых при шлифовке может «проявиться» тонкий и своеобразный рисунок, обусловленный остатками фауны, мелкой слоистостью или особенностями текстуры.

Блочность камня должна определяться на всех стадиях работ. На стадиях поисково-оценочных работ и предварительной разведки это делается путем изучения особенностей месторождения, условий залегания камня, характера отдельности систем трещин, определения длины столбиков керна из скважин и т. д. В том случае, если в районе работ имеются карьеры, разрабатывающие те же породы, которые являются объектом изучения, можно получить более точные данные, характеризующие выход блочного камня из горной массы.

Для определения выхода блоков из горной массы в настоящее время единственным надежным способом является пробная добыча, которая должна производиться из свежей невыветрелой породы и без помощи взрывчатых веществ.

При добыче следует определять выход блоков как стандартных размеров, так и отступающих от стандарта, а также выход бутового камня и щебня. Объем пробной добычи определяется в зависимости от геологических особенностей строения месторождения.

Участок опытной добычи должен быть представительным для всего месторождения по составу пород, характеру и степени трещиноватости. При существенных колебаниях этих показателей в различных частях крупного месторождения необходимо заложить два или несколько карьеров на каждом из таких участков. Представительность участка (участков) заложения карьера доказывается сопоставлением характера и степени трещиноватости, выхода неразрушенных столбиков керна стандартной длины на участке и по всему месторождению, а также всем комплексом сведений, полученных при изучении месторождения. Объем добытой горной массы из невыветрелой части массива должен составлять 50—150 м³.

Для облегчения работ по определению выхода блоков рекомендуется применять различные механизмы. Чаще всего для этой цели используются передвижные компрессоры и отбойные молотки. При разведке месторождения мрамора можно применять канатные пилы, а при разведке гранитов бурильные машины типа ПР-3-ОЛ, ПР-35, при помощи которых блок обуривается в массиве по намеченным граням для создания плоскости наименьшего сопротивления расколу. Затем по плоскости расположения шпуротов производится откол блоков с помощью клиньев со щечками из высококачественной стали. Расстояние между шпурами обычно составляет 200—300 мм при их глубине 150—500 мм. После откола блоков производится их пассирование т. е. приданье им формы параллелепипеда.

При разведке месторождений гранита пробную добычу блоков можно также производить термическим способом, при котором разрушение породы производят газовой горелкой. При этом порода нагревается до высокой температуры на узкой полосе и разрушается. Глубина вруба, получаемого при помощи такой горелки, может достигать нескольких метров, ширина на 70—80 мм. Этот способ только начинает внедряться на камнедобывающих предприятиях нашей страны.

Для определения выхода блоков необходимо замерить объем вынутой в карьере породы и затем объемы пассированных блоков стандартного и нестандартного размеров. При наличии в районе месторождения действующих карьеров, разрабатывающих тот же массив или ту же толщу, выход блоков может быть принят по аналогии. Но при этом необходимо доказать полную идентичность состава, строения и трещиноватости пород вновь разведываемого месторождения (участка) с эксплуатируемым. Распространение данных о выходе блоков без детального изучения сравнительных характеристик обоих участков может привести к печальным результатам. При одинаковом петрографическом составе пород, приуроченных к одной и той же толще, степень трещиноватости их может быть различна, в зависимости от положения участков по отношению к структурным элементам (на крыльях или в осевой части антиклинальной складки), что заметно сказывается на выходе блоков.

На выход блоков может влиять также наличие зоны тектонических трещин, проходящих через участок, проявления гидротермальной деятельности или выветривания.

Часть блоков, полученных при пробной добыче, должна быть распилена на ближайшем камнеобрабатывающем заводе с целью определения выхода плит. Для этого отбирают блоки типичные, средние по качеству. Всего должно быть распилено не менее 8—10 м³ блоков.

Распиловка опытной партии блоков проводится на камнеобрабатывающем заводе под наблюдением геолога. В его задачу входит определение пильности камня, его способности к шлифовке и полировке, выхода плит после распиловки, фрезеровки, шлифовки и готовых плит после полировки. При этом определяют и документируют размеры и площадь каждой плиты, по своим параметрам соответствующей ГОСТ 9480—69. подсчитывают число и суммарную площадь таких плит из всей партии блоков и рассчитывают выход плит в квадратных метрах из 1 м³ блоков. Ведется учет и подсчет числа и площади плит нестандартного размера, так как они могут быть использованы для различных изделий. Блоки мрамора и мраморизованных известняков чаще всего распиливают на плитки толщиной 20 или 25 мм, а гранитов и других интрузивных пород —

40 или 60 мм. При определении выхода плит весьма существенной величиной является отношение фактического выхода плит из 1 м³ блоков к теоретическому, в котором учитывается как толщина плит, так и ширина пропила.

В связи с тем, что при разработке месторождения для получения облицовочного камня всегда получается относительно большое количество отходов (выход блоков редко превышает 20—30 %, а иногда составляет всего 10 %), а эти отходы тоже могут иметь промышленную ценность (заполнитель бетона, сырье для обжига извести, получения мраморной крошки, известкования кислых почв и др.), необходимо изучать пригодность пород месторождения для различных целей. Это определяется составом, строением самой породы и наличием реального потребителя. При этом надо учитывать, что облицовочный камень является ценным полезным ископаемым (особенно белый или цветной мрамор и лабрадорит), поэтому его можно перевозить на значительные расстояния (до 1000—2000 км), в то время как щебень на дальние расстояния перевозить нецелесообразно.

При намечаемом использовании щебня как заполнителя различных бетонов следует производить дополнительно испытания в соответствии с требованиями соответствующих гостов. Если отходы карбонатных пород используются для обжига извести или известкования кислых почв, следует производить химические анализы для определения их пригодности. Перечень соответствующих гостов приводится в приложении.

При составлении программы дополнительных испытаний следует учитывать не только те отходы, которые неизбежно образуются при получении блоков, но и разности пород, развитые на месторождении, по тем или иным причинам признанные непригодными в качестве облицовочного камня.

Производительность предприятий, добывающих облицовочный камень, как правило, не превышает 2000 м³ (максимально 5000 м³) блоков в год, поэтому суммарное число отходов за год обычно составляет 20—40 тыс. м³ (не считая мраморной крошки), т. е. может обеспечить только небольшое предприятие местного значения. Так как добыча облицовочного камня должна производиться без взрывных работ, расширение предприятия с целью увеличения его добычи для других нужд будет нерентабельно. В связи с этим объем дополнительных испытаний камня с целью определения пригодности его для других назначений должен быть минимальным, но обеспечивающим полноту и достоверность.

Глава XIV

ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ

Поисковым работам обычно предшествует региональная геологическая съемка, в процессе которой должны выделяться площади, заслуживающие более детального изучения, а также проявления и месторождения тех или иных полезных ископаемых. Геологическая съемка обычно подразделяется на три этапа:

- 1) в масштабах 1 : 1 000 000 — 1 : 500 000;
- 2) » 1 : 200 000 — 1 : 100 000;
- 3) » 1 : 50 000 — 1 : 25 000.

Следует отметить, что в процессе геологической съемки даже сравнительно в крупных масштабах редко проводится оценка пригодности горных пород для использования в качестве облицовочных камней.

Поэтому геологические карты являются только основой для постановки специализированных поисков месторождений облицовочных камней на площадях развития тех или иных выявленных при съемке видов изверженных, метаморфических или осадочных пород.

Поисковые работы имеют целью выявить месторождения облицовочного камня и получить материалы, достаточные для решения вопроса о целесообразности постановки на них дальнейших более детальных исследований.

Поиски на облицовочные камни должны ставиться главным образом в промышленно освоенных районах или в районах намечаемого строительства. Проводить их следует прежде всего в районах, тяготеющих к железнодорожным линиям и к водным путям сообщения.

Необходимо отметить, что при высокодекоративных качествах камня в эксплуатацию вовлекаются и месторождения, расположенные на значительном удалении от линии железной дороги. Так, в Грузии в течение многих лет эксплуатируется Лопотское месторождение мрамора, расположенное в горной местности, в 38 км от железной дороги. В Узбекистане в 80 км от ст. Кермине разрабатывается Газганское месторождение цветного мрамора.

Поиски должны проводиться по основе геологической карты масштабов 1 : 100 000, 1 : 50 000 и 1 : 25 000; в районах особо сложного строения — 1 : 10 000. В задании на проведение поисковых работ, которое следует изложить в проекте, должны быть указаны: наименование камня, желательная его расцветка, подлежащие выявлению запасы, горнотехнические условия (максимальная мощность вскрыши, минимальная мощность

полезного ископаемого), транспортные условия, назначение камня.

Выбор района для постановки поисковых работ рекомендуется проводить по мелкомасштабной геологической карте масштабов 1 : 500 000—1 : 200 000, на которой могут быть выделены районы распространения пород, представляющих интерес как декоративный камень.

Затем собираются и изучаются литературные и фоновые материалы по району с целью получения более ясного представления об условиях залегания, петрографическом составе, физико-механических свойствах и декоративных качествах развитых здесь пород.

Для районов геологически хорошо изученных обычно имеется довольно обширный материал, позволяющий составить достаточно ясное представление о имеющихся на его территории породах, и наметить для изучения наиболее перспективные площади и участки.

Среди геологических поисковых критериев следует учитывать: стратиграфические, тектонические, магматогенные, метаморфогенные и геоморфологические.

Стратиграфические критерии. К этой группе относятся геологические факторы, связанные с возрастом толщ или свит, к которым приурочены породы, являющиеся объектом поисков. Например, при поисках мраморизованных известняков или мраморов следует в первую очередь изучить разрез отложений карбонатных пород. Геологический возраст следует учитывать и при поисках месторождений интрузивных пород, так как состав, структура и цвет могут существенно меняться в зависимости от возраста интрузий.

Тектонические критерии. При выборе площадей для проведения поисков следует избегать зон значительных тектонических разломов, что имеет особенно существенное значение для массивов интрузивных пород, где под влиянием вторичных процессов, обычно развивающихся по этим зонам, часто образуются (внутри массива) участки измененных, ослабленных пород, с пониженными физико-механическими показателями. Для мраморов, образовавшихся путем регионального метаморфизма, наиболее оптимальными являются участки относительно спокойного залегания, где они меньше подвергались тектоническим воздействиям.

Метаморфогенные критерии имеют существенное значение при поисках месторождений мрамора, образовавшихся вследствие kontaktового метаморфизма. Для них наиболее благоприятными являются участки карбонатных пород, расположенные вблизи контактов с более молодыми интрузиями.

Геоморфологические критерии имеют значение при поисках в районах, сложенных различными по твердости породами. Поскольку к группе облицовочных камней относятся

породы, отличающейся главным образом высокими физико-механическими показателями, они в общем случае будут образовывать положительные формы рельефа.

В районе работ необходимо ознакомиться со старинными и современными постройками и выяснить, применялся ли местный камень для их сооружения. Полезно также узнать, есть ли в районе карьеры камня действующие или старые и тщательно их изучить.

Большую пользу приносит опрос населения, среди которого могут оказаться знатоки местного строительного камня, принявшие участие в его разработке и обработке, и ознакомление с местными краеведческими или школьными музеями.

Поиски месторождений облицовочного камня могут вестись маршрутно-рекогносцировочным методом и геологической съемкой. Первый из них рекомендуется применять в тех районах, для которых имеются геологические карты достаточно крупного масштаба с выделением геологических комплексов, представляющих интерес с точки зрения перспектив обнаружения месторождений облицовочного камня.

Метод геологической съемки применяется в том случае, если работы приходится проводить в районе, не имеющем геологических карт нужного масштаба.

Поисковые работы на первых стадиях, как правило, носят маршрутный характер, однако в зависимости от применяемого метода изменяется как плотность и расположение маршрутов, так и характер исследований в маршрутах. В районах с хорошей обнаженностью маршруты большей частью сопровождаются проходкой единичных горных выработок или скважин. При слабой обнаженности коренных пород необходимо сопровождать маршруты скважинами колонкового бурения, закладываемыми на линиях маршрутов, в зависимости от геологической обстановки, через 1—2—3 км.

На первой стадии поисков выявляется положение в районе массивов, горизонтов, толщ, пластов, представляющих интерес для более детального обследования, общие условия залегания их и участки, доступные для открытой разработки.

Вторая стадия (детальные поиски) заключается в более детальном обследовании выявленных на первой стадии участков с целью выбора одного или нескольких, перспективных для постановки на них предварительной разведки. На этой стадии, наряду с использованием естественных обнажений, обычно приходится закладывать горные выработки или скважины с таким расчетом, чтобы получить общую характеристику условий залегания полезной толщи на каждом из перспективных участков, а также выяснить примерную качественную характеристику камня, выдержанность или пестроту его состава и основных свойств.

В зависимости от общей геологической обстановки обследование перспективных участков и заложение на них выработок ведется по профилям или по сети. Расстояния между подробно обследованными и опробованными обнажениями в зависимости от конкретных условий могут быть самыми различными. Во многих случаях они изменяются от 0,5 до 2,0 км. Пересечение полезной толщи чаще всего производится единичными выработками. Большая часть выработок и скважин углубляется в полезную толщу только до вскрытия ими свежих невыветрелых пород. Месторождения облицовочного камня, обнаруженные в процессе поисков, должны быть оценены как с количественной, так и с качественной стороны (подробнее см. главы XI и XIII).

Наряду с определением физико-механических свойств и оценкой предварительных сведений о выходе блоков нужно установить декоративные свойства камня.

При составлении отчета о поисковых работах следует произвести подсчет запасов камня, базирующийся на результатах изучения обнажений и геологоразведочных выработок. Запасы могут быть отнесены по степени детальности изучения к категории С₂.

В результате поисковых работ должны быть получены материалы, которые после камеральной обработки позволяют произвести выбор наиболее перспективного участка для постановки на нем предварительной разведки или дать отрицательную оценку района. Для сравнительной оценки участков должны быть получены следующие хотя бы ориентировочные сведения геолого-экономического характера: генетический и промышленный типы месторождения, условия залегания, мощность, строение и состав тела полезного ископаемого, физико-механическая характеристика камня, его декоративные качества, трещиноватость, степень выветрелости, горнотехнические условия разработки. Необходимы также сведения, характеризующие транспортные условия.

Выбор наиболее перспективного участка можно произвести только после проведения испытаний образцов, отобранных в поле, и тщательного сравнительного анализа показателей, характеризующих несколько участков.

Глава XIV

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Вопрос о постановке предварительной разведки решается по результатам поисковых работ.

В задачи предварительной разведки входят: изучение поверхности и контуров месторождения или участка, выбранного

для более детального изучения, определение в его пределах мощности полезной толщи, особенностей ее строения и состава, качества камня, выявление основных систем трещин, развитых на месторождении, и предварительное определение выхода блочного камня. В полезной толще выделяются основные литологические типы пород и уточняются их особенности. Для изверженных пород определяется изменение состава и окраски, наличие крупных ксенолитов и пр. Определяется глубина зоны выветривания и степень выветрелости пород на разных глубинах. Изучаются гидрогеологические условия месторождения — наличие водоносных горизонтов, их число, уровень воды. Производятся пробные откачки из скважин. В отдельных случаях осуществляется гидрогеологическая съемка месторождения, проходка специальных гидрогеологических скважин и опытные откачки из них.

При предварительной разведке производится топографическая съемка, масштаб которой определяется площадью месторождения, характером рельефа, сложностью его геологического строения и может меняться от 1 : 10 000 до 1 : 2 000 и даже 1 : 1 000.

В процессе предварительной разведки составляются геологогипсологические карты месторождения в масштабе от 1 : 10 000 до 1 : 1 000. На карте необходимо выделить пласти и пачки пластов, характеризующиеся различными физико-механическими свойствами, элементы складчатых структур и дизъюнктивных дислокаций, контакты и линии нарушений. Следует фиксировать наличие окремнения в известняках и другие изменения.

При линзообразном залегании мраморов главной задачей съемки является оконтуривание отдельных линз и зон их распространения, установление условий залегания и выдержанности состава.

При картировании месторождений пирокластических пород (вулканических туфов) следует выделять слои, отличные по петрографическому составу, структуре, текстуре, цвету.

При съемке интрузивных тел необходимо устанавливать их форму и элементы залегания, петрографический состав, пространственное распространение, характер контактов между интрузивными и вмещающими породами.

Вопросы геологической съемки при поисках и разведке месторождений, залегающих в различных геологических условиях, подробно освещаются в соответствующих руководствах (Лахи, 1966 и др.).

Густота и расположение разведочной сети, а также характер выработок и их глубина определяются геологическими особенностями месторождения. Решающее значение при этом имеют форма и размеры месторождения, а также выдержан-

ность мощности и качественных показателей полезного ископаемого.

Как правило, чем крупнее размеры месторождения и выдержаннее его параметры, тем по более редкой сетке должна производиться разведка и тем большая роль может быть отведена скважинам колонкового бурения.

Значительное влияние на расположение выработок оказывают условия залегания полезного ископаемого. При близком к горизонтальному залеганию осадочной или метаморфической толщи или массивном строении тела полезного ископаемого (батолит, шток) обычно применяют вертикальные скважины колонкового бурения, при крутом падении пластов — систему наклонных скважин.

Ниже приводятся сетки, применяемые при предварительной разведке месторождений облицовочного камня.

Следует указать, что приводимые при этом расстояния между выработками не являются обязательными, и в каждом случае должны учитываться особенности геологического строения месторождения. Предварительная разведка часто производится на площади в 2—3 раза большей, чем это требуется для выявления заданного количества запасов. Это требует несколько больших затрат, но зато дает уверенность в выборе участка, наиболее благоприятного по сумме горно-геологических показателей для детальной разведки.

При проведении предварительной разведки в первую очередь изучается строение поверхности месторождения с помощью шурфов, расчисток, канав и других выработок.

После изучения месторождения с поверхности, установления элементов залегания пластов и контуров выхода тела полезного ископаемого приступают к проходке глубоких скважин колонкового бурения, которые углубляют до намеченного горизонта разработки или до полного пересечения тела полезного ископаемого.

При предварительной разведке месторождений изверженных пород обычно проходят редкую правильную сеть вскрышных выработок на расстоянии 150—200 м между ними и на каждом участке 2—3 скважины колонкового бурения на глубину, до которой возможен подсчет запасов. При разведке месторождений осадочных или вулканических пород, образующих пластовые или пластообразные залежи выдержанной мощности и состава и залегающие горизонтально или с небольшим наклоном, применяется также равномерная сеть разведочных выработок. Расстояния между выработками определяются в зависимости от степени выдержанности, мощности и качественных показателей пород, слагающих месторождение.

Обычно для месторождений этого типа применяется сетка с расстоянием между выработками 200—300 м.

Разведка производится скважинами колонкового бурения. При небольшой мощности полезной толщи и невысокой твердости породы (например, вулканических туфов) целесообразно применять шурфы.

Месторождения осадочных и эфузивных пород, образованные пластами, залегающими наклонно под углом 20—30° или смятые в складки, разведают с помощью выработок, расположенных на линиях вкрест простирания пластов.

Расстояния между разведочными линиями и выработками на них могут значительно варьировать в зависимости от степени выдержанности качественных показателей и мощности пластов. Обычно расстояния между линиями колеблются от 300 до 400 м, а между выработками на линиях могут также значительно изменяться в зависимости от величины углов падения пластов. При определении расстояния между выработками следует учитывать, что ими должно быть получено полное перекрытие разреза месторождения. Разведку осуществляют с помощью наклонных скважин колонкового бурения. В случае небольшой мощности наносов применяют проходку канав, задаваемых вкрест простирания пластов на тех же линиях, где намечена проходка скважин.

Сочетание канав со скважинами позволяет получить полный охарактеризованный разрез месторождения. При большой мощности наносов (3 м) иногда вместо канав применяют проходку шурfov, задаваемых через 10—20 м на тех же линиях, что и скважины. Шурфы проходят до свежих коренных пород и углубляют на 0,5—1,0 м для уверенности, что он не остановлен на глыбе камня, заключенной в породах вскрыши или выветрелой зоне.

Разведка месторождений мрамора является более сложной и требующей наиболее тщательного анализа геологического строения месторождения и получаемых в процессе работ материалов. Глубокие разведочные выработки могут располагаться по квадратной или другой равномерной сетке с расстоянием между ними до 100—200 м, или линиями вкрест простирания в зависимости от конкретных геологических условий.

Месторождения, слагающиеся линзообразными или другой конфигурации телами относительно небольших размеров, большей частью разведаются сетью скважин, равномерно распределенных по площади месторождения со сгущением в зонах контакта с вмещающими породами. Густота сетки может сильно изменяться в зависимости от размеров тела, его конфигурации, однородности строения и др. Например, при разведке месторождений лабрадоритов густота разведочной сети для запасов категории С₁ применяется равной 100 и 200 м.

Многообразие условий залегания горных пород, используемых в качестве облицовочного камня, различия в формах и раз-

мерах залежей полезного ископаемого, а также в характере изменения качественных показателей и внутреннего строения полезной толщи предопределяют необходимость творческого подхода к разведке каждого нового месторождения. От инициативы геолога зависят выбор разведочных выработок, размещение и плотность разведочной сети, определение методики и объема опробования и испытаний.

По результатам поисковых работ при переходе к предварительной разведке выясняются основные для данного месторождения факторы, в значительной степени определяющие методику его разведки и требующие наибольшего внимания геолога. Ими могут быть, например, большие изменения мощности вскрытых пород, связанные с карстом, размывом или особенностями рельефа, вызывающие значительное увеличение числа вскрытых выработок или сильные колебания физико-механических свойств камня в полезной толще, что требует сгущения сети глубоких выработок, большая или меньшая текtonическая нарушенность, небольшая или глубокая и неровная зона затронутых выветриванием пород и т. п.

Многие из этих особенностей месторождения выявляются только в процессе предварительной разведки. Поэтому основные параметры, заложенные в проекте работ, основывающиеся на опыте разведки других месторождений, при разведке должны оцениваться критически, применительно к данному месторождению, и по мере накопления сведений их следует корректировать и при необходимости изменять в ходе полевых работ. Каждая новая выработка при разведке месторождения должна закладываться только на основе анализа результатов, полученных после проходки предыдущих выработок.

В процессе предварительной разведки пробы камня должны быть отобраны по горным выработкам и скважинам в таком количестве, чтобы получить физико-механическую характеристику основных литологических типов пород, выделенных на месторождении, и примерно установить границы зоны выветривания.

Развитые на месторождении системы трещин должны быть предварительно определены по достаточному числу наблюдений.

Выход блочного камня ориентировочно определяют на основании изучения трещиноватости, замеров столбиков керна, а также по аналогии с действующими карьерами на соседних участках, идентичность геологического строения которых может быть доказана с достаточной убедительностью.

Подавляющее число отобранных проб испытывают по сокращенной программе, небольшую часть (2—5 от каждой выделенной разновидности пород) — по полному циклу. Производят петрографическое изучение пород по шлифам. Опреде-

ляют также декоративные свойства камня и характер изменений их в пределах участка разведки.

Подсчет запасов производят в контуре крайних положительных выработок. Запасы квалифицируют по категории С₁ и подсчитывают в объемных единицах в соответствии с выданными временными кондициями или техническим заданием на разведку.

Предварительная разведка месторождения должна дать материал, достаточный для решения вопроса о целесообразности перехода к детальной разведке и вовлечения месторождения в эксплуатацию.

По материалам предварительной разведки составляется технико-экономический доклад (ТЭД) и временные кондиции.

В ТЭД должны быть освещены следующие вопросы: возможность получения камня, отвечающего требованиям госта и технических условий; экономическая рентабельность будущего предприятия. Решение этих вопросов возможно при наличии основных геолого-экономических сведений по месторождению: промышленный и генетический тип, условия залегания, петрографическая и физико-механическая характеристика камня, главнейшие системы трещин, декоративные качества камня, мощность вскрыши, примерный выход блоков из горной массы, гидрогеологические условия разработки, транспортные условия, экономические данные (наличие электроэнергии, рабочей силы и пр.).

Технико-экономические доклады и временные кондиции составляют геологоразведочные организации или проектные институты. Следует отметить, что положительный вывод, полученный при составлении ТЭД, не может сам по себе служить основанием к постановке детальных разведок, так как кроме этого должна быть заявка промышленности на разведку месторождения с целью организации на нем в ближайшем будущем разработок.

Это совершенно необходимо, так как при отсутствии спроса на облицовочный камень эксплуатация месторождения не будет организована и средства на разведочные работы окажутся затраченными впустую.

Глава XVI

ДЕТАЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Задачей детальной разведки является получение материалов, достаточных для утверждения запасов камня и составления проекта разработки месторождения.

Детальная разведка производится на месторождениях, по-

лучивших в результате предварительной разведки положительную геолого-экономическую оценку и при наличии обоснованной заявки промышленности на его освоение в ближайшие годы. Это разведка (так же, как предварительная, поисковые работы) осуществляется последовательно путем постепенного накопления сведений, анализа и обобщения их в процессе разведки, выбора площади для более детального изучения сначала до категории В, а затем до категории А. При этом необходимо учитывать, что наиболее детально до категории А должна быть изучена площадь, которая будет осваиваться в первую очередь.

Площадь с запасами этой категории должна быть расположена таким образом, чтобы на ней было удобно заложить карьер. Например, при расположении участка разведки на склоне возвышенности площадь запасов категории А должна быть расположена в верхней его части, при расположении участка около линии железной дороги — ближе к дороге и т. д. Выбор участка для выявления запасов данной категории обязательно следует согласовать с проектной организацией.

При составлении проекта детальной разведки необходимо определить соотношение запасов категорий А, В, С₁, что зависит от отнесения месторождения к той или иной группе классификации ГКЗ. Месторождения облицовочного камня, как правило, относятся к первой группе, для которой при разведке следует выявлять до 50% запасов по категориям А и В, в том числе не менее 10% запасов по категории А. Месторождения более сложного строения могут быть отнесены ко второй группе. Необходимо отметить, что окончательно группа месторождения определяется только в процессе детальной разведки.

Значительное увеличение запасов высоких категорий против указанных соотношений нежелательно. Однако сверх заданного количества запасов по сумме трех категорий обязательно следует выявлять запасы по категории С₂ примерно в таком же количестве (для резерва развития предприятия в будущем) или, во всяком случае, указывать в отчете наличие перспектив увеличения запасов.

При детальной разведке на площади размещения запасов категорий А и В производят сгущение разведочной сети как глубоких, так и вскрышных выработок.

Уточняют число и пространственное распространение литологических разностей или типов камня, выделенных при предварительной разведке, и производят их дополнительное опробование.

Кроме того, детализируют системы трещин, распространение и глубину зоны выветривания, включения, измененные участки, контактовые изменения и другие особенности строения месторождения.

Уточняют геологическую и петрографическую карты и карту трещиноватости. Изучают гидрогеологические условия месторождения в объеме, достаточном для решения вопроса о водопритоке в будущий карьер на его различных глубинах.

При необходимости производят гидрогеологическую съемку с определением уровня и дебитов воды в скважинах и в поверхностных водотоках. Устанавливают литологический состав водоносных пород и глубину их залегания, положение зеркала или пьезометрических показателей подземных вод, проводят наблюдения за колебанием уровня воды в выработках. В отдельных случаях производят опытные откачки из одиночных и центральных скважин гидрогеологических узлов.

Устанавливают перспективы технического и питьевого водоснабжения будущего предприятия. При большом объеме гидрогеологических работ выполнение их целесообразно поручить специальной партии.

Инженерно-геологическое изучение пород вскрыши и полезной толщи заключается в определении физико-механических и технических свойств пород, гранулометрического состава (для рыхлых пород), объемной массы, плотности, угла естественного откоса (для песков и глинистых пород), пористости, влажности, пластичности, категории крепости, разрыхляемости и др.

В том случае, если в районе имеются действующие или заброшенные карьеры, заложенные в тех же породах, их необходимо тщательно изучить и составить документацию.

При определении густоты разведочной сети, применяемой для перевода запасов в более высокие категории, следует руководствоваться данными (о выдержанности, мощности, условиях залегания и качественных показателях камня), полученными в стадию предварительной разведки.

Следует всегда помнить, что излишне густая сеть выработок приводит к неоправданной затрате средств, а слишком редкая — не позволит выявить особенности строения месторождения или изменчивость качества пород, что может привести к большим трудностям при эксплуатации и потребовать постановки дополнительных разведок.

В связи с большим объемом геологоразведочных работ на облицовочные и строительные камни ГКЗ СССР разработала специальную инструкцию по применению классификации запасов к этим видам полезных ископаемых. В этой инструкции рекомендуются следующие расстояния между геологоразведочными выработками (табл. 27).

На месторождениях изверженных пород с развитой корой площадного выветривания и карбонатных пород закарстованных с поверхности, кровля полезной толщи может иметь сложную конфигурацию, для определения которой необходимо дополнительно проходить сеть вскрышных выработок, примерно вдвое более густую, чем сеть глубоких выработок.

Таблица 27

Группа месторождений	Типы месторождений	Расстояние между выработками (в м) для категорий		
		A	B	C ₁
1	Массивные залежи изверженных пород однородного состава	200—300	300—400	400—600
1	Горизонтально залегающие или полого падающие пластообразные тела, выдержаные по мощности и строению	100—200	200—300	300—400
1	Моноклинально падающие, осложненные складками пластовые и пластообразные тела выдержаные по строению и мощности или с закономерно изменяющейся мощностью и качеством сырья	100—200	200—300	300—400
2	Линзообразные, пластообразные тела не выдержаные по строению и мощности	25—50	50—100	100—150
		—	50—100	100—200

* При определении расстояния между выработками по падению следует исходить из необходимости получения в каждом разрезе двух пересечений.

При определении густоты разведочной сети следует иметь в виду, что приведенные выше расстояния не являются строго обязательными и для каждого конкретного месторождения они могут быть изменены как в одну, так и в другую сторону.

Основные разведочные выработки должны быть пройдены на всю мощность полезной толщи или до заранее установленного горизонта. Но в этом случае желательно, чтобы отдельные выработки пересекли полезную толщу на всю ее мощность.

При наклонном или крутом падении и большой мощности полезной толщи глубина, углы наклона и расстояние между выработками должны быть согласованы таким образом, чтобы обеспечить получение сплошного перекрытого разреза.

Ниже, на конкретных примерах, рассмотрим применение сеток при разведке месторождений облицовочного камня различного типа. Примером разведки месторождения интрузивных пород является Изербельское месторождение гранита, разведенное в качестве сырьевой базы Саяно-Шушенского камнеобрабатывающего комбината. Месторождение приурочено к штокообразному массиву гранитоидов девонского возраста. На участке разведки развиты две разновидности гранитов — крупнозернистые порфировидные, биотитовые, розовато-серые и среднезернистые розовато-красные. На участке развиты в основном порфировидные граниты, явившиеся объектом разведки. Вторая разновидность имеет подчиненное значение, образуя две полосы, ограничивающие площадь развития первой с востока и запада.

Порфировидные граниты обладают крупно-глыбовой матрацевидной отдельностью и хорошей монолитностью. В их мине-

ральном составе участвуют калиевый полевой шпат 35—40 %, плагиоклаз — 20—30 %, кварц 30—35 %, биотит 3—5 %.

Геологоразведочные работы осуществлены с помощью магистральных канав и скважин колонкового бурения. Эти выработки располагались по семи разведочным линиям, ориентированных вкрест простирания структур, при расстоянии между линиями, равном 50 м. Всего на участке было пройдено 1400 м³ канав и 31 скважина (до глубины 35—90 м), а для определения выхода блоков — опытный карьер объемом 1174 м³ (в том числе по свежим гранитам 134,3 м³).

Граниты характеризуются следующими физико-механическими показателями: объемная масса 2,6 г/см³, пористость 1,14%; истирание 0,052 г/см²; прочность на сжатие 1458·10⁵ Па (в сухом состоянии) и 1321·10⁵ Па (после замораживания). Граниты хорошо принимают полировку и достаточно декоративны. Выход пассивированных блоков составляет 39,9 %. Размер блоков от 1,0 до 4,0 м³. Средний выход плит толщиной 40 мм равен 11,1 м²/м³. Запасы подсчитаны методом вертикальных разрезов и утверждены ГКЗ в 1973 г. по категориям (в тыс. м³): А — 727, В — 643, С₁ — 879.

При детальной разведке месторождений эффузивных пород разведочная сетка может сгущаться до 100—200 м (для запасов категории А).

В качестве примера можно привести разведку Артикского месторождения вулканического туфа (АрмССР). Геологическое строение месторождения описано выше. Участок площадью 7 км² разведен 37 шурфами и 27 скважинами колонкового бурения. Выработки расположены на расстоянии 500 м на площади запасов категории С₁ до 100 и местами 50 м — более высоких категорий.

Крупные, выдержаные по условиям залегания и качеству камня месторождения метаморфических пород разведывают по правильной сетке колонковых скважин и горных выработок.

В качестве примера приведем Кибик-Кордонское месторождение мрамора, расположенное в Красноярском крае (Васильев, 1971).

В геологическом строении месторождения принимают участие метаморфические сланцы протерозоя, среди которых мраморы залегают в виде очень крупной линзы длиной до 18 км и мощностью от 400 до 1000 м, при падении на юго-запад под углом 70—75°. Разведывался один участок левобережной части месторождения, сложенный двумя пластами мрамора — северным (мощностью до 400 м), состоящим из белых и светлокремовых разностей, и южным (мощностью до 500 м) — из розовых, серых и полосчатых разностей. Среди мраморов встречаются дайки диабазов. Глубина выветривания мрамора колеблется от 5 до 11 м.

Детальная разведка участка производилась по 4 профилям, расположенным вкрест простирания пород (рис. 19). Разведочная сеть была принята: для категории А 100×100 м, категории В 200×200 м и категории С₁ 200×400 м.

На участке детальной разведки было пройдено 16 наклонных скважин, 6 вертикальных контрольных и 20 вертикальных вскрышных. Кроме того, по каждому профилю были пройдены магистральная канава и два опытных карьера.

Выход блоков стандартных размеров по данным опытных карьеров составил 27,8—29,8 %. Выход плит из блоков размером более 1 м² и толщиной 20 мм равен 16,5—17,8 м²/м³, а более тонких плит (толщиной 8—12 мм) — 30 м²/м³.

ГКЗ СССР утвердила запасы мрамора первого участка Кибик-Кордонского месторождения в количестве 24,9 млн. м³. На базе месторождения строится крупнейший в стране Саяно-Шушенский камнеобрабатывающий комбинат.

Более сложной является разведка линзовидных месторождений метаморфических пород, примером которой является разведка Чуберского месторождения мрамора.

Месторождение находится в Местийском районе (ГССР). Здесь мраморы залегают в виде линз, приуроченных к десской свите триаса, сложенной песчаниками, кварцитами и сланцами.

Месторождение приурочено к нижней части свиты и представлено несколькими разобщенными линзовидными телами. Собственно ме-

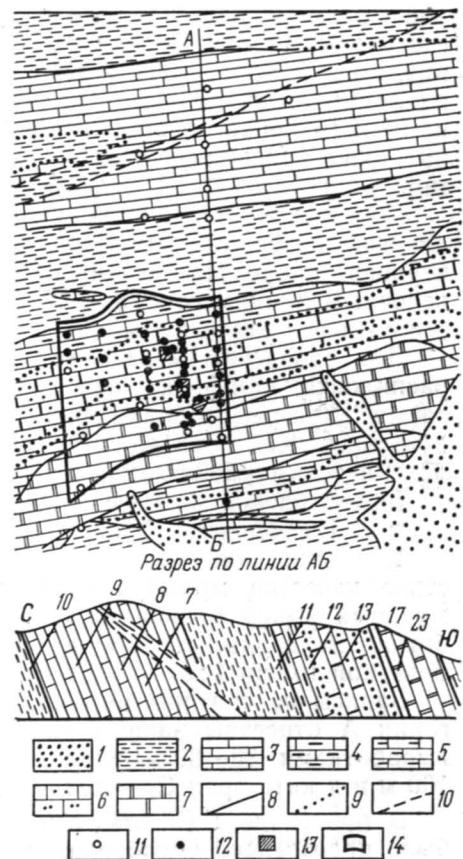


Рис. 19. Схематическая геологическая карта левобережной части Кибик-Кордонского месторождения мрамора и геологический разрез по линии АБ (по В. С. Васильеву).

1 — четвертичные отложения (суглинки, галечники, пески); 2 — метаморфические сланцы джебашской серии протерозоя; 3—8 — мраморы (3 — белые мелкозернистые, 4 — белые полосчатые, 5 — белые среднезернистые, 6 — розовые, 7 — серые); 8—9 — геологические границы (8 — установленные, 9 — условные); 10 — тектонические нарушения; 11—12 — скважины колонкового бурения (11 — наклонные, 12 — вертикальные); 13 — опытные карьеры; 14 — детально разведанный участок

сторождение представлено наиболее крупной линзой, прослеживающейся по простирианию на 850 м и по падению на 150 м, мощность изменяется от 80 м в центре до 30—20 м на флангах. Падение линзы северо-восточное под углом 60—85°. В мраморе наблюдаются трещины как тектонического происхождения, так и выветривания.

Кроме этой линзы, вблизи обнаружены еще пять линз меньшего размера. Основная линза разведана с поверхности магистральными канавами, расположенными вкрест ее простириания, с расстоянием между ними от 50 до 300 м, а на глубине — наклонными скважинами колонкового бурения, пройденными по линиям канав на расстоянии 100 м одна от другой. Пройдены также три шурфа и опытный карьер. Выход керна по мрамору колеблется от 71 до 90 %.

Для полных испытаний в горных выработках с помощью клиньев отобраны пять монолитов, а в скважинах — по одной керновой пробе. На сокращенный цикл испытаний по двум разведочным линиям отобраны 25 штуфных проб размером 5×5×8 см через каждые 3 м.

Для заводских испытаний мрамора (определения скорости распиловки, шлифовки, фрезеровки и способности полировать) в карьере отобрали пробы массой 5,6 т, состоящие из 14 блоков. Как показали испытания, мрамор по своим физико-механическим свойствам отвечает требованиям ГОСТ 9479—69.

Выход блоков из горной массы составляет 22,4 %, а выход плит из 1 м³ блоков — 9,22 м².

Кондиции для подсчета запасов предусматривали: соответствие качества мрамора требованиям ГОСТ 9479—69; минимальный выход блоков из горной массы 20 %; глубину отработки до горизонта 1580 м; соотношение объема вскрыши и полезной толщи 1:3.

Запасы подсчитаны методом вертикальных сечений. К категории А отнесены запасы на площади с расстоянием между выработками 50—80—100 м, к категории В — с расстоянием 100 м и к категории С₁ — 100—300 м.

В протоколе ГКЗ отмечено в качестве недостатка, что не было произведено опробование приконтактных частей линз, где можно ожидать окремнения мрамора. Отмечается также малое число проб для физико-механических испытаний и слабая изученность декоративных свойств мрамора. Запасы мрамора были утверждены в следующих количествах: по категории А — 585 тыс. м³; по категории В — 857 тыс. м³; по категории С₁ — 1022 тыс. м³; по категории С₂ — 2980 тыс. м³.

Примером разведки месторождения неправильной формы является участок Исаковского месторождения лабрадорита (Житомирская обл.). Лабрадорит залегает среди окружающих его пятнистых габбро-анортозитов в виде неправильной

Таблица 28

Выход блоков и плит из блоков
на месторождениях облицовочного камня

Порода	Месторождение (район)	Выход пассированных блоков, %	Выход плит из блоков, м ² /м ³
Гранит	Импиниеми (КАССР)	24,7	12,7
Хибинит	Айкуайвенчорр (Кольский п-ов)	16,0	17,0
Мрамор	Мраморское (Свердловская обл.)	27,0	9,6
Гранодиорит	Орленок (Иркутская обл.)	27,0	9,0 (60)*
Мраморный конгломерат	Кноррингское (Приморский край)	22,2	17,7 (20)
Гранит	Емельяновское (Житомирская обл.)	32,0	12,45
Мраморизованный известняк	Большекаменское (УССР)	28,0	10 (60)
Мрамор	Экпендинское (КазССР)	23,7	—
Мраморизованный известняк	Садахлинское (ГССР)	5,6	—
Туф вулканический	Чивчавское (ГССР)	60,6	11,9
»	Алавнатунское (АрмССР)	41,7	15,5
Мраморный конгломерат	Куйбышевское (АрмССР)	18,0	14,9
Туф вулканический	Гюллибулагское (АрмССР)	41,0	14,8
Базальт	Арамусское (АрмССР)	22,3	13,66
Мрамор конглобрекция	Вардашатское (АрмССР)	15,9	11,53
Гранодиорит	Северное (ТаджССР)	31,0	14,0 (40)
Мрамор	Биркунлинское (УзССР)	10,0	9,3—11,12
Туф вулканический	Джарташское (УзССР)	27,0	—
Гранодиорит	Тавазайское (УзССР)	27,0	10,5 (40)
Гранит-порфир	Гаркисарское (УзССР)	23,6	—
Лабрадорит	Горбулевское (УзССР)	56	—
Гнейсо-гранит	Уксун-Лахти (КАССР)	10,5	9,9 (40)
Доломит	Пиртти-Ярви (ЭстССР)	36,5	12,2 (25—27)
Гранит	Возрождение (Ленинградская обл.)	33—11	11,2 (60)
Мрамор	Кибик-Кордонское (Красноярский край)	28,8	23 (30)
»	Бугульдейское (Иркутская обл.)	30,2	31,6 (8—10)
»	Таскольское (КазССР)	12,9—21,8	14,4 (30)
Мраморный конгломерат	Каратаяское (КазССР)	20,49	12,0
Гранодиорит	Ср. Текели (ТаджССР)	27,0	12,0
	Моголтау	28,0	16,3 (40)

* В скобках приведена толщина плит, мм.

формы тела размером 180×100 м и мощностью от 8,8 до 22,5 м. Глубина зоны выветривания колеблется от 0,5 до 12,4 м. На месторождении несмотря на его небольшие размеры были пройдены 43 скважины колонкового бурения, расположенные по густой неправильной сетке, до глубины 31 м. Лабрадорит обладает серой и темно-серой окраской, с ярко-синей, иногда голубой иризацией. Число иризирующих глазков колеблется от 5—6 до 30—38 на 0,1 м. Свежий лабрадорит по своим декоративным и физико-механическим показателям, а также по выходу блоков (25 %) и плит отвечает существующим требованиям.

Запасы лабрадорита утверждены УТКЗ по категориям А+В+С в количестве 111 тыс. м³.

В заключение приведем данные о выходе блоков на месторождениях облицовочного камня и плит из блоков, полученные при геологоразведочных работах и эксплуатации месторождений (табл. 28).

Глава XVII

ОСНОВЫ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

При проведении всех этапов геологоразведочных работ на облицовочные камни, начиная с поисково-оценочной стадии, должна производиться геолого-экономическая оценка выявленных месторождений.

Основой такой оценки является определение возможности и целесообразности строительства на базе запасов месторождений рентабельного предприятия,ющего давать народному хозяйству нужную ему продукцию качества, отвечающего техническим требованиям и с себестоимостью не выше установленных норм.

Б. Н. Ерофеев (1965 г.) считает, что геолого-экономическая оценка месторождений полезного ископаемого должна включать в общем случае следующие технико-экономические показатели.

1. Геологопромышленные показатели месторождения и географические условия района.

2. Данные о возможной годовой производительности предприятия.

3. Ориентировочные размеры капитальных вложений, необходимых для строительства предприятия.

4. Данные о вероятной себестоимости добычи, переработки полезных ископаемых и конечной продукции.

5. Показатели эффективности капиталовложений и рентабельности производства.

Как указывает Н. А. Быховер (1966 г.), в условиях социализма основной задачей экономической оценки месторождения полезного ископаемого является определение народнохозяйственной значимости месторождения в удовлетворении настоящей и будущей потребности в минеральном сырье и обеспечении пропорциональности развития народного хозяйства.

При составлении такой оценки необходимо учитывать:

1) общее состояние баланса запасов данного полезного ископаемого и резерва разведанных месторождений;

2) объем капитальных вложений, необходимых для промышленного освоения месторождения и срока их окупаемости;

3) сроки возможного освоения месторождения промышленностью;

4) удельные капитальные вложения, затраты на единицу продукции и 1 т годовой мощности;

5) объем и себестоимость товарной продукции;

6) рентабельность предприятия, т. е. отношение прибыли к сумме основных производственных фондов.

Несмотря на то, что геолого-экономическую оценку месторождения необходимо производить на всех стадиях работ, степень детальности этой оценки, естественно, должна возрастать по мере перехода к более подробному его изучению. Различные этапы и стадии геологических работ и соответствующая им геолого-экономическая оценка приведены в табл. 29.

Для стадии региональной геологической съемки в различном масштабе достаточно получения данных, обосновывающих постановку поисков месторождений облицовочного камня. Задачей поисково-оценочных работ является решение вопроса о целесообразности разведки месторождения.

Предварительная разведка должна дать материал, достаточный для составления технико-экономического доклада (ТЭД) и проекта временных кондиций, что необходимо для решения вопроса о целесообразности перехода к детальной разведке. Задачей детальной разведки является получение материалов, обеспечивающих возможность составления проекта постоянных кондиций, составление отчета о проведенных работах, утверждение проекта кондиций и отчета в ГКЗ СССР, а также составление проекта разработки месторождения.

Промышленная оценка месторождения облицовочного камня может быть правильно произведена только при наличии кондиций.

Кондиции на минеральное сырье определяются размерами тел и качеством полезных ископаемых. В зависимости от горнотехнических и других особенностей месторождения обеспе-

Таблица 29
Этапы работ по геолого-экономической оценке месторождений облицовочного камня

Этап	Стадия	Задача работ	Объект оценки	Геологоразведочные работы	Лабораторные и камнеразрывные работы	Ожидаемые результаты
Региональная геологическая съемка	Съемка в масштабах 1:1 000 000 и 1:100 000	Полутяжкая ориентированная характеристика горных пород, залегающих в условиях, доступных для эксплуатации	Крупные регионы	Изучение обнажений, сопровождающееся отдельными мелкоглубокими выработками, проходка скважин на значительных расстояниях	Определение шлифов по-разному, отдельные скважинные физико-механические анализы	Получение данных для определения общего направления поисковых работ. Оценка перспективности района на облицовочную камни
	Съемка в масштабах 1:50 000 и 1:25 000	То же с большей степенью детальности	Отдельные районы	То же с большей степенью детальности	То же	То же с большей степенью детальности, с оценкой запасов отдельных месторождений по категории C_2 и прогнозных
Поисково-разведочные работы	Пониково-оценочные работы	Выявление месторождений с залывкой промышленности	Отдельные месторождения	Изучение обнажений, проходка профилей или сети выработок (шурфов, скважин, каналов) и опробование. Проведение геофизических работ	Физико-механические испытания, петрографические исследования, оценка изученности камня, изучение трещиноватости	Получение геолого-экономических материалов, достаточных для решения вопроса о целесообразности перехода к предварительной разведке. Подсчет запасов по категории C_2
Предварительная разведка	Общая оценка промышленных перспектив месторождения, составление технического-экономического доклада, обосновывающего переход к детальной разведке	Отдельные месторождения или участки	Геологическая или литологическая съемка, стущение сети наименее перспективном участке. В отдельных случаях пробная добыча в небольшом масштабе	То же, более детально	То же для решения вопроса о переходе к детальной разведке и эксплуатации. Переход запасов в категорию C_1	То же, более детально
Детальная разведка	Получение промышленной оценки месторождения, составление постановочных кондиций	То же	Дальнейшее стущение выработок на участках, запасы которых переведаются в более высокие категории. Определение выхода делового камня в опытном карьере	Проведение полного комплекса лабораторных работ. Составление геологического отчета с подсчетом запасов	Получение материала, обеспечивающих утверждение запасов в ГКЗ и составление проекта горных работ	

чивается оконтуривание и подсчет запасов полезных ископаемых, разделение на балансовые и забалансовые, а также их правильный народнохозяйственный учет. Кондиции разрабатываются в соответствии с принципами подсчета и учета запасов полезных ископаемых и инструкцией ГКЗ «О содержании и порядке представления в ГКЗ СССР материалов, необходимых для рассмотрения и утверждения кондиций на минеральное сырье» (1965 г.).

Наличие кондиций позволяет обеспечивать правильную геолого-экономическую оценку запасов месторождения. В них должны быть отражены следующие показатели:

1. Требования к качеству камня.
2. Максимально допустимая и средняя мощности вскрытых пород.
3. Глубина отработки.
4. Минимальная мощность полезной толщи.
5. Минимальный выход блочного камня и размеры блоков (по ГОСТ 9479—69).
6. Минимальный выход плит из блоков, $\text{м}^2/\text{м}^3$.
7. Требования к выделению типов и сортов камня.
8. Гидрогеологические условия.

Постоянные кондиции месторождения облицовочного камня, устанавливаемые по результатам детальной разведки, должны согласовываться с Госпланом республики, Министерством промышленности строительных материалов СССР и утверждаться ГКЗ СССР. Временные кондиции, предназначаемые для обоснования перехода к детальной разведке, подлежат согласованию с Госпланом республики и утверждению в соответствующем министерстве, по заявке которого велась работа.

Записка к проекту кондиции состоит из графических приложений и текстовой части, содержащей следующие разделы.

I. Краткая геолого-экономическая характеристика района месторождения.

II. Технико-экономическая часть:

- 1) потребность в камне месторождения;
- 2) технические требования к камню.

III. Горная часть:

- 1) способ разработки;
- 2) производительность и режим работы;
- 3) схема вскрытия разработки;
- 4) система разработки;
- 5) горно-капитальные работы.

IV. Экономическая часть:

- 1) себестоимость продукции;
- 2) факторы, определяющие себестоимость:
 - а) вскрышные работы,
 - б) добывочные работы.

V. Определение показателей кондиций:

- 1) минимальный выход блоков;
- 2) коэффициент вскрыши;
- 3) наименьшая мощность тела полезного ископаемого.

В качестве примера можно привести кондиции по Поповхуторскому месторождению мраморизованных известняков, запасы которого утверждены ГКЗ СССР в 1974 г. (табл. 30).

Таблица 30

Геолого-экономические показатели Поповхуторского месторождения мраморизованных известняков (Сев. Кавказ)

Показатель	Единица измерения	Величина
Геологические запасы известняка по категориям А + В + С ₁	Тыс. м ³	656,5
Промышленные запасы известняка	»	590,0
Промышленные запасы блочного камня	»	222,0
Объем вскрышных пород	»	608,0
Годовой объем добычи блоков	»	5,0
Срок существования карьера	Год	44,5
Себестоимость 1 м ³ блоков	Руб.	36,56
Общая стоимость строительства	Тыс. руб.	284,6
Прибыль	»	43,51
Срок окупаемости капитальных затрат	Год	6,5
Годовой экономический эффект	Тыс. руб.	130,9

В заключение следует отметить, что, как правильно указывает В. М. Борзунов (1974), критерии геолого-экономической оценки месторождений облицовочного камня в настоящее время недостаточно разработаны. Для решения этих вопросов В. М. Борзунов рекомендует: 1) разработать классификацию облицовочных камней по их декоративности, долговечности, сроку сохранения декоративных свойств; 2) разработать и утвердить методику определения указанных свойств камня; 3) для каждой группы камня установить цены на блоки и плиты, которые должны приниматься при расчете кондиций; 4) пересмотреть существующие требования к размерам блоков и плит в зависимости от декоративности камня.

При выборе участка под разведку следует учитывать следующие основные положения. Разведанные участки должны располагаться за пределами: а) зоны санитарной охраны по отношению к населенным пунктам и зданиям; б) взрывоопасной зоны, ширина которой определяется не менее чем в 200 м для месторождений, расположенных ниже уровня земной поверхности, и не менее 300 м для месторождений, расположенных на склоне возвышенности.

Участок разведки не должен находиться в пределах лесных массивов и других зон, где проведение открытых горных работ

недопустимо или этот вопрос должен быть заранее согласован с соответствующими организациями.

Соотношение мощностей вскрыши и полезного ископаемого должно быть минимальным и, как правило, не превышать 1:1. Участок должен характеризоваться максимально благоприятными транспортными условиями. При наличии на территории участка линий электропередач, дорог и построек перед постановкой разведки необходимо решить вопрос о возможности и целесообразности их переноса.

Для удобства разработки желательно, чтобы разведенная площадь имела по возможности правильную форму, приближающуюся к прямоугольной (без острых углов).

При проведении разведки необходимо учитывать, что глубина карьера на небольших месторождениях камня обычно не превышает 20—30 м, а на крупных эта цифра может быть увеличена в два-три раза.

При определении площадей, разведуемых с разной степенью детальности, нужно учитывать, что запасы по категориям А и В должны располагаться, как правило, вдоль одной из границ участка, а не внутри его. Кроме того, при выборе участка под разведку необходимо учитывать наличие площадей для складирования отвалов.

В том случае, если на базе месторождения не только будет заложен карьер, но и будет строиться камнеобрабатывающий завод, необходимо выбрать вблизи участка площадку для размещения предприятия и при необходимости постройки жилищ. Размер промплощадки ориентировочно составляет 20—30 га.

В отчете должны быть: 1) анализ эффективности геологоразведочных работ с указанием срока их начала и окончания, общих затрат на работы и на единицу разведенных запасов по категориям А+В+С₁ и отдельно по категории С₂; 2) геолого-экономическая оценка месторождения с указанием намеченного срока ввода его в эксплуатацию, конкретных потребителей на отдельные виды продукции; 3) производительность предприятия; 4) себестоимость камня. Подсчет запасов облицовочного камня должен производиться в соответствии с кондициями, разработанными и утвержденными согласно инструкции ГКЗ СССР.

Метод подсчета запасов облицовочного камня должен соответствовать геологическому строению месторождения и системе его разведки. Наиболее часто запасы месторождения, разведенного по правильной сетке, подсчитывают методом геологических блоков, реже методом вертикальных геологических разрезов.

При выделении подсчетных блоков рекомендуется исходить из степени разведенности отдельных частей месторождения и особенностей их геологического строения. Подсчет запасов должен производиться на инструментальной топографической основе масштаба обычно 1:1000—1:2000. При значительной пло-

щади месторождения и спокойном рельефе подсчет может быть произведен и на плане масштаба 1 : 5000.

Запасы камня подсчитывают в объемных единицах (тыс. м³). Выход блочного камня принимается по данным опытной добычи или эксплуатации. В отчете должны быть указаны области использования отходов, получаемых при добыче блочного камня.

При выборе участка большое значение имеет наличие источников водоснабжения. Для производственного водоснабжения обычно принимаются открытые водоемы, а для хозяйствственно-питьевого — подземные воды или существующая система водопровода.

При составлении проекта проведения геологоразведочных работ следует стремиться к их удешевлению: стоимость единицы разведанных запасов должна составлять незначительную часть от отпускной стоимости конечной продукции предприятия.

Затраты на геологоразведочные работы сильно колеблются в зависимости от геолого-экономических показателей месторождения, но обычно стоимость разведки 1 м³ камня составляет от долей до нескольких копеек. Так, стоимость разведки 1 м³ мрамора Ново-Ивановского месторождения (Свердловская обл.) составила 8 коп., а 1 м³ гранита Райковского месторождения (Житомирская обл.) — 0,26 коп.

При составлении отчета о геологоразведочных работах, проведенных на месторождении облицовочного камня, большое внимание должно быть уделено вопросам изучения трещиноватости, процессам выветривания, выходу блочного камня и физико-механическим свойствам. К отчету должны быть приложены крупномасштабные карты петрографических особенностей пород, слагающих месторождение, с указанием элементов залегания, зон развития трещиноватости или карста, а также корреляционные графики зависимости прочности от объемной массы, морозостойкости, водонасыщения и др.

Раздел отчета, в котором описывается трещинная тектоника месторождения, должен быть иллюстрирован диаграммами. Желательно также приложить к отчету фотографии карьеров, имеющихся на месторождении, и цветные фотографии отполированных пластинок наиболее характерных разновидностей камня. Это важно для строителей и архитекторов, так как облегчает решение вопроса о применении камня в том или ином здании или конструкции.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ГОСТОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

ГОСТ 9479-69—Блоки из природного камня для распиления на облицовочные плиты.

Строительные нормы и правила. Ч. I, раздел В, гл. 8 (СНиП 1-В. 8-62). Госкомитет по делам строительства. 1962 г. (содержатся требования к природным камням и изделиям из них).

ГОСТ 9480-69—Облицовочные плиты из природного камня.

Каталог отделочных материалов и изделий. Раздел 7. Камень. М., Госстройиздат, 1961.

ГОСТ 4001—66—Камни стеновые из известняков и туфов.

ГОСТ 629—41 (переизд. 1952) — Доски электротехнические, мраморные.

ГОСТ 6427—52—Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения объемной массы и плотности.

ГОСТ 7025—67—Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения водопоглощения и морозостойкости.

ГОСТ 8462—62—Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.

ТУ 159—53 (Минстрой) — Инструкция по изготовлению утонченных плит из природного камня. М., Госстройиздат, 1960.

ГОСТ 15426—70 — Крошка мраморная электротехническая.

ТУ 21-01-313—69—Мраморная крошка для декоративных бетонов и бетонных мозаичных плит, используемых для внутренних облицовок.

ГОСТ 8267—75—Щебень из естественного камня для строительных работ.

ГОСТ 10-268—70 — Заполнители для тяжелых бетонов.

ГОСТ 4797—69—Заполнители для гидротехнических бетонов.

ГОСТ 17539—72—Заполнители для бетона железобетонных и бетонных труб.

ГОСТ 8424—72—Щебень для бетонов дорожных покрытий.

ГОСТ 7392—70—Щебень из естественного камня для балластного слоя ж.-д. путей.

ГОСТ 97-57—73—Заполнители пористые неорганические для легких бетонов.

МРТУ—67—Межреспубликанские технические условия на бутовый камень.

ГОСТ 15884—70—Блоки стеновые из природных камней.

РТУ 100—62—Камни строительные из базальтов и туфов.

ГОСТ 6666—61—Камни бортовые из горных пород.

ГОСТ 5219—50—Камни естественные для морских гидротехнических сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Амбарцумян Ф. А. Оценка степени трещиноватости и блочности месторождений облицовочного камня.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 87—92.

Азагорян З. А. Природные каменные материалы Армении. М., Стройиздат, 1967. 175 с.

Азагорян З. А., Хачатрян А. А., Абелян Р. Д. Эффективные облицовочные материалы из отходов.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 92—95.

Баланс запасов полезных ископаемых СССР на 1/1 1974 г. Вып. 79. М., 1974. 304 с. (Мингео СССР, ВГФ).

Байдук Б. В. Механические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. М., Гостоптехиздат, 1963. 110 с.

Бейтс Р. Геология неметаллических полезных ископаемых. М., «Мир», 1965. 545 с.

Белянкин Д. С., Залесский Б. В., Беликов Б. П. О работах АН СССР в области изучения строительного и облицовочного камня. М., Изд-во АН СССР, 1948. 86 с. («Труды Ин-та геол. наук АН СССР. Вып. 89»).

Беликов Б. П. Месторождения облицовочного камня в СССР.—В кн.: Справочник архитектора. Т. XIV. М., 1952, с. 181—223.

Беликов Б. П. О методе изучения трещинной тектоники месторождений строительного и облицовочного камня. М., Изд-во АН СССР, 1953. 38 с.

Беликов Б. П. Упругие и прочностные свойства горных пород.—«Труды ИГЕМ АН СССР», 1961, вып. 42, с. 47—110.

Беликов Б. П. Мраморы Грузии.—«Труды Ин-та геол. наук АН СССР», 1941, вып. 34, петрограф. сер., № 12, с. 3—46.

Беликов Б. П. Наблюдения над выветриванием мраморной облицовки Музея изобразительных искусств в Москве.—«Труды Ин-та геол. наук АН СССР», 1950, вып. 122, петрограф. сер., № 37, с. 80—95.

Методы исследований физико-механических свойств горных пород.—В кн.: Физико-механические свойства горных пород. М., 1964, с. 81—97. Авт.: Б. П. Беликов, Б. В. Залесский, Ю. А. Розанов и др.

Борисов П. А. Каменные строительные материалы Карелии. Петрозаводск, 1963. 365 с.

Борзунов В. М. Принципы геологопромышленной оценки месторождений облицовочного камня.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 15—20.

Борков В. Е., Коншина Ю. П. Поиски и разведка месторождений строительных материалов геофизическими методами. М., «Недра», 1970. 152 с.

Бутиков Г. П., Хвостова Г. А. Исаакиевский собор. Лениздат, 1974. 165 с.

Васильев В. С. Кибик-Кордонское месторождение мрамора.—«Разведка и охрана недр», 1971, № 3, с. 16—19.

Григорович М. В. Оценка месторождений облицовочного камня при поисках и разведке. М., «Недра», 1970. 152 с.

Григорович М. Б. Больше внимания изучению декоративного камня.—«Разведка и охрана недр», 1967, № 3, с. 10—13.

Григорович М. Б. Красота родной земли.—«Культура и жизнь», 1965, № 3, с. 8—10.

Григорович М. Б. Основы оценки месторождений облицовочного камня.—«Разведка и охрана недр», 1968, № 12, с. 4—8.

Григорович М. Б. Строительные и облицовочные камни.—В кн.: Поиски и разведка месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов. М., 1968, с. 74—90.

Григорович М. Б., Данилова Н. П., Осколков В. А. Из истории создания Мавзолея В. И. Ленина.—«Разведка и охрана недр», 1970, № 7, с. 9—10.

Григорович М. Б. Облицовочные и строительные камни.—В кн.: Сборник посвященный 75-летию П. М. Татаринова. Л., 1971, с. 247—251.

Григорович М. Б. Облицовочные камни (применение, закономерности распространения).—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 10—15.

Григорович М. Б. Минерально-сыревая база промышленности строительного камня. М., «Недра», 1972, 134 с.

Гроховский Л. М. О промышленной оценке месторождений облицовочного камня и недостатках их изучения.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 20—30.

Давыдова Э. Д. Экономическая эффективность производства и применения природных каменных материалов Армении. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1970. 140 с.

Залесский Б. В. Методы исследования физико-механических свойств горных пород.—«Труды ИГЕМ АН СССР», 1958, вып. 13, с. 3—9.

Константиновский А. А., Гедько М. И. Месторождения уникальных мраморов в Якутии.—«Разведка и охрана недр», 1973, № 3, с. 19—21.

Лахи Ф. Полевая геология. Т. I—II (Пер. с англ.). М., «Мир», 1966. 1031 с.

Лебединский В. И., Кириченко Л. П. Камень и человек. М., «Наука», 1974. 214 с.

Литвинов О. О., Солонинко И. С. Граниты, лабрадориты и мраморы. Киев, Изд-во Акад. архитектуры УССР. 1950. 112 с.

Магалашвили Г. А. Сыревая база облицовочного мрамора Грузинской ССР и перспективы ее расширения.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 62—71.

Мудрый С. Л. Месторождения облицовочного камня в Узбекской ССР.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 80—82.

Михайлов А. Е. Полевые методы изучения трещин в горных породах. М., Госгеолтехиздат, 1956. 87 с.

Николаев Н. Л. Декоративные камни Узбекистана. Ташкент, 1967. 82 с. (Мингео УзССР).

Окользин Е. П., Корсаков П. Ф. Опыт исследования трещиноватости и вероятностные методы определения блочности камня в массиве.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 82—87.

Орлов А. М. Природные облицовочные камни. М., «Недра», 1966. 53 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 30, ВИМС).

Перельман А. И. Геохимия эпигенетических процессов. М., «Недра», 1965. 180 с.

Петров В. П. Основы учения о древних корах выветривания. М., «Недра», 1967. 343 с.

Петров В. П. Облицовочный камень—важнейшее и редкое полезное ископаемое.—В кн.: Облицовочные камни. М., 1974, с. 3—10.

Ржевский В. В., Новик Г. Я. К вопросу о взаимной связи физических свойств горных пород.—В кн.: Физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры. М., 1968, с. 54—56.

Симонян К. Т. Природные каменные облицовочные материалы и перспективы их применения и производства. Ереван, 1969. 113 с. (Изд. Арм. научн.-исслед. ин-та информ. и техн.-экон. исслед.).

Синегуб Д. В. Мрамор. М., Госгеолтехиздат, 1946, 37 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. ВИМС).

Соловьев Д. В. Облицовочные материалы. М., Госгеолтехиздат, 1947. 61 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. ВИМС).

Степанов В. Я., Флоренский К. П. Наблюдения над характером разрушения белокаменных памятников архитектуры Владимира-Сузdalской Руси XII—XIII вв. М., Изд-во АН СССР, 1952. 85 с. (Труды Ин-та геол. наук АН СССР. Вып. 146).

Татаринов П. М. Изверженные и метаморфические породы как строительные материалы.—В кн.: Курснерудных месторождений. Ч. II. М., 1935, с. 16—84.

Техника открытых горных работ за рубежом. Под ред. Н. В. Мельникова. М., Госгортехиздат, 1962.

Хрустальев С. С. Применение гипсового камня для отделки зданий. М.—Л., Госстройиздат, 1953. 42 с.

Чесноков М. М. Разработка гранитных месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1968. 140 с.

Шлан И. Б. Разработка мраморных месторождений. М., Промстройиздат, 1949. 170 с.

Шмавонян Э. Г. Исследования сохранности полировки мрамора.—«Труды НИИКС», 1973, вып. 8, с. 22—27.

Стугоку V. Ceskoslovenske mramory.—«Geoindustria» 1972, N 4, S. 21—34.

Mogandi N. Perna giuliana. Il marmo grigioperla (marmo a bricite).—«Ind. miner.», 1970, v. 21, N 3, p. 135—150.

Marble (Pakistan) — «Miner. trade notes». 1966, v. 63, N 2, p. 43—46.

Marble (Unit. Arab. emirates). — «Miner. trade notes.», 1973, v. 70, N 9, p. 9—10.

Webster R. The many marble.—«Gemmologist» 1960, v. 29, N 346, p. 297—333.

Sucher A. Suroving pre usluchtilu vugroby kamenia na slovensku.—«Miner. Slovaca», 1971, v. 3, N 12—13, S. 407—420.

The mineral wealth of Greece.—«Trade Greece.», 1971, v. 12, N 41, p. 56—59.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Облицовочные камни — их виды и основные свойства	5
Глава II. Применение облицовочных камней и технические требования к ним	9
Глава III. Краткая характеристика основных видов облицовочных камней и условий залегания	17
Глава IV. Деформация горных пород и трещиноватость	40
Глава V. Выветривание горных пород и его влияние на качество облицовочного камня	46
Глава VI. Размещение месторождений облицовочного камня на территории Советского Союза. Основные геологические закономерности распространения месторождений, их генетическая классификация	53
Глава VII. Месторождения облицовочного камня за рубежом	66
Глава VIII. Краткие сведения о способах разработки месторождений облицовочного камня	75
Глава IX. Краткая характеристика промышленности облицовочного камня в СССР и за рубежом	81
Глава X. Промышленные типы месторождений облицовочного камня	88
Глава XI. Геолого-литологическое изучение и документация при поисках и разведке месторождений облицовочного камня	95
Глава XII. Геологоразведочные выработки и геофизические методы, применяемые при разведке месторождений облицовочного камня	111
Глава XIII. Опробование месторождений облицовочного камня	114
Глава XIV. Поисковые работы	124
Глава XV. Предварительная разведка	127
Глава XVI. Детальная разведка	132
Глава XVII. Основы геолого-экономической оценки месторождений облицовочного камня	140
Приложение: Перечень гостов и технических условий на материалы и изделия из природного камня	147
Список литературы	148

Михаил Борисович Григорович

**ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ
ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ**

**Издание второе,
переработанное и дополненное**

Редактор издательства
С. Г. Бароянц

Технический редактор
Е. С. Сычева

Обложка художника

С. А. Смирновой

Корректор Л. В. Сметанина

Сдано в набор 18/III 1976 г.
Подписано в печать 22/VI 1976 г. Т-13012
Формат 60×90^{1/16} Бумага № 1 Печ. л. 9,5
Уч.-изд. л. 9,91 Тираж 2900 экз.
Заказ № 1789/5528-2 Цена 53 коп.

Издательство «Недра», 103633,
Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Московская типография № 6
Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета
Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24,