

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**



ПОИСКИ И РАЗВЕДКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

553.5

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

2062



МОСКВА
«НЕДРА»
1977



Поиски и разведка месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов. Изд. 2-е перераб. и доп. М., «Недра», 1977. 248 с. Авт.: В. М. Борзунов, М. Б. Григорович, Л. М. Гроховский и др.

В книге рассмотрены основные вопросы методики поисков и разведки полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, даны конкретные рекомендации по разведке и оценке качества главнейших видов минерального сырья, применяемого для производства стройматериалов. Во втором издании отражены современные требования промышленности к качеству минерального сырья, значительно больше внимания уделено опробованию и документации разведочных выработок. Книга дополнена рекомендациями по поискам и разведке месторождений заполнителей для легких бетонов и теплоизоляционных материалов. Впервые в геологической литературе освещаются принципы поисков и разведки месторождений новых видов строительных материалов, а также требования к разведке и оценке строительных материалов, получаемых попутно при разработке месторождений других полезных ископаемых. В книге изложены современные требования к содержанию материалов по геолого-экономической оценке месторождений и порядок утверждения кондиций.

Работа предназначена для геологов, занимающихся поисками и разведкой месторождений строительных материалов.

Табл. 34, пл. 35, список лит. — 140 назв.

Авторы: В. М. Борзунов, М. Б. Григорович, Л. М. Гроховский, Г. А. Нечаев, В. А. Сыромятников

П 20804—279 / 43—77
043 (01)—77

© Издательство «Недра», 1977

ИБ 1087

ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ БОРЗУНОВ,
МИХАИЛ БОРИСОВИЧ ГРИГОРОВИЧ,
ЛЕВ МИХАЙЛОВИЧ ГРОХОВСКИЙ и др.

Поиски и разведка месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов

Редактор издательства Л. Г. Китаенко
Переплет художника В. В. Кошмина
Художественный редактор В. В. Евдокимов
Технический редактор О. Ю. Трепенюк
Корректор Р. Т. Баканова

Сдано в набор 12/1 1977 г. Подписано в печать 4/У 1977 г. Т-09615.
Формат 60 × 90¹/₁₆. Бумага № 3. Печ. л. 15,5. Уч.-изд. л. 17,78. Тираж 5200 экз.
Знак 1509/6315—2. Цена 1 р. 96 к.

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.
Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
196006, Ленинград, Московский пр., 91.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Советский Союз не имеет себе равных по богатству и разнообразию ресурсов строительных материалов, способных удовлетворить существующие и перспективные потребности строительных организаций страны.

Однако непрерывный рост объемов строительных работ, повышение требований к качеству и архитектурному уровню строительства, необходимость снижения расходов на строительство и ремонт зданий и сооружений требуют постоянного увеличения производства строительных материалов и расширения их ассортимента.

Наряду с традиционными видами горных пород (пески, глины, известняки, граниты и др.) в последние годы в качестве сырья для производства строительных материалов стали использоваться новые виды полезных ископаемых: волластонит, риолит, фарфоровый камень, шунгит и другие, перечень которых непрерывно возрастает. Отсутствие методических работ по поискам и разведке новых видов минерального сырья сдерживает темпы изучения их месторождений и вовлечение последних в промышленное освоение.

В связи с этим во втором издании книги делается первая попытка осветить этот сложный и теоретически неразработанный вопрос.

Несмотря на высокую обеспеченность ресурсами минерального сырья промышленности строительных материалов в целом по стране, отдельные районы испытывают острый недостаток в некоторых видах сырья, что обуславливает дальность его перевозки и как следствие этого — увеличение стоимости строительства. Существенное значение для ликвидации дефицита строительных материалов в отдельных экономических районах и снижения их себестоимости в последнее время приобретает попутная добыча строительного сырья на месторождениях металлов, угля, горнохимического сырья и других полезных ископаемых. Попутная добыча способствует сохранению пахотных земель и охране природы, что имеет большое социальное и экономическое значение. Все это обусловило необходимость дать во втором издании книги рекомендации по изучению и оценке строительных материалов при разведке месторождений других видов полезных ископаемых.

Во втором издании отражены современные требования промышленности к качеству минерального сырья, больше внимания уделено документации и опробованию разведочных выработок, приведены

в соответствие с новыми инструктивными материалами ГКЗ СССР требования к содержанию материалов по геолого-экономической оценке месторождений и освещен действующий порядок утверждения кондиций.

В книге даются главные направления ведения поисковых и разведочных работ на строительные материалы. Для решения частных вопросов, возникающих при разведке конкретных месторождений, необходимо использовать опыт разведки других аналогичных месторождений строительных материалов. Существенную помощь при этом могут оказать «Методические указания по производству геолого-разведочных работ на неметаллические полезные ископаемые», выпуск которых для отдельных видов строительных материалов осуществляется Всесоюзным научно-исследовательским институтом экономики минерального сырья и геологоразведочных работ (ВИЭМС).

Общая методика поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых достаточно хорошо разработана и изложена в многочисленных работах советских геологов. Широко известны труды В. М. Крейтера, В. И. Смирнова и др. Однако особенности методики поисков и разведок во многом зависят от свойств самого ископаемого сырья. Полезные ископаемые, используемые в качестве строительных материалов или сырья для производства строительных материалов, характеризуются широким разнообразием петрографического и химического состава, а также условий образования и залегания. Предъявляемые промышленностью строительных материалов требования к качеству сырья также весьма различны, что определяет необходимость специальных приемов для его изучения.

До последнего времени среди геологов, не имеющих опыта по разведке нерудных ископаемых, существует ошибочное мнение о несложности методики поисков и разведок месторождений полезных ископаемых для промышленности строительных материалов. Такое представление приводит к слабой геологической обоснованности поисковых и разведочных работ на строительные материалы, к методическим и техническим ошибкам, к недостаточной технической оснащенности геологоразведочных партий, а также к неоправданным расходам средств.

В последние годы наблюдаются увеличение добычи и рост механизации добычных работ. Производительность карьеров по добыче строительного камня, цементного сырья и других строительных материалов в настоящее время выражается миллионами тонн в год. Выросли мощности заводов и комбинатов промышленности строительных материалов и стали более высокими их требования к качеству сырья. Наряду с этим промышленность строительных материалов за последние годы стала использовать новые виды минерального сырья. Широкое применение бетонов в индустриальном и особенно гидротехническом строительстве требует более осторожного подхода к выбору заполнителей бетонов, обеспечивающих достаточно длительный срок службы сооружений. С целью повышения качества строительства повышаются требования к качеству цемента, что также ставит перед геологами новые задачи.

Большое значение имеют и экономические условия разработки месторождений строительных материалов.

При изучении полезных ископаемых следует учитывать и результаты технологического исследования сырья, поскольку иногда только по этим данным можно оценить изучаемую породу как минеральное сырье, пригодное для промышленного использования.

Предлагаемая работа преследует цель более широко осветить специфические вопросы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, являющихся сырьевой базой промышленности строительных материалов.

При определении видов минерального сырья авторы исходили в основном из принятого в геологической практике деления нерудных полезных ископаемых на три основные группы: 1) горнорудное сырье (графит, асбест, слюда, тальк, каолин); 2) горнохимическое сырье (бор, барий, калийные и магниевые соли, йодо-бромные воды, фосфориты, апатиты) и 3) строительные материалы (цементное и стекольное сырье, строительные камни, песчано-гравийные породы, керамическое сырье, сырье для заполнителей легких бетонов).

Эта последняя группа охватывает большую часть минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов. Другие виды нерудного сырья, относящиеся к двум первым группам и также в той или иной мере используемые промышленностью строительных материалов, в настоящую работу не включены.

МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

До второй половины XIX в. в России существовало пять основных отраслей производства строительных материалов — кирпичная, стекольная, известковая, гипсовая и камнедобывающая. В конце XIX — начале XX вв. в связи со значительным ростом промышленного и городского строительства неуклонно увеличивалось и производство строительных материалов. Несмотря на это, потребности страны полностью не удовлетворялись, и Россия ежегодно импортировала до 10% потребляемого цемента, до 80% изделий строительной керамики, асбоцементные изделия, мягкую кровлю, оконное стекло, марсельскую черепицу, строительный камень и иногда даже кирпич.

Рост производства строительных материалов в СССР показан в табл. 1. Быстрыми темпами развивалась строительная промышленность в годы первых пятилеток. После спада производства, вызванного Великой Отечественной войной, выпуск строительных материалов продолжает непрерывно увеличиваться.

В послевоенные годы произошли серьезные качественные изменения в промышленности строительных материалов, обусловленные необходимостью ее индустриализации для обеспечения крупных строек (гидростанций, металлургических заводов и др.).

Таблица 1

Производство строительных материалов в СССР

Вид продукции	Единицы измерения	1913 г.*	1917 г.**	1928 г.	1940 г.	1950 г.	1958 г.	1970 г.
		Цемент	Млн. т	1,5	1,0	1,8	5,67	10,2
Известь	»	0,500	0,200	0,526	3,00	4,20	7,20	Нет данных
Гипс	»	0,200	0,100	0,235	0,89	1,70	3,50	То же
Кирпич строительный	Млрд. шт.	2,95	0,7	2,8	7,4	10,2	28,3	43
Шифер	Млн. условных плиток	9,0	4,0	38,5	205,6	546	2393	5800
Стекло оконное	Млн. м ²	23,7	9,7	32,2	44,7	77	133	231

* Для сравнения дано производство строительных материалов в России до первой мировой войны.

** Данные по РСФСР.

Важной задачей послевоенного периода было быстрое развитие производства сборного железобетона, являющегося основой индустриального строительства. Для решения этой задачи в эти годы были построены и введены в действие сотни заводов и полигонов железобетонных изделий мощностью до 190 тыс. м³ в год.

Промышленность строительных материалов широко использует различные горные породы и предъявляет к ним ряд специфических требований, которые должны учитываться при проведении геолого-разведочных работ.

Первой из таких особенностей является возможность использования одной и той же горной породы в различных отраслях производства. Второй — большой объем производства строительных материалов и связанные с этим крупные масштабы добычи минерального сырья.

В Советском Союзе ежегодная добыча минерального сырья для промышленности строительных материалов измеряется сотнями

Таблица 2

Потребность в основном сырье и топливе для производства различных видов строительных материалов

Готовая продукция	Единица готовой продукции	Сырье	Расход сырья	Затраты топлива на единицу готовой продукции (в переводе на кг)
Цемент	1 т	Известняк или мел Глина	1,5 т 0,24 т	200
Известь	1 т	Известняк	2,1 т	230
Кирпич, обыкновенный, глиняный	1000 шт.	Глина	2,5 м ³	230—250
Кирпич силикатный	1000 шт.	Песок Известь	2,3 м ³ 250 кг	335
Железобетон	1 м ³	Щебень, песок Цемент	1,35 м ³ 350 кг	400
Стекло	1 т	Песок	1 м ³	1000
Шифер	1000 шт. условных плиток	Цемент Асбест	0,8 140 кг	38

Таблица 3

Состав сырьевой смеси и нормы расхода сырья при производстве стекла

Стекло	Использованное сырье	Расход смеси (кг/т продукции)
Оконное	Песок кварцевый	760—920
	Мел или известняк	14,8—25
	Доломит	218—238
	Сода кальцинированная	170
	Сульфат	17,5—18,2
	Пегматит	54—108
Листовое техни- ческое	Песок кварцевый	740—790
	Известняк	29—65
	Доломит	190—209
	Сода кальцинированная	215
	Сульфат аральский	40—65
	Пегматит	87,6

миллионов кубометров. Так добыча нерудных строительных материалов в последние годы превысила 600 млн. м³, карбонатных пород для производства цемента и извести 150 млн. т.

Продукция, выпускаемая промышленностью строительных материалов, должна иметь невысокую стоимость. Поэтому месторождения минерального сырья должны обладать оптимальными геолого-экономическими условиями.

Промышленность строительных материалов характеризуется преобладанием предприятий, где сочетаются добыча, переработка сырья и выпуск готовой продукции. Это определяет экономическую целесообразность размещения предприятий вблизи сырьевой базы. Наряду с этим большое значение имеет и наличие топливных ресурсов, так как расход топлива также велик.

Потребность в сырье и топливе для изготовления различных строительных материалов приведена в табл. 2 (Розенфельд, 1960).

В общей стоимости продукции промышленности строительных материалов стоимость сырья значительно колеблется. В производстве, где сырье подвергается сложной технологической (главным образом термической) переработке, стоимость его относительно невелика. Так, например, стоимость сырья и материалов по отношению к себестоимости продукции составляет: в цементной промышленности 23%, в кирпичной 13% и в стекольной 29%.

Наиболее высокий удельный вес стоимости сырья наблюдается в промышленности каменных строительных материалов, строительного песка и гравия, где добытое минеральное сырье используется в естественном виде или после несложной механической обработки. Удельный вес стоимости сырья в этих отраслях составляет 40—50%.

Некоторые отрасли производства строительных материалов работают на сложной многокомпонентной сырьевой смеси. Наиболее сложным составом сырьевой смеси характеризуется производство стекла и керамики (табл. 3).

Таблица 4

Состав сырьевой смеси и нормы расхода сырья для производства изделий строительной керамики

Сырье	Санитарно-строительные изделия, т на 1 т продукции	Метлахские плитки, кг на 1 м ²	Облицовочные плитки, кг на 1 м ²	Канализационные трубы, т на 1 т продукции
Каолин	0,48—0,76	—	6,5—6,9	—
Глина	0,45—1,07	32—54,2	7,1—7,7	1,4—1,41
Песок кварцевый	0,34—0,44	—	3,8	0,012—0,014
Полевой шпат или пегматит	0,18—0,12	—	0,137—0,173	0,0—0,004
Доломит	0—0,005	—	—	—
Мел	0,003—0,006	—	0,4—0,6	0,007—0,0016
Глинозем технический	0,010—0,23	—	0—0,215	—
Тальк	0,006—0,022	0,19	0,07	—
Гипс	0,268—0,33	—	—	—
Химикаты	0,007—0,01	7,7—7,8	0,17—0,26	—

Таблица 5

Состав сырьевой смеси и нормы расхода сырья для производства цемента

Компоненты	Расход	
	в т	в %
Карбонатитный (известняк, мел, мергель)	1,29—1,61	67,9—84,8
Глинистый (глина, глинистые сланцы, лёсс и др.)	0,24—0,56	12,6—29,5
Корректирующие добавки	0,05	2,6

Состав сырьевой смеси и нормы расхода сырья при производстве изделий строительной керамики приведены в табл. 4.

Менее сложным, но также многокомпонентным является и состав сырьевой цементной шихты (табл. 5).

На многие виды минерального сырья, применяемые в промышленности строительных материалов, ГОСТы или технические условия отсутствуют. Поэтому пригодность сырья определяется по результатам испытаний конечной продукции. Объясняется это тем, что влияние тех или иных свойств сырья на качество готовой продукции окончательно не установлено, и, кроме того, качество сырья может быть изменено путем введения соответствующих добавок (шихтовка).

Отсутствие требований к сырью затрудняет производство геологоразведочных работ, вызывая необходимость проведения большого объема технических испытаний (вплоть до полузаводских), суммарная стоимость которых порой достигает 50% общей стоимости геологоразведочных работ.

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ГРУППИРОВКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ПРИРОДНЫМ ФАКТОРАМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ МЕТОДИКУ РАЗВЕДКИ

Большое разнообразие горных пород, используемых в промышленности строительных материалов, а также возможность различного применения одной и той же породы затрудняют создание классификации минерального сырья, используемого этой промышленностью.

Вопрос составления рациональной промышленной классификации неметаллических полезных ископаемых, в том числе строительных материалов, освещался в литературе, при этом было предложено несколько классификаций. Бэйтс (1965) предлагает заменить термин «неметаллы» на «промышленные породы и минералы» с подразделением их на две большие группы: 1) месторождения промышленных пород, 2) месторождения промышленных минералов.

И. Ф. Романовичем была предложена классификация месторождений всех полезных ископаемых, в которой твердые ископаемые подразделяются на три группы: 1) месторождения элементов; 2) месторождения минералов; 3) месторождения горных пород.

Все минеральное сырье для промышленности строительных материалов по этой классификации относится к группе горных пород. В эту группу входят месторождения строительных материалов, в оценке которых ведущую роль играют: а) химический состав (гипсы, ангидриты, трассы, пуццоланы, породы для каменного литья и др.); б) физические свойства (граниты, гнейсы, декоративные камни, гравий, песок, кровельные сланцы, пемза, мрамор, перлитовое сырье и др.); в) физические свойства и химический состав (глины, карбонатные породы, диатомиты, трепела, опоки и др.).

Эта классификация отражает характер использования нерудных ископаемых. Однако применительно к сырью для промышленности строительных материалов она нуждается в уточнении.

Подробная генетическая и промышленная классификация нерудных полезных ископаемых, и в том числе строительных материалов, разработана В. М. Борзуновым (1969). В промышленной классификации В. М. Борзунова в обобщенной форме приводятся области применения и характер обработки различных строительных материалов.

Специальная технологическая классификация минерального сырья для промышленности строительных материалов разработана М. Б. Григоровичем (1966). Эта классификация основана на промышленном использовании пород и характеристике их обработки.

По предлагаемой классификации горные породы, применяемые в промышленности строительных материалов, делятся на две основные группы.

Г р у п п а I. Горные породы, применяемые в естественном состоянии. Они подразделяются на две подгруппы:

А. Требующие несложной обработки (дробление, рассев, иногда промывка). Сюда относятся: 1) изверженные и плотные карбонатные породы, песчаники, а также массивные породы, применяемые в качестве бутового камня и заполнителей тяжелых бетонов; 2) вулканические туфы и шлаки, известняки (ракушечники), трепела, опоки, используемые для производства легких заполнителей бетона; 3) кварцевые, полевошпатовые и другие пески и гравий, идущие на приготовление строительных растворов и заполнителей бетона; 4) пемзовые пески, применяемые в качестве заполнителей легких бетонов.

Б. Требующие сложной обработки (распиловка, фрезеровка, шлифовка, полировка). Сюда относятся: 1) плотные породы (граниты, сиениты, диабазы, мрамор и др.), используемые как облицовочные, бордюрные и другие штучные камни; 2) пористые легкие породы (вулканические туфы, известняки-ракушечники и др.), применяемые как естественные стеновые камни.

Г р у п п а II. Горные породы, применяемые после термической обработки.

В эту группу входит сырье для производства: 1) искусственных заполнителей легких бетонов и теплоизоляционных материалов — вспучивающиеся вулканические стекла, глины и вермикулит; 2) вяжущих — карбонатные породы для получения извести, гипс для получения гипсовых вяжущих, карбонатные и глинистые породы для получения цемента; 3) керамических изделий — пластичные породы или смеси пород, твердеющие в процессе обжига; 4) стекла, каменного литья, минеральной ваты — твердые породы или их смесь, расплавляемые в процессе нагревания и затем твердеющие с приобретением новых физических свойств. Кроме того, в эту группу входят также горные породы, применяемые в качестве добавок, регулирующих состав сырьевой шихты и влияющих на технологический процесс (гипс, железные руды, кварцевый песок, полевошпатовые породы).

Для качественной оценки пород первой группы основное значение имеют их физические свойства (механическая прочность, объемная масса, пористость, морозостойкость и др.), а также петрографический состав и структура.

При характеристике обломочных пород этой группы учитывается размер зерен, а иногда и их форма (лешадные зерна в гравийных породах и др.).

При оценке пригодности пород I группы руководствуются ГОСТами и техническими условиями, лимитирующими качество получаемой продукции. Поскольку породы этой группы в процессе механической обработки сохраняют свои основные свойства, оценка качества продукции в значительной мере является и оценкой качества исходной породы.

При оценке пород группы II основное значение имеет их химический состав. Во многих случаях также учитываются и физико-технические свойства сырья. Так, при оценке карбонатных пород как цементного сырья обязательно определяется их размалываемость, необходимая для проектирования размольного устройства. При использовании мергельных пород для этих же целей изучается способность их к размоканию с учетом того, что размокающие породы забивают дробилки, печи и затрудняют работу.

Карбонатные породы, разведываемые для обжига на известь, изучаются на прочность с учетом того, что при разработке необходимо получать куски нужного размера. Для стекольных песков, наряду с химическим составом, большое значение имеет зерновой состав. В глинистых породах обязательным является определение содержания крупных механических примесей, повышенное количество которых снижает качество породы. Затраты на удаление этих примесей или их разлом значительно удорожают процесс производства. Имеет значение также и минеральный состав пород (например, наличие монтмориллонита в цементных глинах и пр.). Для пород второй группы, являющихся сырьем, требующим более или менее сложной технологической переработки, стандартов почти не существует (за исключением гипса), и пригодность их как сырья оценивается главным образом по качеству получаемой из них продукции. Технические требования к качеству предварительно установлены только на некоторые виды пород этой группы (стекольные пески, цементное сырье и др.). Этими требованиями обычно руководствуются в первую стадию изучения месторождения. Для окончательного же определения промышленной ценности многих видов полезных ископаемых группы II требуется проведение технологических исследований в лабораторных и в полужаводских условиях.

Следует отметить, что нередко одна и та же порода может быть отнесена к различным подгруппам и в зависимости от характера технологического процесса переработки используются те или иные ее свойства. Так, например, глина в производстве цементного клинкера вступает в сложные химические взаимодействия с известняком и другими составными частями шихты и участвует в образовании новых клинкерных минералов (силикатов и алюминатов кальция), обладающих способностью схватываться после затворения водой.

В керамическом производстве используются другие свойства глинистых минералов: их способность к разрушению кристаллической решетки и необратимая потеря пластичности (в процессе обжига при температуре 700—800°) с превращением глины в камнеподобную массу.

При производстве керамзита используется способность некоторых легкоплавких глин вспучиваться при нагревании. Вспучивание происходит вследствие возникновения химических реакций, приводящих к выделению газообразных продуктов при одновременном быстром образовании жидкой фазы.

Предлагаемая технологическая классификация позволяет определить возможность использования сырья в данной отрасли

промышленности. Кроме того, при проведении геологоразведочных работ она позволяет наиболее рационально построить программу лабораторных исследований. Исследования, необходимые для каждой группы сырья, приведены в табл. 6. Классификация является обобщенной. В каждой из подгрупп могут быть выделены более подробные подразделения по показателям, уточняющим возможность отнесения породы к той или иной качественной категории. Так, на глинистые породы для керамической промышленности имеется ГОСТ 9169—59, согласно которому эти породы классифицируются по огнеупорности, спекаемости, а также по содержанию красящих окислов, пластичности и другим показателям.

Существует также классификация цементного сырья, основанная на химическом составе карбонатных и глинистых пород.

Наряду с приведенной технологической классификацией сырья, определяющей направление и характер его изучения, месторождения строительных материалов могут быть сгруппированы также по признакам, характеризующим методику и сложность их разведки: по форме тела полезного ископаемого и его размерам, степени равномерности распределения качественных показателей и условиям залегания.

Согласно этим признакам можно выделить следующие четыре группы месторождений строительных материалов:

Г р у п п а 1 — крупные и средние пластовые и пластообразные месторождения с выдержанными качеством сырья и мощностью полезной толщи. По условиям залегания полезной толщи среди них можно выделить две подгруппы: подгруппа *a* — с горизонтальным или слабо наклонным залеганием полезной толщи; подгруппа *б* — с крутым падением тела полезного ископаемого.

Месторождения, относимые к группе 1, благодаря несложному геологическому строению и выдержанности качественных показателей разведываются наиболее просто.

По соотношению промышленных категорий запасов, согласно классификации ГКЗ, эти месторождения относятся к первой группе.

К этой же группе принадлежит наибольшее количество месторождений строительных материалов осадочного происхождения.

К подгруппе *a* можно отнести месторождения цементных известняков нижнего карбона Подмосковья, залежи мела на юге РСФСР, Украине и в Белоруссии, а также отложения третичных известняков на юге европейской части СССР. Из месторождений легкоплавких и тугоплавких глин сюда относятся залежи морских глин, состоящие из одного или нескольких пластов мощностью до десятков метров. К этому же типу следует отнести наиболее крупные залежи глин и суглинков озерного, ледникового, элювиального и делювиального происхождения. Эти месторождения обычно характеризуются незначительной мощностью полезной толщи и выдержанностью ее на больших площадях. Глины озерного и озерно-ледникового происхождения обычно слоисты, часто содержат прослой песков. Многочисленные месторождения таких глин имеются в северо-западных, центральных районах и областях Нижнего Поволжья.

Глины и суглинки аллювиального и делювиального происхождения образуют плащеобразные толщи, залегающие на поверхности коренных пород. Полезная толща обычно неслоистая. Из моренных суглинков к этой группе могут быть отнесены лишь наиболее однородные по составу разности, содержащие относительно малое количество каменного материала.

К подгруппе *а* относятся также месторождения лёссов, распространенные в южных районах европейской части СССР, в Средней Азии и Казахстане. Из месторождений песчано-гравийного материала к этой подгруппе можно отнести месторождения флювиогляциального происхождения, широко развитые в северо-западных районах СССР, а также морские и озерные кварцевые пески, пригодные для стекольной промышленности. В группу 1 входят осадочные и эффузивные месторождения естественных каменных строительных материалов — песчаников, известняков, доломитов, а также базальтовые покровы и потоки.

К подгруппе *б* относятся месторождения нижнепалеозойских известняков Урала, девонских известняков Кузбасса, мергелей верхнемелового флиша, развитые в районе г. Новороссийска, а также месторождения юрского и третичного гипса в Закавказье и Узбекистане.

Г р у п п а 2 — крупные и средние пластовые и пластообразные месторождения с невыдержанными показателями мощности и качества. В этой группе также могут быть выделены две подгруппы — с горизонтальным или пологим залеганием и с крутым падением тела полезного ископаемого.

Разведка месторождений этой группы является более сложной и требует применения относительно густой сети разведочных выработок (для оконтуривания участков или зон, различающихся по качественным показателям) и более тщательного опробования с целью выделения качественных разновидностей.

По классификации ГКЗ эти месторождения относятся к группе 2. Разведка их производится в том случае, если другие месторождения отсутствуют, так как селективная разработка повышает стоимость продукции. Примерами месторождений этой группы являются песчано-гравийно-песчаного материала. Сюда же относятся сильно закарстованные залежи гипса и известняков. Из месторождений огнеупорных и тугоплавких глин к группе 2 относятся крупные залежи со сложным характером залегания, обусловленным тектоническими нарушениями, карстом и оползневыми явлениями.

Г р у п п а 3 объединяет месторождения, имеющие пластообразные, линзообразные и неправильной формы тела полезного ископаемого.

Разведка таких месторождений требует применения сравнительно густой сети разведочных выработок для выделения участков с качественным сырьем. По классификации ГКЗ месторождения этой группы обычно относятся к группе 2. Из месторождений огнеупорных

Технологическая классификация минерального сырья для промышленности строительных материалов

Группы	Подгруппы	Характеристика породы	Характер обработки пород	Цель обработки	Применение продукта обработки	Анализы и испытания, выполняемые при разведке	
						основные	дополнительные
I. Породы, применяемые в промышленности в естественном состоянии, после механической обработки	1. Породы искусственно измельчаемые или обломочные	Изверженные, метаморфические, плотные осадочные	Дробление, фракционирование	Получение щебня	Заполнители бетона: тяжелого	Петрографический, определение прочности, морозостойкости, водопоглощения, объемной массы То же	Определение содержания активной кремнекислоты, испытания в бетоне То же
		Вулканические туфы, известняки-ракушечники	То же	То же	легкого		
		Гравий, песок: а) из изверженных, метаморфических, плотных осадочных пород; б) из эффузивных и осадочных пористых пород	Фракционирование, промывка	Получение гравия и песка	Заполнители бетона: тяжелого		
	Изверженные,	То же	То же	легкого			
2. Штучные	Изверженные,	Распилов-	Получение	Облицовка	Петрографиче-	Полируемость, де-	

II. Породы и минералы как сырье для получения, после термической обработки, различных строительных материалов

камни	метаморфические, плотные осадочные	ка, фрезеровка, полировка	2062 облицовочных блоков и плит	внешняя и внутренняя, дорожные работы	ский, определение прочности, морозостойкости, водопоглощения, пористости, выход блочного камня и плит	коративность, распиливание
1. Породы и минералы, вспучивающиеся при обжиге	Вулканические туфы, известняк-ракушечник Легкоплавкие: глины, сланцы, кислые вулканическое стекло, вермикулит	Распиловка, фрезеровка	Получение стенового камня	Строительство зданий	Заполнители легких бетонов, теплоизоляционных изделий	Содержание органических веществ, испытания полученной продукции
2. Породы, схватывающиеся после обжига	Известняки, доломиты, мергель, гипс	Измельчение, обжиг	Получение вяжущих материалов	Бетоны, строительные растворы, сухая штукатурка и др.	Химический, granulометрический, минералогический, технологические испытания	Определение выхода габаритных кусков из горной массы и прочности
3. Смесь пород, схватывающаяся в процессе пропаривания в автоклаве	Пески кварцевые (в смеси с известью)	Измельчение, формование, пропаривание	Получение силикатных и силикатобетонных изделий	Силикатный кирпич, силикатный бетон	То же	Испытание изделий
4. Породы пластичные, твердеющие в процессе обжига	Глины легкоплавкие, тугоплавкие, огнеупорные, каолин	Подготовка сырья, формовка, обжиг	Получение керамических изделий (кирпич, плитки и др.)	Различные отрасли строительства	Определение керамических свойств: химический, granulометрический	То же

Группы	Подгруппы	Характеристика породы	Характер обработки пород	Цель обработки	Применение продукта обработки	Анализы и испытания, выполняемые при разведке	
						основные	дополнительные
	5. Породы обломочные и массивные, расплавляемые в процессе обжига и твердеющие с приобретением новых свойств	Пески кварцевые, известняк, базальт	Измельчение, плавка	Получение литых изделий (стекло, каменное литье), минеральная вата	То же	Химический, минералогический, гранулометрический, обогатимость (для стекольных песков), технологические исследования	То же
	6. Породы обломочные и массивные, вводимые в качестве добавок для улучшения качества шихты или конечного продукта	Полевой шпат, гипс, песок кварцевый	Измельчение, обогащение, иногда обжиг	Добавка, повышающая качество	Получение цемента, керамических изделий, стекла	Химический, минералогический, гранулометрический	Технологические испытания

и тугоплавких глин сюда входят остаточные аллювиальные и другие, представленные мелкими линзами, гнездами, выполениями карманообразных углублений в подстилающих породах, а также залежами вытянутой формы, иногда имеющими длину до 1 км, а ширину до 100 м.

Из месторождений легкоплавких глин к группе 3 можно отнести аллювиальные месторождения, связанные с отложениями мелких озер в поймах рек, а также малые по размерам и невыдержанные по составу залежи делювиальных и моренных суглинков. При незначительной мощности полезной толщи эти месторождения обычно характеризуются сложной формой и изменчивостью состава пород.

Из месторождений гипса к группе 3 относятся небольшие линзы его, характерные для Татарского яруса, а также верхнеюрские залежи гипса в районе Красноводска и отложения глинистого гипса соленых озер и впадин (ганч, гаж). Сюда же относятся линзообразные тела, мелкие пластовые залежи, а также линзы песчаников и плотных известняков. Из месторождений стекольных песков в эту группу входят пески элювиального происхождения, образовавшиеся в результате глубинного выветривания или процессов оподзоливания. Эти пески залегают обычно в форме неправильных, линзообразных или карманообразных тел небольших размеров. Химический состав песков обычно непостоянный и степень обогащения их различная.

Г р у п п а 4 — месторождения изверженных пород, образующие крупные штоки, залежи, куполообразные и грядообразные массивы и крупные жилы.

Большие массивы интрузивных пород обычно характеризуются значительной мощностью и выдержанным составом. Поэтому их разведка на глубину осуществляется редкой сетью скважин, проходимых до намечаемой глубины разработки. С поверхности эти месторождения иногда сильно размывы или разрушены под воздействием процессов выветривания. Это вызывает необходимость проведения большого числа вскрышных выработок (шурфов или скважин). Иногда в телах этих пород наблюдается глубинное выветривание, приуроченное к линиям тектонических нарушений. Месторождения этой группы представлены главным образом интрузивными породами: гранитами, сиенитами, диоритами, диабазами и др. Они разрабатываются для различных нужд строительной промышленности с целью получения облицовочного и штучного камня, а также щебня и бута. По классификации ГКЗ СССР эти месторождения обычно относятся к группе 1. Сюда же можно отнести и крупные жильные и другие месторождения полевошпатовых пород, разрабатываемые для нужд керамической и стекольной промышленности.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методика поисков и разведки месторождений минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, принципиально не отличается от общей методики поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых.

Однако указанные в главе I особенности (сравнительно небольшие объемы разведочных работ и незначительные сроки их проведения) обуславливают отличительные черты методики поисков и разведки месторождений, а также последовательность их изучения.

Стадии разведочных работ и их задачи. Геологическое изучение земных недр производится с целью выявления и промышленной оценки месторождений полезных ископаемых. Оно осуществляется последовательно в соответствии с накопленными знаниями, геологическими особенностями, физико-географическими и экономическими условиями изучаемого объекта (региона, района, месторождения). В соответствии с этим единый процесс геологического изучения территории разделяется на стадии.

Принятая в нашей стране стадийность геологического изучения имеет целью наиболее полное и экономическое осуществление геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Решением коллегии Министерства геологии СССР от 11 апреля 1974 г. установлена следующая последовательность изучения земных недр:

- Стадия I. Региональные геологосъемочные и геофизические работы.
- Стадия II. Поиски месторождений полезных ископаемых.
- Стадия III. Предварительная разведка.
- Стадия IV. Детальная разведка (предпроектная).
- Стадия V. Разведка в пределах горного отвода (доразведка).
- Стадия VI. Эксплуатационная разведка.

Отчетливых границ между стадиями изучения месторождения провести нельзя.

Региональные геологические и геофизические работы производятся на больших площадях различными методами с целью составления новых или уточнения имеющихся геологических карт, освещающих перспективы поисков месторождений полезных ископаемых и позволяющих решать другие проблемы.

В составе региональных геологосъемочных и геофизических работ выделяется четыре подстадии: 1) региональные геофизические работы масштаба 1 : 200 000; 2) региональная геологическая съемка масштаба 1 : 200 000; 3) региональная геологическая съемка масштаба 1 : 50 000; 4) глубинное геологическое картирование.

В зависимости от особенностей геологического строения отдельных регионов, перспективности в отношении поисков полезных ископаемых и предшествующей изученности некоторые подстадии могут объединяться, в отдельных случаях могут применяться другие масштабы исследований.

Региональные геологосъемочные и геофизические работы, проводимые в соответствии со специальными инструкциями и методическими указаниями, имеют целью дать общее представление о геологическом строении исследуемого региона и его перспективности на разные полезные ископаемые и вследствие этого методика их проведения в настоящей работе не рассматривается.

Под поисками понимается совокупность операций, направленных на обнаружение месторождения полезного ископаемого. Из этого определения вытекает и основная задача поисков — выявление полезного ископаемого, представляющего промышленный интерес по качеству и условиям его залегания. Обязательным условием для постановки поисковых работ является наличие геологической карты, обеспечивающей выделение литологических или петрографических разновидностей пород, которые могут быть использованы как сырье в промышленности строительных материалов. Постановка поисковых работ без предварительного геологического картирования недопустима. В районах, для которых отсутствует геологическая карта, первым этапом работ должна быть геологическая съемка. Масштаб этой съемки должен обеспечить расчленение стратиграфических горизонтов на отдельные литологические разности слагающих их пород. Поиски широко распространенных месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов начинаются с изучения качества и горнотехнических условий его залегания. Конечной целью поисковых работ на строительные материалы является установление наличия минерального сырья требуемого качества и доступного для экономически выгодной его добычи.

Поисковые работы выполняются в общем случае в три подстадии: предварительные поиски, детальные поиски и поисково-оценочные работы. В ряде случаев, особенно в районе, где уже известны месторождения или проявления данного полезного ископаемого, зафиксированные при геологическом картировании, одна из первых стадий или обе они могут быть исключены. Поисково-оценочные работы в этом случае ставятся на участках проявления полезных ископаемых, выявленных в процессе региональной съемки, или по заявке первооткрывателей.

Предварительная разведка производится на месторождениях, получивших положительную оценку. Основными задачами предварительной разведки являются общая оценка промышленных перспектив месторождения, определение возможных масштабов добычи и основных горнотехнических условий эксплуатации. По материалам предварительной разведки определяются целесообразность и ориентировочные сроки возможного промышленного освоения месторождения и как следствие этого — необходимость проведения детальной разведки. Важной задачей предварительной разведки являются

также выяснение основных факторов, определяющих методику дальнейших разведочных работ с целью установления наиболее рационального расположения разведочных выработок и расстояния между ними, а также глубины разведки, рациональной методики опробования, необходимого объема технологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и других исследований. Вопрос о промышленном значении месторождения решается по результатам предварительной разведки путем составления технико-экономических расчетов, служащих также и основой для установления временных кондиций.

Несмотря на то что стадия предварительной разведки имеет большое значение, при изучении месторождений строительных материалов она не всегда необходима и целесообразна. Широкое площадное распространение полезного ископаемого, большие масштабы месторождения, простота горнотехнических условий залегания позволяют выделить и оконтурить промышленно интересную часть залежи уже на стадии поисково-оценочных работ.

В процессе детальной разведки на некоторых месторождениях строительных материалов производится сравнительно небольшой объем разведочных выработок, и проходка их осуществляется в весьма сжатые сроки, исчисляемые иногда неделями или несколькими месяцами. Вследствие этого выделение предварительной разведки как самостоятельного этапа на месторождениях минерального сырья для производства строительных материалов целесообразно и необходимо лишь при больших различиях в объемах работ по предварительной и детальной разведке месторождения и при больших разрывах в сроках их исполнения.

В тех случаях, когда стадия предварительной разведки как самостоятельный этап изучения месторождения выпадает, решение о переходе к детальной разведке принимается по результатам поисковых работ, причем это решение обязательно должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Детальная разведка производится на месторождениях полезных ископаемых, используемых для производства строительных материалов, получивших положительную технико-экономическую оценку при предварительном изучении, и только при условии, что сроки промышленного освоения месторождения установлены. Основной задачей детальной разведки является подготовка месторождения для его промышленного использования, что предопределяет необходимость изучения месторождения или участка первоочередного освоения в такой мере, которая позволяет составить технически правильный и экономически наиболее выгодный проект разработки месторождения и предприятия по переработке сырья.

Разведка в пределах горного отвода (доразведка) производится на месторождениях, переданных в эксплуатацию. Основная цель этих работ — последовательное изучение слабо разведанных частей месторождения (флангов, глубоких горизонтов, пространственно изолированных участков и т. д.) в границах горного отвода, с переводом запасов категории C_1 и C_2 в категории А и В. При доразведке

возможно выявление новых, ранее не известных залежей полезного ископаемого и их разведка. Объемы и сроки проведения разведки в пределах горного отвода определяются потребностью действующего предприятия в запасах подготовленных для промышленного освоения.

Как бы тщательно ни была проведена детальная разведка месторождения, она в большинстве случаев не обеспечивает выявления и изучения отдельных деталей его строения, которые хотя и не сказываются на общей промышленной оценке, но имеют весьма существенное значение для правильного направления добычных работ, своевременного и планомерного снабжения перерабатывающих предприятий сырьем требуемого качества. Вследствие этого на эксплуатирующихся или подготавливаемых к эксплуатации месторождениях должна осуществляться эксплуатационная разведка, чтобы обеспечить планомерную добычу полезного ископаемого на ближайший период разработки месторождения.

Как уже отмечалось, основной целью расчленения единого геологоразведочного процесса на стадии является повышение качества и эффективности работ. Однако формальное соблюдение установленной последовательности само по себе не гарантирует экономии средств. Не меньшее значение имеет методически правильное и экономное ведение работ на каждой из стадий, т. е. умение обеспечить высокую достоверность оценки месторождения при наименьших затратах средств.

Геологическая съемка. Планомерное всестороннее изучение и картирование пород, выходящих на дневную поверхность или под четвертичные отложения, является задачей геологической съемки.

Для проектирования и проведения поисков на строительные материалы обычно используются геологические карты масштаба 1 : 100 000—1 : 10 000. По геологическим картам масштаба 1 : 100 000 можно судить об общем стратиграфическом и структурном положении перспективных комплексов пород, содержащих полезное ископаемое. Важнейшим звеном в изучении выявленных при поисках или известных ранее месторождений полезных ископаемых является их детальная геологическая съемка. Различают две группы детальных геологических карт: 1) 1 : 25 000—10 000; 2) 1 : 5000—1 : 1000.

Геологические карты масштабов 1 : 25 000—1 : 10 000 применяются при поисках месторождений полезных ископаемых осадочного происхождения, занимающих большие площади, а также при изучении обширных полей развития изверженных пород с крупными выходами их на дневную поверхность или под четвертичные отложения.

Геологические карты масштабов 1 : 5000—1 : 1000 применяются при предварительной и детальной разведке.

Крупномасштабная геологическая карта должна быть составлена на инструментальной топографической основе того же или более крупного масштаба. При разведке месторождений твердых полезных ископаемых (исключая эксплуатационную разведку) применяются следующие масштабы топографической съемки и топографической основы отчетной геологической карты (табл. 7).

Масштаб топографической съемки для месторождений различных групп

Стадия работ	Группа месторождений полезных ископаемых					
	I		II		III	
	Масштаб топографической съемки	Масштаб топографической основы отчетной геологической карты	Масштаб топографической съемки	Масштаб топографической основы отчетной геологической карты	Масштаб топографической съемки	Масштаб топографической основы отчетной геологической карты
Поиски	1 : 25 000	1 : 25 000	1 : 25 000— 1 : 10 000	1 : 25 000— 1 : 10 000	1 : 10 000	1 : 10 000— 1 : 5000
Предварительная разведка	1 : 10 000	1 : 10 000	1 : 10 000	1 : 10 000	1 : 10 000	1 : 5000
Детальная разведка	1 : 10 000	1 : 10 000— 1 : 5000	1 : 10 000	1 : 5000	1 : 5000	1 : 2000

Большинство месторождений полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, характеризуются крупными размерами. Они имеют простое строение, выдержанную мощность и относятся к 1 группе. Лишь некоторые месторождения цементного и стекольного сырья, гипса, каменных строительных материалов и большинство месторождений огнеупорных и тугоплавких глин относятся ко 2 группе по размерам и сложности их строения.

Критерием кондиционности геологической карты является количество точек наблюдений на единицу площади съемки.

Однако достоверность и точность геологической карты в значительной степени зависят от сложности строения изучаемой территории и полноты геологических наблюдений. Значение отдельных точек наблюдений весьма различно: буровые скважины или горные выработки, вскрывшие и пересекавшие целый ряд стратиграфических горизонтов, безусловно являются более ценными, чем случайные обнажения на поверхности. Таким образом детальность геологической карты определяется детальностью расчленения стратиграфического разреза месторождения, степенью изученности литологического состава выделяемых толщ и горизонтов, в особенности продуктивных, установлением фациальных и других изменений в составе пород по простиранию и падению, достоверностью изучения тектонических нарушений и их влиянием на условия залегания полезного ископаемого. Для обеспечения равномерности исследований и требуемой точности карт точки геологических наблюдений должны распределяться по сетке, размер клеток которой зависит от масштаба съемки, а форма — от геологических особенностей картируемого объекта.

Очень важно правильно определить границы геологической съемки, которые обязательно должны выходить за пределы площади

месторождения. Площадь съемки должна охватывать все участки месторождения, структуры и элементы, определяющие условия залегания пород, вмещающих полезное ископаемое, площади распространения пород, непосредственно влияющих на гидрогеологический режим месторождения и т. д.

При наличии на месторождении более или менее мощного покрова четвертичных отложений или при условии, когда полезная толща приурочена к ним, требуются специальное их изучение и составление карты четвертичных образований.

Геологическая съемка крупного масштаба всегда является площадной съемкой, при которой вся снимаемая площадь подлежит детальному изучению и картированию. При недостатке естественных обнажений для получения кондиционной карты применяются искусственные обнажения в виде канав, шурфов, буровых скважин и других выработок.

Полевые работы обычно производятся в следующей последовательности: рекогносцировка, изучение стратиграфического разреза, выявление и прослеживание руководящих и маркирующих горизонтов. Метод полевых работ определяется местными условиями и назначением карты. Наиболее распространенными методами являются:

1. Изучение и оконтуривание отдельных обнажений. Этот метод применяется при слабой обнаженности района с изолированными выходами коренных пород или в случае особо сложного геологического строения.

2. Съемка маршрутами вкрест простирания. Применяется при картировании в масштабах $1:10\,000$ — $1:25\,000$ и в условиях хорошо обнаженных или относительно сложных по геологическому строению районов.

3. Прослеживание пластов или опорных горизонтов пород. Этот метод является наиболее распространенным при структурном картировании хорошо обнаженных, слабо дислоцированных толщ; одновременно с прослеживанием слоев прослеживают контакты изверженных пород и тектонические нарушения.

4. Съемка по профилям. Применяется в том случае, если полезное ископаемое залегает горизонтально или со слабым наклоном в однообразных породах. Метод сводится к составлению отдельных разрезов по линиям шурфов, буровых скважин и естественных обнажений, для чего требуется точное определение высотных отметок выработок и обнажений.

Поиски. Все работы поискового этапа осуществляются на основании специально составленного проекта. К проекту прилагаются топографическая и геологическая карты с нанесенными границами распространения комплексов пород и перспективных участков. На карты наносятся также площади, подлежащие обследованию, и линии маршрутов.

Выбор района поисков производится в соответствии с полученным заданием.

В задании на поиски должно быть указано предприятие, потребность которого в данном сырье должна быть удовлетворена, его местоположение, производственная мощность, годовая потребность в сырье, а также назначение сырья и технические условия, предъявляемые к нему потребителем. Помимо этого следует учитывать предельно допустимое расстояние от месторождения до потребителя или до железнодорожных и водных путей сообщения, а также горно-технические и гидрогеологические условия.

Район поисковых работ выбирается на основе изучения геологической литературы и карт, а также отчетных материалов по геологической съемке, поискам и разведкам различных полезных ископаемых.

По этим материалам изучаются геологическое строение района, его тектоника, стратиграфия и литология, причем особое внимание уделяется тем отложениям, к которым может быть приурочено полезное ископаемое. При изучении литературных материалов, особенно старых, следует критически относиться к наименованию пород, не подтвержденных анализами. Не исключено, что название пород дано неправильно, и «известняки», например, могут оказаться доломитами, а «глины» — суглинками, и т. д.

При оценке перспектив изучаемого района на данное полезное ископаемое и проектировании поисков следует руководствоваться основными геологическими закономерностями. Эти закономерности рассматриваются в последующих главах книги, при описании особенностей поисков отдельных видов полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов.

Для геологически хорошо изученных районов в результате проработки материалов иногда может быть установлено несколько комплексов пород различного состава и генезиса, каждый из которых удовлетворяет предъявляемым требованиям. Однако как при перспективной оценке района, так и при проектировании поисков необходимо ориентироваться на месторождения тех типов, которые по своему масштабу и качеству более соответствуют решению поставленных задач.

Поиски подразделяются на предварительные, детальные и поисково-оценочные работы.

В задачу предварительных поисков входит обследование и изучение определенных районов с целью отыскания участков распространения искомого полезного ископаемого и выбора наиболее перспективных из них для постановки детальных поисков.

Детальные поиски имеют целью более углубленное изучение и оценку обнаруженных при предварительных поисках площадей распространения полезного ископаемого.

Предварительные и детальные поиски в качестве обособленных стадий при изучении месторождений полезных ископаемых, предназначенных для использования в промышленности строительных материалов, производятся относительно редко, главным образом в случаях слабой геологической изученности района поисков, а также при подготовке новых сырьевых баз для намечаемых к строительству крупных предприятий. Если же геология района изучена хо-

рошо и для него уже имеются детальные геологические карты или если требуется обеспечить сырьем уже действующее предприятие, необходимость в проведении предварительных поисков отпадает или их объем сводится к минимуму.

При проведении поисков на строительные материалы не следует забывать о принципе комплексности в изучении района и пропускать интересные в геологическом отношении факты, позволяющие привести к открытию месторождений других полезных ископаемых. С месторождениями песков, например, могут быть связаны месторождения золота, касситерита, шеедита и других рудных минералов, а к ультраосновным породам — дунитам, оливинитам и другим — могут быть приурочены месторождения хромита, платины и т. д.

Несоблюдение принципа комплексности при поисках недопустимо, так как это может нанести большой ущерб народному хозяйству.

Предварительные поиски. При предварительных поисках месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов применяются в основном маршрутно-рекогносцировочный метод, метод литологической (петрографической) съемки, иногда геофизические методы.

Маршрутно-рекогносцировочный метод применяется в тех районах, для которых имеются геологические карты, фиксирующие с большей или меньшей точностью наличие и площадь распространения стратиграфического горизонта, содержащего искомое полезное ископаемое. Этот метод наиболее применим для поисков толщ полезных ископаемых, распространение и условия залегания которых подчинены определенным линейным закономерностям. В этом случае при выборе маршрутов следует руководствоваться преобладающим простиранием и падением пород, а также стратиграфическим и гипсометрическим положением толщи полезного ископаемого. Маршруты следует прокладывать в местах, где поверхность расчленена и слагающие район горные породы обнажены (эрозионные террасы, склоны речных долин, склоны и тальвеги оврагов, балок, террасы и береговые склоны морей и озер, водоразделы гор и т. д.). Если перспективными являются аллювиальные (современные и древние) отложения, поиски ограничиваются площадью речного бассейна и его притоков. Направления и число маршрутов намечаются в зависимости от геологического строения района, рельефа местности, а также типов и формы распространения залежей полезного ископаемого. Чаще всего маршруты задаются вкрест основного простирания пород по параллельным линиям, по возможности на равных расстояниях друг от друга. Маршруты, пройденные вкрест простирания, могут быть увязаны друг с другом небольшим числом (1—3) маршрутов, пройденных по простиранию, с целью прослеживания отдельных свит и пластов.

При проведении поисков используются знания геологических закономерностей образования и распределения полезных ископаемых в земной коре.

Для месторождений минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, наиболее важными

поисковыми критериями являются литологические, стратиграфические, тектонические и геоморфологические. Наряду с поисковыми критериями должны использоваться признаки, прямо или косвенно указывающие на возможность нахождения полезного ископаемого. К таким признакам относятся.

1. Выходы полезного ископаемого на поверхность (обнажения). При изучении обнажений следует учитывать возможные нарушения условий залегания полезного ископаемого, вероятность обнаружения горных пород не в коренном залегании, а в оползнях или отторженцах ледникового или тектонического происхождения, искажение истинной мощности тела полезного ископаемого вследствие различных угловых соотношений между плоскостями среза и напластования, а также наличие ступенчатых сбросов и оползней.

2. Продукты разрушения полезного ископаемого — щебень, крошка, мука и т. д.

3. Валуны и галька горных пород, отложенные реками и потоками, а также обломки среди делювиальных отложений, свидетельствующие о близости коренных месторождений.

4. Морфология местности, указывающая на возможность приуроченности полезного ископаемого к определенным формам рельефа.

5. Растительность, указывающая на литологические особенности пород. Например, некоторые террасы зарастают соснами и другими растениями, типичными для песчаных почв.

При поисках также следует собирать сведения о составе пород, встреченных при устройстве колодцев, а также при разработке местным населением полезного ископаемого существующими и старыми карьерами и т. д.

Метод литологической (петрографической) съемки используется на местностях, недостаточно изученных, для которых отсутствуют геолого-литологические или геолого-петрографические карты нужного масштаба. Следует подчеркнуть, что задачей съемки при поисках является не общее геологическое картирование с детальным изучением всех развитых в районе коренных и четвертичных отложений, а установления выходов, условий залегания, границ распространения толщ, содержащих полезное ископаемое, и детальное литологическое (петрографическое) расчленение этих толщ. В процессе съемки местность покрывается сетью точек наблюдения и маршрутных ходов, причем используются все отмеченные выше поисковые признаки, указывающие на наличие полезного ископаемого. В слабо обнаженных местностях геолого-литологическая (петрографическая) съемка сопровождается проходкой выработок, задаваемых по правильной сети. Расстояния между точками наблюдения и число их на единицу площади определяются в зависимости от конкретных условий местности.

Геофизические методы поисков при разведке месторождений строительных материалов применяются в крайне малом объеме. Удельный вес их в общем объеме геофизических исследований на все виды полезных ископаемых не достигает и 0,1%. Объясняется это в основном отсутствием в геологических организациях постоян-

ных коллективов геофизиков, специализирующихся на поисках и разведке месторождений строительных материалов. Отставание нерудной геофизики обусловлено также отсутствием достаточно четко сформулированных основ и разработанных комплексов геофизических методов, способных решать конкретные геологические задачи на различных стадиях геологоразведочного процесса. Между тем применение геофизических работ при поисках и разведке месторождений строительных материалов, как показывает имеющийся небольшой опыт, вполне оправдано.

На месторождениях известняков и доломитов методом вертикального электроразведывания (ВЭЗ) достаточно точно определяется мощность вскрышных пород, глубина залегания карбонатной толщи, а в некоторых случаях и ее мощность.

Методом симметричного электропрофилеирования (СЭП) надежно оконтуриваются зоны распространения известняков и доломитов, а также участки их неглубокого залегания. Симметричное электропрофилеирование с несколькими разносами успешно использовалось для выявления и изучения карста на Свиридовском месторождении в Тульской области.

При поисках месторождений гипса методом высоких электрических сопротивлений (ВЭС) выделяются участки приподнятого залегания гипсов, на которых мощность вскрышных пород не превышает 10—20 м. Методом электропрофилеирования определяются закарстованные зоны гипсоносных толщ, которые фиксируются также на графиках комбинированного электропрофилеирования (КЭП).

На месторождениях песка и гравия по данным электропрофилеирования можно выделять зоны развития песчано-гравийных отложений, а по результатам ВЭЗ — их мощность и мощности отдельных литологических разностей изучаемой части разреза.

При поисках глинистых отложений, залегающих на карбонатных породах, в основном используются методы ВЭЗ и СЭП. Метод КЭП применяется в ряде случаев для выявления, прослеживания и оценки угла падения тектонических трещин и зон, выполненных каолиновыми, огнеупорными и тугоплавкими глинами.

Площадными электроразведочными работами методом ВЭЗ выявлено крупное Шкурлатское месторождение гранитов в Воронежской области, залегающих на глубине 30 м.

При поисках и разведке пегматитов на месторождении Хето-Ламбино в Карелии были проведены опытные работы по установлению возможности применения радиометрических методов исследования для выделения микроклиновых разностей пегматита и кварца.

Исследования проводились гамма-спектрометрическим методом. Для опробования керамических пегматитов с поверхности по естественным и искусственным обнажениям применялся радиометр СП-3М, каротаж скважин производился каротажной установкой, разработанной и изготовленной в радиометрической лаборатории Института физики Земли Ленинградского Государственного Университета. Эта установка сконструирована также на базе радиометра СП-3М.

Для разделения пегматита на минералогические разности по керну скважин и по пробам в лабораторных условиях использовалась установка ДП-100 со счетчиком регистрации бета-излучения типа СБТ-10. По полученным предварительным данным применение гамма-спектрометрического метода исследований позволяет определять в пегматите, с достаточной точностью, содержания полезных и вредных компонентов, разделять пегматит на минералогические разности и таким образом существенно уменьшить объем химических анализов. Однако работы эти носили опытный характер и возможность их использования на других месторождениях требует проверки.

Приведенные выше данные свидетельствуют об эффективности применения геофизических методов при поисках и разведке месторождений строительных материалов. Вследствие этого геофизические методы поисков следует применять на поисках месторождений строительных материалов, во всех районах, а выбор метода должен обуславливаться геологическим строением района поисков и разрешающей способностью метода.

Д е т а л ь н ы е п о и с к и производятся на площадях развития полезного ископаемого, выявленных при предварительных поисках. Детальные поиски должны дать ориентировочно общее представление о площади распространения полезного ископаемого и его качестве, а также о мощности полезной толщи и распределении вскрышных пород. В процессе детальных поисков продолжается начатое при рекогносцировке изучение геологического строения месторождения, уточняются его стратиграфия, морфология, тектоника и условия залегания полезного ископаемого.

Полезная толща подвергается геолого-литологическому или геолого-петрографическому изучению с целью получения характеристики основных типов полезного ископаемого. Определяется характер покрывающих и подстилающих пород. Методы детальных поисков зависят от типа месторождения, мощности наносов, назначения полезного ископаемого и т. д. Детальные поиски обычно сопровождаются проходкой довольно значительного количества канав, шурфов и буровых скважин. Тип применяемых выработок и их расположение определяются формой залежи, условиями ее залегания и мощностью наносов. На выборе типа выработок в значительной мере сказывается также назначение полезного ископаемого и строение полезной толщи.

П о и с к о в о - о ц е н о ч н ы е р а б о т ы производятся на участках, получивших положительную оценку по результатам рекогносцировочных или детальных поисков. Основная цель этих работ состоит в накоплении материалов, необходимых для выбора месторождений для предварительной разведки и отбраковки проявлений, не представляющих промышленного интереса. При изучении большинства месторождений строительных материалов поисково-оценочные работы заменяют стадию предварительной разведки или сами заменяются последней.

Предварительная разведка. Основной задачей предварительной

разведки является общая оценка промышленных перспектив месторождения, определение возможного масштаба добычи и основных горнотехнических условий эксплуатации. Решается эта задача с помощью проходки необходимого и достаточного числа разведочных выработок. Достоверность разведочных данных во многом зависит от типа применяемых при разведке выработок. В настоящее время большое значение при разведке месторождений полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, имеют буровые скважины. Это обусловлено тем, что в сферу разведки и промышленного освоения вовлекается все больше месторождений, где полезное ископаемое находится на сравнительно большой глубине (50 м и более), а месторождение характеризуется сложными гидрогеологическими условиями и является труднодоступным для вскрытия горными выработками. Кроме того, снижение объема горных выработок обусловлено низкой скоростью их проходки, невысокой производительностью труда и довольно большой себестоимостью. Разведка месторождений строительных материалов буровыми скважинами в большинстве случаев бывает оправдана. Однако в практике разведочных работ известны и такие случаи, когда замена горных выработок буровыми скважинами не дает экономического эффекта и резко снижает достоверность разведки. Одной из задач предварительной разведки является обоснование выбора типа разведочных выработок. При этом следует иметь в виду, что горные выработки по сравнению с буровыми скважинами имеют значительные преимущества: они позволяют непосредственно вскрыть тело полезного ископаемого, точно определить его форму, размеры, элементы залегания, произвести отбор наиболее представительных проб. Поэтому выбирая тип разведочных выработок, необходимо производить несложные экономические расчеты и в случае равенства стоимости разведки бурением и горными выработками преимущество отдавать последним. Принимая решение о производстве разведочных работ буровыми скважинами, необходимо убедиться в полноценности данных бурения. Обычным приемом, которым при этом пользуются, является проходка сопряженных горных выработок и скважин и сопоставление результатов их опробования.

Месторождения полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, как правило, характеризуются относительной выдержанностью качества. Это позволяет проходить сопряженные выработки в сравнительно небольшом количестве. Обычно четырех — шести выработок достаточно для суждения о наличии или отсутствия систематического искажения качества полезного ископаемого. Если полученные по этому количеству выработок данные противоречивы, то число выработок следует увеличить.

Существенное значение для правильной оценки разведываемого месторождения имеет способ проходки буровых скважин и горных выработок. Буровые работы осуществляются в настоящее время чаще всего с применением промывочного раствора. При таком способе не всегда обеспечивается достаточная надежность результатов.

Бурение с промывкой без контроля его надежности может привести в некоторых случаях к грубому искажению качества сырья.

Основным материалом, по которому оцениваются качество полезного ископаемого и строение слагаемой их залежи, при разведке месторождения скважинами колонкового бурения является керн. Вследствие этого усилия геологов, разведывающих месторождение, должны быть направлены на повышение выхода керна. Решение этого вопроса производится по-разному, в зависимости от геологической обстановки, физических свойств полезного ископаемого и наличия технических средств. Положительные результаты обычно дает применение двойных колонковых труб, специальных клапанов при разбуривании рыхлых отложений. Большую роль в получении высокого выхода керна играет режим бурения — скорость вращения бурового снаряда, интенсивность подачи промывочной жидкости, величина рейса, материал, которым армированы буровые коронки и т. д. Поэтому одной из важнейших задач предварительной разведки является установление оптимального режима бурения. Инструкции ГКЗ для каждого вида нерудного полезного ископаемого устанавливается предельный выход керна. Скважины, показавшие выход керна ниже установленного инструкциями, должны рассматриваться как брак и их следует перебуривать. Определение выхода керна, как правило, производится по интервалам подъема и в целом по всему продуктивному горизонту в данной скважине, причем оценка качества буровых работ осуществляется по выходу керна, определенному в среднем по скважине, в интервале развития полезного ископаемого. Большого значения выходу керна на отдельных интервалах обычно не придается. Вместе с тем низкий выход керна на отдельных интервалах часто свидетельствует об изменении состава пород в пределах данного интервала. Отсутствие приуроченности интервалов с низким выходом керна к определенным глубинам или слоям может указывать на существование незаполненных каверн и карстовых полостей. Четкая же приуроченность интервалов с низким выходом керна к определенным слоям, горизонтам или глубинам свидетельствует о возможности встречи стратифицированных горизонтов или зон дезинтегрированных или слабых пород (например, муки в известняках и доломитах), в значительной массе не попадающих в керн и выносящихся вместе с промывочной жидкостью.

В этом случае, даже при удовлетворительном выходе керна (70—80% и более) в целом по полезной толще, возможны серьезные ошибки в оценке месторождения. Например, при оценке месторождения строительного камня по керну без учета низкого его выхода на отдельных интервалах неправильно будет определен выход варного камня, так как рыхлые разности при этом не будут учтены. Распространение на рыхлые разности данных, установленных по керну плотных пород, существенно исказит действительную цифру кондиционных запасов, а также представление о строении полезной толщи.

Во избежание таких ошибок при разведке месторождения необхо-

димо тщательно анализировать данные о выходе керна и в случае приуроченности низкого выхода его к тем или иным участкам месторождения или разреза устанавливать причины этого. При необходимости следует проходить контрольные выработки иного типа.

При разведке месторождений минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, горные выработки применяются обычно на тех участках, где породы полезной толщи или непосредственно выходят на поверхность, или залегают на не-большой глубине. Обычно для этого используются канавы и шурфы. Горные выработки так называемого тяжелого типа — глубокие шурфы (глубиной более 15 м), штольни и рассечки — применяются в условиях, когда площадь разведки характеризуется труднодоступным рельефом или имеются какие-либо другие причины, по которым организация буровых работ становится затруднительной, дорогостоящей или просто невозможной. Как уже отмечалось выше, тенденция замены горных выработок буровыми скважинами не всегда оправдана. В некоторых случаях выгоднее проходить горные выработки и получать более достоверный материал.

На стадии предварительной разведки разведочные выработки целесообразно располагать по правильной разведочной сети, так как только равномерное распределение выработок на всей площади месторождения может обеспечить выявление основных закономерностей изменения строения и состава толщи полезного ископаемого.

При горизонтальном или близком к нему залегании полезного ископаемого лучше всего применять квадратную сеть выработок. При крутом падении слоев полезного ископаемого разведку месторождения следует производить по профилям, ориентированным вкрест простирания залежи.

Одним из наиболее сложных вопросов геологоразведочных работ является обоснование рациональной системы разведки, при которой проходкой наименьшего числа выработок обеспечивается достоверность оценки промышленного значения месторождения. Накопленный опыт разведки и эксплуатации показывает, что, несмотря на простоту строения месторождений минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, и выдержанность их качества, диапазон изменения отдельных параметров (мощности, содержания полезных и вредных компонентов, физико-механических свойств) все же колеблется в довольно значительных пределах. Поэтому давать какие-либо общие рекомендации по этому вопросу не представляется возможным.

При разведке месторождений строительных материалов чаще всего для доказательства правильности выбора расстояний между разведочными выработками применяют способ последовательного разрежения сети или (реже) методы математической статистики.

Метод последовательного разрежения сети разведочных выработок заключается в сравнении между собой значений основных параметров (мощности, содержания, запасов), вычисленных при различной густоте разведочных выработок, пройденных на относительно

ограниченном участке месторождения. Применение этого метода для установления необходимого числа выработок возражений не вызывает. Основным его недостатком является необходимость производства затрат на дополнительную проходку часто ненужных выработок. Кроме того, экспериментальное сгущение разведочной сети производится на небольшой площади месторождения. Между тем строение и состав тела полезного ископаемого в отдельных участках месторождения может характеризоваться различной степенью изменчивости. Распространение полученных по небольшому участку данных на всю площадь месторождения в случае выбора для опытного сгущения сети непредставительного участка может привести к ошибкам. Наиболее частой ошибкой при использовании этого метода является выбор участка для экспериментального сгущения разведочных выработок в центральной части месторождения, характеризующейся, как правило, устойчивым строением полезной толщи и выдержанным качеством сырья. Во избежание таких ошибок следует экспериментальный участок выбирать так, чтобы он захватывал не только центральную, но и периферийную части месторождения.

В практической деятельности метод последовательного разрежения обычно применяют не только для доказательства достоверности определения параметров по данному числу выработок, но и для обоснования принятой плотности разведочной сети, что является неправильным.

Метод последовательного разрежения не дает прямого ответа на вопрос об оптимальных расстояниях между разведочными выработками. Этим методом находится то минимальное количество выработок, при котором дальнейшее увеличение их числа не приводит к существенному изменению вычисленного по ним значения того или иного параметра, т. е. опытным путем решается равенство

$$\frac{\sum C_n}{n} = \frac{\sum C_{n+k}}{n+k},$$

где $\sum C_n$ — сумма показателей параметра по n выработкам;

$\sum C_{n+k}$ — сумма показателей параметра по $n+k$ выработкам.

Метод последовательного разрежения обычно требует проходки достаточно большого числа выработок, что резко снижает возможность его применения при разведке месторождений строительных материалов. Оценка их обычно производится по небольшому числу выработок.

Возможность использования методов математической статистики для обоснования плотности разведочной сети признается не всеми геологами. Одна группа геологов в качестве основного возражения обычно приводит аргумент, что в геологических телах случайные колебания накладываются на закономерные, становясь тем самым статистически неподконтрольными. Другой группой геологов формулы математической статистики, опирающиеся на коэффициент вариации или дисперсию, расцениваются как ключ для решения

задачи по обоснованию плотности разведочной сети. Обычно для этого используют известную формулу

$$n = \frac{V^2}{p^2}.$$

где n — количество пересечений;

V — коэффициент вариации;

p — допустимая ошибка определения.

Из всего изложенного видно, что надежного метода теоретического или опытного обоснования применяемой при разведке месторождений твердых полезных ископаемых сети выработок в настоящее время пока не существует.

Обычно рекомендуемые в инструкциях ГКЗ расстояния между разведочными выработками для разных по сложности строения групп месторождений обеспечивают надежность геолого-промышленной оценки разведанных месторождений. Однако в отдельных случаях разведка месторождения осуществляется на небольшой площади. При этом проходится недостающее число выработок для определения параметров. Естественно, что по 3—4 выработкам даже на наиболее выдержанных пластовых месторождениях нельзя с достоверностью определить средние значения мощностей и содержаний полезных и вредных компонентов или судить об изменении состава и свойств сырья на всей площади разведанного участка. Поэтому, исходя из необходимости выбора наиболее оптимального для промышленного освоения участка, следует проходить такое количество выработок, которое обеспечивает надежную характеристику качества сырья.

Для того чтобы получить достоверные сведения, необходимо на месторождениях с выдержанной мощностью и устойчивым качеством сырья проходить не менее 9 выработок, а на месторождениях с изменчивой мощностью или невыдержанным качеством полезного ископаемого — 16 выработок. Указанное количество выработок обеспечивает построение в первом случае трех, а во втором четырех разрезов по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Это дает возможность установить основные закономерности изменения строения полезной толщи, состава и качества сырья. Расстояния между выработками на линиях, по которым строятся разрезы в стадию предварительной разведки, могут приниматься в соответствии с рекомендациями инструкций ГКЗ по применению классификации запасов к отдельным видам минерального сырья. В тех случаях, когда на разведываемой площади при указанных в инструкции расстояниях нельзя разместить требуемое количество выработок, расстояния между ними должны быть сокращены.

В стадию предварительной разведки очень важно сразу же по первой разведочной линии получить наиболее полный разрез всего комплекса пород, слагающих месторождение. Это необходимо для установления места полезного ископаемого в стратиграфическом разрезе и выделения руководящих горизонтов. После составления по этим данным сводного разреза и расчленения его с требуемой детальностью можно будет легко разобраться в строении других

частей месторождения, где те или иные горизонты или пласты разреза отсутствуют. Обычно наиболее полный разрез на осадочных месторождениях может быть получен на водоразделах, где пласты сохранились от размыва. Помимо этого, для полного разреза целесообразно пройти еще два — три профиля выработок в пониженных частях рельефа, где часть горизонтов размыва. Построение этих разрезов будет способствовать более правильной разработке методики детальной разведки. На всех опорных профилях расстояния между выработками должны обеспечить получение перекрытого разреза, т. е. выработки должны располагаться так, как это показано на рис. 1. Для этой цели выработки должны не только полностью пересечь полезное ископаемое на всю его мощность, но и

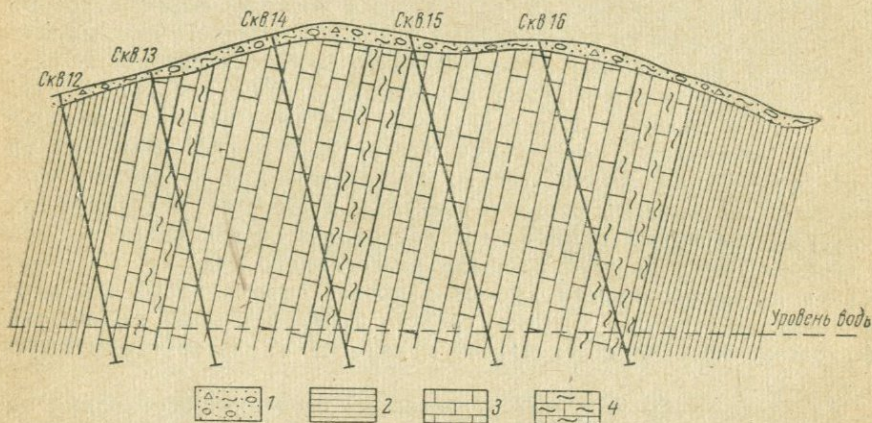


Рис. 1. Схема расположения разведочных выработок для получения перекрытого разреза:

1 — почвенно-растительный слой; 2 — сланцы; 3 — известняки; 4 — мергель

углубиться в подстилающие породы на глубину, необходимую для построения перекрытого разреза.

При разведке многих месторождений остаточного происхождения нередко устанавливается зависимость конфигурации залежей от древнего рельефа, а также приуроченность наиболее мощных и качественных отложений полезного ископаемого к тем или иным частям рельефа.

На некоторых месторождениях при сравнительно выдержанном составе полезного ископаемого резко меняется мощность покрывающих его пород, вследствие чего принятая сеть выработок, вполне обеспечивающая надежную характеристику полезного ископаемого, недостаточна для установления изменения мощности вскрышных пород и определения ее среднего значения. В этих случаях проходятся дополнительные, так называемые вскрышные выработки. В стадию предварительной разведки вскрышные выработки следует располагать по тем же профилям, что и выработки, пересекающие полезное ископаемое, но при меньших расстояниях между ними.

На месторождениях сильно закарстованных, с размытой кровлей полезного ископаемого, сеть вскрышных выработок может в два раза и более превышать густоту сети основных выработок.

Детальная разведка производится на тех месторождениях, которые по данным предварительной оценки и на основании технико-экономических докладов признаны ценными для промышленного освоения. Для месторождений минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, неперенным условием является также твердо установленная область использования полезного ископаемого и наличие конкретных потребителей.

В результате детальной разведки должны быть получены необходимые данные для составления проекта разработки месторождения. Составить технически грамотный и экономически наиболее выгодный проект можно лишь в том случае, если известны условия залегания, форма и строение тела полезного ископаемого, природные типы и промышленные сорта минерального сырья, их соотношения и пространственное положение, качество и технологические свойства полезного ископаемого, а также гидрогеологические и инженерно-геологические условия ведения горно-эксплуатационных работ. Выяснение всех этих вопросов и входит в задачу детальной разведки, на стадии которой изучение месторождения идет в тех же направлениях, что и на стадии предварительной разведки. Отличие детальной разведки от предварительной состоит в том, что предварительная разведка дает общую оценку месторождения в целом, а детальная — дифференцированно по участкам и блокам.

При детальной разведке распределяются запасы по участкам и блокам, выделяется и устанавливается пространственное положение полезного ископаемого различных сортов и марок, уточняются форма и строение залежи в отдельных ее частях, тектонические нарушения, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки месторождения. На стадии детальной разведки определяются также конкретные пути и способы использования полезного ископаемого, устанавливается технологическая схема переработки сырья, проводится комплекс специальных гидрогеологических работ, необходимых для расчета водопритоков, а также для разработки мероприятий по осушению горнодобычных выработок. На участках, пригодных для открытых работ, проводятся инженерно-геологические исследования, необходимые для разработки мероприятий по обеспечению устойчивости бортов карьера и т. д.

Проходка разведочных выработок в стадию детальной разведки месторождений минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, преследует главным образом задачу уточнения контура залежи, ее формы и строения. Решается эта задача обычно путем сгущения разведочной сети, принятой при предварительной разведке. Инструкциями ГКЗ по применению классификации запасов к отдельным видам полезных ископаемых предусмотрено двукратное сгущение сети выработок при переходе от разведки запасов низших категорий к высшим, что многими

геологами используется механически при проектировании и проведении детальной разведки.

Между тем любая норма, определяющая густоту разведочной сети, не должна считаться обязательной и в действительности является весьма условной. Выполнение работ по заранее принятой в проекте разведочной сети, без учета получаемых в процессе разведки результатов, приводит нередко к чрезмерной разведке одних участков месторождения и недоразведке других. Поэтому в стадии детальной разведки развитие разведочной сети должно идти последовательно. Для этого необходимо каждую пройденную выработку документировать и опробовать сразу же после окончания ее проходки, а затем по законченным разведочным выработкам составлять рабочие геологические разрезы. Имея такие разрезы, разведчик уже в полевой обстановке вплотную подходит к увязке разреза, вскрытого пройденными выработками, и может всегда уточнить разрез дополнительными выработками. Однако постепенное и последовательное развитие сети не должно привести к беспорядочному разбрасыванию выработок. Сеть выработок должна всегда сохранять свою геометричность. Достигается это тем, что все дополнительные выработки проходятся по линиям, ориентированным строго перпендикулярно друг к другу через некоторые постоянные и кратные интервалы.

Особое внимание при детальной разведке следует уделять изучению месторождения с поверхности. Месторождения минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, обычно характеризуются относительной выдержанностью состава и качества полезного ископаемого, установление которого возможно небольшим числом выработок. Нижний горизонт разведки обуславливается или заранее заданной отметкой дна карьера, или контактом полезного ископаемого и подстилающих пород. И в том, и в другом случаях нижний контур тела полезного ископаемого обычно бывает несложным, и установление его также не требует проходки большого количества выработок. Наиболее сложной обычно является верхняя граница тела полезного ископаемого, часто подвергнутая процессам выветривания, карстообразования и т. д. Это обстоятельство обуславливает необходимость проходки дополнительных вскрышных выработок при значительно меньших расстояниях, чем это требуется для изучения полезного ископаемого. Так, например, согласно инструкции ГКЗ по применению классификации запасов к месторождениям магматических пород, разведка массива интрузивных пород однородного состава по категории А может быть произведена 3—5-ю одиночными выработками при обязательной проходке вскрышных выработок, расположенных одна от другой на расстоянии 100—150 м. Однако, как показывает опыт, указанные расстояния не обеспечивают надежного изучения поверхности месторождения и должны быть сокращены по крайней мере в 2—3 раза. При разведке месторождений со сложной поверхностью полезного ископаемого сеть вскрышных выработок должна выявить все крупные размывы и карстовые воронки, которые могут влиять как на

количество полезного ископаемого, так и на объем вскрышных пород.

Несмотря на кажущуюся в большинстве случаев простоту внутреннего строения месторождений полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, все разведочные выработки, пройденные по телу полезного ископаемого, должны пересекать его на полную мощность до глубины намечаемой отработки и подсчета запасов. Ограничивать разведку месторождения лишь поверхностными выработками недопустимо. Это положение можно проиллюстрировать следующим примером. В Средней Азии для получения строительного и путевого щебня был разведан массив изверженных пород. Вскрышные породы на месторождении практически отсутствовали. Разведка осуществлялась только канавами.

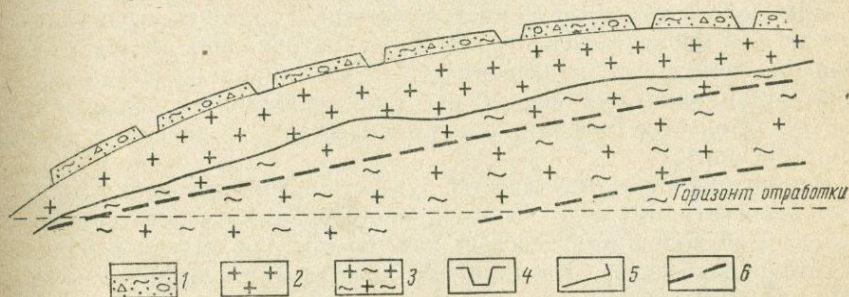


Рис. 2. Пример разведки месторождения изверженных пород поверхностными выработками, не обеспечивающими изучение внутреннего строения массива:

1 — почвенно-растительный слой; 2 — гранит свежий; 3 — гранит каолинизированный; 4 — канавы; 5 — расчистка; 6 — линии тектонических нарушений

Все пробы, отобранные в канавах, показали высокое качество гранитов. При вскрытии месторождения карьером было установлено наличие ряда мощных тектонических зон, идущих почти горизонтально (рис. 2). В пределах этих зон гранит был разрушен, сильно каолинизирован и непригоден для использования в качестве щебня.

При разведке месторождения подземными горизонтальными горными выработками последние обязательно должны проходиться по телу полезного ископаемого. Проходка полевых штреков недопустима, так как не обеспечивает непрерывность наблюдения за распространением полезного ископаемого по простиранию. Это обстоятельство особенно важно учитывать при разведке жильных месторождений пегматитов для стекольной и керамической промышленности.

Производя детальную разведку, очень важно правильно выбрать участок, который изучается с наибольшей подробностью (до категории А или в соответствующих случаях В). Во всех случаях эти участки должны быть расположены на площади первоочередной отработки. Это обуславливается необходимостью обеспечения надежной и планомерной работы горнодобывающего предприятия уже в начальный период его деятельности. По мере отработки участка, разведанного с наибольшей детальностью, накапливаются новые

дополнительные материалы, которые повышают степень разведанности и остальных участков. В то же время участок, изучаемый с наибольшей детальностью, должен по своему строению, качеству сырья и горнотехническим условиям соответствовать строению всего месторождения, так как полученные по этому участку представления распространяются на все месторождение. Если месторождение имеет сложное строение, пестрый состав и невыдержанное качество сырья или оно характеризуется сложными условиями залегания полезного ископаемого, на котором нельзя выбрать представительный участок, то необходимо подробно (до категории А или в соответствующих случаях В) изучить несколько участков, характеризующих все особенности строения месторождения и все типы полезного ископаемого.

Комплексность изучения месторождения. Горные породы, используемые для производства строительных материалов, обладают различными свойствами. В зависимости от того, какие свойства изучаются, устанавливается область их промышленного использования. Это обстоятельство предопределяет возможность их нерационального использования.

В практике нередко в качестве бутового камня или щебня используются известняки, отличающиеся чистотой химического состава и являющиеся хорошим флюсовым материалом или сырьем для химического производства. Нередко для изготовления щебня используются изверженные породы, обладающие декоративными свойствами. Задача наиболее рационального использования минерального сырья требует изучения в процессе разведки месторождения всех основных свойств полезного ископаемого и комплексной его оценки.

В стратиграфическом разрезе, к которому приурочено полезное ископаемое, нередко имеются другие породы, которые могут явиться сырьем для данной или другой отрасли промышленности строительных материалов.

Вовлечение в промышленное использование этих пород разреза (особенно если они залегают в кровле полезного ископаемого или образуют внутри его пласты большой мощности) облегчает добычу и снижает стоимость получения основного полезного ископаемого.

Таким образом, комплексная оценка минерального сырья позволяет наиболее правильно определить область его промышленного использования и в ряде случаев улучшить горнотехнические условия. Наряду с этим комплексная оценка требует дополнительных затрат, что приводит к увеличению объемов геологоразведочных работ и снижению их эффективности. При таком положении чрезвычайно важно установить такой объем дополнительных работ, который был бы достаточным для принципиальной оценки возможности комплексного использования полезного ископаемого и в то же время не приводил бы к существенному увеличению затрат на разведку месторождения. Для этого при комплексной оценке полезного ископаемого должны максимально использоваться результаты химических и минералогических анализов, петрографических исследований, физико-механических и технологических испытаний, получен-

ные при изучении сырья по основному назначению. Исходя из имеющихся анализов и испытаний, выполненных для основного назначения, устанавливается соответствие сырья требованиям других отраслей производства по тем показателям, которые являются общими. При этом сразу же исключаются те отрасли, требованиям которых изучаемое полезное ископаемое не удовлетворяет.

Для характеристики сырья по тем показателям, которые не входят в комплекс анализов для основного назначения (если сырье по общим показателям отвечает требованиям ряда отраслей производства), используются результаты анализов и испытаний групповых проб, проведенные по полной программе, а также производятся дополнительные анализы и испытания.

Дополнительный комплекс анализов и испытаний должен производиться лишь в тех случаях, если: 1) сырье непригодно для назначения, но полученные результаты свидетельствуют о возможности его использования для других целей; 2) результаты изучения сырья указывают на возможность более эффективного использования его в отрасли производства, сырье для которого дефицитно в данном районе.

Для комплексной оценки следует применять скоростные и недорогостоящие методы анализов и испытаний, а также использовать зависимость между отдельными свойствами сырья. На рис. 3 приведен пример зависимости временного сопротивления сжатию и объемной массы известняков.

Для установления возможности использования пород вскрыши и залегающих внутри полезной толщи пород, литологически отличных от пород полезной толщи (например, глины среди известняков) и обычно не подвергающихся опробованию и испытаниям, может быть рекомендован следующий порядок.

1. Выделяются прослои, пригодные по своей мощности для селективной обработки.

2. Устанавливается сходство или различие отдельных прослоев между собой и выделяются отдельные их разновидности.

3. Производится макроскопическое описание, позволяющее ориентировочно наметить области возможного их использования (например, глины, лишенные большого количества включений, особенно карбонатных, могут рассматриваться как сырье для производства кирпича, светлые равнотернистые пески — как сырье для изготовления стекла и т. д.). При выборе области применения следует прежде всего ориентироваться на возможность их использования в тех отраслях производства, для которых осуществлялась разведка месторождения. В тех случаях, когда по ориентировочным данным для этих отраслей сырье непригодно, выбор области его

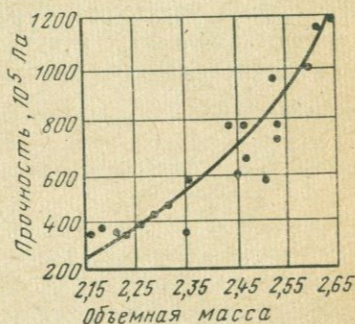


Рис. 3. График зависимости между объемной массой известняка и прочностью. Центральное-Сокское месторождение (по Ф. Н. Корюкину)

применения должен осуществляться исходя из анализа обеспеченности сырьем действующих в районе предприятий, а также перспектив развития отдельных отраслей промышленности.

4. Отбор проб из пород вскрыши и прослоев следует производить по литологическим разновидностям согласно методике, разработанной и изложенной в инструкциях ГКЗ. Количество проб должно быть установлено для каждой разновидности пород.

5. Отобранные пробы должны быть испытаны по программе, соответствующей назначению изучаемого сырья. По результатам исследования проб дается оценка пригодности сырья.

При комплексной оценке месторождений строительных материалов необходимо учитывать «Временные требования к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья», введенные в действие ГКЗ СССР в 1973 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ

Разведка месторождений полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, в большинстве случаев производится скважинами колонкового бурения. Небольшая глубина залегания полезного ископаемого позволяет использовать для бурения скважин легкие, часто самоходные буровые установки. Обычные стационарные буровые станки применяют лишь в том случае, если бурение скважины производится длительное время или в труднодоступных районах. Применение стационарных буровых установок требует значительной затраты времени на монтаж и демонтаж агрегата и вышки при переброске с одной точки на другую. Это снижает коэффициент использования оборудования и удорожает стоимость работ.

Передвижные буровые установки изготавливаются для бурения вертикальных и наклонных скважин.

Самоходная буровая установка СБУД-150-ЗИВ применяется главным образом для вращательного бурения картировочных и геологоразведочных скважин сплошным и кольцевым забоем. Она монтируется на шасси трехосной автомашины ЗИЛ-151 и имеет привод от специально установленного дизеля Д-38Б ($n = 1500$ об/мин), либо от ходового двигателя автомашины. Установка предназначена для бурения скважин глубиной до 150 м при начальном диаметре 130 мм. Коробка передач имеет 5 скоростей. В комплект установки входят два взаимозаменяемых вращателя: шпиндельного типа с рычажно-дифференцированной подачей и роторного типа. Вращатель шпиндельного типа применяют при бурении твердых пород, роторного типа — при бурении мягких и средних пород.

Самоходная буровая установка СБУЭ-150-ЗИВ электрифицирована. Она предназначена для бурения геологоразведочных скважин глубиной 150 м при начальном диаметре 130 мм. Мачта установки позволяет задавать скважины под углом $45-90^\circ$ к горизонту. Вращатель роторного типа — четырехскоростной, подача инструмента — принудительная цепная через ведущую штангу. Все механизмы установки смонтированы на шасси трехосной автомашины ЗИЛ-157 (рис. 4) грузоподъемностью 2,5 т. Двигатель автомашины приводит в действие генератор мощностью 25 кВт, который питает индивидуальные электродвигатели, приводящие в действие ротор (вращатель), лебедку, промывочный насос, механизм подачи и механизм свинчивания и развинчивания. Установка оснащена контрольно-измерительными приборами.

Самоходная буровая установка СБУ-300-ЗИВ предназначена для вращательного бурения разведочных вертикальных скважин глубиной до 300 м. Оборудование и механизмы установки смонтированы на стальной раме сварной конструкции, закрепленной на шасси трехосной автомашины ЯАЗ-210 грузоподъемностью 7 т. Привод

механизмов осуществляется от специального дизеля Д-38Б или двигателя автомашины через редуктор отбора мощности.

Тракторная самоходная буровая установка ТСБУ-300-ЗИВ (рис. 5) предназначена для работы в труднопроходимой местности. Ходовой частью ее служит дизельный трелевочный трактор ТДТ-40. Дорожный просвет трактора равен 540 мм, а ширина колеи 1480 мм. Установка рассчитана на бурение геологоразведочных скважин глубиной до 300 м. Трубчатая складная мачта высотой 13 м позволяет задавать скважины под углом 60—90° к горизонту.

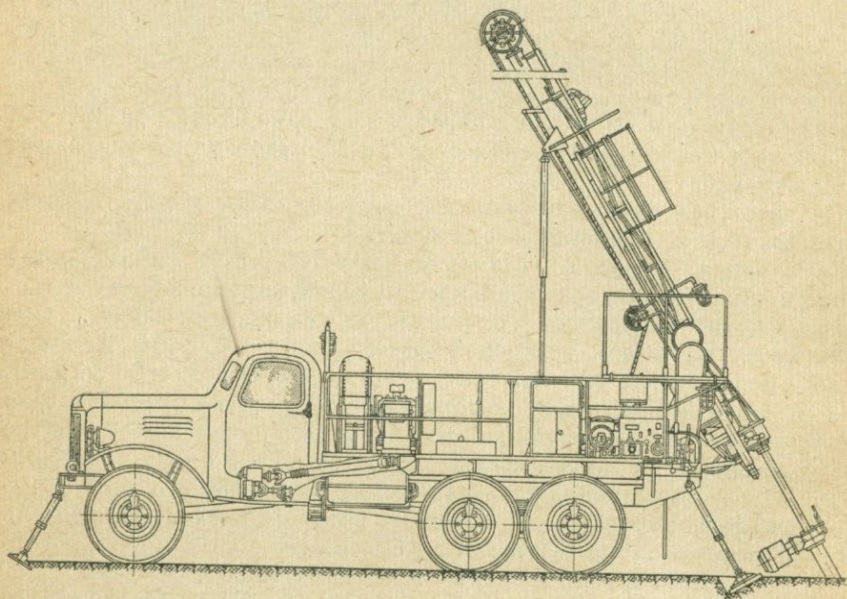


Рис. 4. Самоходная буровая установка СБУЭ-150-ЗИВ

Из стационарных буровых установок для колонкового механического бурения при разведке применяют ЗИВ-150 (для бурения скважин небольшого диаметра до глубины 150 м) и ЗИВ-300 (для бурения скважин глубиной до 300 м с начальным диаметром 130 мм и конечным 59 мм). Описание установки ЗИВ-150 приведено выше. Буровой станок ЗИФ-300 имеет гидравлическую подачу инструмента. Это выгодно отличает его от станков других типов. Гидроподача обеспечивает: 1) равномерность подачи инструмента, высокую точность регулирования нагрузки на забой и возможность наблюдения за этими параметрами по приборам; 2) возможность управления всей системой с помощью рукоятки золотника; 3) повышенную чувствительность приборов при бурении пород различной твердости и возможность фиксировать глубины переходов инструмента из породы одной твердости в породу другой твердости (отбивать контакты); 4) ликвидацию прихвата инструмента с помощью

гидроцилиндров, развивающих значительно большие усилия подъема, чем лебедка станка; 5) регулирование подачи инструмента и давления на него в зависимости от твердости породы за счет скорости протекания жидкости через дроссельное устройство.

Для проходки мягких пород в комплекте агрегата ЗИФ-300 имеется ведущая штанга, позволяющая вести бурение при подаче

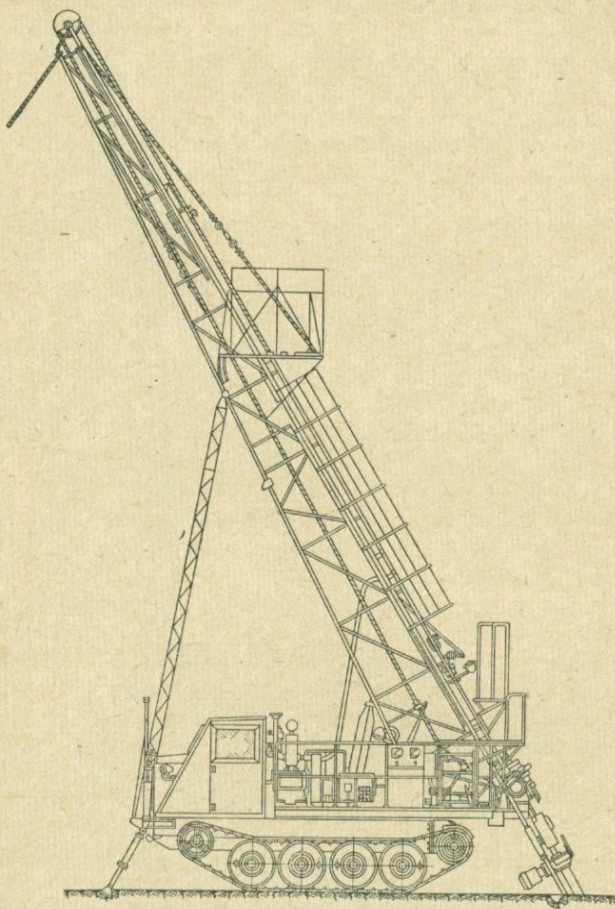


Рис. 5. Установка ТСБУ-300-ЗИВ

инструмента с тормоза лебедки без использования механизма гидроподдачи. Это значительно ускоряет процесс бурения. В настоящее время выпускается модернизированный агрегат ЗИФ-300М1. В нем увеличены скорости вращения шпинделя и подъема крюка, а также применен гидромеханический зажимной патрон и механизм свинчивания и развинчивания.

Кроме того, в этом агрегате увеличена мощность дизельного привода. Агрегат комплектуется насосом НГР-250/50.

При разведке месторождений строительных материалов проходка скважин нередко осуществляется ударным или вращательным способом.

Передвижная буровая установка МРБ-75 предназначена для ударного и вращательного бурения вертикальных скважин на глу-

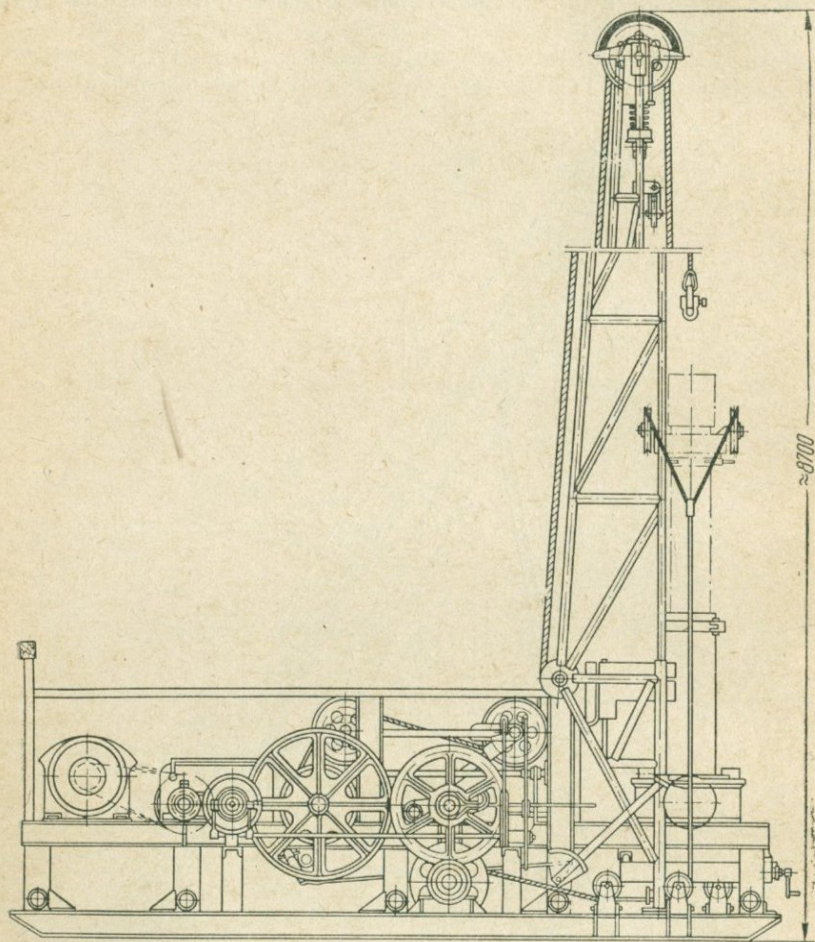


Рис. 6. Буровая установка МРБ-75

бину до 75 м при начальном диаметре 10" (250 мм). Она позволяет одновременно с бурением вести крепление скважин обсадными трубами. В установке предусмотрена механизация рабочих процессов при бурении неустойчивых пород. Общий вид установки приведен на рис. 6.

Установка МРБ-75 позволяет выполнять следующие основные процессы: 1) вращательное бурение без промывки; 2) безнасосное

колонковое бурение; 3) ударно-канатное бурение; 4) крепление скважин обсадными трубами одновременно с ударным бурением. Вращательное бурение скважин ведется в породах мягких и средней твердости. Оно осуществляется спиральными и ложковыми бурами, а также грунтоносами. Ударно-канатное бурение производится буровыми долотами различных типов (рис. 7), а также желонками (рис. 8), стаканами (рис. 9) и другим инструментом из комплекта ручного бурения.

Применение спиральных и ложковых буров не обеспечивает высокой производительности и качества работ. Для повышения эффективности бурения и отбора керна М. М. Андреевым разработан бур-грунтонос (рис. 10). Этот бур разрушает породу забоя по кольцевому пространству, оставляя в центре столбик породы с ненарушенной структурой.

Передвижная буровая установка А. М. Копачева БУК-75 (рис. 11) предназначена для бурения скважин глубиной до 75 м различными способами. Вращательное бурение с помощью установки БУК-75 отличается от обычного вращательного бурения тем, что буровые наконечники опускаются в скважину не на штангах, а на канате, и вращение их производят обсадными трубами. Вращение бурового наконечника может сопровождаться ударами по нему. Ударное бурение желонками и грунтоносами, а также забивка труб производятся при помощи фрикционной лебедки ударного механизма. Начальный диаметр бурения равен 250 мм.

В СКБ научно-производственного объединения «Геотехника» создана буровая установка УКБ-50/100, принятая к серийному производству. Предназначена она для бурения с поверхности вертикальных и наклонных скважин глубиной до 100 м. Установка смонтирована на саях и включает буровой станок с электрическим приводом, буровой насос, мачту, трубооборот, элеватор, электрооборудование, укрытие; подача снаряда, перекрепление патрона, подъем мачты, привод трубооборота гидрофицированы. Начальный диаметр бурения 132 мм, конечный 46 мм, угол бурения 70—90°.

В последние годы научно-исследовательскими институтами и конструкторскими бюро разработан ряд новых эффективных видов бурового оборудования для бурения мелких картировочных, структурных и разведочных скважин: УБР-2, БУУ-2, базовая модель установки УКБ 12/25. Применение этих установок позволит заменить ручное бурение при разведке месторождений строительных материалов и существенно повысить технико-экономические показатели буровых работ.

В последнее время появились случаи разведки месторождений с помощью шнекового бурения. Преимущества его (в мягких породах) заключаются в большей скорости углубки, непрерывной транспортировке породы без подъема бурового снаряда и в возможности бурения без промывки. Однако имеют место и следующие недостатки: измельчение и перемешивание породы при транспортировке ее на поверхность, затрудняющие ведение геологической документации

и опробования, а также значительная мощность, расходуемая на вращение буровой колонны и на трение ее о стенки скважин. Поэтому шнековое бурение обычно применяют для проходки мелких скважин при разведке суглинков и глин, на сейсморазведке и при инженерно-геологических изысканиях.

Шнековое бурение при поисках и разведке описываемого сырья применяется также для отбора полузаводских проб глин путем проходки куста скважин вместо шурфа.

Выбор способа бурения и типа бурового станка зависит от целевого назначения буровой скважины, геологического разреза и глубины бурения. Проектную конструкцию скважины намечают с учетом цели бурения и направления скважин, а также требуемого конечного диаметра, глубины бурения и физико-механических свойств пород.

При разведке месторождений строительных материалов конечный диаметр определяют из расчета отбора проб нужной массы с каждого метра скважин. Опыт разведки показывает, что конечный диаметр скважины в значительной мере зависит от типа полезного ископаемого, твердости пород, способа бурения и типов породоразрушающих инструментов. При сложном геологическом строении или плохой изученности геологического разреза (что обычно бывает в начальной стадии поисковых работ) конечный диаметр скважин обычно оставляют запасным и всю конструкцию скважин увеличивают на один смежный диаметр. Во всех случаях необходимо стремиться к выбору наиболее

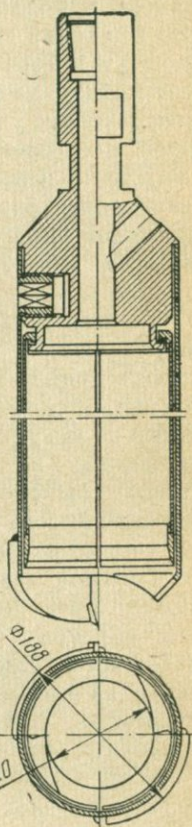
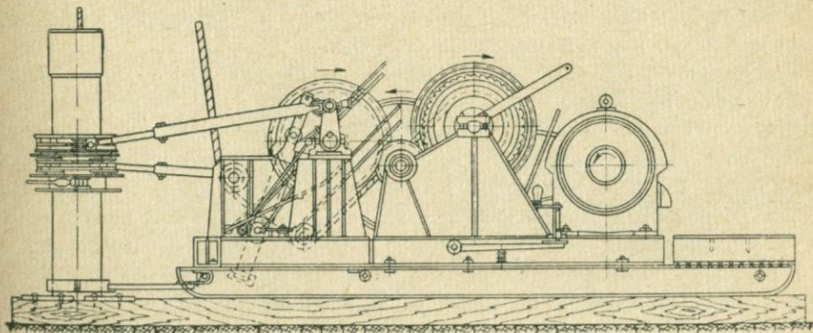


Рис. 10. Бур-грунтонос М. М. Андреева

Рис. 11. Буровая установка БУК-75



простой малоступенчатой конструкции скважин с применением минимального количества колонн обсадных труб. Это облегчает бурение скважин, значительно сокращает набор инструментов и расход обсадных труб, а также снижает стоимость работ. Не менее важное значение имеет и выбор породоразрушающего инструмента, а также рационального технологического режима бурения каждого слоя, подбора промывочной жидкости и схемы спуска и подъема бурового инструмента. Все это указывает на то, что проходка скважин должна производиться при непосредственном участии и контроле со стороны геологов, руководящих разведочными или поисковыми работами. Особое внимание геологи должны уделять обеспечению углубки скважин в заданных направлениях и отбору проб по полезному ископаемому.

Для повышения выхода керна в последнее время применяются эжекторные снаряды. Хороший эффект дало применение эжекторных снарядов типа ОЭС-57 и ОЭС-73 при разведке пегматитов месторождения Хето-Ламбино. Керн при этом поднимался практически полностью.

Горноразведочные выработки применяются в меньших объемах, чем буровые скважины. Поскольку разработка месторождений строительных материалов осуществляется в большинстве случаев открытым способом, пройденные в процессе разведки горные выработки не могут в дальнейшем использоваться ни в качестве эксплуатационных, ни в качестве вентиляционных. Временный характер горных выработок предопределяет небольшое их сечение и применение простых способов крепления, обеспечивающих поддержание их только на время проходки, опробования и документации.

При поисках и разведке месторождений строительных материалов обычно проходят каналы, расчистки, шурфы, резе штольни и опытные карьеры. Каналы проходятся при поисках и разведке крутопадающих толщ, при непосредственном выходе полезного ископаемого на поверхность или под четвертичные отложения небольшой мощности. Вскрывая полезную толщу вкрест простирания они позволяют произвести его детальное изучение и опробование при условии достаточной их углубки в коренные, неизменные породы. В ряде случаев каналы вскрывают выветрелые, сильно измененные породы, вследствие чего по ним не всегда можно установить действительную мощность вскрышных пород, их строение и качество, а также истинные элементы залегания.

Различают следующие каналы: магистральные, проходимые вкрест простирания пород или целых толщ для получения непрерывного разреза, и прослеживающие, проходимые для прослеживания отдельных залежей полезного ископаемого или отдельных горизонтов по простиранию. Глубина каналов обычно не превышает 2,5—3 м, размеры их составляют 0,7—1,0 м в верхней части и 0,5—0,6 м у основания. Крепление их, как правило, не производится.

При проходке разведочных каналов применяется метод выемки горной массы взрывом на выброс. В ряде организаций механизированная проходка каналов производится бульдозером и экскаваторами.

С помощью этих методов выполняется около 70% объема канавных работ. Проходка канав методом взрыва на выброс в ближайшее время сохранит свое ведущее положение. Однако его технология непрерывно совершенствуется. Для бурения шпуров при проходке канав создан мотобур М-1, серийно выпускаются электросверла и мотобуры Д-10, начато производство мотоперфораторов «Смена».

В большинстве геологических организаций буровзрывные работы при проходке канав осуществляются без предварительного расчета параметров и рационального выбора взрывчатых веществ, что приводит к невысоким показателям проходки канав. В настоящее время ЦНИГРИ разработаны типовые паспорта буровзрывных работ и сечения канав, технологически обосновывающие нормы расхода взрывчатых веществ, использование которых улучшит экономические показатели канавных работ.

Расчистки проходятся на крутых склонах для удаления выветрелых пород с поверхности полезного ископаемого перед его документацией и опробованием.

Шурфы проходятся с различной целью и на разную глубину. При глубине их до 10 м они считаются мелкими и имеют сечение $1 \times 1,5$ — 1×2 м. Глубокие шурфы обычно проходятся до глубины 30—40 м. Шурфы имеют известное преимущество перед скважинами. Они позволяют наблюдать толщи пород непосредственно в стенках и забое выработок, а также отбирать крупные пробы. Проходка шурфов необходима при разведке месторождений со сложным разрезом в тех случаях, когда скважины не могут дать, вследствие неполноты выхода керна, достоверных показателей о мощности отдельных слоев и качестве пород. Шурфы обязательно должны проходиться при разведке месторождений песчано-гравийных пород с целью установления фракционного состава гравия и определения количества валунов. В твердых устойчивых породах шурфы проходятся без крепления. При разведке рыхлых, слабо устойчивых пород крепление шурфов обязательно. При относительной устойчивости пород крепление осуществляется по мере углубления выработки через каждый 1 м. Если же порода легко осыпается, то для обеспечения безопасности работ крепление выработок производится вслед за проходкой через каждые 0,25 м. Существуют различные виды крепления: сплошное срубное, венцами на бабках, распорами с затяжкой, шпунтовое и т. д.

Применение указанных видов крепления связано с затратой времени на изготовление крепи и ее установку. Более эффективной в условиях неустойчивых пород является проходка дудок с применением каркасного или кольцевого способа крепления, заранее заготавливаемого. Кольцевое крепление представляет собой ряд цилиндров различных диаметров и высоты. Диаметры отдельных цилиндров рассчитаны так, чтобы при креплении шурфов каждый последующий цилиндр свободно входил в предыдущий (рис. 12). Диаметр цилиндров выбирается таким образом, чтобы при указанном способе крепления обеспечить достижение заданной глубины. Для спуска и подъема кольцевого крепления применяют обычный

ворот или копер. Проходка шурфов с применением кольцевого крепления производится вдвое быстрее, чем предусмотрено едиными нормами проходки и крепления обычных шурфов.

Проходка шурфов относится к наименее механизированным операциям при геологоразведочных работах. На ручную проходку шурфов приходится около 80% от общего объема их проходки; в остальных случаях механизированы только отдельные операции проходческого цикла.

В последние годы производственные, конструкторские и научно-исследовательские организации уделяют большое внимание механизации проходки шурфов: создан комплекс шурфопроходческих механизмов КМШ-ВИТР для проходки шурфов горным способом, шурфопроходческий кран КШ-1М и механизированный подъемник ПМШ-ЦНИГРИ, винтовой проходческий насос ПВН-15, вентиляционная установка СВУ-78.

Проходка шурфов в рыхлых отложениях все чаще заменяется бурением скважин большого диаметра. Щигровским заводом геологоразведочного оборудования выпускается специализированная буровая установка ЛБУ-50, предназначенная для бурения скважин диаметром 750 и 1050 мм глубиной до 20 м. Буровая установка имеет цилиндрически-коническую форму, спуск и подъем которого осуществляется без разбора колонн бурильных труб. Сменная производительность установки равна 5—8 м.

В СКБ Щигровского завода изготовлен шнековый бур, испытания

которого показали, что механическая скорость бурения им в 2—2,5 раза выше, чем цилиндрическим и составляет 4—5 м/ч.

Скважины большого диаметра с помощью установки ЛБУ-50 можно бурить в песчаных и глинистых породах с включением щебня и валунов размером в поперечнике до 100 мм.

Кафедрой горного дела МГРИ совместно с производственными организациями сконструирована опытная партия универсальной крепи для шурфов круглого сечения. Крепь состоит из набора стеклопластиковых колец, вставляющихся одно в другое на глубину 10 см.

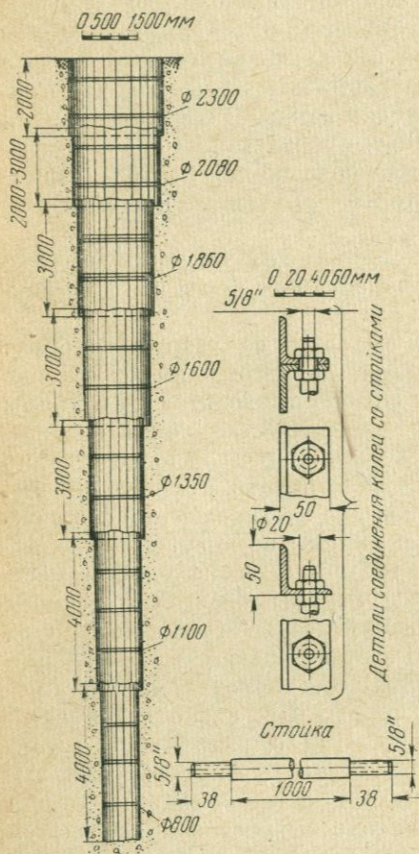


Рис. 12. Каркасное крепление разведочных шурфов круглого сечения (по Б. Я. Рамзесу)

Толщина кольца равна 6—8 мм, высота 1000 мм, масса около 40 кг. Кольца имеют разрез, благодаря которому можно изменять диаметр крепи от 650 до 1230 мм.

Время монтажа крепи 10-метрового шурфа 20—30 м, крепь извлекается из шурфа за 15—20 м.

Для проходки скважин большого диаметра по песчаным и песчано-гравийным отложениям разработана также самоходная буровая установка УБСР-25 на базе трелевочного трактора ТДТ-75, предназначенная для бурения скважин диаметром 700 мм.

При разведке месторождений строительных материалов штольни проходятся редко. Они могут быть заданы при разведке крутопадающих толщ. При пологом падении пластов могут проходиться наклонные штольни-уклоны. В этих случаях они необходимы для отбора крупных проб и определения выхода товарной продукции. Длина штолен достигает иногда 400 м и более. Сечение штолен — прямоугольное или трапецидальное. Размеры сечений следующие: высота 1,8—2,0 м, ширина (средняя) 1,4—1,8 м.

Опытные карьеры закладываются в целях отбора крупных технологических проб и установления выхода товарной продукции при разведке месторождений минерального сырья, используемого в качестве облицовочного, стенового и другого штучного камня. Размеры опытных карьеров определяются объемом той горной массы, которая необходима для указанных целей. Важно, чтобы карьер вскрыл все разновидности изучаемых пород. Опытная добыча полезного ископаемого производится способом, близким к тому, каким будет разрабатываться месторождение.

Применение взрывных работ при опытной добыче блочного камня категорически запрещено. Добыча блоков производится или ручным буро-клиновым способом или механизированным. Для нарезки уступов и вырезки крупных блоков на месторождениях карбонатных пород, туфов и других пород, характеризующихся удовлетворительной пилимостью, успешно используются камнерезные машины, в частности СМ-177А. На месторождениях изверженных пород опытная добыча блоков иногда производится огневым способом (термическим). Для этого обычно используют бензовоздушные горелки ТВ-5.

ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОПРОБОВАНИЕ

Документация. Все разведочные выработки, пройденные на месторождении, а также имеющиеся естественные и искусственные обнажения и карьеры должны быть задокументированы. Геологическая документация должна обеспечить накопление данных, необходимых для установления путем их сопоставления и обобщения геологического строения месторождения, формы и внутреннего строения залежей полезного ископаемого, пространственного распределения отдельных сортов и разновидностей минерального сырья, пустых пород и других элементов, определяющих промышленную ценность месторождения и обуславливающих методику его изучения.

Документация заключается в описании, зарисовках и фотографировании обнажений, а также разведочных и эксплуатационных выработок. Производиться она должна с учетом назначения сырья и основываться на тщательном литологическом, петрографическом и структурном изучении пород, слагающих месторождение.

Круг вопросов, которым должно быть уделено максимальное внимание при документации, определяется типом месторождения, характером сырья и предполагаемой областью его использования.

На месторождениях осадочного происхождения при документации особое внимание следует уделить литологическому изучению пород: определению и описанию пород с указанием их цвета, физического состояния, состава, структуры, текстуры, явлений вторичного изменения и выветривания. При этом, учитывая намечаемую область использования пород, особенно тщательно рекомендуется описывать те признаки, которые влияют на их оценку как сырья для этого назначения.

Толщу осадочных пород с нормальной слоистостью следует по макроскопическим признакам разделить на слои и пачки в стратиграфической последовательности; каждому слою или пачке присвоить буквенный или цифровой индекс, который представляется в описании разреза, в журнале опробования, на колонках, разрезе и карте месторождения. Разрезы разведочных и эксплуатационных выработок и обнажений рекомендуется сопоставить и увязать друг с другом; слой, вскрытый в нескольких пунктах, должен быть маркирован одним и тем же индексом.

Толщи неслоистых массивных пород следует расчленить на разновидности по литологическим и фаціальным признакам. Детальная литологическая характеристика и маркировка слоев при документации помогает разделить сырье на природные типы, которым обычно соответствуют определенные химические, физические и технические свойства. На основе литологического изучения разрабатывается рациональная схема опробования месторождения.

Существенное влияние на промышленную оценку месторождений строительных материалов оказывают трещиноватость, кливаж и другие проявления тектонических процессов.

С распределением и направлением систем трещин связаны размеры и формы отдельности, что в свою очередь определяет габариты, форму и выход штучного камня из горной массы, а также выбор системы разработки месторождения и рациональное продвижение забоя. Последнее особенно важно для месторождений облицовочного и стенового камня. Трещины в породах могут быть зияющими или заполненными рыхлым или плотным материалом, что сказывается на условиях обогащения полезного ископаемого, а также на скорости фильтрации подземных вод. По трещинам часто наблюдаются ожелезнение, следы скольжения, брекчии трения. Трещиноватость изучается путем замера азимутов и углов падения трещин.

Для обоснования выводов о размерах и форме отдельностей подсчитывается число трещин, приходящееся на каждые 5—20 м в направлении простираания системы трещиноватости, в пределах каждого слоя.

Результаты наблюдений наносятся на диаграммы трещиноватости и отражаются в соответствующих таблицах.

При геологическом анализе трещиноватости следует установить сопряженность между системами трещин, связи между трещиноватостью и тектоникой месторождения, зависимости интенсивности трещиноватости от литологического состава, структуры и мощности пород, а также степени их выветрелости.

При документации следует тщательно отмечать наличие в полезной толще пачек, слоев и прослоев некондиционных и пустых пород, так как они существенно влияют на горнотехнические условия разработки месторождения. Многочисленные тонкие прослои пустых пород могут обусловить необходимость обогащения сырья.

При документации нужно изучать и фиксировать явления выветривания. Процессы выветривания приводят к механическому и физическому разрушению пород, слагающих месторождение.

Карстовые явления, морфология карста, закономерности его распределения, гипсометрическое положение, литологический состав заполнений, стадия развития, возраст и происхождение должны быть предметом особого внимания при документации карбонатных и гипсоносных толщ. При документации необходимо определить объем карстовых полостей. Обязательны масштабные зарисовки.

Карстовые заполнения, вскрытые скважинами, необходимо вовремя распознать и правильно интерпретировать, с тем чтобы не спутать карстовое заполнение с прослоем глины в полезном ископаемом.

Карст может обнаруживать избирательную приуроченность к зонам тектонических нарушений, интенсивной трещиноватости, резко выраженной слоистости, а также к определенным слоям карбонатных или гипсоносных пород, в частности к известнякам. Для сильно закарстованных месторождений нужно составлять специальные карты, на которые наносятся все карстопроявления.

При документации магматических пород особое внимание следует уделять петрографическому составу, структуре и текстуре, а также трещиноватости, отдельности и характеру выветривания. Рекомендуется дать обстоятельную характеристику всех разновидностей пород полезной толщи, а также включений, жил и даек.

При документации скважин необходимо правильно устанавливать процент выхода керна по каждому интервалу его подъема, фиксировать его физическое состояние и отдельно определять процент выхода столбиков ненарушенного керна длиной, соответствующей минимальной длине блоков облицовочного или стенового камня.

В процессе документации разведочных выработок на зарисовках и в описании необходимо указывать места отбора проб, указывая цели испытаний и места отбора образцов для изготовления шлифов. Полезно составлять планы опробования, на которых условными знаками следует выделять точки отбора проб и образцов для каждого вида анализов и испытаний.

Большое внимание должно быть уделено документации карьеров, особенно действующих. Документация карьеров позволяет проследить поведение полезного ископаемого по мере продвижения фронта карьера и установить закономерности изменения мощности, качества, степени трещиноватости, закарстованности на сравнительно коротких расстояниях, чего нельзя достичь разведочными выработками. При наличии на площади месторождения карьеров они должны быть задокументированы по всему доступному для документации фронту карьера. Крайне желательно документацию карьера производить не разово, а по мере продвижения его забоя на каждые 10—20 м. При документации карьера, помимо общих факторов, документируемых во всех разведочных выработках, необходимо указывать выход товарной продукции, ее качество. Результаты документации необходимо сопоставить с данными геологоразведочных работ, на базе которых осуществлялось проектирование карьера.

При этом должны быть сопоставлены мощности полезного ископаемого, его запасы, качество, степень трещиноватости, закарстованности и другие показатели, характеризующие месторождение. Необходимо построить сопоставительные разрезы по данным разведки и по данным эксплуатации.

Первичная геологическая документация ведется по унифицированным формам, утвержденным Министерством геологии СССР. Эти формы являются обязательными для всех организаций, ведущих геологические работы на территории СССР, независимо от их ведомственной подчиненности и источников финансирования. Документация по унифицированным формам позволяет производить ее более полно и однотипно, что облегчает обработку на вычислительных машинах.

В целях обеспечения достоверности и качества первичной геологической документации необходимо проверять ее правильность и соответствие натуре. Проверка должна производиться отделами геологического контроля или методическими комиссиями при глав-

ном геологе систематически на достаточно большом объеме (не менее 30% всего объема документации). Результаты сопоставления документации с натурой оформляются актом, в котором должен быть указан объем сличения, соответствие документации натуре, допущенные ошибки при документации, оценка ее качества и рекомендация по улучшению.

Акты проверки и сличения документации не могут быть заменены актами приема первичной документации, что в практической деятельности встречается нередко. Приложение актов проверки и сличения документации с натурой к отчетам, представляемым на рассмотрение ГКЗ СССР или ТКЗ Мингео СССР, обязательно. При отсутствии акта отчеты указанными организациями к рассмотрению не принимаются.

Опробование. Ценность сырья определяется его минеральным и химическим составом, а также физическими, техническими и технологическими свойствами. К горным породам, используемым промышленностью строительных материалов, предъявляются различные требования в зависимости от их вида и области применения. Это обстоятельство обуславливает разнообразие видов опробования и методов испытания отобранных проб. Однако все пробы независимо от их вида и метода отбора должны удовлетворять одному требованию: они должны обладать всеми свойствами полезного ископаемого, массу которого они представляют.

Поскольку использование даже одного и того же вида минерального сырья в промышленности строительных материалов довольно многообразно, а каждое направление требует выявления разных свойств полезного ископаемого, способ взятия пробы должен обеспечивать сохранение в ней тех свойств, на которые она будет испытываться. Если при этом способе не обеспечивается сохранение других свойств, также необходимых для характеристики сырья, рекомендуется отобрать другие пробы таким способом, при котором сохраняются именно эти свойства.

Виды опробования и способы отбора проб. Применяемое на месторождениях опробование в зависимости от характера исследования проб можно подразделить на химическое, минералогическое, техническое и технологическое.

Химическое опробование производится с целью определения химического состава полезного ископаемого, содержания в нем полезных компонентов и вредных примесей. Оно служит основным видом опробования на тех месторождениях, где качество сырья определяется химическим его составом (цементное, стекольное, керамическое и пр.).

Минералогическое опробование осуществляется для установления минерального и петрографического состава полезного ископаемого. Оно обычно сопровождает химическое опробование, но в некоторых случаях является самостоятельным видом (каменно-строительные материалы). В некоторых случаях минералогическое опробование предшествует химическому и техническому, так как иногда в зависимости от минералогического состава полезного ископаемого

изменяются показатели, на которые должно изучаться полезное ископаемое (например, глины).

Техническое опробование производят для тех полезных ископаемых, качество которых определяется физико-механическими свойствами. Оно широко применяется на месторождениях каменно-строительных материалов, песка и гравия, керамических глин и т. д.

Технологическое опробование производится с целью изучения способов переработки полезных ископаемых, установления наиболее рациональных схем и режимов технологического процесса.

Различное назначение проб в значительной мере определяет и способ их отбора. Кроме того, на способ отбора проб влияют структура и текстура полезного ископаемого, крупность зерен, его слагающих и равномерность распределения полезных и вредных компонентов.

В зависимости от способа отбора проб различают опробование штупное, бороздовое, задириковое и валовое.

Штупное опробование заключается в отборе в разведочной выработке или естественном обнажении по определенной системе кусков (штупов) типичных разновидностей полезного ископаемого. Штупное опробование применяется для ориентировочной оценки качества полезного ископаемого в начальный период поисковых работ. Оно широко используется для определения технических свойств полезного ископаемого, его минералогического и петрографического состава.

Бороздовое опробование является наиболее распространенным способом. Оно заключается в вырубке полезного ископаемого бороздой прямоугольного сечения. Бороздовая проба отбирается на всю мощность залежи при однородном строении залежи и значительной ее мощности (до 2—3 м), а при большой мощности залежи или сложном ее строении отбираются секционные пробы. Последние обычно отбираются равными интервалами (если строение залежи равномерное) или по отдельным слоям (если оно неравномерное). В последнем случае секционные пробы объединяются в послойные, которые характеризуют качество отдельного слоя.

Бороздовые пробы отбираются главным образом для химических анализов. Размер борозды зависит от характера распределения полезных и вредных компонентов и обычно для месторождений строительных материалов составляет 10×5 — 10×3 см. При отборе проб направление борозды должно совпадать с направлением наибольшей изменчивости полезного ископаемого в залежи, которое обычно совпадает с линией истинной мощности последней. Бороздовые пробы должны характеризовать залежь на всю ее мощность без каких-либо перерывов в опробовании. Появившиеся в последнее время случаи применения так называемого пунктирного опробования (рис. 13) нельзя признать обоснованными. Даже при выдержанном качестве полезного ископаемого необходимо отбирать пробы сплошной бороздой, без перерывов. Чтобы уменьшить трудоемкость процесса отбора, целесообразно отбирать пробы меньшего сечения и большей длины.

Задирковый способ отбора проб заключается в отбойке ровного слоя полезного ископаемого по всей обнаженной его части. Глубина задирки принимается чаще всего равной 3—5 см, редко 10 см. При разведке месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов этот способ применяется крайне редко, в основном при опробовании маломощных пегматитовых жил.

Валовое опробование заключается в том, что вся масса полезного ископаемого, добываемая при движении забоя выработки, поступает в пробу. Этим способом отбираются пробы большого веса (до 10 т). Валовые пробы используются главным образом для производства технологических испытаний. Валовое опробование является также

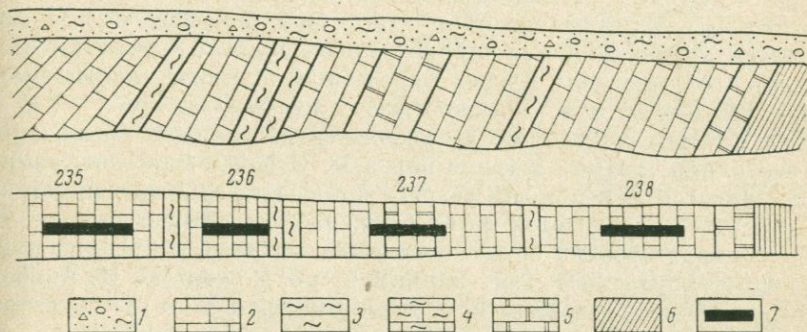


Рис. 13. Пунктирно-выборочное опробование:

1 — почвенно-растительный слой; 2 — известняки; 3 — глины; 4 — мергель; 5 — доломиты; 6 — сланцы; 7 — проба и ее номер

одним из основных видов опробования при поисках и разведке песчано-гравийных месторождений.

Во многих руководствах по опробованию (Альбов, 1965, Якжин, 1954) приводится описание точечного, горстегового и шпурового методов опробования. Эти методы резко снижают представительность проб, дают неполноценную характеристику сырья и поэтому не рекомендуются для практического использования при поисках и разведке. В некоторых случаях они могут применяться для опробования готовой товарной продукции.

Опробование при колонковом бурении скважин производится по керну. После каждого подъема керн полезного ископаемого в последовательном порядке укладывается в керновый ящик. Затем производятся замер выхода керна, а также описание и составление детального разреза залежи. В зависимости от ее мощности и строения отбираются секционные пробы или одна проба на всю мощность залежи, как это было указано при описании бороздового опробования. При химическом опробовании керн обычно раскалывается по длинной оси на две части, одна из которых идет в пробу, а другая в дубликат. Для производства технических испытаний на сжатие и раздавливание отбирают штупы ненарушенного керна. Если требуется одновременно произвести химические анализы и физико-

механические испытания, то химическая проба отбирается небольшой бороздой в стенке керна.

При ударно-канатном бурении пробой является буровая грязь, поднимаемая с забоя. На месторождениях кирпичных глин, песков и гравия отбор проб обычно производят змеевиком, по глинистым породам — ложкой, а по супесчаным, сыпучим и пльвунным породам — желонкой.

Техника отбора штучных проб проста и не требует никаких специальных технических средств. Заключается она в выкалывании образца требуемого размера. Не представляет сложности и техника отбора валовых проб. Наиболее трудоемким является процесс отбора бороздовых и задириковых проб. При разведке месторождений строительных материалов отбор этих проб большей частью производится вручную. Перед отбором пробы кровля выработки освобождается от нависших кусков породы или полезного ископаемого, стенки выработок или плоскость забоя выравниваются.

При помощи рейки и мела проводятся две параллельные линии на расстоянии, равном ширине борозды. Отбойка бороздовых проб осуществляется при помощи острого кайла или зубила с молотком. Добытая проба собирается на брезент, расстилаемый в месте отбора пробы. Ручная отбойка бороздовых проб, особенно в крепких породах весьма трудоемка. Так, например, по данным М. Н. Альбова (1965), для борозд сечением 10×5 см в породах VI—VII категорий норма выработки составляет 6 м в смену, а в породах XII категории — всего 2 м. В нашей стране и за рубежом проводились работы по механизации отбойки бороздовых проб. Механизация пробоотбора при разведке месторождений целесообразна при больших масштабах его, когда требуется отбор значительного количества бороздовых проб в крепких породах и породах средней крепости.

При ручном бурении пробы берутся змеевиком, ложкой или желонкой, в зависимости от физических свойств пород. После извлечения из скважины буровой инструмент устанавливается на широкую доску или деревянный щит и тщательно очищается от материала. Пробы из скважины раскладываются кучками на щите в последовательном порядке. После сушки на воздухе часть материала помещается в качестве образца в плоские деревянные ящики с квадратными клетками для каждого образца. Остальной материал пробы после предварительного измельчения и сокращения ссыпают в пробные мешки и отправляют в лабораторию на анализ.

Опробование скважин механического ударного бурения производится с помощью долота и желонки. Многократные удары долота и желонки хорошо перемешивают отбитую в забое скважин породу, поэтому извлекаемый буровой шлам представляет собой обычно достаточно однородный материал. Извлеченную из скважины желонку со шламом разгружают в специальный ящик размером 60×80 и высотой 50 см. Пробу шлама для химического анализа отбирают из ящика при помощи специального пробоотборника.

Опробование керна буровых скважин чаще всего производят путем раскалывания керна на две половины вдоль длинной оси его —

вручную или с помощью керноколов. При большом объеме опробовательских работ целесообразнее иметь гидравлический кернокол. Он предназначен для продольного и поперечного раскалывания керна диаметром от 50 до 130 мм всех категорий пород. В тех случаях, когда образцы керна подвергаются физико-механическим испытаниям и одновременно химическому анализу, для последнего отбирают пробу в виде борозды малого сечения, вырезанную вдоль оси керна. Борозду выбивают или вручную (зубилом и молотком), или с помощью вращающейся дисковой фразы на специальном станке. При опробовании керна необходимым условием является отбор в пробу равного количества материала от всех кусков керна, в том числе и от мелких, имеющих неправильную форму. При расколке керна образуется мелочь, которая также должна собираться и делиться на две равные части (по массе). Одна часть идет в пробу, а другая в дубликат.

Обработка проб. Отобранные в горных выработках и буровых скважинах пробы обычно до передачи на анализы и испытания подвергаются обработке.

Начальная масса проб, отбираемых для проведения химических анализов, колеблется в широких пределах, но, как правило, измеряется килограммами или даже десятками килограммов. Для химического же анализа требуется навеска в десятки граммов. Наибольший диаметр в пробе начальной массы может достигать 50 и даже 100 мм. Диаметр частиц пробы, сдаваемой в химическую лабораторию, не должен превышать 0,2 мм и обычно равен 0,1 мм. Эти обстоятельства и обуславливают необходимость обработки проб. Техника обработки химических проб состоит из четырех операций: 1) дробления и измельчения; 2) грохочения или просеивания; 3) перемешивания и 4) сокращения.

В зависимости от крупности материала различают процессы дробления (до 10 мм) и измельчения (от 10 до 1 мм). Дробление и измельчение может быть ручным и механическим. Ручное дробление и измельчение применяются в полевых условиях при небольшом объеме опробовательских работ. Для ручного истирания проб применяются металлические, фарфоровые и яшмовые ступки различных размеров. При выборе материала, из которого изготовлены ступы, следует учитывать перечень компонентов, на которые будут исследоваться пробы. Например, нельзя применять железные ступы и песты при подготовке к анализу проб стекольных песков, огнеупорных и тугоплавких глин для керамики, а также каолинов, оценка которых в значительной мере определяется содержанием в них железа, так как при дроблении и истирании песков в железных ступах будет происходить обогащение песков железом за счет самих ступ. При подготовке проб для анализа на кремнезем не следует применять яшмовые ступы и т. д.

Механическое дробление проб производят с помощью лабораторной щековой (рис. 14) или молотковой (рис. 15) дробилки. Для тонкого измельчения проб применяются шаровые мельницы, дисковые и вибрационные истиратели (рис. 16).

Грохочение, или просеивание представляет собой процесс разделения измельченной пробы на классы по крупности частиц. Это разделение производят на ручных или механических грохотах.

Чтобы обеспечить равномерность состава пробы, измельченной до требуемых размеров кусков, производят ее перемешивание, которое осуществляют простым перелопачиванием или по способу кольца и конуса.

Перелопачивание — это наиболее простой способ перемешивания проб. Он применим при большом начальном объеме пробы (в несколько сотен килограммов) при крупности кусков до 100 мм. Сущность его заключается в том, что проба несколько раз перебрасывается лопатами из одной кучи в другую.

Перемешивание по способу кольца и конуса заключается в том, что материал пробы насыпают на площадку или стол в виде правильного конуса. Затем конус разравнивают в кольцо, постепенно надавливая на него деревянной доской или металлической пластинкой и вращая ее вокруг оси конуса. Когда доска дойдет до плоскости стола, весь материал пробы расположится в виде кольца (рис. 17), откуда его совком снова сбрасывают в конус, а затем вновь разворачивают в кольцо. Эту операцию

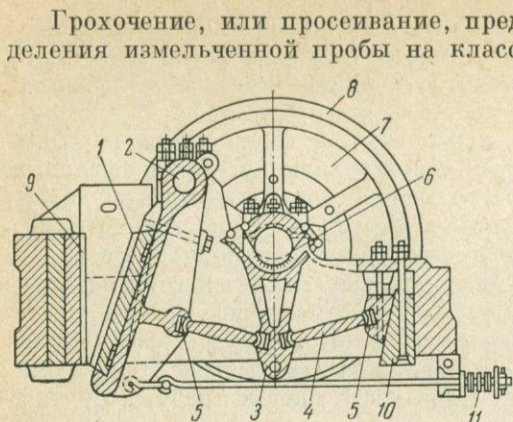


Рис. 14. Лабораторная щековая дробилка (по М. Н. Альбову):

1 — подвижные щеки; 2 — горизонтальная ось; 3 — шатун; 4 — распорные рычаги; 5 — вкладыши; 6 — эксцентрики рабочего вала; 7 — шкив; 8 — маховик; 9 — неподвижные щеки; 10 — клин; 11 — болт с контргайкой

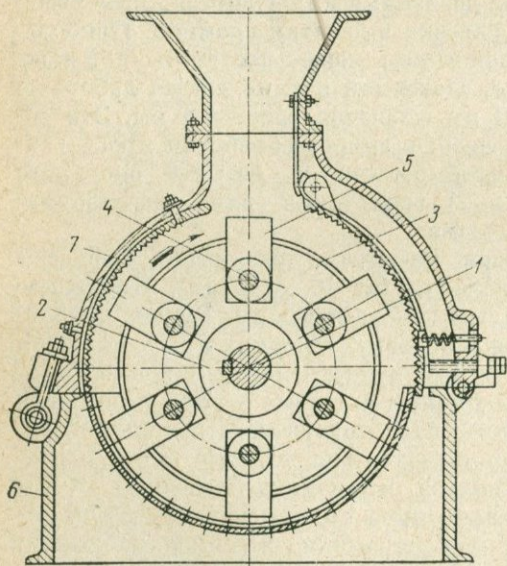


Рис. 15. Молотковая дробилка ДМ-300 (по И. Л. Бодякину):

1 — вал; 2 — ротор; 3 — диски; 4 — болты; 5 — молотки; 6 — разъемная станина; 7 — футеровочные плиты

повторяют два — три раза. В практике иногда перемешивание производят на клеенке, брезенте или другом гибком материале путем многократного перекачивания из одного угла в другой

предварительно насыпанного на нее материала пробы. Такой метод не рекомендуется применять, так как (вследствие неоднородности материала пробы по размеру зерен и плотности) не всегда удается получить полностью однородный материал.

Наиболее ответственной операцией обработки проб является сокращение. Прежде чем приступить к нему, необходимо знать, что разделяемый на две части материал полностью однороден по своему составу. Широко распространенным способом сокращения проб является квартование. Материал пробы (при сокращении

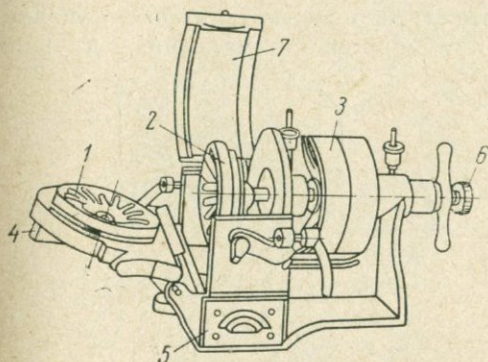
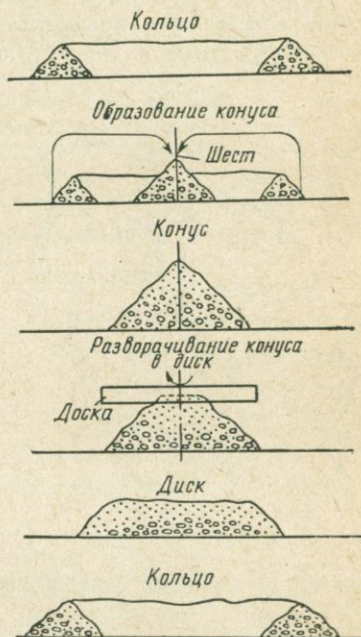


Рис. 16. Дискový истиратель (по М. Н. Альбову):

1 — неподвижный диск; 2 — вращающийся диск; 3 — шкив; 4 — загрузочная воронка; 5 — приемная коробка; 6 — установочный винт; 7 — кожух

Рис. 17. Перемешивание пробы по способу кольца и конуса (по М. Ф. Локонову)



по этому способу) разравнивают на столе в виде диска, затем при помощи линейки или крестовины делят диск на четыре сектора (рис. 18). Материал двух секторов, расположенных друг против друга, выбрасывают, а два других отбирают в пробу. Более точные результаты дает сокращение проб желобковым делителем (рис. 19).

Перечисленные операции обработки проб повторяются неоднократно. Для правильного проведения обработки необходимо заранее составить ее схему. Эта схема включает сведения о начальных и конечных размерах и массах проб, а также о степени неравномерности распределения полезных и вредных компонентов. Работами многих исследователей доказана связь массы проб с крупностью зерен опробуемого полезного ископаемого. Эта связь Г. О. Четотом (1932) была выражена в виде формулы

$$Q = kd^2,$$

где Q — масса пробы;
 k — коэффициент, определяющийся степенью равномерности распределения полезных или вредных компонентов;
 d — наибольший диаметр частиц пробы (мм).

Коэффициент k зависит от степени изменчивости содержания компонентов в полезном ископаемом: чем больше изменчивость, тем выше коэффициент. Величина его определяется экспериментальным путем. Для полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, он обычно составляет 0,05—0,2.

Перед составлением схемы необходимо для формулы сокращения выбрать значение коэффициента k . Это значение либо устанавливается опытным путем, либо применяется по аналогии с другими

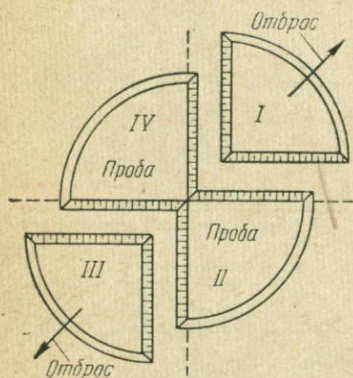


Рис. 18. Квартование пробы (по М. Ф. Локонову)

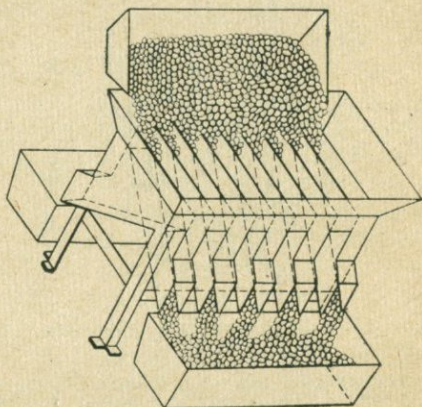


Рис. 19. Желобковый делитель (по М. Ф. Локонову)

месторождениями, для которых значение его уже установлено. Схема обработки проб выражается графически, на ней условными знаками показываются все операции, которым подвергается проба, указываются массы пробы после каждого сокращения, а также даются диаметры частиц после каждого измельчения.

Составление схемы производится по следующим правилам. В формулу $Q = kd^2$ подставляют числовые значения всех трех величин. При этом возможно, что начальная масса (Q) превышает конечную (g) больше чем в два раза. В этом случае имеет место сокращение пробы с предварительным ее перемешиванием. Если же Q равен или меньше удвоенного g , то сокращать пробу нельзя. Необходимо произвести дробление с предварительным отсевом более мелкого материала и лишь после этого производить сокращение пробы. В результате проведения этой стадии получают сокращенную массу пробы Q_1 и промежуточный диаметр d_1 , по которым составляется новое уравнение: $Q = kd_1^2$. Далее проводятся вторая, третья и т. д. стадии обработки, выполняемые по тем же правилам. Это

продолжается до тех пор, пока не будет получена масса, требуемая для химического анализа. Графическая схема обработки проб приведена на рис. 20.

Величину объема пробы, предназначенной для проведения гранулометрических анализов, можно сокращать по формуле $Q = kd^2$. При этом дробления материала пробы не производится, так как требуется определить выход фракций в естественном виде. Сокращение объема проб для отсева на фракции при разведке песчано-гравийных месторождений чаще производится одновременно с ее

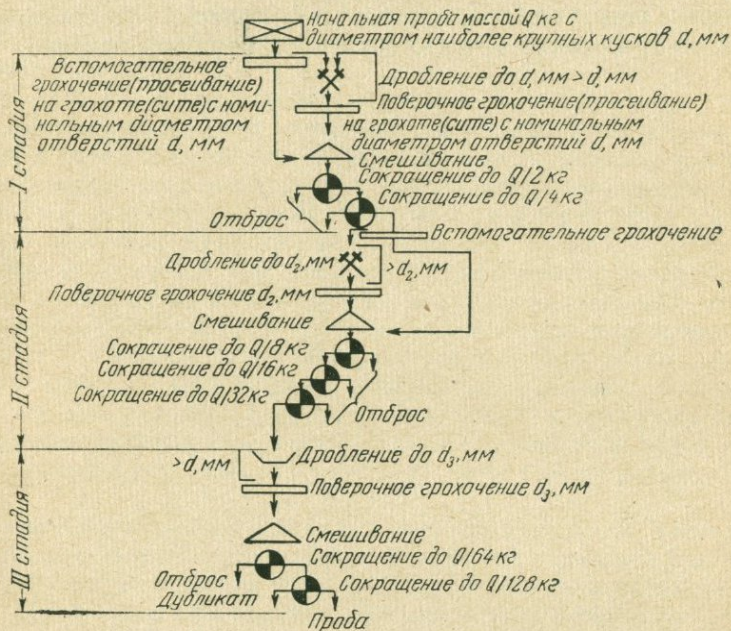


Рис. 20. Схема обработки химических проб (по М. Н. Альбову)

взятием. Обычно для этого используется способ кратной бадьи, сущность которого сводится к отбору в пробу каждой второй, третьей или n -ной бадьи. Количество бадьей и их кратность определяются исходя из однородности материала: чем меньше колебания частиц, слагающих песчано-гравийную смесь, тем меньше может быть объем пробы.

Для проведения физико-механических испытаний, для которых требуются кубики правильной формы, обработка проб обычно ведется в самой лаборатории. Она заключается в выпиливании кубиков или цилиндров требуемых размеров.

Контроль опробования. Контроль опробования необходимо осуществлять при пестром литологическом составе пород разведываемого месторождения, а также при резких колебаниях содержания полезных и вредных компонентов, т. е. в тех случаях,

когда возможно попадание в пробу различного материала в количествах, не пропорциональных его содержанию в недрах. Он производится путем отбора параллельных проб другим способом. Так, например, керновое опробование с промывкой при бурении скважин должно контролироваться отбором проб из керна скважин, пройденных всухую, или бороздовым опробованием горной выработки, пройденной в месте заложения скважины.

Контроль бороздового опробования может осуществляться отбором проб задиркой или отбором валовых проб. Контроль опробования должен производиться в начальный период изучения месторождения с тем, чтобы в случае установления систематических ошибок в опробовании метод отбора проб мог быть изменен.

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ

Виды и методы испытаний. Все отобранные пробы должны быть подвергнуты анализам или испытаниям на показатели, лимитируемые кондициями, техническими условиями или ГОСТами. Содержание в минеральном сырье полезных и вредных компонентов устанавливается химическими анализами. Фракционный его состав определяется гранулометрическими анализами, а технические свойства — соответственно физико-механическими и технологическими испытаниями.

Все анализы и испытания производятся в лабораторных условиях. Методы испытаний определяются видом сырья и устанавливаются соответствующими ГОСТами или техническими условиями.

Химические анализы полезных ископаемых производятся по полной и сокращенной программе. В полную программу входят анализы на все основные компоненты, слагающие полезное ископаемое. Анализы по сокращенной программе производятся лишь на главнейшие компоненты, лимитируемые кондициями. Нередко методика анализов по сокращенной программе является упрощенной, что приводит к недостаточно точной оценке качества сырья. Во избежание ошибок в определении содержания основных компонентов сокращенные анализы должны систематически контролироваться путем сопоставления их с полными. В том случае если будет обнаружено расхождение, следует улучшить качество сокращенных анализов.

Гранулометрический анализ производится путем рассева полезного ископаемого на фракции. Различные отрасли производства строительных материалов предъявляют к гранулометрическому составу сырья свои требования, которые регламентируются соответствующими ГОСТами или техническими условиями. В ряде случаев с целью комплексной оценки требуется рассев на дополнительные фракции, не предусмотренные данным ГОСТом или техническим условием.

Промышленная оценка многих полезных ископаемых производится на основе их физических и механических свойств. К горным породам, использование которых основано на их технических свойствах, предъявляются различные требования в зависимости от их вида и области применения.

Минеральное сырье, используемое промышленностью строительных материалов, имеет следующие наиболее важные физико-механические свойства.

Объемная масса плотного тела — это масса единицы объема минерального сырья, установленная без нарушения его структуры и текстуры. Величина объемной массы прямо пропорциональна плотности и обратно пропорциональна пористости и трещиноватости. Объемная масса для характеристики качества сырья

определяется на небольших образцах в лабораторных условиях. Устанавливается она путем взвешивания образца в воздухе и в жидкости или взвешиванием образца и определением его объема в мерном сосуде. В обоих случаях перед погружением образца в жидкость его покрывают тонкой пленкой парафина. Для характеристики качества сырья нельзя использовать объемные массы, определенные путем выемки целиков, так как в этом случае на их величину влияют крупная трещиноватость, кавернозность и пористость.

Для оценки сыпучих полезных ископаемых (пески, гравий и др.) используются данные насыпной объемной массы (масса единицы минерального сырья в разрыхленном состоянии). Величина насыпной объемной массы зависит от плотности сырья, а также от формы и выдержанности размера слагающих его частиц. Насыпная объемная масса валунов и крупного гравия (размером более 80 мм) вычисляется путем обмера аккуратно сложенных штабелей, а объемная масса мелкого гравия, песка и других мелкообломочных сыпучих материалов — замером объема в мерных ящиках при соответствующем уплотнении материала пробы за счет встряхивания ящика.

Плотность представляет собой отношение массы пробы, высушенной при 110° С, к ее истинному объему, т. е. к общему объему пробы, за исключением пор. Определение плотности производят в лабораторных условиях различными способами, предусмотренными ГОСТами для отдельных видов сырья.

Пористость, наряду с микротекстурой, является одним из главных факторов, влияющих на прочность породы. Различают пористость кажущуюся (открытую) и истинную (суммарную). Пористость кажущаяся — это отношение объема, занятого в образце порами, сообщающимися между собой и с атмосферой (открытыми), к общему объему образца. Выражается она в процентах и определяется по формуле

$$B = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2 - Q_3} \cdot 100\%,$$

где Q_1 — масса сухого образца в воздухе;

Q_2 — масса насыщенного водой образца в воздухе;

Q_3 — масса образца в воде.

Пористость истинная — это отношение объема всех пор (открытых и закрытых) к общему объему образца. Она выражается в процентах и определяется по формуле

$$A = \frac{v - v_1}{v} \cdot 100\%,$$

где v и v_1 — соответственно плотность и объемная масса испытуемого материала.

Влажность. Под влажностью минерального сырья понимается содержание в нем механически примешанной воды и гигроскопической влаги, выраженных в процентах к влажному материалу. Влажность не является строго постоянной величиной и может изменяться в зависимости от времени года, изменения уровня грунто-

вых вод и т. д. Методы определения влажности для описываемых полезных ископаемых обуславливаются соответствующими ГОСТами. Вычисление влажности производится по формуле

$$X = \frac{Q - Q_1}{Q} \cdot 100,$$

где Q и Q_1 — соответственно масса породы до и после высушивания.

Порода считается высушенной, если при нагревании при температуре 105—110° С ее масса остается постоянной.

Водопоглощение связано с пористостью. Оно обозначает способность породы впитывать воду при обычном атмосферном давлении. Величина водопоглощения представляет собой отношение массы поглощенной порами образца воды к массе сухого образца. Водопоглощение выражается в процентах и вычисляется по формуле

$$W = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \cdot 100,$$

где Q_1 и Q_2 — соответственно масса сухого и насыщенного водой образца в воздухе.

Определение водопоглощения производят на образцах, высушенных до постоянной массы.

Водонасыщение — способность горной породы впитывать воду при давлении ниже атмосферного или при кипячении. Водонасыщение всегда превышает водопоглощение. Выражается оно в процентах и вычисляется по той же формуле, что и водопоглощение.

Водоотдача — способность горной породы отдавать воду. Она характеризуется скоростью просушивания насыщенного водой образца. Определение водоотдачи производится в эксикаторе над серной кислотой, а показателем ее является время, необходимое для высушивания образца до постоянной массы.

Прочность — способность породы противостоять механическому воздействию. Она характеризуется чаще всего величиной временного сопротивления сжатию в сухом состоянии. Прочность зависит от структуры, текстуры и трещиноватости породы.

Величина временного сопротивления сжатию устанавливается путем раздавливания образцов определенной величины и формы (куб, цилиндр) на прессе и выражается в кг/см².

При насыщении водой прочность горной породы снижается. Это явление, называемое размягчаемостью, характеризуется величиной коэффициента размягчения (R):

$$R = \frac{r_2}{r_1},$$

где r_1 — предел прочности при сжатии в сухом состоянии,

r_2 — то же, в водонасыщенном состоянии.

В ряде случаев наряду с временным сопротивлением сжатию для оценки качества камня требуется определение временного сопротивления разрыву, изгибу или скалыванию.

Морозостойкость — способность горной породы выдерживать многократное попеременное замораживание в воздушной среде и оттаивание в воде. Морозостойкость характеризуется количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое способны выдержать образцы породы без снижения прочности на сжатие и без потери массы больше установленного предела. Допустимая величина снижения прочности и потерь массы устанавливается соответствующими ГОСТами для различных видов сырья. Морозостойкость зависит от пористости, структуры, текстуры и состава породы. На морозостойкость оказывает влияние и трещиноватость породы как естественная, так и возникающая в процессе добычи, а также наличие включений, обладающих резко отличным от остальной массы породы коэффициентом расширения. Отношение пределов прочности при сжатии после замораживания (r_3) и в водонасыщенном состоянии (r_2) называется коэффициентом морозостойкости R_1 :

$$R_1 = \frac{r_3}{r_2}.$$

Истираемость — способность породы сопротивляться истиранию. Величина истираемости определяется потерей массы образца в барабане при его вращении и выражается в процентах по отношению к площади испытываемого образца.

Твердость горной породы зависит от ее состава, структуры и текстуры. Она определяется по сравнительным шкалам (Мооса и др.) следующими методами: 1) шлифовки (Розиваля); 2) затухающих колебаний маятника (Кузнецова); 3) концентрированных микроударов на пескоструйном аппарате и др.

Вязкость — способность составляющих породу минералов сопротивляться отделению их друг от друга и каждого минерала распаденню на части под действием удара. На практике вязкость определяется испытанием на удар на копрах ПМ или ПЭ. Количественно вязкость выражается числом ударов, которое выдерживает образец до разрушения.

Погодоустойчивость (климатическая стойкость, атмосфероустойчивость) — способность горной породы противостоять выветриванию, т. е. химическому и механическому воздействию атмосферных агентов. Погодоустойчивость является важным показателем оценки строительного камня. Некоторым известнякам и доломитам, например, свойственна способность растрескиваться и распадаться на остроугольные части под воздействием воздуха. Это следует учитывать при определении области использования.

Обрабатываемость — способность горной породы подвергаться механической обработке. Обрабатываемость характеризуется тем сопротивлением, которое оказывает горная порода воздействию различных инструментов при раскалывании, обтеске, распиловке, шлифовке и т. д.

Полируемость — способность камня приобретать зеркально-гладкую поверхность. Полируемость зависит от однородности,

плотности и твердости камня, от его структурных и текстурных особенностей.

Кислото- и щелочестойкость — способность породы противостоять воздействию различных кислот и щелочей. Она определяется той потерей массы образца, которая наблюдается после воздействия на него кислоты или щелочи.

Огнеупорность — свойство породы противостоять (не расплавляясь) воздействию высоких температур. Она зависит от химического и минерального состава породы, наличия примесей и пр. Огнеупорность определяется по температуре «падения» образца сравнительно с гирскопами в условиях нагревания, установленными ГОСТом.

Текучесть — способность горной породы в смеси с водой перемещаться под действием внешних усилий. Определение текучести производят на встряхивающем столике.

Пластичность — способность тела изменять свою форму без разрыва сплошности и сохранять полученную форму и после устранения внешнего воздействия. Пластичность зависит от минерального состава, дисперсности и формы частиц. Она выражается числом пластичности, которое определяется как разность между влажностью, соответствующей нижней границе текучести, и влажностью, соответствующей пределу раскатывания.

Связность — способность породы сохранять механическую прочность в воздушно-сухом состоянии. Этим свойством обладают глинистые породы.

Связующая способность — способность глинистых пород принимать то или иное количество отошающих веществ, не теряя при этом способности формоваться, а также сохранять форму и необходимую механическую прочность после высушивания. Связующая способность имеет большое значение в керамическом производстве, так как от нее зависит количество вводимых в шихту отошающих веществ, а следовательно, и рецептура керамических масс. Связующая способность определяется величиной предела прочности при сжатии стандартных образцов во влажном и сухом состоянии.

Спекаемость — способность глин и каолинов при нагревании превращаться в твердое камневидное состояние. Полное спекание для разных пород наступает при разных температурах и зависит от состава глинистой породы и частично от условий и режима обжига. Спекаемость характеризуется водопоглощением образцов, обожженных на ряд температур.

Усадка — изменение размеров отформованных и высушенных образцов глинистых пород, происходящее в результате нагревания при высоких температурах. Усадка увеличивается по мере повышения температуры обжига и достигает максимума при температурах, соответствующих спеканию.

Зерновой состав. Под зерновым составом горной породы (песка, песчано-гравийной смеси) понимается распределение частиц по крупности. Количество зерен, попадающих по размерам в один

определенный интервал, называется фракцией. Фракция с размером частиц менее 0,02 мм называется глинистой составляющей. Количество зерен прочих фракций называется песчаной основой. Определение глинистой составляющей происходит путем отмучивания. Для определения зернового состава песчаной основы производят рассев.

Приведенные выше физические и механические свойства не исчерпывают всего разнообразия свойств, изучаемых при поисках и разведке месторождений минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов. Конкретные требования к физическим и механическим свойствам минерального сырья излагаются в последующих главах книги. Методы их определения регламентируются соответствующими ГОСТами.

Для ряда полезных ископаемых устанавливается зависимость между некоторыми физическими свойствами. Так, например, Б. В. Залесским (1958) и М. С. Пичугиным (1958) был выведен ряд эмпирических зависимостей между объемной массой, прочностью, водопоглощением и пористостью карбонатных пород.

При наличии такой зависимости вместо массовых определений физико-механических свойств пород составляются графики или используются соответствующие формулы, отражающие эти зависимости.

Контроль испытаний. При проведении химических анализов минерального сырья лабораториями могут допускаться ошибки в определении содержания полезных и вредных компонентов. Последние могут носить как случайный, так и систематический характер. С целью определения возможных погрешностей производят внутренний и внешний контроль химических анализов.

Внутренний контроль результатов химических анализов осуществляется в той же лаборатории, где проводятся основные анализы проб. Этот контроль производится путем анализа некоторого количества зашифрованных дубликатов проб. Основной задачей внутреннего контроля является своевременное выявление и устранение причин, приводящих к недопустимым случайным ошибкам в результатах анализов проб. Внутренний контроль нельзя отождествлять и подменять внутрिलाбораторным контролем анализов проб, при котором лаборатории известны результаты первого анализа.

Внешний контроль химических анализов преследует цель выявления и по возможности устранения систематических ошибок в работе лаборатории. Он должен осуществляться в другой или в той же лаборатории, но иным методом. Производить контрольные анализы во многих лабораториях нежелательно, так как это усложняет оценку результатов контроля. Для контроля не реже одного раза в квартал отбираются и направляются в контрольную лабораторию 25—30 проб каждого типа и сорта минерального сырья. Отбор проб для внешних контрольных анализов необходимо производить в основной лаборатории из остатков порошков проб. Отбор материала проб из их дубликатов не всегда позволяет установить истинную величину ошибки лаборатории, так как погрешности

подготовки проб могут вуалировать погрешности химического анализа. На внешний контроль целесообразно направлять пробы, предварительно подвергнутые внутреннему контролю, с тем, чтобы случайные ошибки не скрывали систематических. Поскольку случайные ошибки могут иметь место и в работе контролирующей лаборатории при установлении резких расхождений в анализах отдельных проб, последние должны быть подвергнуты повторному анализу в той же контролирующей лаборатории.

Обработку результатов контрольных анализов следует производить по периодам проведения основных анализов, а также по классам содержаний, по схеме В. М. Борзунова (1965) — при внутреннем контроле и Н. В. Барышева (1948) — при внешнем.

При установлении наличия систематической ошибки содержание данного компонента в полезном ископаемом должно быть уточнено путем введения поправочного коэффициента. Однако для этого необходимо убедиться в том, что результаты внешнего контроля сами достаточно точны и что выявленная систематическая ошибка действительно относится к работе основной лаборатории. С этой целью производятся арбитражные анализы в третьей, наиболее квалифицированной лаборатории. Только после подтверждения этой лабораторией наличия и величины систематической ошибки может быть введен поправочный коэффициент. Следует, однако, иметь в виду, что введение поправочного коэффициента устраняет ошибку в определении среднего содержания компонента, полученного по достаточно большому числу проб, но не устраняет ошибки в определении содержания в каждой пробе, что может привести к ошибкам в оконтуривании. Не следует вводить поправочный коэффициент на каждую пробу, так как это еще больше увеличивает ошибку. Систематический контроль за работой лаборатории в процессе разведки месторождения повышает достоверность оценки качества минерального сырья и исключает необходимость введения в анализы поправочного коэффициента. Обязательно должен производиться также контроль гранулометрических анализов. При расसेве минерального сырья на фракции возможны ошибки за счет неправильного определения размера сита, неполноты просева и перевода части материала одной фракции в другую. Чтобы избежать возникновения возможных ошибок, целесообразно производить контрольный рассев некоторого количества зашифрованных проб (5—10% от всех проб) в той же лаборатории. Для этого материал первого рассева необходимо снова объединить, перемешать и отдать на повторный рассев. Рассев песков на фракции в лаборатории осуществляется на двух приборах. Геолог, производящий разведку месторождения, должен получать из лаборатории результаты обеих параллельных рассевов. Расхождения в результатах не должны превышать $\pm 1\%$ от взятой навески. Если отклонения превышают установленную величину, то анализ должен быть забракован.

Контроль результатов физико-механических испытаний осуществляется следующим образом. Поскольку проведение повторного испытания на одном и том же образце (вследствие его разрушения)

исключается, контроль результатов испытаний должен проводиться путем сопоставления испытаний разных образцов одной и той же пробы, а также путем анализа и взаимной увязки отдельных показателей физико-механических свойств (объемной массы, пористости, водопоглощения, прочности в сухом и водонасыщенном состоянии и после замораживания). При установлении резких расхождений в анализах разных образцов одной и той же пробы, а также при наличии неувязки отдельных взаимосвязанных свойств породы результаты анализов должны быть проверены путем анализа другой пробы, взятой в той же точке месторождения.

Технологические испытания. Результаты технологических исследований являются важнейшим материалом для промышленной оценки месторождений полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов. Технологические испытания должны производиться для каждого выделенного на месторождении сорта и типа полезного ископаемого с детальностью, которая позволяет установить области использования сырья, схемы его обогащения и переработки, а также оценить качество конечного продукта и установить выход его из горной породы. Материалы технологических испытаний должны содержать все данные, требуемые для составления проекта добычи и переработки сырья.

Технологические исследования разделяются на лабораторные, полупромышленные и промышленные. На месторождениях, подготавливаемых для промышленного освоения, технологические исследования должны проводиться в полупромышленных или промышленных условиях. Для этого производится отбор крупных технологических проб. Размер проб и характер испытаний согласовываются с проектной организацией, которая будет осуществлять проектирование предприятия по переработке сырья. Лабораторные исследования можно применять лишь на предварительной стадии изучения месторождения или при разведке новых участков, освоенных промышленностью месторождений. Целью лабораторных испытаний в первом случае является выбор схемы переработки или обогащения, а во втором — подтверждение аналогии технологических свойств сырья вновь разведанного и освоенного промышленностью участков месторождения. В тех случаях, когда сырье месторождения уже используется промышленностью, должны быть приведены сведения об ассортименте выпускаемой продукции, ее качестве и технологии изготовления.

В отдельных случаях при разведке месторождения, когда по данным химических анализов или физико-механических испытаний устанавливается высокое качество сырья, отвечающее всем показателям кондиций, ГОСТа или технических условий, полупромышленные или промышленные испытания могут не производиться. Оценка качества сырья и его технологических свойств может быть дана по результатам лабораторных испытаний или расчетным путем. Возможность оценки сырья без производства полупромышленных или промышленных технологических исследований должна быть согласована с проектной организацией.

**ОСОБЕННОСТИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОБЛИЦОВОЧНЫЕ КАМНИ

Виды сырья и требования промышленности к его качеству. Строительная промышленность применяет природные камни, относящиеся ко всем трем генетическим группам горных пород: осадочным, изверженным и метаморфическим.

Из осадочных пород разрабатываются известняки, доломиты и песчаники, а из изверженных — в основном интрузивные породы: границы, сиениты, диориты. Среди эффузивных пород находят применение порфиры, порфириты, вулканические туфы, базальты и др. Из метаморфических пород разрабатываются мраморы и в меньшей степени кварциты, гнейсы, реже другие кристаллические сланцы.

Распределение запасов различных горных пород, используемых в качестве строительного камня (для производства щебня и бута), приведены в табл. 8, по данным ВГФ.

Т а б л и ц а 8

Распределение запасов и добычи строительного камня по видам пород

Породы	Количество запасов, %	Объем добычи, %
Изверженные и метаморфические	55,6	54,15
Карбонатные	35,2	39,62
Кварциты и песчаники	7,0	5,64
Туфы вулканические	2,2	0,59

Суммарные запасы горных пород, разведанных в качестве облицовочного камня, по промышленным категориям, составляют на 1/1 1974 г. 1017,3 млн. м³.

Общее число разведанных месторождений облицовочного камня равно 212, из них изверженных пород 104, метаморфических 97, осадочных 11.

Природный камень по характеру его обработки и применения делится на две большие группы: 1) рваный камень (щебень, бут, крошка) — куски неправильной формы, получающиеся в результате взрыва или дробления твердой горной породы; 2) штучный камень — облицовочный (блоки, плиты), стеновой и футеровочный (блоки, фигурные камни), дорожный (бортовой камень, шашка, брусчатка), технические плиты (электроциты), кровельная плитка. Геометрическую форму и внешний вид штучному камню придают расколом,

распиловкой, обтеской, иногда шлифовкой и полировкой (облицовочный камень). Ко второй группе относится также монументальный камень, применяемый для изготовления памятников, колонн и других крупных изделий.

Среди каменной продукции, относящейся к первой группе, наибольшее применение имеет щебень, который используется в качестве заполнителя бетонов, для устройства балластного слоя железнодорожных магистралей, а также для строительства и ремонта автомобильных магистралей, автомобильных дорог и т. д. Для изготовления 1 м³ бетона требуется примерно 0,9 м³ щебня (или гравия) и 0,5 м³ песка. Для балластировки 1 км железнодорожного пути необходимо 1530—1800 м³ щебня, а для сооружения 1 км автомобильной дороги — около 2000—2200 м³ щебня или гравия и 1000—1100 м³ песка.

Добыча строительного камня для производства щебня и бута составила в 1970 г. 133,9 млн. м³.

Наряду с ростом объема производства улучшается и качество бетона, что, естественно, обуславливает повышение требований к прочности щебня. Данные о росте объема производства бетона высоких марок приведены в табл. 9.

Таблица 9

Рост объема производства бетона высоких марок

Марка бетона	Марка щебня	Удельный объем марок бетона по годам, %			
		1963 г.	1963—1964 гг.	1970 г.	1975 г.
200 и ниже	300	95	60	25	40
300	600	5	25	35	
400	800	—	10	25	70
500	1000	—	5	12	
600 и выше	1200	—	—	3	

Таким образом, в ближайшие годы для строительной индустрии требуются заполнители бетона марок 800, 1000 и даже 1200, что необходимо учитывать при производстве геологоразведочных работ.

Наиболее ответственными изделиями из горных пород второй группы являются плиты, идущие для облицовки общественных зданий, мостов и набережных. Для их изготовления используют прочные и устойчивые к атмосферным воздействиям камни, имеющие красивый цвет, рисунок и поддающиеся полировке.

Прочные камни идут также на изготовление дорожных бордюров, мостовой пашки, футеровочных изделий.

Пористые камни, обладающие низкой теплопроводностью, применяются для получения стеновых камней и блоков.

Добыча на месторождениях облицовочного камня за последние годы существенно не меняется и составляет около 3 млн. м³ в год,

причем, ввиду невысокого выхода блоков стандартных размеров, большая часть добытого камня используется для получения бута, щебня и дорожных камней.

Объем производства блоков и плит в СССР из главнейших видов облицовочного камня указан в табл. 10.

Таблица 10

Объем производства облицовочных камней по годам

Показатели продукции, тыс. м ³	1913	1940	1965	1975	1980 (процент)
В блоках:					
гранит и другие твердые породы	Нет данных	16	19	74,2	123,3
мрамор	4	9	25	131,3	221,6
В плитах пиленных и тесаных:					
гранит и другие твердые породы	35	90	110	668	1110
мрамор	30	120	590	1484	2504

Развитию производства облицовочного камня за рубежом уделяется большое внимание, в связи с чем он является объектом широкого импорта и экспорта.

Сведения об объеме производства блочной продукции по отдельным странам приводятся в табл. 11.

Каждая отрасль промышленности, использующая природный камень, предъявляет к его качеству свои требования, определяющие его плотность и объемную массу, пористость, свободное водопоглощение, механическую прочность в сухом и водонасыщенном состоянии, морозостойкость, изнашиваемость, вязкость и пр.

Требования, предъявляемые к щебню, наиболее разнообразны, поскольку он применяется в различных областях строительных работ.

Общие требования к щебню, согласно ГОСТ 8267-75, определяются следующими показателями. По крупности зерен щебень подразделяется на фракции: от 5 до 10 мм, от 10 до 20 мм, от 20 до 40 мм и от 40 до 70 мм. Содержание в щебне зерен пластинчатой (лещадной) или угловатой формы не должно превышать 35% (по массе). Горные породы, используемые для щебня (в зависимости от прочности их на сжатие), подразделяются на семь марок: 1200, 1000, 800, 600, 400, 300 и 200.

При наличии в породе сульфидных или сульфатных соединений, а также аморфных разновидностей кремнезема пригодность породы должна определяться специальными исследованиями.

Прочность горной породы, используемую для щебня, необходимо определять следующим образом:

Таблица 11

Производство блоков облицовочного камня

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	5930	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	—

1. Щебень для бетона — маркой по прочности, определяемой по его дробимости при сжатии в цилиндре.

2. Щебень для строительства автомобильных дорог — маркой по прочности, определяемой по его дробимости при сжатии в цилиндре и износу (истираемости) в полочном барабане.

3. Щебень для балластного слоя железнодорожных путей — сопротивлением удару на копре ПМ.

Щебень не должен содержать зерен слабых и выветрелых пород в количестве более 10%. По морозостойкости щебень подразделяется по количеству циклов попеременного замораживания и оттаивания на семь марок: Мрз-15, Мрз-25, Мрз-50, Мрз-100, Мрз-150, Мрз-200, Мрз-300. Количество пылевидных, илстых и глинистых частиц в щебне, определяемых отмучиванием, должно находиться в пределах, показанных в табл. 12.

Требования к щебню со стороны различных отраслей промышленности регламентируются специальными ГОСТами: ГОСТ 7393—71 — щебень из валунов и гальки для балластного слоя железнодорожного пути; ГОСТ 17539—72 — заполнители для бетона железобетонных и бетонных труб; ГОСТ 10268—70 — заполнители для тяжелого бетона; ГОСТ 7392—70 — щебень из естественного камня для балластного слоя железнодорожного пути.

Крошка, полученная путем измельчения камня, используется

Допустимое содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне различных марок

Порода	Содержание пылевидных и глинистых частиц (в %) не более (по массе)	
	для щебня марок от 600 до 1200	для щебня марок от 200 до 400
Карбонатная	2	3
Изверженная метаморфическая и осадочная	1	—

для разных целей. Мраморная крошка употребляется в декоративных бетонах, из которых изготавливаются подоконники, ступени, фасадная облицовка и др. Сланцевая крошка идет на изготовление рубероида, а крошка из плотных известняков — на изготовление асфальтных дорожных покрытий. Размер крошки в зависимости от назначений колеблется от 0,5 до 0,15 мм. На мраморную крошку для мозаичных работ имеются РТУ МПС РСФСР—21—01—313-69, лимитирующие прочность камня (не менее $4 \cdot 10^7$ Па^x), и водопоглощение (не более 6%).

Бутовый камень, ГОСТ 22132—76, должен отвечать соответствующим требованиям.

Требования к облицовочным камням регламентируются ГОСТ 9479—69 и ГОСТ 9480—69 (табл. 13, 14).

ГОСТ 9479—76 лимитирует в облицовочных камнях следующие важнейшие показатели физико-механических свойств: предел прочности при сжатии, морозостойкость в циклах попеременного замораживания и оттаивания.

Как указывается в ГОСТ 9479—76, к горным породам, предназначенным для внутренней облицовки, требования по морозостойкости коэффициентом размягчения не предъявляются. Эти требования не предъявляются к твердым породам вообще, так как считается, что при показателях прочности, указанных в ГОСТ, породы достаточно морозостойки. К блокам, применяемым для устройства лестниц и полов, предъявляются требования по истираемости.

Однако для полной оценки физико-механических свойств облицовочного камня определение только указанных в ГОСТ показателей совершенно недостаточно и наряду с ними должны определяться объемная масса, плотность, пористость, водопоглощение и процент водонасыщения.

Объем блоков облицовочного камня в зависимости от вида горной породы приведен в табл. 14.

* По системе СИ $1 \text{ кгс/см}^2 = 10^5 \text{ Па}$ (Паскаль).

Таблица 13

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

Степень твердости пород	Порода	Предел прочности при сжатии, не менее, Па	Водопоглощение, %	Морозостойкость циклов, не менее	Коэффициент размягчения, не менее
Твердые	Гранит, диорит, кварцит, габбро, лабрадорит, базальт, диабаз, андезит	$9 \cdot 10^7$	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
Средней твердости	Мрамор белый и серый	$6 \cdot 10^7$ $5 \cdot 10^7$	То же	Мрз 25	0,7
Мягкие	Мрамор цветной и мраморизованный известняк	$5 \cdot 10^7$	»	Не предъявляются	
	Песчаник	$3 \cdot 10^7$	»	Мрз 25	0,7
	Известняк плотный и доломит	$2 \cdot 10^7$	25	Мрз 25	0,65
	Травертин	$2 \cdot 10^7$	Не нормируется	Мрз 25	0,7
	Туф вулканический фельзитовый	$2 \cdot 10^7$	Не предъявляются		
	Гипсовый камень	$1,5 \cdot 10^7$	То же		
	Известняк пористый	$5 \cdot 10^6$	»		
	Туфы вулканические других типов	$5 \cdot 10^6$		Мрз 25	0,7

Таблица 14

Размеры блоков облицовочного камня (по ГОСТ 9479—76)

Горные породы	мм				
	Объемы блоков (в м ³), групп				
	I	II	III	IV	V
Гранит, диорит, сиенит, лабрадорит, габбро, базальт, диабаз, андезит и другие изверженные породы, а также кварцит	5,0—8,0	2,5—5,0	1,0—2,5	0,4—1,0	0,01—0,4
Мрамор белый	4,5—8,0	2,0—4,5	1,0—2,0	0,4—1,0	0,01—0,4
Мрамор цветной	4,5—6,0	2,0—4,5	0,7—2,0	0,4—0,7	0,01—0,4
Известняк, доломит, гипс, травертин, песчаник, туф вулканический, известняк-ракушечник	4,5—6,0	2,5—4,5	1,0—2,5	0,4—1,0	0,01—0,4

Примечание: к цветным относятся разновидности мрамора, имеющие расцветки: серые, желтые, красные, зеленые, синие (всех оттенков).

Блоки делятся на пиленые и колотые. Они должны иметь длину от 0,25 до 3,5 м, ширину от 0,2 до 2,0 м, высоту от 0,2 до 2,0 м.

На декоративную плитку, изготавливаемую из природных и цветных камней и используемую для оформления интерьеров и наружной отделки зданий, Министерством геологии СССР разработан ОСТ 41—77—73, лимитирующий некоторые физико-механические показатели камня.

На блоки стеновые из природного камня существует ГОСТ 15884-70, согласно которому по прочности на сжатие устанавливается 9 марок от 35 до 400, объемная масса в пределах 2100—2300 кг/м³, водопоглощение 30%, коэффициент размягчения 0,6—0,7, морозостойкость 10—15.

Генетическая и промышленная классификация месторождений строительного камня. В качестве строительного камня применяются горные породы, образовавшиеся в различных геологических условиях. Это определило различные их физико-механические свойства и области практического использования. Классификация горных пород по их происхождению, структуре и физико-механическим свойствам приводится в табл. 15.

Несмотря на большое разнообразие месторождений природного строительного камня, все они по факторам, определяющим выбор наиболее рациональной разведки, нами объединяются в следующие группы.

Группа 1 — крупные массивы изверженных пород (батолиты, лакколиты, штоки и др.), характеризующиеся выдержанностью массива и качества камня по площади и на глубину. Месторождения этой группы приурочены главным образом к районам выхода на поверхность кристаллического фундамента континентальных платформ, а также к складчатым зонам и районам локальных поднятий. Слагаются они в основном интрузивными породами — гранитами, сиенитами, габбро, лабрадоритами, диоритами и др. В массивах этих пород иногда наблюдаются вторичные изменения, вызванные поверхностным выветриванием, а также внутренние зоны измененных пород, возникающие под влиянием гидротермальных процессов. Однородность пород иногда нарушается многочисленными включениями ксенолитов и переходом в гнейсы. По классификации ГКЗ СССР месторождения, объединенные в эту группу, относятся к группе 1.

Группа 2 — пласты и пластообразные тела, выдержанные по мощности и качеству и залегающие горизонтально или с небольшим наклоном.

К этой группе относится большое количество месторождений строительного камня, представленных осадочными породами — известняком, доломитом, песчаником, конгломератом и др. (рис. 21). Сюда же входят и месторождения, образованные покровами эффузивных пород — базальтов, андезитов, риолитов, порфиритов, а также месторождения вулканических туфов.

Ко второй группе могут быть отнесены и месторождения, сложенные метаморфическими породами (мраморами, гнейсами), при вы-

Классификация горных пород по их генезису, структуре и физико-механическим свойствам

Группа пород по их генезису	Порода	Структура	Основные физико-механические свойства	Области применения
Изверженные Глубинные (интрузивные): кислые и средние основные и ультраосновные	Граниты, диориты, сиениты	Плотная, зернистая	Объемная масса 2,5—2,6 г/см ³ , предел прочности при сжатии $2 \cdot 10^8$ — $3 \cdot 10^8$ Па, пористость 0,5—5%	Облицовочный, бордюрный камень, щебень в разных видах тяжелого бетона То же
	Габбро, перидотиты, пироксениты	То же	Объемная масса 2,8—3,3 г/см ³ , предел прочности при сжатии 10^8 — $3,5 \times 10^8$ Па	
Излившиеся (эффузивные): кислые и средние	Липариты и кварцевые порфиры, андезиты и порфириды, трахиты и ортофиры	Порфировая, плотная	Объемная масса 2,4—2,6 г/см ³ , предел прочности при сжатии $1,3 \cdot 10^8$ — $1,8 \cdot 10^8$ Па для кварцевых порфиров и $6 \cdot 10^7$ — $7 \cdot 10^7$ Па для трахитов, пористость 3—9%	То же, с ограничением применения в гидротехнических бетонах
	основные	Мелкозернистая, плотная	Объемная масса 2,6—3,2 г/см ³ , предел прочности при сжатии $1,1 \cdot 10^8$ — $5 \cdot 10^8$ Па	
Пирокластические разновидности эффузивных пород	Туфы, пемзы, вулканические шлаки	Пористая	Объемная масса 0,7—2 г/см ³ , предел прочности при сжатии $5 \cdot 10^6$ — $7 \cdot 10^6$ Па, пористость до 60%	То же Стеновой камень, заполнители легких бетонов

Осадочные
Карбонатные

Известняки, доломиты плотные, крепкие
Известняки-ракушечники слабые

Плотная мелкозернистая

Пористая

Объемная масса 2—2,6 г/см³, предел прочности при сжатии $5 \cdot 10^6$ — 15×10^8 Па

Объемная масса 0,9—1,2 г/см³, предел прочности при сжатии $0,6 \cdot 10^5$ — 3×10^6 Па

Облицовочные и дорожные камни, заполнители тяжелых бетонов

Стеновой камень, заполнители легких бетонов

Песчаные

Песчаники кварцевые, полевошпатовые и др.

Зернистая, обломочная

Объемная масса 2—2,6 г/см³, предел прочности при сжатии $3 \cdot 10^7$ — $3 \cdot 10^8$ Па, в зависимости от формы и состава зерен и цемента

Заполнители тяжелых бетонов, облицовочные камни

Метаморфические

Кварциты, гнейсы, кристаллические сланцы, мраморы

Кристаллобластическая, зернистая плотная

Объемная масса 2—2,4 г/см³, предел прочности при сжатии от 10^7 до $2 \cdot 10^8$ Па (значительно меняется в зависимости от направления сжатия по отношению к слоистости)

Облицовочные камни, заполнители бетонов, мраморная крошка

Примечание. Стекловатые излившиеся породы для дробления на щебень обычно не применяются ввиду слабого сцепления с цементом.

держанности их по мощности и качеству. Месторождения, включаемые в группу 2, в большинстве случаев также относятся к группе 1 классификации ГКЗ СССР.

Группа 3 — пластовые и пластообразные месторождения, падающие под крутыми углами (20—30° и более), или с изменчивым качеством и мощностью. Генетически они аналогичны группе 2, но отличаются условиями залегания и более изменчивым качеством.

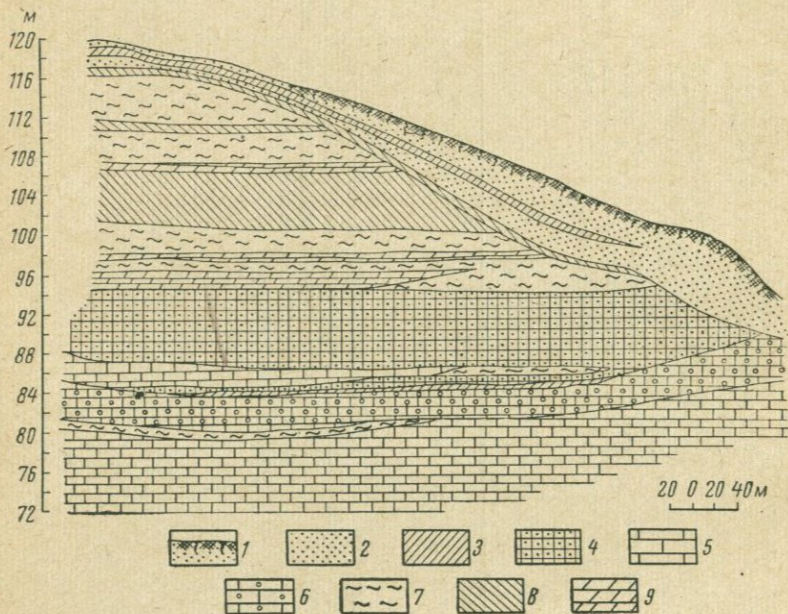


Рис. 21. Схематический геологический разрез участка Жирновогорского месторождения известняков (по П. Д. Кроткову):

1 — почвенный слой; 2 — пески; 3 — суглинки; 4 — песчаники; 5—6 — известняки; 7 — мергели; 8 — глины; 9 — доломиты

Эта изменчивость обуславливается либо сменой условий накопления осадков, либо вторичными процессами, вызывающими разрушение первичной породы и изменение ее качества. Вторичные процессы, как например, карстообразование, развивающиеся главным образом в карбонатных породах, настолько изменяют природные условия месторождения, что нередко делают его непригодным для промышленного освоения. Месторождения этой группы иногда характеризуются наличием разрывных нарушений и метаморфизацией пород, выражающейся в появлении сланцеватости. Месторождения, относимые нами к 3 группе, по классификации ГКЗ СССР обычно относятся к группе 2.

Группа 4 — линзообразные, а также пластообразные месторождения, горизонтально или полого залегающие с невыдержанными качественными показателями. К этой же группе относятся месторождения интрузивных пород, образующих отдельные штоки и дайки, а также месторождения рифовых известняков.

Генетические предпосылки для нахождения месторождений. Перед постановкой поисков должны быть детально изучены геологические материалы с целью выделения заслуживающих внимания геологических регионов и их предварительной оценки на основе имеющихся геологических карт масштабов 1 : 500 000—1 : 100 000, в первую очередь в районах, тяготеющих к промышленным центрам.

При проведении поисков в намеченных районах, обладающих положительными предпосылками, должны быть выявлены участки с благоприятными горнотехническими и транспортными условиями. Поиски месторождений наиболее прочного камня магматического происхождения должны вестись в районах неглубокого залегания пород платформенного основания, в древних глубоко эродированных складчатых зонах, а для получения щебня — также в районах значительного скопления крупного валунника, образовавшегося за счет изверженных и крепких осадочных пород.

Плотные известняки и доломиты, пригодные для щебня и бута, приурочены к осадочным толщам палеозойского возраста, развитым в центральных районах РСФСР, на Северо-Западе, в ряде областей Украины, на Урале, в Западной и Восточной Сибири, в Казахстане, Средней Азии, на Дальнем Востоке.

К районам, практически лишенным крупных месторождений прочного строительного камня, относятся Западно-Сибирская низменность, ряд районов Северного Кавказа, большая часть территории Белоруссии, Брянская, Тамбовская, Ярославская и Костромская области центра РСФСР, а также отдельные области Украины, где развиты мезозойские, кайнозойские и четвертичные песчано-глинистые образования (Григорович, 1972). Породами, пригодными для стенового камня, являются главным образом известняки-ракушечники третичного возраста, широко развитые в районах, прилегающих к Черному, Азовскому и Каспийскому морям.

Прекрасным сырьем для стенового камня служат кайнозойские вулканические туфы, широко распространенные в Армении.

Особенности поисков и разведки. При проведении поисковых работ в выбранных перспективных районах основное внимание должно быть обращено на изучение естественных обнажений и существующих карьеров, в которых местное население добывает строительный камень. Большое значение имеют опрос населения и ознакомление с теми видами строительного камня, которые используются в настоящее время или использовались ранее для строительства. Поисковым признаком камня могут служить и формы рельефа, например карстовые воронки и пещеры. Поисковым признаком на вулканические туфы служат находки обсидианов, залегающих часто вместе с туфами.

При поисковых работах на месторождениях облицовочного и стенового камня должна изучаться трещиноватость, позволяющая принципиально решить вопрос о возможности получения блоков нужного размера. Оценка качества в эту стадию производится по единичным пробам свежего камня, которые отбираются в естественных обнажениях или в искусственных выработках. В пробах определяют предел прочности при сжатии, объемную массу, свободное водопоглощение, а также изучают структурно-петрографические особенности породы.

При наличии на месторождении мощных зон тектонических разломов или карста, а также мощного покрова четвертичных образований рекомендуется проводить электроразведку (ВЭЗ).

Среди многочисленных методов геофизических исследований при поисках и разведке строительного камня наибольшее практическое значение имеет электроразведка, особенно электрзондирование и электропрофилирование, основанные на использовании различного сопротивления неодинаковых горных пород. Удельное сопротивление горных пород зависит не только от петрографического их состава, но и от пористости, степени водонасыщения, а также от химического состава воды.

При мощном покрове рыхлых вскрышных пород наиболее часто применяется электрзондирование, позволяющее без проходки глубоких выработок обнаружить площади относительно неглубокого залегания плотных пород. При поисках пункты зондирования обычно располагают по линиям, отстоящим одна от другой на 0,3—1,0 км, при расстоянии между пунктами 0,3—0,5 км.

Месторождения каменных строительных материалов разведуются обычно буровыми скважинами и горными выработками (шурфы, штольни с квершлагами и рассечками), а также канавами и расчистками. Мелкие шурфы, а иногда и скважины ручного или колонкового бурения проходятся с целью определения мощности вскрышных пород. Глубокие шурфы и скважины колонкового бурения применяются для изучения коренных пород*. Выход керна по полезной толще должен быть не ниже 85—90%. При низком выходе керна практикуется проходка куста скважин, позволяющая получить материал в достаточном количестве для проведения лабораторных испытаний. При разведке месторождений станového камня рекомендуется применение двойной или тройной колонковой трубы системы инженера А. М. Недбаевского. Диаметр бурового инструмента должен быть не менее 131 мм.

Штольни и шурфы с рассечками проходятся при разведке стенового пильного камня для определения выхода блоков установленных размеров.

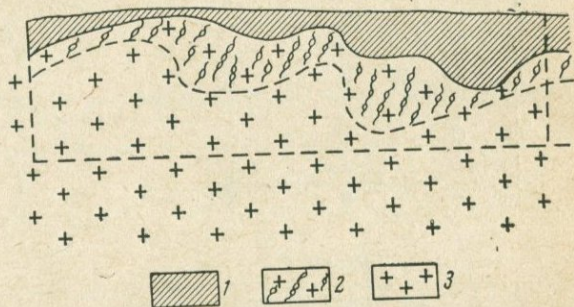
При разведке месторождений облицовочного и стенового камня закладываются опытные карьеры, с помощью которых определяется процент выхода блочного камня. Иногда возникает необходимость и в проходке карьера для определения выхода щебня.

* Проходка глубоких шурфов практикуется при разведке осадочных пород.

Поверхность кровли коренных пород под влиянием процессов выветривания или карстообразования нередко образует значительные углубления, скрытые под плащом рыхлых отложений. Это осложняет проведение разведочных, а в дальнейшем и эксплуатационных работ. В поверхностной части массива изверженных пород часто наблюдаются проявления процессов выветривания (главным образом, каолинизация полевых шпатов), влияющих на изменение мощности зоны ослабленных пород, идущей иногда на значительную глубину (рис. 22). В массивных изверженных породах иногда также наблюдаются зоны глубинного разрушения, возникающие вдоль тектонических разломов. Расположение разведочных выработок

Рис. 22. Характер выветривания гранита:

1 — породы вскрыши; 2 — выветрелый гранит; 3 — свежий гранит



и расстояния между ними устанавливаются в зависимости от конфигурации месторождения, элементов залегания и направления наибольшей изменчивости свойств. Месторождения, сложенные однородными породами, залегающими на значительной площади, разведываются равномерной квадратной сетью выработок. Месторождения, сложенные наклонно залегающими пластами, разведываются линиями, расположенными вкрест простирания (рис. 23). При незакономерном изменении свойств пород выработки ступаются на участках, требующих уточнения контуров распространения измененных пород.

Предварительная разведка месторождений, сложенных слоистыми породами, должна обеспечить получение полного геолого-литологического разреза не менее чем в двух пересечениях. Для месторождений, сложенных массивными породами, в эту стадию выявляются основные петрографические типы и промышленные сорта камня, а также характер и распространение зон выветривания и тектонического дробления.

При разведке камня на щебень для заполнителей бетона, особенно гидротехнического, следует выяснить вопрос о наличии в породе вредных минералов (опал), способных вступать во взаимодействие со щелочами цемента и, вследствие увеличения объема, привести к разрушению бетона. Нежелательным также является присутствие в породе сульфидов железа и других металлов, которые, окисляясь под действием кислорода воздуха, образуют ржавые пятна на поверхности полированных плит, а в бетоне переходят в нестойкие соединения. Густота разведочной сети в стадию предварительной

разведки в зависимости от типа месторождений может колебаться в довольно широких пределах. В результате этой разведки должны быть выявлены запасы категории C_1 и получен материал, достаточный для решения вопроса о целесообразности перехода к детальной разведке, путем составления ТЭД и временных кондиций. При пред-

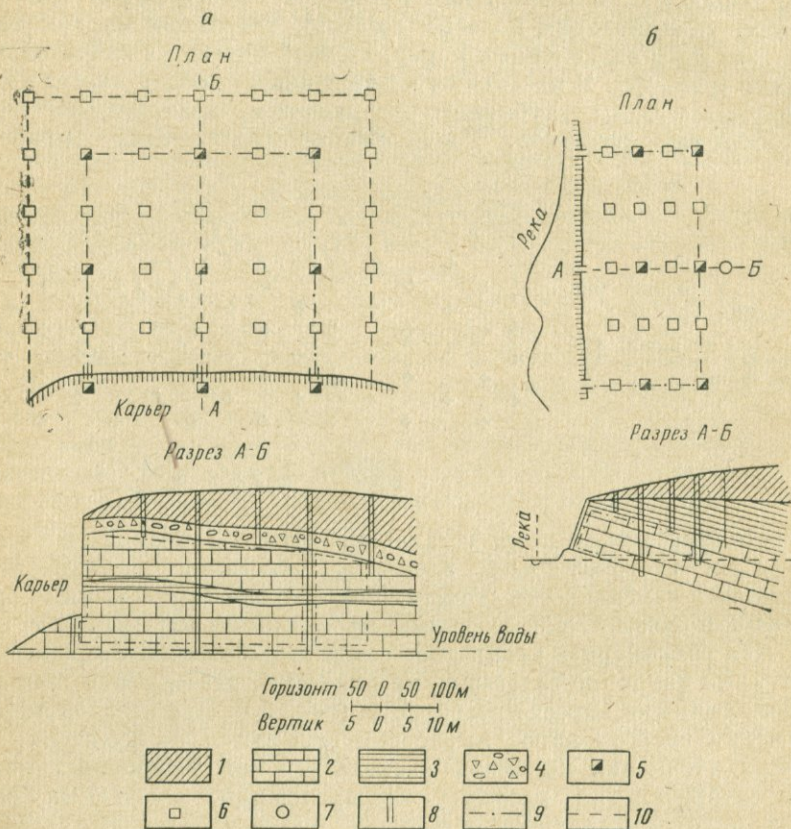


Рис. 23. Схема расположения выработок при детальной разведке известняков с залеганием: а — горизонтальным; б — пологим

1 — суглинки; 2 — известняки; 3 — глины; 4 — разрушенный известняк; 5 — шурфы на известняки; 6 — шурфы на вскрышу; 7 — вскрышные скважины; 8 — расчистки; 9 — контур подсчета запасов по категории А; 10 — контур подсчета запасов по категории В

варительной разведке обычно используется топооснова масштабов 1 : 5000—1 : 10 000. В стадию детальной разведки производится сгущение разведочной сети и более подробное изучение качественных показателей камня, с целью перевода запасов в промышленные категории. При детальной разведке должны быть выяснены: 1) выдержанность состава и структуры породы, являющейся полезным ископаемым; 2) характер, мощность и распределение вскрышных

пород и зон выветривания; 3) возможные притоки грунтовых вод в будущие разработки; 4) выход товарного камня.

Все глубокие выработки должны быть пройдены до установленного горизонта подсчета запасов.

Детальная разведка производится на топооснове масштабов 1 : 2000—1 : 1000. Она должна обеспечить получение материалов, необходимых для утверждения запасов по категориям А, В и С₁, и последующего составления проекта на разработку месторождения.

В проекте инструкции ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям строительного и облицовочного камня приводятся следующие данные о плотности разведочной сети (табл. 16).

Таблица 16

Ориентировочная плотность разведочной сети, применяемая при разведке месторождений строительного камня

Группы месторождений	Типы месторождений	Расстояние между выработками (в м) для категорий		
		А	В	С ₁
1	Массивные залежи изверженных пород однородного состава	200—300	300—400	400—600
1	Горизонтально залегающие или полого падающие пластообразные тела, выдержанные по мощности и строению	100—200	200—300	300—400
1	Моноклинально падающие, осложненные складками, пластовые и пластообразные тела, выдержанные по строению и мощности или с закономерно изменяющейся мощностью и качеством сырья	По простиранию 100—200 200—300 300—400 По падению 25—50 * 50—100 * 100—150 *		
2	Линзообразные, пластообразные тела, не выдержанные по строению и мощности	—	50—100	100—200

* При определении расстояния между выработками по падению следует исходить из необходимости получения в каждом разрезе двух пересечений.

При сложном рельефе погребенной поверхности полезной толщи следует осуществить проходку дополнительных выработок. Это необходимо для уточнения мощности вскрышных пород, а также для оконтуривания карста, древних размывов и изучения тектонических нарушений.

Карст должен тщательно изучаться при проведении разведочных работ, так как его наличие сильно усложняет работу карьера (рис. 24).

Количество карстовых полостей должно быть определено путем тщательных замеров и зарисовок в карьерах, шурфах и других горных выработках, а также по керну буровых скважин. При под-

счете запасов необходимо производить соответствующую скидку на закарстованность.

Особенности опробования. При разведке месторождений строительного камня основное значение имеет определение его физико-механических свойств. Отбираемые при этом пробы используются: 1) для характеристики основных петрографических и физико-механических свойств камня и их выдержанности в пределах месторождения; 2) для получения дополнительной характеристики камня, необходимой для оценки возможности и экономической целесообразности его использования в намечаемой области; 3) для определения выхода делового камня из горной массы. Для первого назначения пробы отбираются в виде штуфов, для второго — носят характер валовых и испытываются с целью изучения поведения щебня в бетоне, а также определения износа в барабане. Эти пробы отбираются в виде щебенки. Для третьего назначения пробы

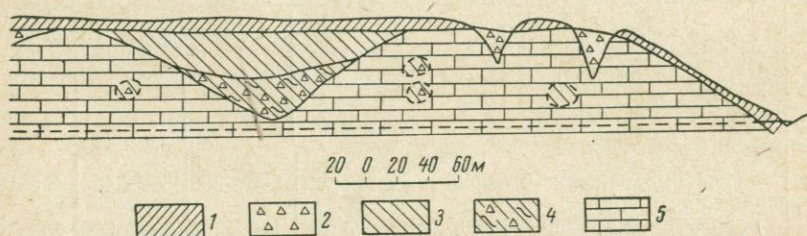


Рис. 24. Геологический разрез месторождения закарстованных известняков (по С. С. Виноградову):

1 — суглинки; 2 — современные карстовые заполнения; 3 — глины; 4 — древние карстовые заполнения; 5 — известняки

отбираются в виде монолитов — производится определение выхода из горной массы блочного камня требуемых размеров.

Для изучения физико-механических свойств камня пробы отбираются в большом количестве и подвергаются испытаниям по сокращенной или полной программе. Выдержанность качественных показателей каждого типа породы на площади месторождения контролируется сокращенными испытаниями, количество которых обычно в 10—15 раз больше, чем полных.

Размеры проб (кубиков) для сокращенных испытаний приняты 5 × 5 × 5 см, а для полных 20 × 20 × 20 см, или 0,8—1,0 м столбика керна диаметром не более 50 мм.

Для характеристики прочности камня в интервалах, представленным разрушенным материалом, пробы отбираются в виде щебня для испытания на прочность по дробимости при сжатии в цилиндре.

В стадии предварительной разведки пробы отбираются из всех выработок, расположенных по двум взаимно перпендикулярным линиям, с целью характеристики установленных разновидностей камня по площади и мощности.

По отобранным пробам определяются объемная масса, плотность, водопоглощение, а также временное сопротивление сжатию. Данные, полученные при этих испытаниях, используются для построения корреляционной зависимости между механической прочностью, объемной массой, плотностью и водопоглощением для каждой выделенной структурно-литологической разновидности.

Из других выработок, пройденных на месторождении в стадию предварительной разведки, а также в стадию детальной разведки, пробы следует отбирать от каждой выделенной и охарактеризованной разновидности, при расстоянии между пробами 2—5 м для массивных однородных пород и 1—2 м для слоистых. Определения производятся по сокращенной программе при наличии корреляции и по полной — при ее отсутствии.

Кроме того для облицовочного камня необходимо определение декоративности, полируемости и (при необходимости) истираемости.

При разведке месторождения камня на щебень различных назначений, испытания производятся в соответствии с требованиями соответствующих ГОСТов.

Наряду с указанными испытаниями необходимо производить петрографические определения (это особенно важно для установления степени выветрелости изверженных пород, а также структурных и текстурных особенностей) и химические анализы (в небольшом объеме). При наличии аморфных разностей SiO_2 (опал) иногда приходится определять их активность.

Валовые пробы отбираются при разведке месторождения камня, предназначенного для разработки на щебень, а также для проведения различных испытаний, перечень которых определяется в зависимости от области использования щебня. Отбор проб валовым способом производится по всей мощности полезной толщи или по ее разностям, которые могут быть выделены при эксплуатации. Пробы отбираются по 1—3 выработкам в зависимости от размера участка разведки и однородности слагающего его камня. Количество проб зависит от числа структурно-литологических или петрографических разностей пород и от намеченного способа разработки.

ГОСТ 8269—64 устанавливает массу проб щебня и гравия, необходимую для проведения различных испытаний. Валовые пробы, отбираемые для определения поведения щебня в бетоне или крошки в битумной связке, берутся из 2—3 выработок, разрез которых характеризует типы и разновидности камня, установленные на месторождении.

Масса проб щебня для испытаний в бетоне должна быть не менее 50 кг и может быть увеличена до 150 кг. Масса пробы для определения взаимодействия крошки и битумной связки составляет 40—70 кг.

Пробную добычу для определения выхода щебня из горной породы следует производить, по требованию проектной организации, только на неэксплуатируемых месторождениях при неоднородном качестве камня — наличии зон разрушения, сильной трещиноватости, закарстованности и пр.

Кроме того, в некоторых случаях требуется отбор валовых проб щебня для установления дробимости камня и выбора типа дробильных установок. Необходимость проведения таких испытаний и количество камня, добываемого для этих целей, нужно устанавливать по согласованию с организацией, производящей испытания.

При разведке месторождений строительного камня на щебень производится определение коэффициента разрыхления (K_p) как отношение объема извлеченного материала V_2 к его объему в плотном теле V_1

$$K_p = \frac{V_2}{V_1} > 1.$$

Коэффициент разрыхления устанавливают путем выемки определенного объема породы из шурфа или карьера и замера объема выемочного пространства и полученной породы. Объемную массу определяют в полевых или лабораторных условиях по выделенным типам пород. В полевых условиях объемную массу получают путем выемки и последующего взвешивания определенного объема породы.

В некоторых случаях по требованию промышленности производится определение коэффициента продуктивности.

Для этого извлекается определенный объем горной массы. Затем камень дробится; фракция 0—5 мм отсеивается как отход, и оставшийся щебень сортируется на фракции соответствии с предусмотренным проектом дробильной фабрики.

Для определения выхода блоков облицовочного или стенового камня из горной массы пробная добыча производится в объеме, зависящем от геологических особенностей месторождения и назначения камня. Практикой установлено, что для определения выхода блочного камня обычно бывает достаточно вынуть 50—100 м³ свежей горной породы, добытой без применения взрывчатых веществ. Однако при определении выхода пильного камня это количество иногда бывает значительно больше (до 500 м³).

При наличии в районе месторождения действующего карьера, разрабатывающего те же или аналогичные породы, выход делового камня принимается по аналогии. Однако при этом должна быть дана исчерпывающая сравнительная характеристика камня обоих месторождений. Для облицовочного камня должны быть определены технологические параметры обработки (пилимость, выход плит из блоков, полируемость и др.). Заводской обработке обычно подвергаются блоки общим объемом 3—5 м³.

При составлении отчета о разведке месторождений каменно-строительных и облицовочных материалов необходимо освещать вопросы трещинной тектоники. Желательно также составлять крупномасштабные карты (или разрезы), на которых должны быть показаны литологические разновидности камня, зоны развития густой трещиноватости и др.

Целесообразно также составлять корреляционные графики, показывающие зависимость объемной массы от прочности, водонасыщения и морозостойкости.

Применяемое минеральное сырье и требования промышленности к его качеству. Вяжущими называются такие строительные материалы, которые, будучи в порошкообразном виде смешанными (затвердевающими) с водой, способны образовать пластичное тесто, со временем затвердевающее в прочную камнеподобную массу. К числу вяжущих, способных твердеть и длительно сохранять прочность только на воздухе и называемых поэтому воздушными, относятся воздушная известь и строительный гипс, называемый иногда алебастром. К группе гидравлических вяжущих, обладающих способностью твердеть и длительно сохранять прочность не только на воздухе, но и под водой, относятся различные цементы и гидравлическая известь. Главное значение среди вяжущих строительных материалов имеет портландцемент.

Портландцемент представляет собой тонкий порошок, состоящий на 80—95% из цементного клинкера и содержащий 3—6% гипса и до 15% так называемых активных минеральных добавок. Химико-минералогический состав клинкера характеризуется следующими тремя параметрами:

1) коэффициентом насыщения кремнезема известью

$$KH = \frac{CaO - (1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3)^*}{2,8SiO_2}$$

2) кремнеземным (или силикатным) модулем

$$n = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

3) глиноземным модулем

$$p = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Величины этих параметров в портландцементном клинкере должны находиться в следующих пределах: KH от 0,88 до 0,92; n от 1,90 до 2,60; p от 0,90 до 1,60 (здесь и далее по «Техническим условиям на качество основных видов сырьевых материалов для производства портландцементного клинкера», разработанным «Гипроцементом» и изданным в 1970 г.).

К вредным примесям, снижающим качество портландцемента, относятся MgO и щелочи. Допустимое содержание MgO в клинкере не должно превышать 5%, а щелочей 1,2%. Кроме того, ГОСТом 10178-62* ограничивается содержание SO_3 , которое в портландцементе должно составлять не менее 1,5 и не более 3,5%.

Исходя из приведенных выше данных, «Гипроцемент» разработал требования к химическому составу цементной сырьевой смеси (сырьевой шихты) из природных материалов (табл. 17).

* Формула дается в упрощенном виде и применяется при оценке качества сырья.

Кроме того, цементная шихта должна характеризоваться значениями коэффициента насыщения (КН) кремнеземного (n) и глиноземного (p) модулей: при беззольном топливе КН — от 0,88 до 0,92; n — от 1,90 до 2,60 и p — от 0,90 до 1,60; при зольном топливе КН — от 1,03 до 1,07; n — от 2,00 до 2,60; p — от 0,90 до 1,50.

Наиболее эффективным природным минеральным сырьем для получения клинкера указанного химического состава является гомогенная смесь тонкодисперсного кальцитового и глинистого материала в нужном соотношении, отвечающая по химическому

Таблица 17

Требования к химическому составу цементной сырьевой шихты

Компоненты	Содержание, % (не более)	
	при обжиге на беззольном топливе	при обжиге на зольном топливе
MgO	3,2	3,1
SO ₃	1,0	0,8
K ₂ O + Na ₂ O	0,8	0,7
TiO ₂	1,3	1,3
P ₂ O ₅	0,3	0,3

составу приведенным требованиям. Однако поскольку мергели, представляющие такую готовую сырьевую смесь (и называющиеся поэтому цементниками - технологами мергелями — «натуралами»), встречаются довольно редко, большинство цементных заводов работает на искусственной сырьевой смеси, составляемой из маломagneзиальных карбонатных и легкоплавких глинистых пород. С первыми в сырьевую смесь вносятся основная часть

оксида кальция, а со вторыми — кремнезема, глинозема и окислов железа. Из карбонатных пород в цементной промышленности используются маломagneзиальные известняки, мел и мергели, а из глинистых пород — глины, суглинки, лёссы, реже глинистые сланцы, алевролиты и аргиллиты. Суммарный расход сырьевой смеси (или мергеля — натурала) на 1 т клинкера в расчете на абсолютно сухое вещество по теоретическим расчетам составляет около 1,5—1,6 т. Расход карбонатных и глинистых пород в отдельности прямо пропорционален содержанию в них окиси кальция (а в природном виде, кроме того, и их естественной влажности).

Для ориентировочных расчетов требуемых запасов рекомендуется принимать следующий расход сырья на 1 т клинкера (при естественной влажности известняков около 5%, глинистых пород и мергелей 20%, мела 25%): 1) известняка 1,4 т (или 1,6 т мела); 2) глинистых пород 0,35 т; 3) мергеля-натурала 1,9 т.

Вместо глинистых пород в качестве глинистого компонента сырьевой смеси в последнее время более широко стали применяться побочные продукты и отходы других отраслей промышленности, главным образом доменные шлаки, а также белитовый шлам, образующийся при получении глинозема (в основном из нефелина). Помимо химического состава, технологические свойства карбонатных и глинистых пород зависят еще от их минерального состава и структуры, а требования к их химическому составу, как цементному

сырью, являются взаимосвязанными (поскольку они определяются на основе требований к составу сырьевой смеси, в которой карбонатные и глинистые породы играют главную роль). В этой связи окончательная оценка их пригодности для производства цемента дается обычно специализированными институтами цементной промышленности.

Для предварительной оценки качества природного сырья для производства цемента следует руководствоваться ориентировочными требованиями к его химическому составу, приведенными в табл. 18 (по «Техническим условиям» «Гипроцемента», 1970 г.).

Таблица 18

Ориентировочные требования к химическому составу природного сырья, используемого для производства портландцемента

Оксиды	Содержание окислов в породах, %	
	карбонатных	глинистых
CaO MgO	Не менее 40—44,0 * Не более 3,3—3,8 **	Не лимитируется Допустимое содержание зависит от количества MgO в карбонатном компоненте, поскольку в сырьевой смеси оно не должно превышать 3,10—3,20%
R ₂ O SO ₃	Не более 0,2—0,3 Не более 1,0—1,2	Не более 2,5—3,0 Не более 0,5—1,0

* Карбонатные породы с содержанием CaO от 44,0 до 40,0% не требуют добавки глинистого компонента и при нужных величинах кремнеземного и глиноземного модулей и допустимом содержании примесей соответствуют составу сырьевой смеси. Такие мергели, как указывалось выше, называются у цементников «агуралами», или «натуральными».

** При содержании MgO в глинистом компоненте не более 1%.

Сочетание содержаний SiO₂, Al₂O₃ и Fe₂O₃ в карбонатном и глинистом компонентах должно обеспечить получение необходимых значений коэффициента насыщения, кремнеземного и глиноземного модулей в сырьевой смеси (сырьевой шихте) и клинкере, с учетом возможности введения в сырьевую смесь корректирующих добавок (для исправления величин модулей). Эти корректирующие добавки обычно вводятся в сырьевую смесь в небольших количествах, измеряемых первыми процентами от массы сырьевой смеси.

В соответствии с характером окислов, необходимых для исправления величин модулей, такие добавки могут быть железистыми, кремнеземистыми и глиноземистыми. Обычно применяются первая и вторая добавки, реже — глиноземистая.

В качестве железистых добавок обычно используются пиритные огарки с сернокислотных заводов, реже — колошниковая пыль доменных печей или отсеvy железной руды («подрудок»). Как глиноземистую добавку используют богатые глиноземом маложелезистые

глины, каолины, иногда боксит. Кремнеземистой добавкой служат кварцевые пески, опоки, трепела или пылевидный кварц (природный — маршалит, а искусственный — отходы химической промышленности). Следует учитывать также, что на величины модулей сырьевой смеси в производственных условиях может оказать влияние химический состав золы топлива (при работе цементного завода на углях), а также осаждение крупных фракций глинистых пород в «болтушках» (при «мокроем» способе производства цемента). По данным упоминавшихся «Технических условий» «Гипроцемента», железистые корректирующие добавки должны содержать не менее 40% Fe_2O_3 , кремнеземистые — не менее 70% SiO_2 , а глиноземистые — не менее 30% Al_2O_3 .

При использовании в качестве глинистого компонента белитового шлама допустимое содержание окиси магния в карбонатных породах (при содержании MgO в белитовом шлеме до 1,3%) может достигать 5,6%, однако содержание окиси кальция в них не должно быть менее 49%, так как в противном случае эффективность применения белитового шлама заметно уменьшается.

Согласно ТУ—48—5—40-73 на известняки для производства глинозема и цемента, содержание MgO в известняках 3 и 4 сортов, предназначенных для производства цемента, не должно превышать соответственно 2,0 и 2,5%. Эти величины определены, очевидно, без учета повышения доли белитового шлама в сырьевой смеси и поэтому являются ошибочными.

К глинистым породам, за исключением тех, которые не обладают способностью распускаться в воде (т. е. плотных глинистых сланцев, аргиллитов, алевролитов), предъявляются также требования в отношении их гранулометрического состава: содержание фракций крупнее 0,2 мм (остаток на сите № 02) не должно превышать 10%, а фракций крупнее 0,08 мм (остаток на сите № 008) — 20% (включая фракцию крупнее 0,20 мм). Эти требования носят рекомендательный характер и несоответствие им не является основанием для браковки сырья, что должно быть согласовано с соответствующим институтом.

В последние годы все больше значение приобретает строительство цементных заводов, работающих по более экономичному сухому способу производства цемента. В связи с этим следует указать, что упоминавшихся выше «Технических условиях» «Гипроцемента» приводятся следующие дополнительные требования к свойствам и качеству сырья для этого способа производства: естественная влажность карбонатных пород должна быть не более 5,0%, глинистых пород — не более 25%, мергелей «натуралов» — не более 10%; колебания содержания CaO в карбонатных породах не должны превышать $\pm 2,0\%$, в отдельных случаях $\pm 4,0\%$. Наиболее благоприятными величинами модулей глинистых пород являются: кремнеземный 2,6—3,5, глиноземный 2,0—3,0. Кроме того, для сухого способа производства цемента желательно, чтобы сырье содержало минимальное количество ионов Cl (по данным французской фирмы Фив-Лилль, содержание ионов Cl в сырьевой смеси не должно превышать 0,04—0,05%).

С учетом существующих требований к влажности сырья, мел не используется для сухого способа производства цемента, а мергели могут оказаться пригодными лишь в редких случаях.

Вопрос о целесообразности сухого способа производства цемента в каждом конкретном случае решается указанными выше институтами цементной промышленности (на основании технико-экономических расчетов и технологических исследований).

Из разновидностей портландцемента, резко отличающихся своим минералогическим составом, а следовательно, и требованиями к качеству сырья, следует упомянуть белый и цветные портландцементы.

Согласно ГОСТам 965-66* и 15825-70, содержание SO_4 в белом и цветных цементах не должно превышать 3,5%, а MgO в клинкере соответственно 4,0 и 5,0%.

В качестве сырья для производства белого и цветных портландцементов используются маложелезистые известняки или мел, а в качестве алюмосиликатного, т. е. глинистого компонента применяются маложелезистые каолины, песчано-глинистые отходы обогащения каолина-сырца, полукислые глины, туфогенные породы, а также алюмосиликатные отходы промышленных производств. Требования к качеству всех перечисленных видов сырья приводятся в табл. 19 («Технические условия», разработанные «Гипроцементом», 1970).

Химический анализ сырьевых материалов для производства цемента осуществляется по ГОСТу 5382-73, гипса по ГОСТу 4013-74, активных минеральных добавок по ОСТ 21-9-74. Определение

Таблица 19

Требования к качеству сырья для производства белого и цветных цемента

Компонент	Окислы	Содержание, % (CaO —не менее, остальных компонентов—не более)		
		Для белого цемента		Для цветных цемента
		класса А	класса Б	
Карбонатный	CaO	54,0	52,0	50,5
	Fe_2O_3	0,15	0,25	0,35
	MnO	0,015	0,03	0,04
Алюмосиликатный: каолины, песчано-глини- стые отходы (шликер)	SiO_2	72,0		72,0
	Fe_2O_3	1,0		1,5
	TiO_2	0,8		1,0
Полукислые глины, алюмо- силикатные отходы промышленных про- изводств	SiO_2	65—80		
	Al_2O_3	Не более 24		
	Fe_2O_3	1,2		2,0
Туфогенные породы (трас- сы, туфы)	TiO_2	1,0		1,5
	SiO_2	Не более 72		
	Fe_2O_3	1,0		
	MnO_3	Не более 0,025		1,5

окислов железа марганца титана и хрома в сырье для производства белого цемента производят фотоэлектрокалориметрическим методом.

Следует иметь в виду, что отличие от обычного портландцемента, для белого цемента может применяться обогащение карбонатных пород (грохочение и промывка). Поэтому приведенные требования относятся к обогащенным карбонатным породам.

В качестве корректирующей кремнеземистой добавки рекомендуется применять маложелезистые кварцевые пески с содержанием SiO_2 не менее 96% и Fe_3O_3 не более 0,3%, т. е. приближающиеся по качеству к стекольным пескам.

Для производства белого и цветных портландцементов допускается применение сырьевых материалов, имеющих более высокое содержание Fe_2O_3 , MnO и TiO_2 , чем указано в табл. 18, или содержащих другие красящие окислы, если технологическими исследованиями будет установлена пригодность такого сырья. Технологические испытания сырья для белого и цветных цементов производятся НИИЦементом.

Гипс, применяемый в качестве добавки, к клинкеру в производстве портландцемента, должен отвечать требованиям ГОСТа 4013-74. Активные минеральные добавки, соответствующие требованиям ОСТ 21—9-74, добавляются к клинкеру при производстве портландцемента в количестве до 15%, а при выпуске пуццоланового портландцемента, применяемого главным образом в строительстве гидротехнических сооружений, — до 20—40%.

Для производства белого портландцемента могут применяться гипс, активная и инертная минеральные добавки, имеющие в измельченном состоянии белизну не ниже установленной для цемента данного сорта.

Основным свойством активных минеральных добавок является их способность в тонкоизмельченном виде химически связывать гидрат окиси кальция, выделяющийся при гидратации цемента при взаимодействии его с водой, перевода $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в труднорастворимые в воде низкоосновные гидросиликаты кальция. В результате этого устойчивости цемента в водной среде повышается, улучшаются некоторые строительно-технические свойства его и снижается себестоимость. В качестве таких добавок применяются некоторые осадочные (опоки, трепела, диатомиты) и эффузивные вулканические породы (пеплы, туфы, трассы, пемзы, витрофиры, порфиroidы), а также «глиежи» или порцелланиты, представляющие собой глины, обожженные при подземных пожарах в угольных пластах. Кроме того, широко используются искусственные материалы, в первую очередь гранулированные доменные шлаки. Согласно ОСТ 21—9-74, минеральная добавка считается активной в том случае, если она обеспечивает: 1) конец схватывания теста, приготовленного на основе добавки и гидратной извести не позднее 7 суток после затворения; 2) водостойкость образца из того же теста в течение (не ранее) 3 суток после конца его схватывания; 3) содержание гидрата окиси кальция в жидкой фазе, находящейся в контакте с цементом, приготовленном на основе добавки, клинкера и гипса, ниже состояния насыщения

на величину не менее чем 0,5 ммоль/л* (для природных добавок, кроме глиежей и порфироидов).

Содержание SO_3 в диатомитах, трепелах, опоках и глиежах не должно превышать 3%. В глиежах лимитируется еще содержание растворимого глинозема (Al_2O_3), которое также не должно быть более 3%. Влажность всех перечисленных пород не нормируется, но должна изучаться и указываться в геологических отчетах.

Строительная известь. Сырьем для производства строительной извести служат карбонатные породы — известняки, доломиты, мел, а также мергелистые разности этих пород. Последние используются для получения гидравлической извести.

Требования к качеству указанных пород определяются ГОСТом 5331-63 «Породы карбонатные для производства строительной извести», в соответствии с которым в зависимости от химического состава карбонатные породы подразделяются на пять классов (табл. 20).

Таблица 20

Подразделение карбонатных пород в зависимости от химического состава

Содержание, % (CaCO_3 не менее, остальные — не более)	Классы				
	А	Б	В	Г	Д
CaCO_3	93	90	85	47	72
MgCO_3	4	7	7	45	8
$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	3	3	8	8	20

Размер кусков должен устанавливаться путем соглашения между поставщиком и потребителем, но количество мелочи, по размеру не удовлетворяющей согласованным требованиям, не должно превышать 5%.

Сырьем для получения строительного гипса является природный гипс, отвечающий требованиям ГОСТа 4013-74. В соответствии с этим ГОСТом, содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в предварительно высушенном до постоянной массы природном гипсе должно быть не менее: для первого сорта 95%, для второго сорта 90%, для третьего сорта 80% и для четвертого сорта 70%.

Генетическая и промышленная классификация месторождений. Горные породы, используемые в качестве сырья для производства вяжущих веществ, характеризуются значительным разнообразием условий своего образования. Большинство рассматриваемых полезных ископаемых, таких, как известняки, мел, мергели и глинистые породы, гипс, опоки, трепела и диатомиты, а с некоторой условностью также и глиежи, относятся к экзогенным образованиям.

Меньшая часть видов сырья, используемых лишь в качестве активных минеральных добавок (пеплы, пемзы, трассы, вулканические

* Методы всех этих испытаний описаны в ОСТе 21—9-74.

туфы, порфиroidы), принадлежат к вулканическим образованиям. Основная масса известняков, мела, мергелей, доломитов, гипса, опок, трепелов и диатомитов, слагающих крупные промышленные месторождения, образовалась в морских бассейнах.

Месторождения некоторых из рассматриваемых видов сырья, помимо морских бассейнов, образуются и в континентальных условиях. Однако, за редким исключением, такие месторождения имеют ограниченные запасы и поэтому их роль обычно невелика. Для легкоплавких глинистых пород, используемых в качестве цементного сырья, наоборот, основное значение имеют месторождения континентального происхождения (элювиальные, делювиальные, реже аллювиальные, озерные, озерно-ледниковые глины и суглинки, а также лёcсы). Глины морского происхождения, аргиллиты и глинистые сланцы, образовавшиеся в морских бассейнах, но подвергшиеся затем метаморфизации, обычно имеют меньшую примесь крупного обломочного материала и более постоянный химический состав. Однако эти породы, как правило, имеют более высокое содержание щелочей и повышенное значение глиноземного модуля при сравнительно низком силикатном модуле по сравнению с соответствующими показателями химического состава у глинистых пород континентального происхождения.

Это обстоятельство в совокупности с обычным залеганием последних над карбонатными породами или в верхних горизонтах разреза обуславливает менее широкое применение глинистых пород морского происхождения в цементном производстве по сравнению с глинистыми породами, образовавшимися в континентальных условиях. Форма залегания всех рассмотренных горных пород в основном пластовая и линзообразная.

Пеплы, пемзы, трассы, вулканические туфы и некоторые другие породы, применяемые в качестве активных минеральных добавок, имеют эндогенное происхождение и относятся к эксплозивным и частично эффузивным образованиям. Они залегают обычно в виде пластов и линз (пеплы, вулканические туфы), а также потоков, покровов и куполов. С учетом приведенных данных может быть предложена проченная генетическая классификация горных пород, применяемых в качестве сырья для производства вяжущих веществ (табл. 24).

Промышленная классификация месторождений, рассматриваемых видов сырья может быть представлена в следующем виде:

Группа месторождений	Типы месторождений
1а	Крупные, выдержанные
1б	Средние, выдержанные
2а	Крупные, не выдержанные
2б	Средние, не выдержанные
3а	Мелкие, более или менее выдержанные
3б	Крупные и средние, резко изменчивые

Рассматриваемые полезные ископаемые образуют промышленные месторождения всех указанных групп. Исключение составляют

Таблица 21

Генетическая классификация горных пород, используемых в качестве сырья и добавок при производстве вяжущих

Типы месторождений		Условия образования	Известняки	Мергели	Мел	Доломиты	Глинистые породы	Диатомиты, трепсела, опоки	Гипс	Пеплы, пемзы, вулканические туфы
Морские осадочные	Органогенные	+++			} +++			} +++		
	Хемогенные	++	+++			+++	} ++			+++
Обломочные	Обломочные	+								
	Экзогенные	Континентальные								
Экзогенные	Континентальные	Озерные	+	+		+	++	+	+	
		Элювиальные делювиальные Аллювиальные Эоловые Моренные					+++	+		
Экзогенные	Континентальные	Озерно-ледниковые			+ (ледниковые отторженцы)		+			
		Прочие	+						+	
Экзогенные	Континентальные	Эксплозивные и эффузивные								+++
		Прочие (карбонаты)	+			+				

Примечание. Количество знаков (+) указывает на практическое значение того или иного генетического типа.

группы: 1а — для глиежей, пеплов, пемз и вулканических туфов; 1б — для глиежей; 2а — для пеплов, пемз и вулканических туфов; 3а — для мергелей и глинистых пород; 3б — для мергелей, глинистых пород, диатомитов, опок и трепелов.

К 1-й и 2-й группам относятся месторождения с пластовой, пластообразной или линзообразной формами тел полезного ископаемого, при горизонтальном, наклонном или крутом моноклиналном их залегании. К 3-й группе относятся такие же месторождения, но сильно дислоцированные, а также залежи различной формы (рифогенные массивы и ксенолиты известняков и доломитов, гипсовые «шляпы», купола эффузивных пород и др.).

Эта классификация отличается от группировки месторождений по природным факторам, определяющим методику разведки, принятой в инструкции ГКЗ.

В ней несколько изменены группировка и типизация месторождений для магматических пород и введены дополнительно месторождения диатомитов, трепелов, опок и глиежей.

По требуемому соотношению запасов различных категорий, предусмотренному действующей Классификацией запасов полезных ископаемых, месторождения рассматриваемых видов сырья в основном относятся к 1-й и значительно реже ко 2-й группам. Учитывая, что месторождения строительных материалов в большинстве случаев разрабатываются без эксплуатационной разведки, в необходимых случаях может быть допущено превышение количества запасов, разведанных по категориям А и В (особенно если это не связано с крупными дополнительными затратами). Месторождения 3-й группы, за единичными исключениями, для рассматриваемых полезных ископаемых промышленного значения не имеют.

Геологические предпосылки для поисков месторождений. Как уже отмечалось при характеристике генетических типов месторождений карбонатных и кремнистых пород (диатомитов, трепелов и опок), а также гипса, все крупные промышленные месторождения этих полезных ископаемых образовались в морских условиях и поэтому площади развития континентальных отложений являются для поисков их малоперспективными. При этом следует учитывать, что месторождения гипса могли образовываться лишь в условиях сухого жаркого климата.

Гипс нередко встречается совместно с ангидритом и ассоциируется с каменной солью, хемогенными известняками и доломитами. Сходные условия необходимы для образования месторождений доломитов.

Для поисков кремнистых пород благоприятной предпосылкой иногда является наличие в районе данного морского бассейна более ранних или разновозрастных проявлений вулканической деятельности. Промышленные месторождения глинистых пород, используемых в качестве цементного сырья, наоборот, приурочены в основном к континентальным образованиям (элювиальным, делювиальным и некоторым другим).

Второй общей геологической закономерностью, имеющей нередко важное значение при оценке перспективности данного района, является степень относительной приуроченности указанных полезных ископаемых к отложениям того или иного возраста. Так, месторождения мела на территории СССР приурочены исключительно к отложениям верхнего отдела меловой системы Русской платформы, Донбасса и Прикаспийской синеклизы.

Все крупные промышленные месторождения опок, трепелов, и диатомитов в СССР связаны с отложениями палеогена и отчасти верхнего мела Русской платформы, Урала и Зауралья. Месторождения этого возраста, встречающиеся в других районах, а также приуроченные к отложениям неогена и к озерным образованиям

четвертичного возраста (Северо-Запад СССР, Дальний Восток, Закавказье), обычно характеризуются малой мощностью полезной толщи и поэтому, за редким исключением, интереса для цементной промышленности не представляют.

Маломagneзиальные известняки, хотя и встречаются почти во всех горизонтах геологического разреза от архея до четвертичных образований, распространены в отложениях разного возраста весьма различно. Помимо упоминавшегося уже мела, наиболее богатыми маломagneзиальными известняками на территории СССР являются породы карбона и девона (в основном верхнего), а наиболее бедными — триаса, палеогена и четвертичного возраста. Осадки остальных систем занимают промежуточное положение.

Доломиты в пределах Советского Союза встречаются также среди отложений всех групп и систем, но преимущественным развитием они пользуются в образованиях архея, протерозоя и палеозоя (Виноградов, 1964).

Большинство крупных месторождений гипса в европейской части СССР приурочено к породам девона и перми, в Средней Азии — к юрским, меловым и третичным образованиям, а в Восточной Сибири — к отложениям кембрия и девона.

Глинистые породы, пригодные для производства цемента, встречаются в отложениях всех систем. Однако по условиям неглубокого залегания и химическому составу перспективны четвертичные образования.

Месторождения глиней приурочены лишь к угленосным отложениям, где имеются самовозгорающиеся угли.

Преобладающее число месторождений вулканических пород, используемых в качестве активных минеральных добавок, относится к третичным и четвертичным образованиям. Естественно, что эти общие геологические предпосылки применительно к каждому конкретному району должны быть тщательно проверены по материалам региональных геологических исследований. Поскольку при этих исследованиях нередко происходит отождествление известняков с доломитами и доломитизированными известняками, необходимо ознакомиться с анализами, шлифами и образцами этих пород. При отсутствии данных анализов и описаний шлифов следует провести проверку имеющихся образцов 10%-ным раствором HCl на вскипание (доломиты почти не вскипают) и произвести хотя бы сокращенные их химические анализы.

Из диагностических признаков других видов описываемого сырья следует отметить весьма низкую твердость гипса (2 по шкале Мооса), невысокую объемную массу диатомитов и трепелов (порядка 0,5—1,25 в куске, в сухом состоянии), а также способность этих пород и опок прилипать к языку.

К прямым литологическим признакам необходимо отнести также наличие в районе действующих или заброшенных предприятий, использующих местное сырье. Так, например, наличие цементного завода свидетельствует о существовании в данном районе не только цементного сырья, но и карбонатных пород, пригодных для про-

изводства строительной извести. Существование карьеров по добыче известняков, используемых в качестве флюсов в металлургии или в химической промышленности, обычно может служить указанием на перспективность района на известняки, пригодные для производства извести и цемента.

Существование в районе кирпичного завода во многих случаях может рассматриваться как благоприятная предпосылка для выявления глинистых пород, пригодных для производства цемента и т. п.

Структурно-тектонические факторы также имеют важное значение для оценки перспективности того или иного района на рассматриваемые полезные ископаемые. Применительно к карбонатным породам и в меньшей степени к глинистым отложениям и гипсу это выражается в первую очередь в том, что мощность толщи и пачек этих пород, измеряемая на платформах обычно десятками метров, в складчатых областях нередко составляет сотни и даже тысячи метров, что является благоприятным фактором для выявления месторождений. С другой стороны, месторождения, в которых рассматриваемые полезные ископаемые залегают неглубоко и пригодны для открытой разработки, встречаются на платформах значительно чаще, чем в складчатых зонах. Большинство вулканогенных пудцолановых пород, связанных с четвертичными и другими молодыми образованиями, нередко приурочены к крупным тектоническим зонам. В тектонических зонах месторождения гипса, известняков и доломитов обычно более закарстованы, чем в платформенных областях. Наличие карстовых воронок и провалов, пещер, «пьяного леса», а также явлений исчезновения русловых потоков ручьев и рек является прямым указанием на развитие в данном районе карстующихся горных пород, т. е. гипса или известняков или доломитов.

Толщи или пачки крепких известняков, доломитов и глиежей, переслаивающиеся с глинистыми сланцами и другими менее крепкими породами, при выветривании часто образуют положительные формы рельефа. Крупные промышленные залежи легкоплавких глин и суглинков элювиального, делювиального и аллювиального происхождения могли образоваться лишь при наличии значительных площадей, благоприятных для накопления этих отложений, т. е. в условиях сравнительно спокойных форм рельефа.

Помимо прямых, следует пользоваться и косвенными признаками, в частности, названиями населенных пунктов, рек, долин и других элементов рельефа («Воронки», «Карсты», «Белый камень» и т. п.). К косвенным признакам следует также отнести некоторые особенности растительности на территории поисковых работ. В частности, в литературе, имеются, например, указания на то, что растение «Венерин башмачок» может являться признаком возможного распространения известняков, гипса или доломитов.

Особенности поисков и разведки. Помимо необходимости благоприятного сочетания геологических предпосылок и общих технико-экономических факторов, при выборе районов для постановки

поисковых и разведочных работ на сырье для производства вяжущих веществ, нужно учитывать еще следующие факторы (по «Основным технико-экономическим показателям для промышленной оценки месторождений цементного сырья», разработанным «Гипроцементом» и утвержденным в 1968 г. Минпромстройматериалов и Мингео СССР).

Желательно, чтобы карбонатные и глинистые породы находились в непосредственной близости друг от друга, по возможности в пределах одной площади. Поскольку цементные заводы, как правило, строятся вблизи баз основного сырья, в районе месторождений карбонатных и глинистых пород или у ближайшей к ним железно-дорожной станции, для размещения заводов необходимо иметь свободную ровную площадь величиной не менее 40—50 га. Цементные заводы, работающие по наиболее пока распространенному мокрому способу производства, обычно являются крупными потребителями воды для производственных нужд (до 5—10 и более тыс. м³/сутки*). Поэтому в районе указанной площади необходимо наличие достаточно мощных источников водоснабжения.

Для районов работ на гипс и карбонатные породы для производства извести, наличие указанных условий не имеет такого важного значения. В отношении горнотехнических условий следует исходить из того, что минимальная промышленная мощность полезного ископаемого (по вертикали) по выработке на контуре месторождения, как правило, должна быть не менее 2,5—4,5 м. Мощность вскрышных пород по возможности не должна превышать 20 м на месторождениях глинистых пород и активных минеральных добавок, а также 35 м на месторождениях карбонатного цементного сырья. Отношение ее к мощности полезного ископаемого по отдельным выработкам при рыхлой вскрыше должно быть не более 1,5 : 1 на месторождениях глинистых пород и 2,0 : 1 на месторождениях карбонатных пород и активных минеральных добавок, а при скальной вскрыше соответственно 1,0 : 1 и 1,5 : 1. При оценке месторождений гипса следует иметь в виду, что в некоторых случаях они разрабатываются подземным способом.

Разведка всех описываемых видов сырья осуществляется в основном с помощью проходки скважин колонкового бурения. Из специфических факторов для рассматриваемых полезных ископаемых, существенно влияющих на качество сырья и методику их разведки, следует в первую очередь указать на развитие карста, доломитизации и окремнения.

Для гипса, помимо развития карста, характерно частое присутствие в полезной толще ангидрита и песчано-глинистых, мергелистых или доломитовых прослоек, а иногда и наличие

* Потребность в производственной воде цементных заводов, работающих по сухому способу производства, значительно меньше (например, для завода мощностью 1200 тыс. т цемента в год она составляет 1000 м³/сутки, вместо 5000 м³/сутки для завода такой же мощности, но с мокрым способом производства).

микротектоники, обусловленной увеличением объема породы при переходе ангидрита в гипс. Явления микротектоники и гляциодислокаций наблюдаются также и на месторождениях меловых ледниковых отторженцев. Месторождения глиежей часто характеризуются пестрым составом исходных пород (переслаивание разных глинистых пород) и неравномерностью их обжига, что обуславливает изменчивость гидравлической активности, а следовательно, и качества глиежей как активных минеральных добавок. Эти особенности, усложняющие строение и условия залегания полезной толщи и обуславливающие выдержанность ее качества, требуют сгущения разведочной сети для выяснения хотя бы основных закономерностей их распространения. Поэтому выяснению явлений, влияющих на оценку качества сырья в данном районе и на месторождении, должно быть уделено самое серьезное внимание уже с момента подготовки к проведению поисковых и разведочных работ.

Ориентировка и густота сети разведочных выработок должны определяться геологом применительно к особенностям каждого конкретного месторождения. Для общей ориентировки приводим заимствованные из действующих инструкций ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям соответствующих видов сырья издания 1961 г.* и дополненные нами данные о применявшейся в нашей стране плотности сети разведочных выработок для запасов категорий А, В, С₁ и С₂ (табл. 22)**.

Как и для месторождений всех других полезных ископаемых, приведенные в таблице цифры отнюдь не являются обязательными и должны корректироваться геологом при проведении работ в зависимости от получаемых результатов. В частности, на месторождениях мела в коренном залегании, характеризующихся обычно большой выдержанностью мощности и качества полезного ископаемого, густота сети глубоких выработок может быть более редкой (в 1,5—2 раза), чем она указана для месторождений группы 1а.

Для месторождений диатомитов, трепелов и опок, а также глиежей инструкции по применению классификации запасов не разработаны, что значительно усложняет задачу геолога при их разведке. Для предварительной ориентировки при разведке месторождений диатомитов, трепелов и опок можно пока руководствоваться данными о густоте сети, приведенными для всех типов месторождений глинистых пород, а для месторождений глиежей, по-видимому, более подойдут данные, приведенные для второго типа месторождений глинистых пород и третьего типа вулканогенных пущолаических пород.

К определению оптимальной плотности сети, являющейся одним из важных элементов методики разведки, геолог, как уже указывалось, должен подходить творчески, исходя из геологических особенностей каждого конкретного месторождения. При этом, кроме

* Эти инструкции в настоящее время перерабатываются ГКЗ СССР.

** В инструкциях ГКЗ СССР (издания 1961 г.) принята несколько иная группировка месторождений.

Ориентировочная плотность разведочной сети, применяемая при разведке месторождений цементного сырья

Группы месторождений	Типы месторождений и виды сырья	Расстояния между выработками (м) для категории			
		C ₂	C ₁	B	A
1а	Крупные, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого месторождения:				
	карбонатных пород	1200—1600	600—800	300—400	150—200
	глинистых пород	600—800	300—400	150—200	100—150
1б	гипса	800—1200	400—600	300—400	200—300
	Средние, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого месторождения:				
	карбонатных пород	400—800	200—400	100—200	50—100
2а	глинистых пород	400—600	200—300	100—200	50—100
	гипса	800—1200	400—600	300—400	200—300
	вулканогенных пудоланических пород	600—800	300—400	200—300	100—200
2а	Крупные, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого месторождения:				
	карбонатных пород	300—500	150—250	100—150	—
	глинистых пород	200—400	100—200	50—100	—
2б	гипса	600—800	300—400	200—300	100—200
	Средние, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого месторождения:				
	карбонатных пород	200—400	100—200	50—100	—
3а	гипса	600—800	300—400	200—300	100—200
	вулканогенных пудоланических пород	400—600	200—300	100—200	50—100
	Мелкие, более или менее выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого месторождения:				
3а	карбонатных пород (для производства извести)	200—400	100—200	50—100	—
	гипса	400—600	200—300	100—200	50—100
	вулканогенных пудоланических пород	160—240	80—120	60—80	40—60

Группы месторождений	Типы месторождений и виды сырья	Расстояния между выработками (м) для категории			
		C ₂	C ₁	B	A
36	Крупные и средние с резко изменчивым строением, мощностью и качеством полезного ископаемого месторождения:				
	карбонатных пород	100—300	50—150	25—50	—
	гипса	400—600	200—300	100—150	—
	вулканогенных пудцоланических пород	160—240	80—120	40—60	—

приведенных выше данных, следует учитывать результаты исследований, приведенных в специальной работе по этому вопросу. В отчете следует дать обоснование принятой методики разведки.

Размеры площади, подлежащей детальной разведке, определяются в зависимости от количества запасов по категориям А, В, С₁, необходимых на 30-летний амортизационный срок работы предприятия, с учетом потерь в откосах бортов будущего карьера. Размеры площади, на которой вывеляются запасы категории С₂, должны быть увеличены в 2—3 раза.

Выбор участков под детальную разведку и расположение на них блоков, разведываемых с различной детальностью, а также горизонт, до которого должна вестись разведка, должны согласовываться с проектирующей организацией. По упоминавшимся «Основным технико-экономическим показателям», глубина разработки карбонатных пород при пологом залегании полезного ископаемого обычно не должна превышать 80—100 м, а при наклонном и крутом его залегании 120—150 м, а глинистых пород и активных минеральных добавок соответственно 40—50 и 60—70 м. Кроме того, следует учитывать, что длина короткой стороны детально разведываемой площади на дневной поверхности для скальных пород должна быть не менее 500 м, а для рыхлых пород не менее 300 м. Минимальная суммарная ширина подсчетных блоков на горизонте подсчета запасов должна быть не менее 100 м для скальных пород при величине угла откоса бортов карьера 45—55°, для рыхлых пород не менее 50 м при углах откоса 25—30°.

Все эти обстоятельства должны учитываться при определении величины разведываемой площади, глубины разведочных выработок и горизонта разведки, а затем — освещаться в отчете.

Следует также иметь в виду, что запасы полезных ископаемых, разведываемые на одной и той же площади (например, известняки и покрывающие их глины в качестве цементного сырья), должны быть разведаны до одной и той же категории.

Относительно техники бурения каких-либо специальных требований, не связанных с необходимостью обеспечения достаточно высокого и равномерного выхода керна, не предъявляется. Для более надежного определения гранулометрического состава глинистых пород, засоренных грубым обломочным материалом, желательнее, чтобы диаметр бурения по ним был не менее 110—115 мм.

При наличии в полезной толще разновидностей, резко выделяющихся по физико-механическим свойствам (окремненных, рыхлых и др.), должно быть обращено серьезное внимание на возможность избирательного истирания керна, которое может исказить представление о качестве полезного ископаемого.

При изучении закарстованных месторождений с целью определения мощности вскрышных пород и положения кровли полезного ископаемого рекомендуется в поисковую стадию применять электроразведку с обязательной проверкой результатов этих работ контрольными выработками. На стадии предварительной и детальной разведок для этих целей должна закладываться специальная сеть вскрышных выработок. Желательно, чтобы такими выработками являлись мелкие колонковые скважины, углубляемые в коренные породы на 1—2 м.

Шурфы при разведке рассматриваемых видов сырья проходятся обычно в ограниченном количестве, в основном с целью отбора технологических проб, а также определения объемной массы полезного ископаемого в целике и частично для контроля данных бурения.

Определение объемной массы целесообразно производить на целиках размером 1—3 м³ (в плотном теле) для основных разновидностей полезного ископаемого. При этом параллельно должно производиться определение естественной влажности полезного ископаемого, его кусковатости и коэффициента разрыхления, а также содержания в нем посторонних включений (например, кремневых желваков и карбонатных и гальки в глинистых породах).

При геологической документации обнажений и выработок необходимо уделить серьезное внимание изучению проявлений карста и связи карстовых полостей с тектоникой месторождения и трещиноватостью пород. Для зарисовок карста, пятнистой доломитизации известняков и других подобных явлений на уступах карьеров, обнажениях и стенках шурфов удобно применять квадратные веревочные сетки, с размером ячеек, соответствующим особенностям каждого месторождения. Сетка натягивается на забой или обнажение, после чего в пикетажной книжке на сантиметровых квадратах миллиметровой бумаги ведется зарисовка методом подобия, т. е. без многочисленных замеров, в соответствующем масштабе.

При документации скважин следует фиксировать каждый случай провала бурового инструмента и поглощения промывочной жидкости во время бурения, а также отмечать в журнале состояние керна, наличие в нем каверн и других пустот, выполняющий их материал.

Эти данные нужно сопоставлять с данными о выходе керна по соответствующим интервалам и в дальнейшем использовать эти сопоставления для обоснования представительности обработанных проб.

Одной из особенностей топографических работ является необходимость инструментальной привязки проявлений карста при детальной разведке (депрессии дневной поверхности, воронки, вскрытые забоями карьеров и крупными обнажениями и т. п.).

Отличительные черты опробования и испытания. Решающее значение для оценки качества карбонатных и глинистых пород, а также гипса имеет их химический состав. Поэтому химическое опробование пород является важным элементом геологоразведочных работ и оно выполняется обычно в довольно значительных объемах.

Опробование буровых скважин производится по керну, а обнажений и горных выработок — бороздовым способом, при сечении борозд 5×2 , реже до 10×5 см (при значительной неоднородности полезного ископаемого, наличии в нем кремневых желваков, гальки и других посторонних включений). При однородном составе карбонатных пород и гипса и отсутствии в них крупных включений допускается отбор проб по керну колонковых скважин бороздой вдоль длинной оси керна. Сечение борозды в этих случаях можно принимать равным $3-2 \times 2-1$ см. При опробовании могут исключаться лишь вскрышные породы и прослойки некондиционных или других пород, если по всей своей мощности и условиям залегания они могут быть выделены при разработке.

Минимальная мощность таких прослоев, допускающая их селективную отработку, для месторождений цементного сырья (по «Основным технико-экономическим показателям», разработанным «Гипроцементом», 1968) приведена в табл. 23.

Т а б л и ц а 23

Минимальная мощность некондиционных прослоев, позволяющая осуществлять их селективную отработку

Породы	Вертикальная мощность (м) прослоя при угле падения пород, град.		
	до 10	от 10 до 45	более 45
Карбонатные	1,5—2,0	2—3,5	4,5—5,0
Глинистые	1,0—1,5	1,5—2,5	4,5—5,0
Активные минеральные добавки	1,5—2,0	2,5—3,0	4,0—4,5

Для месторождений карбонатных пород, изучаемых для производства извести, а также для месторождений гипса рекомендуется принимать такие же величины, как и для месторождений глинистых пород.

Длина интервалов, характеризуемых секционными пробами, как правило, не должна быть меньше указанных выше минимальных мощностей слоев, которые могут быть выделены при разработке. Обработка проб осуществляется обычным способом, за исключением проб рыхлых глинистых пород, по которым обычно производятся

не только химические, но и ситовые анализы. Поэтому обработка проб таких пород должна производиться по возможности без нарушения гранулярного состава пород за счет дробления содержащихся в них крупных включений. Отбор материала для ситовых анализов в этих случаях следует производить на более ранних стадиях обработки проб (с соответствующим увеличением их массы), а дробление должно заменяться осторожным истиранием породы, которое производят в ступе деревянным пестом. При обработке проб пород, изучаемых в качестве активных минеральных добавок, следует иметь в виду, что согласно ОСТ 21—9-74, количество материала, необходимого для определения времени конца схватывания и водостойкости образцов, должно быть не менее 3 кг для каждой пробы. При изучении указанных выше добавок для производства белого цемента они, а также инертная минеральная добавка и гипс должны быть подвергнуты определению белизны в измельченном состоянии (по ГОСТу 965-66*).

Дробление проб известняков, изучаемых в качестве сырья для производства белого цемента, во избежание загрязнения их железом следует производить в латунных или бронзовых ступках, а тонкое измельчение — в фарфоровых мельницах или ступках.

Величину коэффициента k при обработке и сокращении проб рассматриваемых полезных ископаемых следует принимать 0,05 при однородном и 0,1 при неоднородном качестве сырья или при его химическом составе или свойствам, близким к предельным по техническим условиям, ГОСТам или ОСТ 21—9-74.

Секционные пробы, как правило, подвергаются лишь сокращенным анализам и испытаниям, а объединенные пробы, составляемые послойно, а при отсутствии слоистости по интервалам, соответствующим наиболее вероятной высоте уступов будущего карьера (10—15 м) или ее половине, подвергаются более полным анализам и испытаниям.

В секционных пробах карбонатных пород обычно определяется содержание CaCO_3 , MgCO_3 и нерастворимого остатка, а в пробах гипса — CaO , SO_3 , гидратной воды и нерастворимого остатка. Секционные пробы глинистых пород подвергаются в основном лишь ситовым анализам (на ситах с размером отверстий 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,2 и 0,08 мм), а пробы активных минеральных добавок — определениям содержания SO_3 и растворимого глинозема (в глиежах), а также гидрата окиси кальция в жидкой фазе (по ОСТ 21—9-74).

При анализах объединенных проб карбонатных пород должно определяться содержание SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$, Fe_2O_3 , CaO , MgO и п. п. п., а в пробах, по которым содержание этих компонентов составит менее 97—98%, должно дополнительно определяться содержание SO_3 и $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$. Объединенные пробы активных минеральных добавок должны подвергаться испытаниям на определение конца схватывания и водостойкости теста на основе добавки и гидратной извести, а также химическим анализам с определением содержания SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$, Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , а пробы глиежей еще и растворимого глинозема.

Основные особенности обработки проб рассматриваемых видов сырья отражены на рис. 25. Пробы гипса и карбонатных пород для производства извести следует обрабатывать по схеме (рис. 25) для карбонатных пород.

В объединенных пробах гипса определяется содержание SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$, Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 и гидратной воды. Следует

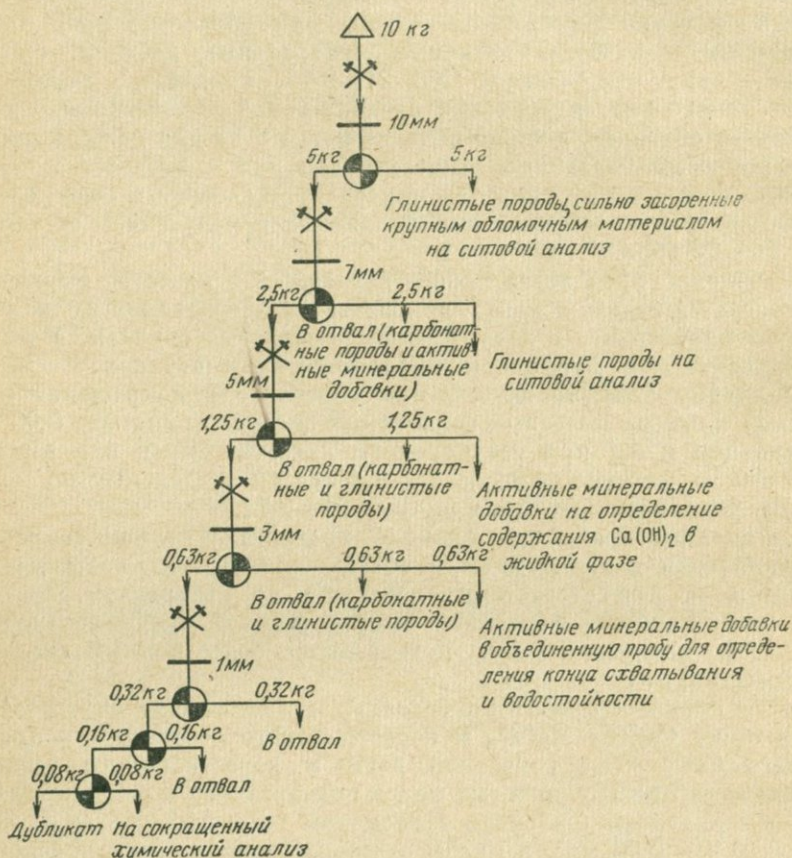


Рис. 25. Схема обработки секционных проб сырья для производства вяжущих веществ

учитывать, что химические анализы объединенных проб активных минеральных добавок и гипса обычно производятся по разреженной сети разведочных выработок. Помимо химических анализов, объединенные пробы добавок испытывают на активность по сроку конца схватывания и водостойкости теста, а при наличии соответствующего задания промышленности еще и на пригодность для производства пуццолановых портландцементов с повышенной сульфатостойкостью (по ОСТ 21—9-74).

Следует иметь в виду, что сокращенные анализы используются главным образом для предварительной оценки качества лишь относительно чистых карбонатных пород, содержащих не более 5—10% нерастворимого остатка. В случае более высокого содержания этого остатка, при оценке качества карбонатных пород могут быть допущены ошибки, возникающие за счет возможного присутствия в породах дополнительного количества окиси магния в составе силикатных минералов, а также возможного неблагоприятного значения кремнеземного и глиноземного модулей. Поэтому оценка таких пород должна быть основана на результатах 6-компонентных анализов объединенных проб. Данные же сокращенных анализов следует использовать для ориентировочной оценки однородности полезной толщи и для составления объединенных проб.

При изучении сырья для производства белого цемента в объединенных пробах дополнительно должно быть определено содержание окислов марганца в карбонатных породах и двуокиси титана в каолине, шликере или другом глинистом компоненте.

Качество химических и гранулометрических анализов, а также лабораторных исследований рассматриваемых видов сырья должно систематически проверяться на протяжении всего периода их выполнения путем внутреннего и внешнего контроля в соответствии с инструкциями Мингео СССР по контролю данных анализов и инструкциями ГКЗ СССР по применению Классификации запасов к месторождениям карбонатных и глинистых пород, гипса и магматических пород.

Остается добавить, что контролю подлежит в основном те анализы, которые имеют решающее значение для оценки качества сырья. Таковыми являются: для цементного сырья 6-компонентные и более полные анализы, для гипса и карбонатных пород на известь — сокращенные химические анализы, а для активных минеральных добавок — испытания по ОСТ 21—9-74.

В том случае если анализ объединенной пробы покажет повышенное содержание вредных примесей или несоответствие каких-либо свойств сырья требованиям к его качеству, следует произвести определение этих показателей по секционным пробам, входящим в интервал, охарактеризованный указанной объединенной пробой.

Помимо химического состава, важную роль для оценки технологических особенностей рассматриваемых полезных ископаемых, как уже отмечалось, играют их минеральный состав, структура и некоторые физико-механические свойства. Из последних следует изучить естественную влажность, объемную массу и плотность, пластичность (у мягких глинистых пород, мела и мергеля) и временное сопротивление сжатию в воздушносухом состоянии (у скальных пород, таких, как известняки и мергеля, аргиллиты и глинистые сланцы, гипс, а также опоки, трепела и другие породы, изучаемые в качестве сырья и активных минеральных добавок).

Естественную влажность рекомендуется определять для всех основных разновидностей полезного ископаемого в нескольких точках на различных глубинах (желательно в различное время года)

с обязательным указанием глубины и даты отбора каждой пробы или образца. Определение временного сопротивления сжатию скальных пород, а также пластичности мягких глинистых пород, мела, мергеля и других образований следует производить по нескольким характерным пробам каждой основной разновидности полезного ископаемого.

Изучение минерального состава и структуры рассматриваемых полезных ископаемых, помимо шлифов, осуществляется следующим образом. По карбонатным породам промытой водой рекомендуется изучить нерастворимый в слабой соляной кислоте остаток по нескольким секционным пробам или специально отработанным для этой цели образцам под обычной или бинокулярной лупой или микроскопом. Кроме того, для уточнения характера доломитизации на образцах или шлифах пород рекомендуется провести хроматические реакции по одному из методов, описанных С. С. Виноградовым (1964). Для выявления деталей структуры и текстуры мергелей и мела, а также других тонкодисперсных пород используется следующий способ. При погружении образцов (в форме кирпичиков или пластинок) в трансформаторное масло или просто в воду отчетливо проявляются детали структуры горных пород. По глинистым породам следует произвести минералогические анализы фракций, выделенных при ситовых анализах (остатки на ситах с размером отверстий 0,20 и 0,08 мм). Это изучение производится по 10—15 характерным пробам основных разновидностей глинистых пород.

Большое значение при определении технологических свойств цементного сырья имеет минеральный состав глинистых пород, в особенности их тонкодисперсных фракций, так как глины, сходные по химическому составу, нередко имеют различную способность образовывать минералы цементного клинкера (из глинистых минералов наиболее высокая она у гидрослюд).

Отрицательным показателем в этом отношении является наличие в глинистых породах примеси кварцевого или полевошатового материала. Глины, богатые монтмориллонитом, способны поглощать большое количество воды и поэтому менее благоприятны для сухого способа производства цемента. Тонкодисперсный мел или мергель и мелкозернистый или микрозернистый известняк имеют более высокую реакционную способность, чем крупнокристаллический известняк. В карбонатных породах примесь кварцевого песка, кремнистых желваков, а также глинистых и других прослоек является нежелательной, поскольку она затрудняет дробление и помол материала. Кроме того, кварцевый песок обладает пониженной реакционной способностью и поэтому требует тонкого помола.

Глинистые опоки и трепела иногда оказываются непригодными в качестве активных минеральных добавок, несмотря на высокие показатели поглощения извести (до 250—300 мг и более). Это имеет место в основном при значительном содержании в них монтмориллонита, который, впитывая воду, повышает водопотребность цементного теста, снижая тем самым его физико-механические свойства. Для оценки качества таких пород необходимо проводить испытания

добавки с клинкером. Структура и физические свойства гипса и карбонатных пород, предназначенных для использования в качестве известкового сырья, а также минеральный состав содержащихся в них примесей тоже оказывает влияние на их технологические свойства. В частности, нужно учитывать, что рыхлые карбонатные породы, включая мягкий мел, а также рыхлый гипс, являются непригодными для обжига в шахтных печах в природном виде. Даже такой, казалось бы, второстепенный показатель, как естественная влажность сырья, в ряде случаев имеет важное значение. Так, например, следует иметь в виду, что для производства цемента по сухому способу считается экономически нецелесообразным использование сырья с влажностью, превышающей указанные выше пределы.

Кроме того неправильное определение естественной влажности полезного ископаемого при проведении геологоразведочных работ может вызвать и другие трудности при разработке месторождения. Например, занижение его влажности вызовет не только повышение удельного расхода сырья, а при сухом способе производства и топлива на его обжиг, но и увеличит себестоимость 1 т цемента.

Помимо того, добыча и транспортировка сырья повышенной влажности иногда может потребовать подбора специального оборудования.

Таким образом, для оценки качества рассматриваемых видов сырья, помимо изучения химического состава, весьма важное значение имеют петрографические исследования и технологические испытания. Отбор технологических проб в горных выработках и в обнажениях производится бороздовым способом или задишкой, а из буровых скважин — по керну. Если требуется получить керновый материал в больших количествах, то на месторождениях со значительной мощностью вскрыши или полезной толщи взамен горных выработок проходятся специальные кусты буровых скважин увеличенного диаметра.

Места отбора технологических проб должны быть обоснованы в отчете с позиций их представительности и размещения запасов высоких категорий.

Данные петрографических исследований и геологической документации должны быть сопоставлены с результатами анализов и испытаний. В журнале геологической документации и на колонках выработок должны быть выделены интервалы, охарактеризованные секционными, объединенными и технологическими пробами и включенные в подсчет запасов.

Технологические испытания гипса и карбонатных пород, используемых для производства извести, а также активных минеральных добавок обычно проводятся в лабораторных условиях. Количество таких проб на одном месторождении колеблется от 1 до 3, а ориентировочная масса каждой пробы гипса и карбонатных пород от 15 до 50 кг (должна согласовываться с лабораторией, которая будет проводить испытания). Эти пробы не следует подвергать мелкому

дроблению. Испытания состоят в опытном получении строительного гипса (испытания гипса как добавки к цементу не производятся) и извести, а также в определении их качества.

Количество технологических проб активных минеральных добавок по одному месторождению, в зависимости от однородности пород, обычно колеблется также от 1 до 3, ориентировочная масса каждой пробы составляет 50—60 кг. Вопрос о необходимости одновременной отгрузки пробы цементного клинкера, а также об источнике ее получения и массе должен в каждом отдельном случае уточняться с институтом, который будет производить испытания. Масса пробы клинкера должна составлять по 60—70 кг на каждую пробу добавок.

Испытания заключаются в размоле проб добавок с клинкером, получении опытных пуццолановых или сульфатостойких портландцементов, а также в определении соответствия качества этих цементов требованиям ГОСТа 10178-62*.

В полужаводских или заводских условиях технологические испытания активных минеральных добавок обычно не производятся, а испытания карбонатных пород для производства извести и гипса проводятся довольно редко. Для карбонатных пород необходимость в таких испытаниях может возникнуть при разведке сырья для производства гидравлической извести или при изучении рыхлых разновидностей пород, требующих брикетирования. Для гипса они могут потребоваться при изучении его как сырья для производства сухой гипсовой штукатурки. Необходимость указанных испытаний должна определяться специализированной технологической организацией, производившей лабораторные исследования, а масса проб — той организацией, которая будет производить полужаводские или заводские испытания.

Технологические испытания карбонатных и глинистых пород как цементного сырья в последние годы проводятся только в полужаводских условиях. Выполняются они указанными выше специализированными институтами цементной промышленности, имеющими опытные заводы, оборудованные вращающимися печами. Эти испытания состоят в сокращенных исследованиях свойств сырья (размалываемость, размучиваемость и др.). Они сопровождаются расчетами сырьевой смеси и полными испытаниями, при которых получают опытные клинкеры и цементы. Необходимость проведения полных испытаний должна устанавливаться специализированным институтом.

В наиболее простом случае технологическая проба цементного сырья состоит из двух компонентов: карбонатного и глинистого. Масса материала каждого из них, необходимая для полных технологических испытаний, колеблется соответственно от 1,2 до 1,5 т и от 0,4 до 1,2 т, в зависимости от содержания в них CaCO_3 . При наличии на месторождении нескольких разновидностей карбонатных или глинистых пород, различающихся по качеству, каждая из них должна быть охарактеризована отдельной пробой. В некоторых случаях, по указанию специализированного института, который будет проводить испытания, могут потребоваться дополнительно пробы

кремнеземистых (опока, трепел, кварцевый песок и др.), железистых (железные руды и др.), реже глиноземистых пород (бокситы, каолины и др.) для использования их при испытаниях в качестве корректирующих добавок.

Подробные указания об отборе проб цементного сырья и объеме геологических материалов, которые должны высылаться специализированному институту, приводятся в «Технических условиях на отбор технологических проб цементного сырья и активных минеральных добавок для сокращенных исследований и полных заводских испытаний (ТУ 515-60 Мингео СССР и Госстроя СССР). При проектировании геологоразведочных работ следует иметь в виду, что согласно этим «Техническим условиям», сроки выдачи специализированным институтом заключений, определяемые в каждом отдельном случае договором с геологической организацией, не должны превышать: а) для выдачи заключения о качестве цементного сырья или о необходимости производства технологических испытаний на основании изучения геологических материалов — 2 месяца со дня их получения; б) по полным технологическим испытаниям цементного сырья — 3—6 месяцев со дня получения технологических проб; в) по испытаниям активных минеральных добавок для обычных (несульфатостойких) пуццолановых портландцементов — 4 месяца, а для сульфатостойких пуццолановых портландцементов — 14 месяцев.

Несвоевременное или неполное представление геологических материалов обычно приводит к затягиванию испытаний или выдаче неполноценных заключений, относящихся не к месторождению в целом, а только к испытанным пробам. Поэтому необходимо уделять серьезное внимание подготовке и своевременной передаче специализированному институту геологических материалов по месторождению. Одновременно с этими материалами следует высылать задание на проведение испытаний. В этом задании должны быть поставлены специфические для данного месторождения вопросы, которые необходимо решить при испытаниях и осветить в составляемом институтом заключении.

При отгрузке нескольких проб карбонатных или глинистых пород, а также проб некондиционных пород и кремневых включений, в задании следует указать не только среднее, но и максимальное на отдельных участках месторождения, соотношение мощностей соответствующих пород в разрезе. Следует помнить, что от правильной постановки вопросов во многом зависит полнота и объективность оценки горнотехнических условий месторождения и качества сырья. Естественно, что все это относится в равной мере и к технологическим пробам других видов сырья.

ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Области применения и требования промышленности к качеству сырья. Песком и гравием называют рыхлые осадочные породы, состоящие из обломков горных пород и минералов.

Единой, общепринятой классификации обломочных пород по размеру обломков не существует. А. Б. Рухин предложил следующую схему классификации обломочных пород (табл. 24).

Т а б л и ц а 24

Классификация обломочных пород (по А. Б. Рухину)

Класс обломочных частиц	Размер обломков, мм	Группа пород	Вид обломочного материала	
I	4000	Грубообломочные	Глыбы	Крупные
II	1000—500 500—250 250—100		Валуны	Крупные Средние Мелкие
III	100—50 50—25 25—10		Галька	Крупная Средняя Мелкая
IV	10—5 5—2 2—1		Гравийные зерна	Крупные Средние Мелкие (грубые песчаные зерна)
V	1—0,5 0,5—0,25 0,25—0,10	Песчаные	Песчаные зерна	Крупные Средние Мелкие
VI	0,10—0,05 0,05—0,02 0,025—0,010	Алевритовые	Алевритовые частицы	Крупные (тонкие песчаные зерна) Средние Мелкие

Согласно ГОСТ 8268-74, к гравию относят зерна размером от 5 до 70 мм с разделением их на следующие фракции: 1) от 5 до 10; 2) от 10 до 20; 3) от 20 до 40; 4) от 40 до 70.

Окатанные обломки горных пород размером больше 70 мм называют валунами. К песку, согласно ГОСТ 8736-67, следует относить зерна размером до 5 мм.

Гравий и песок в больших количествах используются в строительстве в качестве заполнителей бетона и железобетона, применение которых с каждым годом увеличивается. Кроме того, при работах по реконструкции грузонапряженных железнодорожных линий используется сортированный гравий. При строительстве автомобильных дорог также в большом количестве применяются гравий, песок и щебень.

За последние годы значительно увеличиваются производственные мощности карьеров, добывающих песок и гравий, с доведением объема выпуска продукции отдельного предприятия до 500—1000 тыс. м³ в год.

Качество гравия и песка, применяемых в строительном деле, определяется соответствующими стандартами. Гравий, предназначенный для строительных работ, должен отвечать требованиям ГОСТ 8268-74.

От гранулярного состава гравия в значительной степени зависит подвижность бетонной смеси и количество расходуемого цемента. Поэтому гравий должен содержать как крупные, так и мелкие зерна и обладать равномерным составом, обеспечивающим наименьший объем пустот, и, следовательно, минимальный расход цемента. Большое содержание в гравии мелких глинистых частиц вызывает перерасход цемента, обволакивающего их поверхность.

Суммарная поверхность частиц при уменьшении их размеров увеличивается следующим образом: суммарная поверхность 1 г частиц размером 0,2—0,002 мм равна 4458 см², а 1 г глинистой фракции размером 0,002—0,00001 мм равна 9,89 тыс. м² (Рамзес, 1959).

Гравий не должен содержать более 15% зерен пластинчатой (лещадной) или игловатой формы и более 10% зерен слабых пород (по массе). Для хорошего сцепления гравийных зерен с цементным раствором большое значение имеют форма и характер поверхности зерен. Малоокатанный гравий с шероховатой поверхностью имеет более высокое сцепление, чем гладкий. Пластинчатые и игловатые зерна имеют меньшую прочность. Они способствуют увеличению объема пустот и снижают укладываемость бетона. Оценка качества гравия в зависимости от его назначения определяется следующими показателями механической прочности (по ГОСТ 8268-74): 1) дробимость при сжатии (раздавливании) в цилиндре — при оценке гравия как заполнителя бетона; 2) истираемость в полочном барабане — при оценке гравия для строительства автомобильных дорог; 3) сопротивление удару на копре ПМ при оценке гравия для балластного слоя железнодорожного пути.

По степени морозостойкости гравий подразделяется на следующие марки: М_{рз}-15, М_{рз}-25, М_{рз}-50, М_{рз}-100, М_{рз}-150, М_{рз}-200, М_{рз}-300. Марка определяется числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, при котором потеря в массе не превышает 10% для марок М_{рз}-15 и М_{рз}-25 и не более 5% для остальных. Количество глинистых, илистых и пылевидных частиц, определяемых отмучиванием, не должно превышать 1% по массе. При оценке гравия как заполнителя бетона должно определяться содержание органических веществ. Органические примеси понижают прочность бетона и способствуют его разрушению.

Прочность бетона также снижается при наличии в гравии сульфидных и сульфатных соединений. Поэтому при их установлении гравий должен быть подвергнут специальным исследованиям.

Методы испытания гравия установлены ГОСТ 8269-64. Помимо общих требований к качеству гравия, пригодность его для различных

назначений определяется соответствующими ГОСТ: 10268-70 — заполнители для тяжелого бетона; 7394-70, гравий карьерный — для балластного слоя железнодорожного пути; 7393-71, гравий сортированный — для балластного слоя железнодорожного пути; 17539-72 — заполнители железобетонных и бетонных труб. Качество песка для строительных работ определяется требованиями ГОСТ 8736-67, который распространяется на тяжелый песок с объемной насыпной массой более 1200 кг/м³ и крупностью зерен до 5 мм. Такой песок предназначается для армированного и неармированного бетона, строительных растворов, балластного слоя железнодорожного пути и строительства автомобильных дорог. Песок по ГОСТ 8736-67 в зависимости от зернового состава делится на четыре группы: крупный, средний, мелкий и очень мелкий. Показатели каждой группы после отсева зерен крупнее 5 мм должны характеризоваться цифрами, приведенными в табл. 25.

Таблица 25

Квалификация строительных песков по гранулометрическому составу (по ГОСТ 8736-67)

Группа песка	Полный остаток на сите № 063, в % по массе	Модуль крупности
Крупный	Более 50	Более 2,5
Средний	30—50	2,5—2,0
Мелкий	10—30	2,0—1,5
Очень мелкий	Менее 10	1,5—1,0

Количество пылеватых глинистых и илистых частиц, определяемых отмучиванием, не должно превышать 3% (по массе). В песке должны отсутствовать комки глины, суглинка и посторонние примеси. Оценка качественных показателей песка производится, согласно ГОСТ 8735-65 «Песок для строительных работ — методы испытаний». В зависимости от назначения песок должен отвечать требованиям действующих стандартов и технических условий на материалы для соответствующих видов строительных работ.

Генетическая и промышленная классификация месторождений.

Месторождения чистого гравия в природе почти не встречаются. Гравий содержится обычно в песках, образуя песчано-гравийную смесь, иногда с валунами. Месторождения чистого песка распространены довольно широко. Петрографический состав гравия и песка определяется составом исходной породы, характером ее выветривания, условиями и длительностью переноса обломочного материала, а также влиянием вторичных процессов, которым этот материал подвергается.

Практически почти все промышленные месторождения гравия связаны с молодыми, главным образом четвертичными и современными породами, так как в более древних образованиях гравий в той или иной мере сцементирован в конгломерат. Промышленные место-

рождения песка встречаются в отложениях всех геологических систем, начиная с палеозоя. Основными генетическими типами месторождений песчано-гравийного материала являются морские и озерные, пляжевые, аллювиальные и ледниковые. Среди месторождений песков можно выделить еще эоловые, а также элювиальные и осветленные пески, образующиеся в зоне выветривания песчаников или в зоне выщелачивания окиси железа из песков. Пески такого типа находят применение главным образом в стекольной промышленности.

Месторождения песчано-гравийного материала и песка по способу образования распределяются, как показано в табл. 26.

Таблица 26

Классификация месторождений песчано-гравийных пород по условиям их образования

Тип месторождений	Строительный песок		Песчано-гравийная смесь	
	месторождения	%	месторождения	%
Элювиальный	1	0,3	2	0,2
Делювиальный	3	0,7	1	0,1
Проллювиальный	2	0,5	17	2
Аллювиальный всего	247	63	513	67,5
В том числе:				
древнеаллювиальный	163	42	307	40,5
современно-аллювиальный	84	21	206	27
Ледниковый всего	35	7,5	194	20,2
В том числе:				
моренный	1	0,3	13	1,7
флювиогляциальный	33	9,	174	23,5
озово-камовый	15	0,2	7	1
морской и озерный	85	22	29	4
эоловый	14	4	—	—
Всего	387	100	756	100

Месторождения гравия, связанные с современными морскими образованиями, имеют ограниченное распространение. Более широко развиты месторождения аллювиального происхождения. Свообразным типом являются месторождения, образовавшиеся в результате аллювиального перемыва ледниковых отложений (реки Неман, Западная Двина и др.). Значительное распространение имеют песчано-гравийные месторождения, связанные с ледниковыми образованиями (озы, камы, друмлины, зандровые покровы). Такие месторождения обычно характеризуются пестротой петрографического и гранулометрического состава.

Пески по петрографическому составу делятся на две большие группы: мономинеральные (олигомиктовые) — преимущественно кварцевые и полиминеральные (полимиктовые) — главным образом полевошпатовые. Как указывает А. М. Цехомский, полимиктовые

пески образуются в основном путем физического выветривания гранитов, гнейсов и других кварц-полевошпатовых пород, а олигомиктовые — за счет химического выветривания. Полимиктовые пески распространены значительно шире, чем олигомиктовые, и ими представлены молодые отложения большинства районов с засушливым климатом, а также складчатые области с горным рельефом и области выходов на поверхность изверженных и метаморфических пород некварцевого состава.

Месторождения песка и песчано-гравийного материала по степени выдержанности качественных и количественных показателей, определяющих методику их разведки, можно подразделить на следующие три типа.

I. Крупные и средние пластовые и пластообразные, характеризующиеся выдержанными мощностью и качеством. Сюда относятся месторождения: 1) *гравия*: а) образовавшиеся главным образом в дельтах крупных рек, берущих начало с гор, а также пролювиальные отложения в предгорных районах; б) образования зандровых покровов; 2) *песка*: а) кварцевых и полимиктовых песков, связанных с горизонтально или слабо наклонно залегающими древними осадочными толщами, образовавшимися в основном в прибрежно-морских, озерных и дельтовых условиях; б) кварцевых и полимиктовых песков, приуроченных к отложениям побережий современных морей, больших озерных водоемов, песчаным дельтам крупных рек, а также к флювиогляциальным, зандровым покровам. По соотношению категорий запасов эти месторождения относятся к группе 1.

II. Крупные и средние, главным образом линзовидные месторождения, имеющие удлиненную форму, часто с непостоянным качеством песка и гравия. К этой группе относятся месторождения, связанные с: а) русловыми и террасовыми образованиями древних (рис. 26) и современных потоков (рис. 27); б) отложением морских и озерных побережий (песок и гравий); в) накоплением песчано-гравийно-валунного материала на пути стока ледниковых вод, а также с песками делювиального и пролювиального происхождения. По соотношению категорий запасов месторождения такого типа относятся к группе 2 классификации ГКЗ.

III. Месторождения, имеющие форму гряд и холмов, характеризующиеся линзообразным залеганием песчано-гравийного материала и приуроченностью к положительным формам рельефа. Сюда относятся месторождения гравия и песка, связанные с ледниковыми образованиями (озами, камами и конечно-моренными грядами) и месторождения кварцевых и полимиктовых песков, слагающих береговые валы на побережьях морей и озер, а также песков золотого происхождения. Месторождения этого типа по соотношению запасов различных категорий также обычно относятся к группе 2.

Особенности поисков и разведки. Поиски гравия и песка должны начинаться с маршрутного обследования района, выбранного в соответствии с заявками промышленности и геологическими предположениями.

При проектировании и осуществлении поисков целесообразно пользоваться геологическими и геоморфологическими картами масштабов 1 : 50 000 — 1 : 100 000.

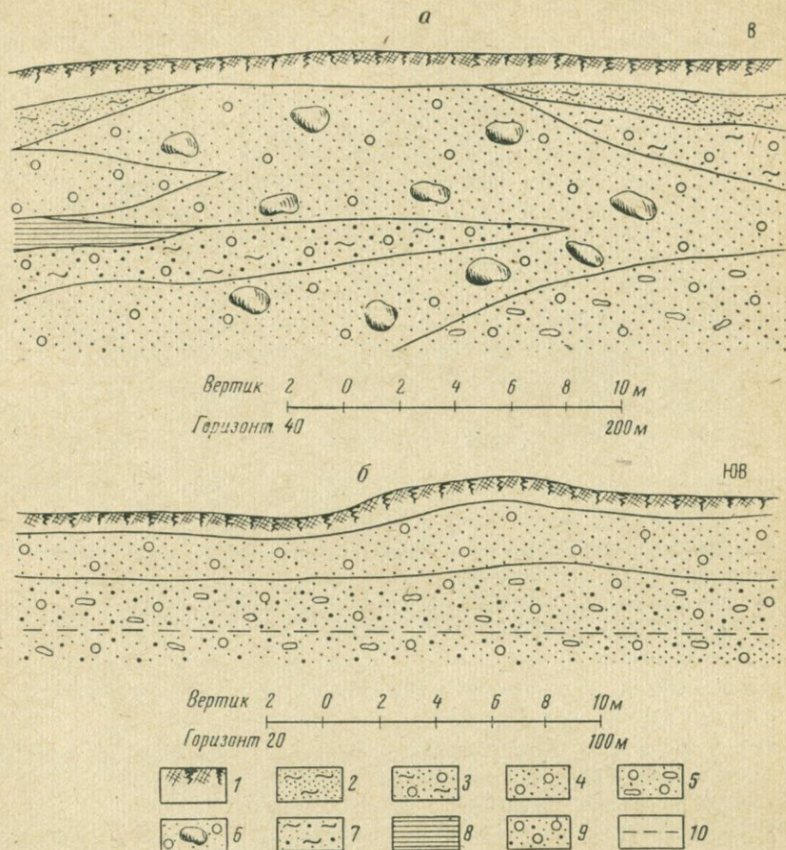


Рис. 26. Литологический разрез древнеаллювиальных гравийнопесчаных месторождений (по Б. Я. Рамзесу): а — Хакинского; б — Предметкинского.

1 — почвенный слой; 2 — глинистые пески; 3 — среднезернистые пески с гравием и глиной; 4 — среднезернистые пески с гравием; 5—7 — развозернистые пески с гравием и глиной; 8 — глины; 9 — развозернистые пески с гравием; 10 — уровень грунтовых вод

При отсутствии карт нужного масштаба для районов крупного строительства рекомендуется проводить специализированные съемки в масштабе 1 : 50 000 и даже 1 : 25 000.

При ведении поисковых работ в случае приуроченности месторождений к четвертичным и современным отложениям особое внимание следует уделять изучению террасовых и русловых отложений рек (рис. 28), а также районам накопления ледниковых образований, а в горных районах — деллювиально-пролювиальным отложениям. Поиски должны проводиться в первую очередь вблизи путей

сообщения. При поисках песчано-гравийных образований, приуроченных к современным русловым отложениям, необходимо получить данные о режиме реки, колебаниях ее уровня по временам года

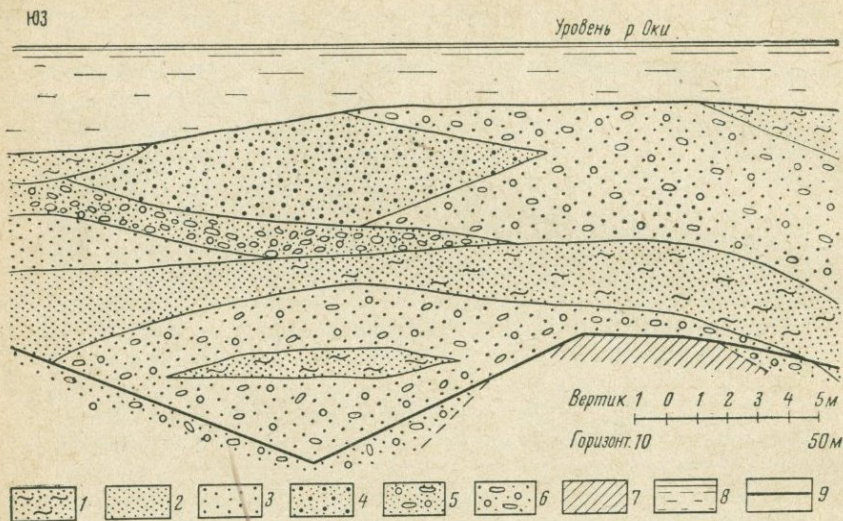


Рис. 27. Литологический разрез Катарского руслового гравийнопесчаного месторождения (по Б. Я. Рамзесу).

Пески: 1 — мелкозернистые, 2 — среднезернистые, 3 — крупнозернистые, 4 — разнозернистые, 5 — с гравием и галькой; 6 — гравий, гальчик; 7 — суглинки; 8 — вода; 9 — граница подсчета запасов

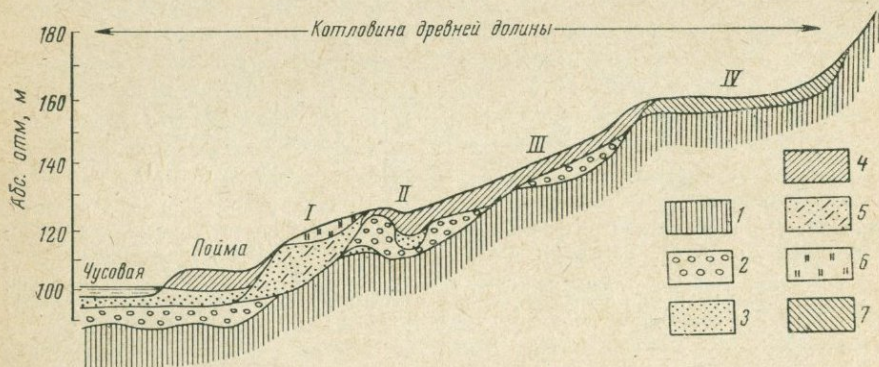


Рис. 28. Схема строения террас на р. Чусовой:

1 — коренные породы; 2 — гравий; 3 — песок; 4 — глины аллювиальные; 5 — суглинки аллювиальные; 6 — делювиальные суглинки; 7 — флювиогляциальные отложения

и скорости водотока. При этом необходимо определить, происходит ли в настоящее время накопление или размыв обломочных отложений (Рамзес, 1959).

Поиски ведутся обычными методами путем осмотра естественных и искусственных обнажений, а также проходки скважин ручного

бурения, расчисток и шурфов. Линии выработок следует располагать перпендикулярно направлению вытянутости отложений. Минимальные расстояния между поисковыми линиями в зависимости от размера наименьшего допустимого запаса гравия С. И. Таубер (1936) рекомендует определять по следующей формуле:

$$l = \frac{\varepsilon}{bm \cdot \frac{s}{100}} = 100 \cdot \frac{\varepsilon}{bms},$$

где ε — установленный минимальный запас гравия;

b — ширина залежи, м;

m — мощность залежи, м;

s — содержание гравия, %;

l — расстояние между поисковыми линиями, м.

При поисках гравия в закрытых районах с плохой обнаженностью могут быть применены геофизические методы — вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и электропрофилирование. Поисковые профили рекомендуется задавать вкrest предполагаемого простирания залежей. По тем же профилям, но по более редкой сети производится ВЭЗ с целью количественной оценки данных профилирования.

При оценке месторождений песчано-гравийного материала, выявленных при поисках, должны учитываться следующие показатели: 1) запасы (ориентировочные); 2) гранулометрический и петрографический состав; 3) фациальная обстановка, с которой связано месторождение; 4) горноэксплуатационные и гидрогеологические условия; 5) наличие загрязняющих примесей; 6) транспортные условия. По материалам поисковых работ дается геологически обоснованная оценка обследованной территории и предлагаются рекомендации по проведению более детальных исследований. Запасы, выявленные при поисках, оцениваются по категориям C_2 и частично C_1 . Разведка мелких месторождений песчано-гравийного материала производится обычно в одну стадию. Крупные месторождения разведываются в две стадии — предварительную и детальную. Целью предварительной разведки является уточнение запасов месторождения, выделение разновидностей, установление закономерностей в условиях их залегания, петрографического и гранулометрического состава, а также физико-механических и технологических свойств выделяемых типов пород или горизонтов (пластов). При предварительной разведке участок картируется инструментально в масштабах 1 : 1000 — 1 : 5000.

Запасы квалифицируются по категориям C_1 и частично В. В стадию детальной разведки должен быть представлен материал, обеспечивающий возможность проектирования горных работ, а также составление проекта технологического процесса, необходимого для получения кондиционного гравия или песка, включая обогащение.

В эту стадию осуществляется сгущение разведочных выработок на наиболее оптимальном участке для выявления запасов высоких категорий. Кроме того, производится определение объемной массы

и коэффициента разрыхления, а также отбираются пробы для полных физико-механических испытаний. Топографической основой при детальной разведке служит план масштабов 1 : 1000 — 1 : 2000.

Предварительная и детальная разведка месторождений гравия и песка производится с помощью скважин ручного или колонкового бурения, а также шурфов, канав и расчисток. Диаметр скважин при разведке песков с применением ложки или желонки должен быть не менее 127 мм. Если бурение производится ударным или колонковым способом, то диаметр должен быть не менее 85 мм. При разведке гравийно-песчаных пород диаметр бурения составляет 152—203 мм. Основным наконечником при бурении в песчано-гравийной толще служат желонки, из которых наиболее производительной является желонка специальной конструкции «Ангара».

Скважины рекомендуется обсаживать на всю глубину, а обсадные трубы спускать на 15—20 см ниже забоя. При наличии в песчано-гравийной толще валунов и крупной гальки бурение бывает затруднено, но при обводненности полезной толщи необходимо применять буровые работы. Разведочные выработки следует проходить до подошвы залежи или до установленного горизонта разведки. В том случае если месторождение сложено крупным гравием, данные бурения обычно менее достоверны, чем данные шурфов, и запасы, подсчитанные по материалам бурения, получают более низкую квалификацию. Шурфы и дудки проходятся для контроля данных бурения, а также для уточнения разреза полезной толщи и отбора проб для технологических исследований и обогащения. При разведке количество горных выработок должно составлять 5—20% от общего числа разведочных выработок. При разведках месторождений гравийно-песчаного материала иногда применяют работы методом ВЭЗ, позволяющим сократить объем буровых и горных работ. Точки ВЭЗ обычно располагаются на тех же профилях, что и разведочные выработки. Материалы ВЭЗ позволяют получить приближительные данные о глубине и мощности песчано-гравийной залежи.

Изучение гидрогеологических условий должно производиться для решения вопроса о возможности применения гидромеханической разработки месторождения или его дренирования. Следует иметь в виду, что при наличии в полезной толще валунов применение способа гидромеханизации затруднено и часто вообще исключается, так как валуны забивают всасывающие устройства. Для решения вопроса о возможности применения гидромеханизации следует также определять плотность песков, степень их цементации, состав вскрышных пород, присутствие крепких и трудноразмываемых разностей.

Расстояния между разведочными выработками должны определяться по степени выдержанности, мощности и качественным показателям месторождения (рис. 29).

В инструкции ГКЗ (1961 г.) приводятся систематизированные данные о плотности разведочной сети, применявшейся при разведке месторождений песка и гравия (табл. 27).

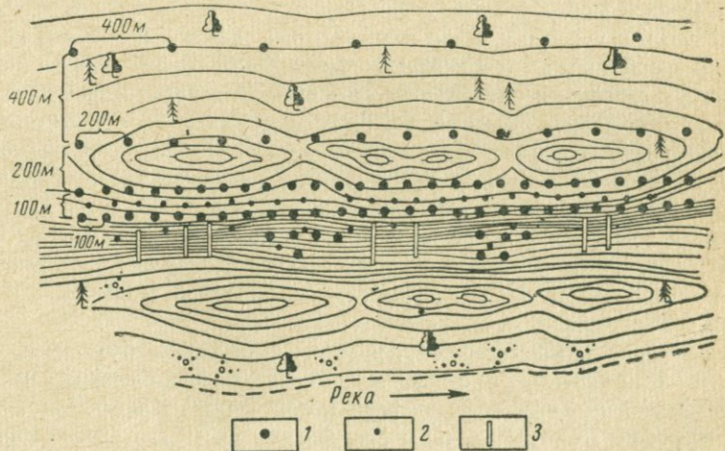
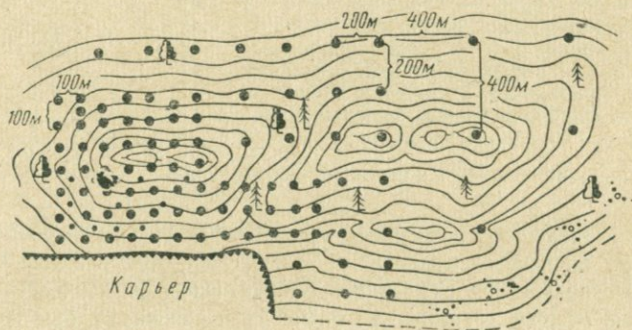
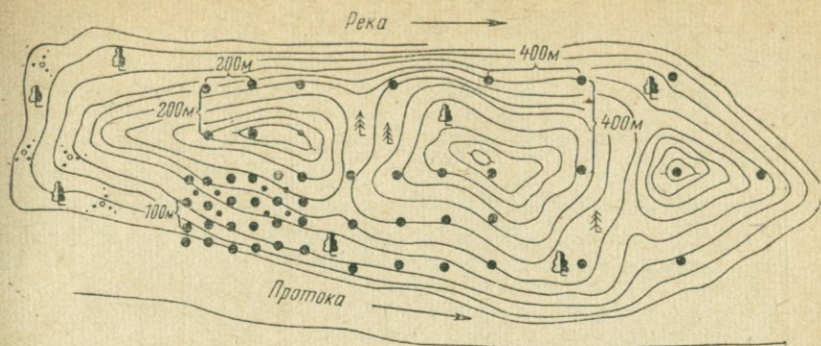


Рис. 29. Схема расположения выработок при детальной разведке гравийно-песчаного месторождения (по Б. Я. Рамзесу):

1 — выработки; 2 — шурфы; 3 — скважины

Таблица 27

Ориентировочная плотность разведочной сети, применяемой при разведке месторождений песчано-гравийных пород

Группа месторождений	Типы месторождений	Расстояния между выработками (м) для категории		
		A	B	C ₁
1	Крупные и средние, пластовые с выдержанным строением, мощностью полезной толщи и качеством песка и гравия	100—200	200—300	300—600
2	Крупные и средние, пластовые и пластообразные, с выдержанным строением и мощностью полезной толщи или изменчивым качеством песка и гравия (различные сорта и марки не геометризуются в пространстве)	—	100—200	200—400
3	Небольшие линзообразные или неправильной формы с невыдержанным строением или резко изменчивой мощностью полезной толщины или непостоянным качеством песков и гравия	—	50—100	100—200

Для залежей вытянутой формы, разведка которых производится по линиям, расположенным вкрест протяженности залежей, указанные в таблице цифры отражают расстояния между этими линиями: расстояния между выработками на линиях могут быть сокращены в зависимости от формы, размеров и других геологических особенностей залежей.

Особенности опробования и испытаний. Отбор проб гравийно-песчаного материала из шурфов может производиться одним из следующих способов: валовым или кратной бадьи. При валовом опробовании в пробу поступает весь материал с определенного интервала. Масса проб может колебаться от нескольких до десятков тонн. Такое опробование рекомендуется проводить для отбора технологических и технических проб, а также контрольных проб на месторождениях с непостоянным составом пород.

При методике кратной бадьи в пробу поступает материал каждой 2,3 и т. д. бадьи. При малом сечении шурфа (меньше 0,9 м²) применять этот метод не рекомендуется.

Если разведка осуществляется с помощью буровых скважин, то вся извлекаемая порода объединяется по выделяемым интервалам, составляя при этом секционную (последнюю) пробу. Масса вынудой при бурении породы должна составлять не менее 70% от расчетной.

При разведке месторождений песков пробы для анализов и лабораторных исследований отбираются по горным выработкам (канавам, расчисткам, шурфам, дудкам) бороздой сечением 10 × 5 см. По скважинам проба отбирается путем квартования извлеченного кернового материала. Если необходимо получить пробу большей массы, то применяют валовый или задирковый способ отбора. Пробы

из обводненной части залежи отбираются с помощью куста скважин. При проведении геологоразведочных работ на месторождениях песчано-гравийного материала и песков производится как полевое определение качественных показателей пород, так и лабораторное.

К полевым методам относятся определение гранулометрического состава, а также петрографическая разборка гравия и определение содержания в нем лещадных и выветрелых зерен. В песках определяются содержание гравийных зерен, окатанность зерен и примерный минеральный состав. Желательно также определять содержание глинистых частиц. Кроме того, устанавливают коэффициент разрыхления, объемную массу и коэффициент продуктивности. Остальные испытания, требуемые соответствующими ГОСТами, производят обычно в лабораторных условиях. В лаборатории производят также контрольное определение петрографического состава и содержания зерен слабых и выветрелых пород. Пробы при поисках отбираются из естественных и искусственных обнажений, вскрывших песчано-гравийные отложения промышленной мощности. Они отбираются для изучения гранулярного и петрографического (минерального) состава пород, для определения содержания пылеватых и глинистых частиц, а также органических соединений. Отбираются также и единичные пробы для физико-механических испытаний.

В стадию предварительной разведки по всем выработкам, вскрывшим пласты промышленной мощности, отбираются послойные пробы. При мощности пласта более 2—3 м отбираются секционные пробы. Если прослой пустой породы не могут быть выделены при эксплуатации, они включаются в пробу.

Пробы гравийной породы, отобранные из выработок, подвергаются сокращению и затем рассеву на грохотах через сита с круглыми отверстиями диаметром 3, 5, 10, 20, 40 и 70 мм. После рассева исходных проб гравия для лабораторных испытаний составляются пробы путем отбора материала каждой фракции пропорционально их содержанию в исходной пробе. Валуну, извлеченные при проходке выработок, отбираются отдельно и взвешиваются для определения их процентного содержания в горной массе по следующей формуле:

$$B = \frac{q \cdot 100}{Q_T},$$

где q — масса валунов, кг;

Q_T — теоретическая масса горной породы, кг.

Физико-механическое изучение валунов производится только в том случае, если содержание их в песчано-валунной смеси является значительным.

При детальной разведке характер опробования устанавливается в зависимости от особенностей строения месторождения, выявленного при предварительной разведке. При однородном его строении пробы отбираются интервалами, соответствующими высоте эксплуатационных уступов (5—10 м), а при неоднородном — по слоям, которые могут быть отработаны отдельно.

В отношении количества проб, отбираемых для разного рода определений, можно руководствоваться следующими соображениями. Одним из важных показателей, характеризующих качество гравийно-песчаной породы, является ее гранулометрический состав, который в стадии поисков и предварительной разведки должен определяться по всем выработкам, вскрывшим полезное ископаемое промышленной мощности. При выдержанном составе в стадию детальной разведки можно ограничиться определением состава по важнейшим фракциям. Другим не менее важным показателем является содержание глинистых и пылеватых частиц, которые могут находиться в виде комьев, пленки на зернах и в распыленном состоянии. По ограниченному числу проб желательнее установить распределение тонких частиц по фракциям. Это имеет значение в том случае, если применяются моечные устройства.

Определение содержания пылеватых и глинистых частиц, а также органического вещества в стадию предварительной разведки целесообразно производить по всем выработкам. Если при этом будет установлено, что их содержание превышает нормы, определяемые ГОСТом, то следует ставить вопрос о прекращении разведок или о проведении опытов по обогащению. Большое значение для оценки качества песчано-гравийного материала имеет его петрографический состав, в значительной мере определяющий прочность зерен. Петрографическая разборка гравия и определение содержания в нем лещадных зерен, а также зерен слабых и выветрелых пород в стадию предварительной разведки производится по выработкам, равномерно расположенным на площади разведки. Эта разборка может производиться по пробам, отобранным для определения гранулометрического состава. Количество проб для такого рода определений в стадию детальной разведки зависит от степени однородности материала. Количество проб песчано-гравийного материала, отбираемых для проведения полного цикла физико-механических испытаний, зависит от объема разведываемых запасов и степени однородности сырья. При неоднородности состава рекомендуется для характеристики запасов по категории А отбирать не менее двух проб на каждые 100 тыс. м³ полезного ископаемого (Рамзес, 1959). Для запасов по категории В такое же количество проб отбирается на каждые 400—500 тыс. м³, а для категории С₁ — на 1,5—2 млн. м³.

При однородности материала количество проб может быть сокращено в 4—5 раз.

Испытания гравия и песков в бетоне, при полном соответствии их требованиям ГОСТов, не являются обязательными. При повышенном же содержании загрязняющих примесей вопрос о пригодности сырья должен быть решен испытаниями в бетоне.

По ГОСТ 8269-64 минимальные массы отдельных проб для проведения лабораторных испытаний определяются цифрами, приведенными в табл. 28, причем масса средней пробы гравия должна не менее чем в 5 раз превышать массу отдельных проб по фракциям.

Конечная масса проб гравийно-песчаной породы для проведения всего комплекса испытаний в зависимости от среднего содержания

Таблица 28

Минимальная масса пробы песчано-гравийного материала для проведения лабораторных испытаний

Комплекс испытаний для определения	Минимальная масса пробы щебня (гравия) кг при размере фракции (мм)				
	5—10	10—20	20—40	40—70	более 70
Плотности	0,5	1,0	2,5	5,0	5,0
Объемной массы	2,5	2,5	2,5	5,0	5,0
Объемной насыпной массы	15,0	30,0	60,0	150,0	150,0
Влажности	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
Водопоглощения	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
Зернового состава нефракционированного щебня (гравия)	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0
Зернового состава щебня (гравия) данной фракции	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0
Содержания пылевидных, илистых и глинистых частиц методом отмучивания	10,0	10,0	10,0	20,0	20,0
Содержания пылевидных, илистых и глинистых частиц пипеточным методом	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Содержания пластинчатых (лещадных) зерен	0,25	1,0	5,0	15,0	15,0
Дробимости в цилиндре диаметром:					
75 мм	0,8	0,8	—	—	—
150 мм	6,0	6,0	6,0	—	—
Истираемости в полощном барабане	10,0	10,0	20,0	—	—
Сопротивления удару на копре ПМ	—	—	3,0	*	*
Морозостойкости непосредственным замораживанием	2,0	3,0	5,0	10,0	*
Морозостойкости в растворе сернистого натрия	2,0	3,0	5,0	10,0	*
Петрографического состава	0,25	1,0	5,0	15,0	35,0
Содержания зерен слабых пород	0,25	1,0	5,0	15,0	—
Содержания дробленых зерен в щебне из гравия	0,25	1,0	5,0	15,0	—
Содержания органических примесей	1,0	1,0	—	—	—

Примечание. Фракции щебня (гравия), отмеченные знаком звездочки (*), дробятся перед испытанием до размеров предыдущей фракции, указанной в таблице.

Для проведения нескольких испытаний масса пробы должна быть равна сумме масс проб, необходимых для каждого из этих испытаний. Если в процессе испытаний определяемые свойства щебня (гравия) не изменяются, то разрешается производить несколько испытаний, используя при этом одну пробу, например испытывать щебень на морозостойкость после определения его зернового состава, и т. д.

гравия определяется, по данным Н. И. Петрова, следующими цифрами (табл. 29).

Определение объемной массы в целике и коэффициента разрыхления производится по 2—3 шурфам (на мелких месторождениях по одному). Коэффициент разрыхления определяется по следующей формуле:

$$K_p = \frac{V_{ц}}{V_p},$$

где $V_{ц}$ — объем в целике;
 $V_{р}$ — объем в рыхлом состоянии.

Наряду с коэффициентом разрыхления при выделении на месторождении нескольких полезных компонентов целесообразно нахо-

Т а б л и ц а 29

Наименьшая масса пробы для производства полного комплекса испытаний

Характеристика пробы (комплекс испытаний)	Масса пробы (кг) при содержании гравия, %				
	15	20	30	40	50
Полный комплекс без испытания в бетоне	2000	1500	1000	700	500
То же, с испытанием в бетоне или в битуме	3000	2300	2700	1200	900
То же, с одновременным испытанием в бетоне и в битуме	4000	3000	2200	1500	1100

дить показатель продуктивности по каждому из них отдельно. Определение этого коэффициента ведется по формуле

$$K_{пр} = \frac{Dc}{d : 100},$$

где D — объемная масса горной породы в плотном теле;
 c — содержание (вес. %) выделяемых компонентов в горной массе;

d — объемная масса выделяемых компонентов в разрыхленном состоянии.

В связи с растущими требованиями к качеству заполнителей бетона и дорожно-строительных материалов, в отдельных случаях может возникнуть вопрос о необходимости проведения полузаводских испытаний сырья.

Недостатки качества сырья, осложняющие его добычу и переработку, по данным института ВНИИНеруд, определяются неоднородностью гравия по прочности, а также наличием загрязняющих глинистых примесей и степенью абразивности зерен.

Глинистые примеси в зависимости от их состава могут различно реагировать в процессе гидромеханизированной разработки. Так, например, тяжелые глины и суглинки, слагающие вскрышу, попадая в соответствующие фракции гравия и песка, снижают их качество. Для составления проекта разработки месторождения и переработки сырья данных, получаемых при геологоразведочных работах, может оказаться недостаточно, и потребуются дополнительные полузаводские испытания. Необходимость проведения таких испытаний и объем проб для их проведения должны решаться совместно с проектирующей организацией.

Требования промышленности к качеству стеклового сырья. Стекольная промышленность производит большое количество разнообразных видов и сортов стекла, которые отличаются по своим свойствам и технологии производства стекломассы и изделий из нее. Различия в свойствах разных видов стекла определяются прежде всего его химическим составом, который может претерпевать значительные изменения. Состав стекла, в свою очередь, зависит от химического состава сырья.

Сырьевые материалы, применяемые в стеклоделии, разделяются на стеклообразующие, или главные, и вспомогательные, служащие для улучшения качества стекла или получения стекла с особыми свойствами.

Различают главные материалы, с которыми в стекло вносятся преимущественно кислотные окислы — SiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , и содержащие основные окислы — Na_2O , K_2O , CaO , MgO , SrO , BaO , PbO , ZnO и др. Нередко используются материалы, содержащие несколько кислотных и основных окислов. Для некоторых видов стекла применяются также TiO_2 , ZrO_2 , LiO_2 , Be_2O .

Вспомогательные сырьевые материалы по своему назначению обычно разделяются на красители, осветлители, окислители и восстановители, а также обесцвечиватели, глушители и ускорители варки (интенсификаторы). К ним относятся соединения Mn , Ni , Co , Cu , Cr , V , Fe , Ce , Ag , Au , U , Cd , Sb , сульфаты Na и NH_4 , NaCl , нитраты, K , Na , Ba , закисное и металлическое олово, Al , Mg , As_2O_3 , Se , ZnSe , фосфаты Ca и Na , соединения бора, уголь, винный камень, криолит, флюорит, кремнефтористый натрий и др. Применяются и другие вспомогательные материалы — топливо, огнеупоры, материалы для обработки стекла.

В производстве стекла используется как природное минеральное сырье, так и продукты химической переработки. Последние, как правило, более чистые и более дорогостоящие, чем природное сырье. Поэтому они применяются главным образом для внесения в шихту компонентов, которые требуются в небольших количествах в качестве добавок или для получения специальных стекол. В шихте для массовых видов стекла используется в основном минеральное сырье.

Основным компонентом всех массовых видов стекла является SiO_2 в виде кварцевого песка, содержание которого в шихте колеблется от 50 до 85%, а в специальном кварцевом стекле составляет 99,5—99,8%. Часть SiO_2 нередко вносится в шихту с другими компонентами, например в виде пегматита, полевого шпата, нефелина, перлита и др. В шихту почти всех видов стекла вводится Na_2O в количестве 10—17% в виде соды, сульфата и силикатов натрия, частично с полевыми шпатами, нефелином; CaO — 5—10% в виде мела, известняка, мрамора, доломита; MgO — до 4—5% в основном в виде доломита. Для введения в шихту Al_2O_3 до 2%, реже до 4—6%, используются полевые шпаты, пегматит, граниты, реже — нефелин, перлит, вулканический шлак, каолин и пр. Подобное

комплексное сырье, с которым одновременно вводится несколько окислов, используется широко.

Для стекольной промышленности разведуются и разрабатываются в основном месторождения кремнеземного, карбонатного, значительно реже — щелочного, глиноземного, в последние годы — комплексного сырья. Остальные виды его поставляются предприятиями других отраслей промышленности в порядке комплексного использования сырья или после химической переработки.

Кремнеземное сырье. Более 90% кремнезема, используемого стекольной промышленностью, вводится в стекольную шихту в виде кварцевого песка. В последние годы началось более широкое применение кварц-полевошпатовых песков. В очень небольших количествах используются кварциты и песчаники. В незначительном количестве для наиболее ответственных видов стекол применяется жильный кварц — наиболее чистые его разновидности: горный хрусталь и почти не содержащий примесей прозрачный зернистый кварц.

Кварцевые пески представляют собой обломочную породу, состоящую в основном из зерен кварца различной величины, угловатых или в равной степени окатанных, с примесью пылеватых и глинистых частиц, с зернами других минералов. Цвет песков зависит как от цвета примесей и зерен аксессуарных минералов, так и от цвета пленки, обволакивающей зерна кварца. Пески (стекольные), используемые в стекловарении, характеризуются высоким содержанием кварца, незначительным составом окрашивающих примесей, глинистых и пылеватых частиц, а также равномерностью гранулометрического состава.

Стекольной промышленностью предъявляется ряд требований к пескам. Требования эти в значительной степени зависят от ассортимента изготавливаемого стекла.

Утвержденных стандартов на стекольные пески в Советском Союзе не существует. Допустимые количества основного окисла (SiO_2) определяются на основании временных технических условий, составляющихся различными ведомствами для своих заводов. Многие из них уже устарели и не отвечают требованиям современной промышленности. В настоящее время, как правило, разрабатываются и утверждаются кондиции для каждого детально разведанного месторождения. В них предусматриваются требования к качеству песков в зависимости от ассортимента намечаемой к выпуску продукции и результатов обогащения песков.

Требования к составу стекольных песков определяются содержанием в них SiO_2 , примесей CaO , MgO , Al_2O_3 , окислов железа, хрома, титана и других красящих веществ, а также окисей калия и натрия. В наиболее чистых песках содержание SiO_2 достигает 98,5—99,8%.

Однако чистые пески в природном виде встречаются сравнительно редко. В основном они содержат большее или меньшее количество примесей. Окислы алюминия, кальция, магния, натрия и калия являются стеклообразующими, поэтому их примесь в песках не является вредной. При их колебаниях усложняется расчет шихты

или требуются специальные мероприятия по усреднению песков. Поэтому содержание таких окислов нередко лимитируется.

Примеси в песке красящих окислов, особенно железа, а также хрома, титана, ванадия и других в производстве бесцветного прозрачного стекла являются вредными, так как они придают ему нежелательную окраску — зеленую, бурую, темно-коричневую, янтарную, желтую и т. д. Особое значение имеют окислы железа, всегда присутствующие в песках в количествах от 0,01—0,03 до 0,8%. Они сильно понижают светопропускаемость стекла и окрашивают его в желто-коричневый (Fe_2O_3) или в сине-зеленый (FeO) цвет, причем закись железа окрашивает стекло примерно в десять раз интенсивнее, чем окись. Остальные красящие примеси обычно присутствуют в ничтожных количествах, и поэтому им уделяют меньшее внимание, хотя окись хрома, например, является очень интенсивным красителем и даже ничтожная примесь ее окрашивает стекло. Двухокись титана при содержании ее, большем чем окиси железа, оказывает интенсивное красящее воздействие, а также создает в стекле грязно-серые полосы, пятна, нити.

Требования к качеству песков в основных промышленно-развитых странах очень высоки. Так, например, в Чехословакии стандартом CSN-72 1525 предусмотрено, что в сортах Т-22, Т-25 и Т-40, используемых для производства листового оконного и тарного стекла, содержание SiO_2 должно быть соответственно не менее 99,0; 99,0 и 98,5%; содержание Fe_2O_3 — не более 0,022; 0,025 и 0,040%; TiO_2 — 0,15%; Al_2O_3 — 0,3; 0,3 и 0,4%. В ГДР пески для оконного и зеркального стекла должны содержать Fe_2O_3 не более 0,02%, а для полубелого оконного — 0,035%. По британскому стандарту BS-2975 пески сорта В для высококачественных домашних и декоративных изделий и сорта С для основных стеклянных изделий (оконное, полированное стекло и тара) должны соответственно содержать: не менее 99,5; 98,5% SiO_2 ; не более 0,013; 0,030% Fe_2O_3 ; не более 0,0002 и 0,0006% Cr_2O_3 . В США 4 и 5 сорта песка, предназначенные для полированного и оконного стекла, должны содержать не менее 98,5 и 95,0% SiO_2 , не более 0,06% Fe_2O_3 , не более 0,5 и 4,0% Al_2O_3 , не более 0,5% CaO .

В Советском Союзе действуют технические условия на стекольные пески отдельных месторождений, согласованные поставщиками и потребителями. Согласно этим условиям, в песках высшего сорта Люберецкого и Глебовского месторождений содержание SiO_2 должно быть не менее 98,5%, а Fe_2O_3 не более 0,05%; Ташлинского — соответственно 99,5 и 0,05%; Авдеевского — 98 и 0,06%. В песках I сорта этих месторождений содержание Fe_2O_3 должно быть не более 0,08%, II сорта — 0,13%, III — 0,20%. Государственным институтом стекла рекомендуется использовать для производства оконного и зеркального стекла кварцевые пески с содержанием Fe_2O_3 соответственно равным 0,05 и 0,03%, а для некоторых видов стекла 0,025 и 0,015%. Техническими условиями предусматривается, что содержание в песках зерен крупнее 0,5 мм не должно превышать 5—6%, а зерен мельче 0,1 мм — 6—8%.

Величина зерен песка и резкое преобладание в нем зерен одной по крупности фракции, в возможно более узких пределах, оказывает весьма существенное влияние на процесс и скорость варки стекла, а также на образование в нем технических дефектов. Поэтому требования к гранулометрическому составу песков сводятся к обеспечению определенной величины и однородности размеров зерен песка, как в приведенных выше условиях. Опытом использования песков многих месторождений установлено, что содержание в них фракции 0,5—0,6 мм, а часто и 0,5—0,8 мм, незначительно, поэтому в качестве верхнего предела «рабочей» фракции принимается не 0,5 а 0,6 и даже 0,8 мм. Нижним пределом ее обычно остается 0,1 мм. В исключительных случаях он может понижаться до 0,075 мм. Это возможно, если размеры основной массы зерен не превышают 0,2—0,3 мм. Желательно, чтобы эта масса укладывалась в пределы 0,1—0,3 или 0,3—0,5 мм.

Минералогический состав стекольных песков не ограничивается специальными техническими условиями. Однако он имеет весьма важное значение для правильной качественной характеристики песков и оценки пригодности их для стекловарения.

Главной составной частью стекольных песков является кварц. Кроме него в песках присутствуют минералы-примеси: полевые шпаты, каолинит, иногда карбонаты, глауконит, содержание которых колеблется от 1 до 10%. Эти минералы могут содержать SiO_2 и красящие окислы, присутствие которых снижает качество песка.

В песках также всегда присутствуют акцессорные минералы, их содержание обычно выражается десятками или сотыми долями процента и редко превышает один процент. Среди них выделяются так называемые минералы тяжелой фракции. Особенно вредными из них являются минералы, содержащие Fe_2O_3 , TiO_2 и другие красящие окислы, а также тугоплавкие минералы, обуславливающие появление в стекле шихтного камня.

Поскольку на стекольные заводы нередко поступают пески пониженного качества, на некоторых из них производится обогащение песков, которое большей частью сводится к рассеву их, иногда к промывке, реже к электромагнитной сепарации и еще реже дополняется оттиркой зерен с флотацией.

Наряду с песками для стекольного производства иногда используются кварцевые песчаники, которые после добычи измельчаются и подвергаются простейшему обогащению. Требования стекольной промышленности к качеству получаемых из них песков такие же, как и к качеству природных песков.

Жильный кварц используется только для ответственного оптического, радиоаппаратурного, химиколабораторного и светотехнического стекла. Его пригодность определяется главным образом путем опытных плавов из каждой партии сырья и последующих испытаний стекла.

Карбонатное сырье. В качестве карбонатного сырья в стекольной промышленности используются известняки, мел и мрамор, с которыми в шихту вводится окись кальция, а также доломит,

в качестве источника окиси магния и частично окиси кальция.

Известняк вводится в шихту в молотом виде, в различных количествах, в зависимости от вида стекла. Иногда количество его достигает 30% от массы шихты. Несмотря на широкое распространение известняков, разности их, пригодные для варки стекла, встречаются сравнительно редко. Это объясняется жесткими требованиями, предъявляемыми к содержанию в известняках вредных примесей. Как правило, в известняках всегда присутствуют в большем или меньшем количестве окислы железа, алюминия, магния и кремнезем. При этом примеси кремнезема и окислов алюминия и магния не являются вредными, но количество их, так же как и окиси кальция, должно быть постоянным (для обеспечения стабильности шихты). Поэтому обычно стремятся к получению чистых известняков с минимальным содержанием этих примесей.

Для производства оконного стекла в основном используются известняки, содержащие окись железа от 0,05 до 0,2%. Содержание ее может быть несколько снижено за счет дробления известняков и выделения наиболее чистых фракций, а также за счет промывки их. Более сложные способы обогащения применяются редко.

Мел, применяемый в стекольной промышленности, должен отвечать требованиям ГОСТа 1498-64 к марке А, согласно которым суммарное содержание карбонатов кальция и магния в нем должно быть не ниже 98%, нерастворимого в HCl остатка не более 1%, а окиси железа не более 0,1%.

Мрамор, особенно белое его разности, по сравнению с известняками и мелом обладает большим постоянством состава и легче поддается обогащению. Белый мрамор Коелгинского месторождения, применяемый в производстве стекла, содержит 0,03—0,04% окиси железа, а обогащением это содержание можно снизить до 0,012—0,015%. Он может использоваться для производства стекла особо высокой светопрозрачности.

Доломит, применяемый в производстве стекла, должен обладать постоянством химического состава, высоким содержанием окиси магния и минимальным количеством примесей. Наиболее вредными примесями в нем являются окислы железа, а также марганца, хрома и титана. Так, например, технические условия ТУ—21—01—135-67 на доломит Мелехово-Федотовского месторождения допускают содержание в нем CaO — не более 32,5%, MgO — не менее 19,5%, Al₂O₃ — не более 0,5%, SiO₂ — до 3,0% и Fe₂O₃ — до 0,1%. Поставляется доломит фракции +50 мм. Технические условия на доломит Боснинского месторождения допускают содержание в нем MgO не менее 20%, CaO не менее 30%, Fe₂O₃ не более 0,08% для сорта «экстра», 0,10% для высшего и 0,15% для I сорта. Содержание Al₂O₃ не должно превышать 0,5% для «экстра» и высшего и 1,0% для I сорта.

Щелочное сырье. В качестве щелочного сырья для массовых видов стекла используется кальцинированная сода, получаемая на заводах химическим путем, а также природный сульфат натрия, добываемый из рассолов Кара-Богаз-Гола и оз. Кучук.

Качество природного Na_2SO_4 , получаемого высаживанием из рапы мирабилита и последующим его обезвоживанием, регламентируется ГОСТ 6318-68, которым выделяются высший, I и II сорта. Содержание в них Na_2SO_4 должно быть соответственно не менее 99,3; 97,5 и 94%; нерастворимого в воде остатка — не более 0,5; 1,5 и 4,5%; NaCl — 0,2; 1,0 и 2,0%; CaSO_4 — 0,05; 0,5 и 1,0%; Fe_2O_3 — 0,01; 0,01 и 0,03%. Нежелательно, чтобы содержание MgSO_4 превышало 2—3%. Для производства стекла может использоваться сульфат натрия и с более высоким содержанием гипса и поваренной соли.

Иногда в качестве частичных заменителей соды и сульфата натрия используются горные породы с высоким содержанием щелочей, но, ввиду повышенного содержания в них железа и других красящих примесей, они применяются главным образом для тарного или темного бутылочного стекла. В последние годы в производстве массовых видов стекла часть щелочей вводится в стекольную шихту с пегматитом и полевым шпатом. Применяются также лейкократовые граниты и нефелин, которые так же, как и маложелезистые вулканические породы, используются в США, Канаде и Финляндии.

Глиноземное сырье. В шихту глинозем обычно вводится с теми же породами, что и щелочи, большей частью с полевыми шпатами, пегматитами, гранитами. Обогащение их производится на районных обогатительных фабриках, снабжающих большие группы стекольных заводов. Оно заключается в измельчении, удалении из них большей части железа и усреднении на фабриках (Лянгарской, Чупинской и Вишневогорской). Часть сырья, в частности нефелин, вулканические шлаки и породы, используется без обогащения.

Требования к полевошпатовому сырью или концентрату после обогащения для стекольной промышленности определяются ГОСТ 13451-68, которым допускается содержание в нем Al_2O_3 не менее 16%, суммы $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ не менее 10%, SiO_2 не более 65%, Fe_2O_3 не более: в сорте ПС-1 — 0,2%, ПС-2 — 0,3%, и в кварц-полевошпатовом сырье и концентрате: Al_2O_3 не менее 13%, суммы $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ — 7%, SiO_2 не более 75%, Fe_2O_3 не более: в сорте КПС-1 — 0,2%, КПС-2 — 0,4%.

В ГОСТах и рекомендациях Государственного института стекла подчеркивается, что колебания содержаний компонентов в сырье, поставляемом стекольным заводам, не должны превышать 0,5%, реже 1,0%.

Генетические и промышленные типы месторождений. Кварцевые пески являются широко распространенным минеральным сырьем. Они образуются за счет разрушения гранитов, диоритов, песчаников и других горных пород, содержащих кварц.

Месторождения кварцевых песков приурочены к различным стратиграфическим подразделениям — от самых древних до современных. Различают пески элювиального, делювиального, аллювиального, флювиогляциального, эолового, морского и озерного происхождения.

Несмотря на широкое распространение кварцевых песков и многочисленные весьма крупные скопления их, месторождения песков, удовлетворяющих требованиям стекольной промышленности, встречаются нечасто. Это объясняется тем, что для производства стекла требуются хорошо отсортированные пески с большой однородностью их гранулометрического и химического состава и с очень низким содержанием красящих окислов. Образование подобных песков большей частью происходит в условиях платформенных областей. Наиболее крупные месторождения стекольных песков связаны с аллювиальными отложениями, и особенно дельтовыми, лагунными и прибрежно-морскими (Люберецкое, Ташлинское, Новоселовское и др.). Большинство крупных месторождений имеет палеогеновый, меловой, юрский и каменноугольный возраст. Значительно реже такие месторождения встречаются в четвертичных и неогеновых или в девонских и силурийско-ордовикских образованиях.

В редких случаях, когда месторождения стекольных песков связаны с элювиально-делювиальными отложениями, пески могут иметь сравнительно выдержанный химический, но неоднородный зерновой состав, являясь обычно разнозернистыми. Таким же неоднородным зерновым составом отличаются и пески флювиогляциального происхождения, в которых нередко наблюдается значительная примесь полевых шпатов, а иногда минералов тяжелой фракции, содержащих красящие окислы.

Месторождения песков, пригодных для производства стекла, встречаются и среди отложений эолового происхождения, обычно характеризующихся большой равномерностью зернового состава, но нередко содержащих значительную примесь полевых шпатов и слюд.

Наряду с условиями образования песков на их качество существенное влияние оказывают особенности вещественного состава материнских пород, из которых они образовались, условия транспортировки, а также вторичные процессы, действовавшие на пески после их отложения. Так, например, месторождения наиболее чистых песков могут образовываться за счет выветривания маложелезистых кислых, изверженных или метаморфических пород, а также кварцитов, песчаников или перетложения более древних кварцевых песков. При транспортировке пески могут приобретать или терять пленку, состоящую из силикатов и окислов железа или других соединений. Возможно также отделение от них значительной части минералов тяжелой фракции. Не менее сильным может быть и воздействие на пески вторичных процессов, благодаря которым происходит ожелезнение кварцевых песков или растворение с поверхности зерен пленки силикатов и окислов железа. Особенно часто это наблюдается на месторождениях, в которых пески залегают под подзолистыми почвами или торфяниками. В большинстве случаев эти месторождения имеют небольшие размеры и сложную конфигурацию залежи. Такие процессы могут проходить и на значительной глубине, осветляя при этом мощные толщи песков.

Незначительное количество месторождений кварцевых песков, полностью удовлетворяющих всем требованиям производства бес-

цветного стекла, вызывает необходимость выявления и освоения для стекольной промышленности месторождений менее качественных песков с последующим их обогащением.

Методы обогащения и допустимые пределы содержания тех или иных примесей в песках, намеченных для обогащения, зависят от формы, в которой эти примеси присутствуют в песках. Например, если соединения железа, хрома и других красящих примесей присутствуют в виде зерен рудных и других минералов тяжелой фракции, то они довольно легко удаляются сепарацией, концентрацией на столах, магнитной сепарацией, а иногда флотацией. Если основная масса примесей связана с фракцией менее 0,10—0,15 мм и с глинистой составляющей или, напротив, с фракцией крупнее 0,5—0,6 мм, обогащение их легко достигается рассевом на ситах, промывкой или гидравлической классификацией.

Если красящие окислы находятся в соединениях, образующих пленку на поверхности кварцевых зерен, то процесс их удаления из песков является сложным. В этом случае применяется механическая оттирка зерен с использованием понизителей твердости. Если красящее вещество присутствует в виде включений внутри зерен кварца, то обогащать такие пески сложно, крайне дорого и делать это, как правило, нецелесообразно.

Большинство стекольных заводов нашей страны в настоящее время применяют в основном простейшие способы обогащения песков. Более широкое применение обогащения песков требует от геологов при оценке пригодности песков изучения целого ряда их особенностей, которым ранее не уделялось большого внимания.

Месторождения стекольных песков в зависимости от условий их залегания, формы и размеров залежей, выдержанности по мощности и качеству, которыми определяются их масштабы, возможности и особенности промышленного освоения, а также экономической целесообразности могут быть разделены на различные типы и группы. Такая группировка месторождений песков приводится в инструкции ГКЗ СССР по применению «Классификации запасов к месторождениям песчано-гравийных пород», которой надлежит пользоваться при оценке месторождений. Однако, учитывая специфичность месторождений стекольных песков и особенности их поисков и разведки, можно использовать и более развернутую группировку их, выполненную применительно к пескам для стекольной промышленности. Эти месторождения можно подразделить на четыре группы, соответствующие выделенным С. П. Варпаховским и А. М. Цехомским.

I группа — крупные пластообразные залежи песков выдержанного гранулометрического и сравнительно постоянного химического состава. Ожелезнение кварцевого материала равномерное, от очень слабого до умеренного. Пески обогащаются удовлетворительно. Наряду с простейшими способами обогащения иногда приходится применять оттирку с флотацией. К этой группе относятся главным образом пески морского, аллювиального (большей частью дельтовые образования или аллювий крупных равнинных рек) или озерного (крупные озера) происхождения. Среди них могут быть

встречены крупные месторождения высококачественных кварцевых песков.

II группа — средние, реже крупные залежи песков сложной конфигурации, иногда пластообразные, большей частью с колеблющейся мощностью песков, характеризующихся сравнительно пестрым, часто неравномерным гранулометрическим и довольно постоянным химическим составом. Ожелезнение песков и их обогатимость в значительной степени зависят от состава материнской породы. К этой группе относятся в основном флювиогляциальные и делювиальные пески. Среди них иногда встречаются крупные месторождения, однако качество песков, даже после обогащения, как правило, не очень высокое.

III группа — неправильные, линзообразные, карманообразные залежи песков, от очень мелких до средних размеров, с резко изменчивой мощностью, часто с большими колебаниями гранулометрического состава, нередко с пестрым химическим составом. Загрязнение песков, как правило, неравномерное; наряду с участками песков сравнительно невысокого качества встречаются участки с высококачественными песками и песками некондиционными. Обогатимость песков самая различная — от очень хорошей до слабой. Наибольшие затруднения вызывает различный характер примесей и разная степень загрязнения. К этой группе относятся в основном пески элювиальные и осветленные в результате глубинного выветривания. Эксплуатация месторождений этой группы, особенно при больших масштабах добычи, часто представляет большие трудности и требует дополнительных затрат на усреднение и обогащение разнородного по характеру примесей материала.

IV группа — залежи песков неправильной формы, невыдержанные и маломощные (не более 1—2 м), как правило, с небольшими запасами, со сравнительно выдержанным гранулометрическим составом и незначительными колебаниями химического состава. К этой группе относятся осветленные пески современных подзолистых почв. Благодаря залеганию песков непосредственно под почвенным слоем, эксплуатация этих месторождений очень проста. Добыча таких песков в крупных масштабах, так же как и механизация их разработки, практически невозможна. Поэтому в настоящее время они почти полностью утратили промышленное значение и используются лишь мелкими, полкустарными предприятиями.

Промежуточное место между I и II группами занимают пески золотого происхождения, качество, условия залегания и выдержанность которых изучены недостаточно.

Карбонатные породы. Месторождения карбонатных пород в основном являются осадочными образованиями, иногда в различной степени метаморфизованными и даже превращенными в мраморы. Значительно реже встречаются месторождения доломитов, относимые к гидротермальным или гидротермально-метасоматическим образованиям.

Среди большого количества месторождений карбонатных пород лишь немногие могут быть пригодны для использования в стекольной

промышленности. Требованиям стекольной промышленности удовлетворяют некоторые месторождения известняков морского и еще меньше континентального происхождения. Среди первых можно отметить хемогенные и отчасти органогенные, в первую очередь рифогенные известняки, осаждающиеся в бассейнах нормальной или повышенной солености. Терригенные или органогенно-терригенные известняки, отлагающиеся в прибрежной зоне, большей частью бывают сильно загрязнены. Среди известняков континентального происхождения высокой чистотой нередко отличаются известковые туфы, но крупных месторождений они не образуют.

Очень низким содержанием окиси, а также значительной однородностью характеризуются многие месторождения мела. Это связано с условиями его отложения. Наиболее чистыми являются некоторые месторождения мрамора, в которых наряду с небольшим содержанием примесей в материнском материале, по-видимому, имеет место дополнительная очистка мрамора в процессе его метаморфизма при перекристаллизации. В отдельных месторождениях мрамора содержание окиси железа не превышает 0,02—0,03%.

Известняки встречаются почти во всех стратиграфических подразделениях: от докембрия до четвертичной системы. Однако наиболее широко они распространены в отложениях кембрийской, силурийской, девонской, каменноугольной и третичной систем, в которых в основном и выявлены месторождения известняков, пригодных для стекольной промышленности. Особое место занимает мел, связанный с отложениями верхнего отдела меловой системы.

Основные месторождения доломитов приурочены к архею, протерозою и палеозою. В более молодых образованиях они встречаются реже и приурочены в основном к отложениям верхнего девона и карбона. Исключение составляет Боснийское месторождение доломитов юрского возраста.

Месторождения доломитов, пригодных для производства стекла, большей частью связаны с хемогенными отложениями бассейнов повышенной солености, в которых доломиты являются первичными хемогенными образованиями, иногда чередующимися с пластами известняков или гипса. Эти доломиты отличаются выдержанностью состава на значительных расстояниях и нередко достигают мощности в несколько десятков метров.

Диagenетические доломиты и доломиты, первично осажденные в озерных условиях, обычно характеризуются невыдержанностью состава вследствие неравномерной доломитизации. Поэтому для стекольного сырья они, как правило, непригодны.

Наряду с условиями осаждения раннего диагенеза, играющими основную роль в образовании месторождений чистых известняков и доломитов, большое значение в сохранении чистоты карбонатных пород имеют вторичные процессы, которые ведут к загрязнению их и снижению качества сырья. К таким процессам относятся карстообразование, заполнение трещин глинистым материалом, ожелезнение по трещинам и микротрещинам, а также процессы вторичной доломитизации и раздоломичивания. Обратная картина наблюдается

сравнительно редко, например при образовании доломитовой муки.

Первичное загрязнение карбонатных пород обогащением, как правило, устраняется с большим трудом. Поэтому обогащение для этой цели почти не применяется. Вторичное загрязнение, связанное с карстом и заполнением трещин, в значительной части удаётся устранить сравнительно простыми способами обогащения — дроблением и грохочением с выделением наиболее чистых фракций, иногда промывкой щебня и значительно реже — магнитной сепарацией. Устранение вторичной доломитизации представляет большие трудности и практически не применяется.

Группировка месторождений карбонатных пород по природным факторам, определяющим расположение и плотность сети разведочных выработок по основным типам, приводится в инструкции ГКЗ СССР по применению «Классификации запасов к месторождениям карбонатных пород», которой и надлежит пользоваться при оценке месторождений.

В зависимости от условий залегания, выдержанности полезной толщи по мощности и качеству, масштабов и особенностей промышленного освоения месторождения карбонатных пород С. С. Виноградов выделяет следующие типы и группы, различающиеся по особенностям их разведки.

I тип — крупные и средние пластовые месторождения, выдержанные по строению, мощности и химическому составу.

II тип — крупные и средние пластообразные и линзообразные месторождения, не выдержанные по строению, мощности и химическому составу пород.

Среди месторождений I и II типов различают следующие три группы месторождений: 1) с пластами, залегающими горизонтально или полого падающими; 2) с наклонно и круто падающими пластами; 3) сильно дислоцированные.

III тип — куполообразные и грядообразные массивы, к которым относятся рифогенные месторождения.

IV тип — линзообразные и гнездообразные месторождения, к которым относятся озерные известняки и доломиты, известковые туфы, а также метасоматические месторождения доломитов и магнетитов. Этот тип включает также месторождения рыхлого карбонатного материала — глыбового, валунного, галечникового, песка и муки.

Геологические предпосылки для выявления месторождений. Основными геологическими предпосылками для нахождения месторождений стекольного сырья являются: 1) наличие в районе перспективных литолого-стратиграфических комплексов пород; 2) те или иные проявления деятельности процессов, содействующих снижению в полезном ископаемом вредных примесей и увеличению его однородности; 3) неглубокое залегание, необводненность или слабая обводненность перспективных горизонтов.

К в а р ц е в ы е п е с к и. Одним из основных поисковых признаков этого сырья является наличие в разрезе песчаных толщ с благоприятными условиями залегания.

При изучении геологического разреза пород в районе должна учитываться парагенетическая связь кварцевых песков с каолинами, огнеупорными глинами, бокситами, с месторождениями угля, залежами торфа, а иногда с железными рудами. Наличие месторождений этих полезных ископаемых или присутствие их в разрезе может служить одним из поисковых признаков на кварцевые пески.

Другим поисковым признаком месторождений чистых кварцевых песков является наличие в районе широко развитой и мощной коры выветривания (или ее следов), образование которой происходило в условиях гумидного климата. Такую связь можно проследить на примере месторождений чистых кварцевых песков Украины, где широко распространена мощная кора выветривания гранитов, мигматитов и других изверженных и метаморфических пород.

Большое значение при поисках имеет выяснение генезиса песков, условий их переноса и отложения. Наиболее благоприятными признаками, с точки зрения обнаружения крупных месторождений выдержанных по качеству кварцевых песков, является наличие отложений мелководных морских бассейнов, а также дельтовых и аллювиальных образований крупных рек. Менее крупные месторождения, очень выдержанные по механическому составу, могут быть связаны с эоловыми отложениями. Крупные месторождения кварцевых песков могут быть обнаружены и среди флювиогляциальных отложений, но, как правило, пески этих образований имеют сравнительно высокое содержание вредных примесей и могут использоваться только после их обогащения. Среди делювиальных образований месторождения чистых кварцевых песков встречаются сравнительно редко и имеют небольшие размеры. К элювиальным отложениям чаще всего приурочены незначительные месторождения кварцевых песков, неоднородных по гранулометрическому составу, с резко изменчивой мощностью полезной толщи и обычно с недостаточным выдержанным качеством песков.

При выборе районов поисковых работ на стекольные пески необходимо учитывать, что основные месторождения чистых кварцевых песков обычно связаны с тектонически спокойными платформенными областями, в пределах которых имеются благоприятные условия для длительной многократной переработки и переотложения их. Накопление чистых кварцевых песков происходит в мелководных бассейнах и в зонах слабых медленных поднятий.

Для областей интенсивного орогенеза и быстрого прогибания в основном характерно отложение несортированного или слабо сортированного материала. В этих условиях химическое выветривание происходит недостаточно активно. Поэтому неустойчивые минералы не могут быть разрушены и полностью удалены. В краевых прогибах горных сооружений отлагаются главным образом полимиктовые пески.

При оценке возможности нахождения месторождений чистых, однородных кварцевых песков необходимо учитывать состав исходных пород, из которых образуются кварцевые пески. Из изверженных пород в этом отношении более благоприятны маложелезистые

граниты и кварцевые диориты, а из метаморфических — безжелезистые песчаники и кварциты. Наиболее чистые кварцевые пески образуются за счет разрушения более древних отложений кварцевых песков или песчаников. В этом случае важная роль принадлежит вторичным процессам, воздействующим на пески при их переносе и отложении. В стадию позднего диагенеза может происходить либо загрязнение, либо дальнейшая очистка кварцевых песков.

Карбонатные породы. Как и для кварцевых песков, основной предпосылкой для нахождения месторождения известняков или доломитов является наличие этих образований в разрезе осадочных пород, а также стратиграфическая приуроченность к основным эпохам накопления карбонатного материала и неглубокое залегание от дневной поверхности.

Генетические особенности известняков при поисках месторождений должны расцениваться как определенный поисковый признак. Однако значение их несколько меньшее, чем для кварцевых песков. Так, например, месторождения известняков, содержащих незначительное количество вредных примесей и однородных по химическому составу, могут иметь как хемогенное, так и органогенное происхождение. Большой чистотой нередко отличаются рифовые известняки, а иногда и органогенно-обломочные. Известняки, образующиеся в прибрежной части моря, бывают чистыми реже, чем известняки, отлагавшиеся вдали от берега. Чистота и однородность известняков зависят от: характера морского бассейна, условий отложения в нем карбонатных пород, строения берега и состава слагающих его пород, выпадающих в морской бассейн рек и приносимого ими материала, солёности морского бассейна и приуроченности его к той или иной климатической зоне, а также от характера диагенетических процессов, преобразующих карбонатный осадок в породу.

К маложелезистым разновидностям известняков морского происхождения обычно относится мел. В районах распространения меловых пород наиболее вероятно выявление месторождений чистого мела, пригодного для стекольной промышленности.

Чистые однородные разновидности известняков встречаются как среди отложений известковых туфов, так и среди озерных известняков, но крупных месторождений они, как правило, не образуют. Единственным крупным месторождением травертина, где содержание окиси железа в нем не превышает 0,1%, является Давалинское в Армении.

При определении возможности нахождения в районе месторождения чистых известняков следует учитывать воздействие на них вторичных процессов, которые большей частью приводят к их загрязнению. Нередко в результате развития карста, пятнистой доломитизации и окремнения первоначально чистые и выдержанные по качеству пласты известняков становятся очень пестрыми по содержанию окиси магнезия, глинозема, кремнезема и окиси железа. Выявление месторождений известняков, пригодных для производства стекла, в районах активного развития вторичных процессов представляет весьма сложную задачу.

Доломиты, пригодные для стекольного производства, большей частью приурочены к толщам доломитов хемогенного или седиментационно-диагенетического происхождения. Доломиты, образовавшиеся при позднем диагенезе или за счет вторичной доломитизации известняков, менее перспективны, для выявления месторождений из-за меньшей их однородности и значительных колебаний окиси магния.

Заслуживают внимания доломиты и магнезиты гидротермального и метасоматического происхождения, которые раньше не рассматривались в качестве стекольного сырья из-за их дефицитности.

Воздействие на пласты доломитов вторичных процессов нередко приводит к образованию доломитовой муки, залегающей в этих пластах в виде гнезд, прослоев, иногда почти нацело замещающей их. Доломитовая мука обычно включает в себя большое количество щебенки доломитов, в разной степени разрушенных. Если образование доломитовой муки происходило одновременно с карстовыми процессами и с заполнением пустот песчано-глинистым материалом, то качество ее обычно бывает низким. При отсутствии явного карста доломитовая мука часто бывает однородной по составу. Если эта мука образовалась из однородных и чистых доломитов, то она содержит незначительное количество окиси железа и может служить хорошим магнезиальным сырьем для производства стекла.

Щелочное сырье. Перспективными для нахождения месторождений сульфата натрия являются районы с засушливым климатом, где величина испарения значительно превышает количество выпадающих осадков, а также имеются рашные или «сухие» соляные озера с высоким содержанием сульфатов в рапе или с пластами мирабилита, тенардита и других сульфатных минералов. Значительно реже в таких районах встречаются погребенные месторождения сульфата натрия. Большое значение при поисках сульфатных соляных озер, являющихся в большинстве случаев современными образованиями, придается выявлению благоприятных для накопления пластов солей геоморфологических, гидрогеологических и гидрхимических условий, а также определению направления развития соляных озер и прогнозированию их состояния на период эксплуатации.

Глиноземное сырье. Специальные поисковые работы на полевошпатовое сырье для стекольной промышленности обычно не проводятся. Оно изучается попутно при поисках полевых шпатов или пегматитов для керамической промышленности, которая предъявляет к ним высокие требования по соотношению окиси калия и окиси натрия (2 : 1). Стекольное производство иногда может использовать полевошпатовое сырье и с меньшим соотношением этих компонентов. Это предопределяет в случае необходимости выявление месторождений для использования полевых шпатов только в качестве стекольного сырья, а также целесообразность тщательного изучения материалов поисковых работ на керамические пегматиты.

Особенности поисков и разведки стекольного сырья. Основные черты поисковых и разведочных работ на стекольное сырье анало-

тичны общим принципам, используемым при поисках и разведке большинства видов минерального сырья для промышленности строительных материалов, а также нерудного сырья для металлургии.

Кварцевые пески. Методика поисков и особенно разведки кварцевых песков для производства стекла имеет много общего с методикой поисков и разведки песков для строительных целей и литейного производства. Особенности этой методики определяются менее широким распространением месторождений стекольных песков и более жесткими требованиями, предъявляемыми к ним промышленностью.

На первой стадии поисков, называемых обычно поисково-рекогносцировочными работами, производится маршрутное обследование района. При этом изучаются естественные обнажения и искусственные выемки, обследуются действующие и старые песчаные карьеры, а также карьеры, в которых пески могут встречаться во вскрышных уступах, особенно при добыче огнеупорных глин, каолинов и пр.

Задачей маршрутов является не только обследование всех обнажений и выходов на дневную поверхность песчаных пород, выяснение мощности, условий залегания и качества песков по выходам, но и установление общего литологического разреза пород в районах или на отдельных участках, что позволяет выявить толщи песков, не выходящие на дневную поверхность или скрытые под наносами.

Одновременно с маршрутами производится проходка буровых скважин, в основном на участках с плохой обнаженностью и в меньшем количестве там, где имеются обнажения, так как последние не всегда дают полное представление о мощности, условиях залегания и качестве песков, а иногда и несколько искажают их.

Из обнажений, выработок и скважин отбираются пробы для предварительной оценки качества песков и установления возможности использования их в стекольной промышленности в природном виде или после обогащения. Эти исследования, как правило, проводятся по сокращенной программе — гранулометрический состав определяется на двух-трех ситах, химическими анализами находится содержание только окиси железа, иногда кремнезема и реже других компонентов, минералогический состав устанавливается в основном качественно, просмотром под бинокулярной лупой. Лишь по типичным пробам производится более полное изучение, включающее при необходимости предварительное исследование обогатимости песков.

В результате проведения этой стадии поисковых работ и сопоставления материалов полевого обследования с ранее собранными литературными данными уточняются геологические и геолого-литологические карты, а также распространение в их пределах песчаных пород. Кроме того, устанавливаются ориентировочно условия их залегания, мощность и предварительные данные о качестве. Параллельно с полевыми работами проводятся анализы песков.

Поисково-оценочные работы проводятся на уже выявленных площадях распространения песков. Поэтому задачи и методика

проведения этих работ несколько отличаются от таковых на первой стадии поисков.

Большее внимание уделяется запасам, качественной характеристике и соответственно требованиям, предъявляемым к пескам стекольной промышленностью. Основными задачами являются изучение закономерностей изменения мощности и качества песков в пределах выявленных площадей, связь их с условиями образования, а также сравнительная оценка этих площадей и участков и выбор наиболее перспективных из них для проведения разведочных работ. Для их выполнения необходимо иметь значительно большее, чем на первой стадии, количество пересечений полезной толщи как для определения морфологии залежей и горнотехнических условий разработки, так и для получения представительных проб и более полной качественной характеристики. Поэтому наряду с расчистками и канавами на этой стадии немалое значение приобретают буровые скважины.

Характер расположения выработок на этой стадии в большой степени зависит от геологического строения, морфологии песчаных отложений, их генетических особенностей и от условий залегания. При прочих равных условиях пески морского происхождения изучаются с помощью скважин, располагающихся по квадратной сети; пески аллювиальные — по линиям, параллельным короткой оси залежи. Кроме того, по линиям закладываются скважины и на залежах морских или дельтовых песков в случае моноклиналиного залегания их. От отдельных выработок и скважин переходят к правильной сети, постепенно сокращая расстояния между ними до 600—400 м, в зависимости от масштаба и характера залежи.

В результате проведения поисковых работ дается оценка перспектив района в отношении выявления месторождений стекольных песков. Выделяется также один или несколько участков, рекомендуемых для разведки. По этим участкам качество песков оценивается на основании анализов и предварительных исследований обогатимости их, в соответствии с требованиями к категории С₂. Выбор участков и площадей для предварительной разведки производится путем сопоставления их по количеству запасов песков, горно-техническим условиям разработки, качественным показателям — содержанию кремнезема и красящих примесей, амплитуде колебаний их, по однородности зернового состава и обогатимости песков. При этом необходимо учитывать возможность значительного изменения качества песков на выходах их на поверхность, а также выше и ниже уровня грунтовых вод, главным образом в сторону увеличения или уменьшения содержания в них окиси железа, а иногда и глинистой составляющей.

Разведочные работы на месторождении песков до передачи его промышленности обычно включают две стадии — предварительную и детальную.

Предварительная разведка осуществляется в основном буровыми скважинами. Диаметр скважин при использовании желонки или ложкового бура должен быть не менее 127 мм, а при колонковом

бурении — не менее 89 мм. Он должен обеспечивать необходимую представительность проб и выбираться в зависимости от однородности полезной толщи. Применение скважин малых диаметров часто приводит к усилению загрязнения песков в процессе бурения. Шурфы используются для изучения деталей строения полезной толщи, отбора проб для технологических испытаний, определения объемной массы и в основной своей части для контроля данных бурения. Поскольку бурение не обеспечивает в некоторых случаях получения достоверных данных, количество контрольных шурфов должно быть достаточным для установления их достоверности или внесения обоснованных поправок. Это количество, как правило, составляет 5—15% от числа пройденных скважин. Если позволяют горнотехнические и геологические условия месторождения, то применяются канавы и расчистки с использованием всех имеющихся естественных и искусственных обнажений, особенно карьеров.

Раньше при поисках и разведке месторождений песков использовалось в основном ручное бурение с применением ложкового бура или желонки. Применялось также бурение с помощью стакана Хаустова. Меры, применяемые для предохранения песков от загрязнения в процессе бурения, сводились главным образом к тщательной очистке буровых наконечников, инструмента, штанг и обсадных труб от ржавчины и к почти одновременной с проходкой обсадке песков трубами.

В настоящее время в связи с заменой ручного бурения механическим возникли новые трудности. Они в основном связаны с большими скоростями вращения и устройством бурового снаряда, не позволяющего извлечь пески (в силу их сыпучести или текучести) с точно заданного интервала, а также с отсутствием возможности одновременной проходки и обсадки скважин, влекущим за собой перемешивание песков с разных интервалов. Единых способов устранения указанных явлений пока не существует. Попытка при колонковом бурении заменить колонковую трубу ложковым буром (при разведке Ташлинского месторождения стекольных песков) не дала положительных результатов. В пробах песка, извлеченных из ложки, обнаруживалось значительное количество металлической стружки. Пробы обогащались железом. Не помогло и применение ложки, покрытой эмалью, которая быстро стиралась. Проходка песков колонковой трубой могла бы дать удовлетворительные результаты при одновременной обсадке скважины задавливанием труб без смены диаметра колонны после каждого рейса. Проходка песков колонковой трубой без одновременной обсадки приводит к перемешиванию песков из разных интервалов при опускании колонковой трубы на забой, а в сухих или обводненных песках — к оплыванию скважин или осыпанию стенок ее. Во всех случаях использования колонкового бурения для проходки песков необходим тщательный контроль за содержанием в пробах песков металлической стружки, а также тщательная очистка труб и инструмента от ржавчины.

При разведке некоторых месторождений песков использовалось шнековое бурение. Однако в этом случае происходит разрушение

и перемешивание песков, вследствие чего правильно определить интервалы отбора проб и мощности слоев невозможно. По этой причине шнековое бурение при послойном опробовании песков не применяется. Проводились опыты по применению шнекового бурения с одновременным задавливанием обсадных труб, а также по извлечению шнека после углубления скважины на определенный интервал, использовались шнеки с магазином, но результаты пока мало надежны.

Успешно применяются буровые станки с забивным стаканом. Обнадеживающие результаты получены при использовании вибрационного бурения.

В некоторых случаях, и в частности при разведке Курганчинского и Серного месторождений песков, использовалось бурение с продувкой сжатым воздухом и сбором песка в пробосборниках. Проверка результатов бурения скважин контрольными шурфами показала, что анализы проб, полученных из скважин и шурфов, имеют сходные результаты как по химическому, так и по гранулометрическому составу. Однако полученные данные пока нельзя считать достаточно надежными для рекомендаций по широкому использованию этого способа. Требуется более полная проверка искажений гранулометрического состава и уточнение химического и минералогического состава, с учетом изменения их по фракциям, а также возможности применения бурения таким методом в песчаных толщах с различными условиями залегания и степенью увлажненности. К сожалению, этот метод не позволяет точно выделить слои и получить характеристики песков в ненарушенном залегании.

Необходимо отметить, что при разведке месторождений стекольных песков нельзя применять механическое бурение с промывкой скважин водой или глинистым раствором, поскольку оно, как правило, приводит к резкому искажению качественной характеристики этих песков.

Плотность сети разведочных выработок выбирается в каждом отдельном случае и зависит от морфологии, размеров, выдержанности мощности и качества залежи песков. В стадию предварительной разведки, в зависимости от этих показателей, а также и принадлежности месторождения к одной из приведенных выше групп, выделенных по промышленным и генетическим особенностям, рекомендуется придерживаться расстояний между выработками и линиями профилей разведочной сети от 300—600 (для крупных и выдержанных) до 100—200 м (для небольших и невыдержанных месторождений песков). Расположение выработок и характер разведочной сети (квадратная, прямоугольная, профилями и пр.) выбираются так же, как и при поисковых работах, но с учетом значительно большего материала, собранного на предыдущих стадиях поисков и в процессе предварительной разведки. Помимо разведочной сети проходятся нередко дополнительные выработки для уточнения деталей строения залежей, изменения качества песков, горнотехнических условий и пр. Все выработки опробуются.

Разведочные скважины проходятся, как правило, до полного

пересечения полезной толщи. В тех случаях, когда мощность толщи песков очень велика или нижняя часть залежи обводнена и имеется согласованное с промышленностью задание на разведку песков только до определенного горизонта, необходимо все же пройти часть скважин на всю мощность залежи, учитывая возможность изменения в дальнейшем задания как по мощности предприятия, так и по глубине разработки. Недооценка этого нередко приводит к повторным разведкам месторождения, излишней затрате средств на перебуривание скважин и не позволяет своевременно определить перспективы месторождения. Примером может служить Ташлинское месторождение, которое разведывалось трижды: сначала до глубины 10 м, затем до 20 м и, наконец, до глубины 40 м, т. е. до подошвы залежи.

При выборе месторождений и участков для предварительной разведки следует отдавать предпочтение таким, в пределах которых пески выдержаны по качеству, и в полезной толще отсутствуют или содержатся в минимальном количестве прослой некондиционных пород.

Если полезная толща или часть ее обводнена, необходимо при предварительной разведке учитывать варианты разработки месторождения с применением осушения с помощью дренажа или откачки воды из карьера. Это требует изучения вскрышных пород с точки зрения возможности удаления их гидросмывом или другими способами, а также изучения полезной толщи с учетом возможного при такой добыче (драглайн, земснаряд) изменения состава песков по гранулометрии, а следовательно, их химического и минералогического состава и некоторого обогащения песков за счет их классификации и выноса глинистой и пылевой фракции. В этих случаях рекомендуется проведение специальных исследований, а также определение требуемых количеств воды и возможности получения их из полезной толщи.

В стадию предварительной разведки определяется геологическое строение месторождения, разновидности песков, их зерновой, химический и минеральный состав, возможность и способы обогащения песков, а также соответствие их качества намечаемому ассортименту продукции. Запасы песков обычно подсчитываются по категории С₁. Производится оценка песков в качестве формовочных и строительных материалов. Предварительно оценивается возможность использования вскрышных пород.

Детальная разведка производится в основном буровыми скважинами, которые располагаются с учетом выработок предварительной разведки и намечаемой системы разработки месторождения. Проходка глубоких шурфов в песчаных отложениях затруднена, и поэтому шурфы, как и в стадию предварительной разведки, используются для контроля данных бурения, отбора технологических проб, определения объемной массы и коэффициента разрыхления.

Расположение скважин и ориентировка разведочной сети в значительной степени определяются на стадии предварительной разведки и зависят от особенностей и сложности геологического строения месторождения и постоянства качества песков.

В процессе детальной разведки толща песков расчленяется на отдельные слои. Внутри этой толщи выделяются прослой песчаников, глин, некондиционных песков, а также устанавливаются закономерности изменения вещественного состава песков по площади и на глубину. Слои, прослой и линзы должны быть прослежены, сопоставлены и увязаны во всех выработках. Необходимость этой увязки в значительной степени определяет оптимальную плотность разведочной сети.

Расстояния между скважинами могут изменяться в широких пределах. Для ориентировки следует использовать имеющиеся в инструкции ГКЗ СССР систематизированные данные о плотности сети, применявшейся при разведке песчаных месторождений. Необходимо учитывать, однако, что приведенные в инструкции расстояния относятся не только к стекольным и формовочным, но и к строительным пескам, разведка которых осуществляется более едкой сетью выработок. Для крупных и сравнительно выдержанных месторождений стекольных песков, относящихся к первой группе, расстояния между выработками для запасов категорий А, В и С₁ не должны составлять соответственно более 100, 200 и 300—400 м. Для средних и мелких, а иногда и крупных месторождений с менее выдержанными качественными показателями и сложной морфологией залежей эти расстояния могут быть и меньшими. Основная часть разведанных месторождений стекольных песков относится к первой группе по классификации запасов твердых полезных ископаемых.

Для месторождений второй группы также целесообразно ориентироваться на расстояния между скважинами для категорий: В—50 м и С₁—100 м, увеличивая или уменьшая их для каждого месторождения с учетом его конкретных особенностей.

При проведении разведочных работ необходимо учитывать воздействие на пески вторичных процессов. Например, при наклонном залегании пластов на выходах их в пределах склонов может происходить вымывание глинистых частиц при сносе их по склону тальми и дождевыми водами. В этих случаях на линиях, намеченных вкрест простирания выхода, нужно закладывать не меньше трех-четырёх скважин или выработок на полную мощность песчаной толщи.

В стадию детальной разведки выполняются все необходимые гидрогеологические исследования, включающие пробные и опытные откачки, наблюдения за уровнем воды в скважинах, изучение химизма подземных вод, а также воздействия последних на пески, особенно в зоне переменных уровней и капиллярного поднятия, так как именно здесь наиболее часто наблюдаются явления ожелезнения, выпадение карбонатов, гипса и других загрязняющих примесей.

Карбонатные породы. Методика поисков и разведки месторождений карбонатных пород для производства стекла имеет много общего с поисками и разведкой этих пород для производства вяжущих и цемента.

Поисковые и разведочные работы осуществляются в основном с помощью колонкового бурения. Шурфы используются главным

образом для отбора технологических проб, для определения объемной массы, выхода камня по фракциям, для основного назначения (обычно +30 или 50 мм) и для попутного использования — на щебень, известняковую муку и т. д., для контроля данных бурения скважин, особенно в трещиноватых или закарстованных известняках и доломитах. Бурение производится, как правило, без применения насоса, с ограниченным подливом воды в скважину, во избежание размыва и выноса песчано-глинистого материала из встречающихся в полезной толще прослоев или заполнений карстовых полостей, а также гнезд доломитовой муки, и искажения за счет этого качественной характеристики полезного ископаемого. Как при бурении всухую, так и при бурении с промывкой, необходимо осуществлять контроль за полнотой выхода и состоянием керна, полученного при бурении. Он производится путем проходки шурфов в количестве, позволяющем установить надежность результатов бурения или ввести достаточно обоснованную поправку. Иногда вместо шурфов проводятся контрольные скважины большого диаметра (до 200—250 мм).

От маршрутов и бурения единичных скважин, которые в поисково-рекогносцировочную стадию направлены на проверку, подтверждение и уточнение данных геологической съемки, переходят к поисково-оценочной стадии, на которой основной задачей является характеристика площадей распространения карбонатных пород, условий их залегания, выделение полезной толщи, установление выдержанности качества и мощности включенных в нее пород, наличия в ней прослоев некондиционных и некарбонатных пород.

Для этой цели, в зависимости от генетических особенностей и условий залегания полезной толщи, скважины располагаются по квадратной или прямоугольной сети, по линиям, ориентированным крестообразно, или по профилям вкрест простирания полезной толщи. Каждая последующая скважина закладывается с учетом результатов, полученных по ранее пройденным.

В стадию предварительной разведки расположение скважин или других выработок, а также характер разведочной сети и ее плотность выбираются для каждого месторождения с учетом всех приведенных выше факторов. При этом учитывается необходимость сопоставления и увязки основных параметров по соседним разведочным скважинам или выработкам. Для крупных месторождений с выдержанным качеством полезного ископаемого расстояния между скважинами могут составлять 400—600 м. Для менее крупных месторождений или тектонически нарушенных, или имеющих значительные колебания в содержании основных компонентов и вредных примесей, а также затронутых карстовыми или другими вторичными процессами эти расстояния следует сокращать до 200—300 м. Для мелких месторождений с невыдержанным качеством сырья расстояния между скважинами могут быть еще меньшими. Они определяются в ходе предварительной разведки путем постепенного сгущения сети скважин. В стадию детальной разведки уточняются все основные параметры, полученные в результате предварительной разведки.

Особое значение имеет изучение карста. Если в период предварительной разведки фиксируются в основном его проявления и масштабы, то при детальной разведке оконтуриваются крупные воронки, изучаются их распространение, форма, глубина, характер и степень заполнения карстовых пустот песчано-глинистым и карбонатным материалом, а также возможное влияние их на качество полезного ископаемого и сложность отделения при обогащении. Наряду с карстом изучаются зоны тектонических нарушений, древние эрозионные срезьы и размывы, их влияние на качество и морфологию тел полезного ископаемого. Большое внимание при детальной разведке уделяется характеру трещиноватости, заполнению трещин, ожелезнению, а также возможности привноса по ним в полезную толщу различных соединений и в первую очередь красящих, таких, как дендриты соединений марганца, сульфиды и пр. Подробное изучение их позволяет выяснить возможности обогащения известняков или доломитов (например, путем дробления и выделения наиболее чистых фракций щебня).

Учитывая, что карбонатные породы поступают в стекольную шихту в измельченном виде, подробному изучению подвергаются такие образования, как доломитовая мука и рыхлые разности известняков (пухляки).

Расстояния между выработками могут изменяться в широких пределах. Для ориентировки следует использовать сведения, имеющиеся в инструкции ГКЗ СССР. При этом необходимо учитывать, что требования стекольной промышленности, предъявляемые к содержанию красящих окислов и однородности материала, являются высокими. Поэтому в большинстве случаев целесообразно даже для крупных месторождений ориентироваться на расстояния, приведенные в инструкции для средних, выдержанных по качеству и мощности полезной толщы месторождений, равные для категории А 50—100 м и для категории В 100—200 м.

Если рельеф дневной и погребенной поверхности полезной толщы сложный, то нередко требуется проходка дополнительных скважин, а иногда и шурфов. Дополнительные скважины проходятся в тальвегах ложин и оврагов для определения глубины эрозии и мощности полезной толщы. Для изучения мощности вскрыши, поверхности полезной толщы и проявлений карста используются геофизические методы разведки.

В тех случаях, когда карбонатные породы граничат с изверженными или когда полезная толщя пересекается дайками и жилами, большое внимание должно уделяться приконтактовым зонам, так как на этих участках возможен привнос примесей в карбонатные породы. Для изучения глубины влияния этих зон проходятся дополнительные выработки и скважины.

Обеспечение надежной качественной характеристики полезной толщы, даже при 80—85% выхода керна, требует, помимо специальных мероприятий по повышению его выхода, тщательного анализа: длины столбиков, характера включений, ожелезнения, окремнения, характера трещин, по которым происходит разрыв керна и ожелез-

нения по ним, наличия дендритов соединений марганца, сульфидов. Выход керна должен определяться не только по длине, но и по массе. Необходимо также выяснять, насколько избирательное истирание керна может сказаться на достоверности качественной характеристики сырья. Для этой цели проходятся контрольные шурфы, которые целесообразно также использовать для определения выхода основных фракций (—10; 10—20; 20—30; 30—50 и +50 мм) и сравнительной качественной характеристики их. Если проходку шурфов осуществить нельзя, их заменяют скважинами большого диаметра.

Все изложенное выше указывает на необходимость очень тщательной документации керна скважин и шурфов. Большое значение имеет и правильная обработка керна. Нередко для зачистки керна от шлама, затертого между ним и колонковой трубой, керн промывают. При этом удаляются и неучтенные заполнения трещин. Поэтому зачищать керн целесообразно механическим путем, а промывать следует только половину его после раскола вдоль оси. Для контроля необходимо изучать и непромытую половину.

В стадию детальной разведки проводятся все необходимые для проектирования гидрогеологические исследования, а также опытные работы по обогащению. Эти работы включают дробление карбонатных пород, разделение их на фракции и промывку, а также изучение качественных показателей по фракциям. Иногда это изучение производится в полужаводских условиях. Более глубокое обогащение осуществляется редко.

Особенности опробования и испытаний. Отличительные особенности опробования и испытаний стекольного сырья связаны с технологией его производства.

Кварцевые пески. На поисковой стадии отбор проб производится в основном послойно, а при большой мощности однородных слоев — секционно с длиной проб в 1—2 м. При выборе интервала опробования необходимо учитывать возможные условия разработки месторождения. При детальной разведке, когда основные закономерности изменения качества песков уже выяснены, в случае достаточной однородности песков допускается увеличение интервалов опробования до 3—4 м. В пограничных слоях полезной толщи, близ ее подошвы и кровли, интервалы отбора проб, с учетом возможного загрязнения этих слоев, обычно сокращаются до 1—2, иногда до 0,5 м. В пробы включаются прослой и линзы некондиционных песков, глин и других пород, которые намечаемая система разработки не позволяет отрабатывать селективно. В зависимости от способа разработки и масштабов месторождения мощность таких прослоев колеблется в широких пределах — от 0,3—0,5 до 1—2 м. Из прослоев большей мощности отбираются самостоятельные пробы. При дальнейшем изучении месторождения устанавливается целесообразность раздельной отработки таких прослоев или добычи их совместно с кондиционными песками.

При опробовании скважин в пробу отбирается весь материал, извлеченный с заданного интервала. Из шурфов и расчисток пробы отбираются в основном бороздой и редко — задиркой слоя.

При отборе и обработке проб следует избегать потерь мелких фракций, во избежание ошибок в определении их гранулометрического и химического состава. При отборе и обработке проб рекомендуется учитывать возможность загрязнения их окислами железа или металлической стружкой и пылью.

При подготовке проб для химического анализа квартование их производится до конечной массы 80—100 г, а для гранулометрического анализа конечная масса пробы доводится примерно до 1 кг. Для петрографических исследований обычно отбирается проба 80—100 г, а для подробного изучения тяжелой фракции с целью получения достаточного количества материала приходится отбирать и значительно большие по массе пробы.

В период поисков по послонным и секционным пробам на перспективных участках проводятся химические анализы с определением красящих окислов, SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , п. п. п.

В стадию предварительной разведки производятся также определения, необходимые для полной характеристики песков по открытому разрезу в нескольких пересечениях. В некоторых случаях, если минералогические анализы свидетельствуют о чисто кварцевом составе песков, определяется только содержание Fe_2O_3 . Соотношение сокращенных и полных анализов в этот период устанавливается в зависимости от однородности песков, сложности геологического строения месторождения и литологии полезной толщи.

В стадию детальной разведки по секционным пробам, как правило, определяют содержание Fe_2O_3 , значительно реже — других красящих, иногда SiO_2 , Al_2O_3 . Более полные анализы осуществляются только по объединенным пробам, в которые включаются смежные секционные или послонные пробы с близкими качественными показателями. Объединение проб производят в основном с учетом системы разработки месторождения. Длина объединенных проб чаще всего колеблется от 4 до 10 м.

В объединенных пробах химическим анализом определяют содержания SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , п. п. п, а по части проб — окиси хрома. Если окись хрома содержится в значительных количествах (более 0,0005%), то определение проводится по всем пробам. В некоторых случаях в части проб целесообразно определить также содержание закиси железа и окислов марганца, в более редких случаях — серного и фосфорного ангидрида. Параллельно с химическими анализами по небольшой части проб осуществляется спектральный анализ, желателен полуквантитативный. При обнаружении с его помощью заметных количеств Co , Ni , Cu и других элементов, образующих красящие окислы, производится количественное определение их.

При производстве химических анализов для определения содержания вредных примесей, содержание которых строго лимитируется и нередко не превышает сотых и тысячных долей процента, необходимо применять методы, обеспечивающие достаточную точность и достоверность определения. Содержание Fe_2O_3 обычно получают фотоколориметрическими методами, которые используются

также и для определения содержаний других красящих окислов. Содержание K_2O и Na_2O целесообразно определять методом пламенной фотометрии. Для более точного определения кремнезема осуществляют двойное осаждение его.

Достоверность химических анализов проверяется внутренним и внешним контролем.

Специально разработанных требований к точности определения компонентов применительно к стекольному сырью пока не существует. Величина допустимого расхождения между основными и контрольными определениями в содержании окиси железа не должна превышать 10%, а в содержании кремнезема 0,3—0,8% относительных.

Зерновой состав песков определяется на всех стадиях поисков и разведки. В поисковый период обычно отсутствует необходимость проведения подробного гранулометрического анализа по всем выработкам, а также обязательного использования сит, применяемых для оценки стекольных песков. Рассев можно производить на ситах с диаметром отверстий 0,8; 0,5 и 0,1 мм. Можно также пользоваться наборами сит, применяемых для оценки формовочных или даже строительных песков.

На стадии предварительной разведки частично могут применяться упомянутые выше сита, но целесообразно использовать в большем объеме, чем при поисках, наборы сит для стекольных песков.

В стадию детальной разведки рассев песков, как правило, производится на ситах с диаметром отверстий 0,833; 0,589; 0,417; 0,295; 0,208; 0,147; 0,124; 0,104; 0,074; 0,053 мм. Рассев на все приведенные фракции осуществляется только по объединенным пробам, и не всегда его нужно производить по всем выработкам и скважинам. Для некоторых из них можно ограничиться рассевом на ситах 0,833; 0,589; или 0,417; 0,316; 0,124 или на ситах, близких к ним по размерам.

Соотношение количества более полных и сокращенных гранулометрических анализов зависит от выдержанности зернового состава песков месторождения, а также от необходимости их обогащения и особенностей намечаемых способов обогащения. В тех случаях, когда зерновой состав песчаной толщи неоднороден и возникают сомнения в целесообразности включения в полезную толщу тех или иных слоев, производятся сокращенные анализы по послойным или секционным пробам.

Выдержанность зернового состава песков и закономерности его изменения определяются как в период поисков, так и в период предварительной и детальной разведок. Поэтому по единичным выработкам и на стадиях поисков и предварительной разведки производится определение зернового состава полным набором сит.

Большое значение для определения необходимого количества полных гранулометрических анализов при детальной разведке имеет характер распределения по фракциям основных железосодержащих и других вредных примесей. Объем и характер исследований гранулометрического состава необходимо увязывать с результатами анализов.

До последнего времени контроль за правильностью определения зернового состава осуществлялся крайне редко. Однако целый ряд ошибок, возникающих из-за недостаточно тщательного анализа, а также точно не установленного размера сит, свидетельствует о необходимости контрольных определений гранулометрического состава. Объем контрольных анализов должен быть таким же, как и химических. При выявлении расхождений с определениями других лабораторий необходима проверка правильности калибровки сит.

Большое значение при оценке пригодности песков в производстве стекла имеют минералого-петрографические исследования. Как при поисках, так и при разведке производятся определения общего минерального состава песков, а также минерального состава так называемой «рабочей» фракции (0,5—0,1 или 0,8—0,1 мм).

Качественные определения минерального состава песков, как правило, не играют существенной роли в оценке качества песков и поэтому целесообразны только на первых стадиях их изучения. В настоящее время производится в основном полуколичественный минеральный анализ песков.

Практически все виды минерального сырья для производства бесцветного стекла подвергаются хотя бы простейшему обогащению. Этому способствует использование сырья для варки стекла в измельченном виде, с минимальными колебаниями наибольшего и наименьшего размеров зерен. Поэтому как пески, так и искусственно измельченное карбонатное сырье и полевошпатовые породы, как правило, подвергаются грохочению с отделением крупной (более 0,8 или 0,6 мм), а иногда и мелкой (менее 0,1 мм) фракций. Пески в некоторых случаях подвергаются мокрому грохочению или промывке, способствующей удалению глинистой и пылевой фракций. Все шире применяется и более глубокое обогащение, включая магнитную сепарацию, флотацию и оттирку пленки зерен.

Для решения вопроса о выборе способов и определения предела возможного обогащения песков проводится изучение вещественного состава сырья, как правило, на объединенных пробах, которые составляют таким образом, чтобы охарактеризовать всю мощность полезной толщи по нескольким пересечениям, освещающим площадь участка и основные разновидности песков. Длина таких проб обычно соответствует намечаемой высоте эксплуатационных уступов карьера (5—10 м); количество проб колеблется от 10—20 до 30—50.

Изучение вещественного состава сырья заключается в разделении первичных объединенных проб на несколько фракций по крупности зерен и в изучении химического и минерального состава, а также петрографических особенностей выделенных фракций.

На ранних стадиях изучения месторождения песков по единичным типичным пробам выделяются фракции: +0,8 мм; 0,8—0,6 или 0,5 мм; 0,5—0,3; 0,3—0,1 или 0,15 мм и —0,1 или —0,15 мм. По каждой из этих фракций производится развернутый химический анализ с определением основных компонентов и красящих окислов, а также полуколичественный минералогический анализ с выделением тяжелой, а из нее — магнитной фракций. В зависимости от содержания

в песках тех или иных фракций при дальнейшем изучении месторождения обычно выделяются три основные фракции: мелкая — 0,1 или — 0,15 мм, «рабочая» — от 0,1 (0,15) — до 0,5 (0,6 или 0,8) мм и крупная — 0,5 (0,6 или 0,8) мм. Если пески кварцевые, то в фракционных пробах часто определяется только содержание Fe_2O_3 , иногда другие красящие. Однако нередко в песках содержится значительное количество полевых шпатов. В этом случае в фракциях определяются содержания SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , п. п. п., иногда CaO и MgO , а также Fe_2O_3 , TiO_2 , реже других красящих примесей.

Эти исследования способствуют определению направления опытных работ и устанавливают представительность по вещественному составу проб, предназначенных для исследований по обогащению песков.

Для решения вопроса о возможности и целесообразности обогащения песков важно своевременно сопоставить результаты изучения химического, гранулометрического и минералогического состава. Так, например, если значительная часть железоносителей связана с минералами тяжелой фракции, то необходимо выяснить, в каких по размеру фракциях находятся эти минералы. В песках часто бывает велико содержание глинозема, а иногда и щелочей. Одна часть этих щелочей связана с примесью полевых шпатов, а другая — с глинистой составляющей. Обогащение песков от зерен полевых шпатов нередко требует применения сложных и дорогостоящих методов обогащения; отделение же глинистой фракции большой трудности не представляет.

При разведке необходимо стремиться к выявлению месторождений наиболее чистых или легко обогащаемых песков. Работы по изучению обогатимости песков следует производить при разведке каждого крупного месторождения.

Испытания по обогащению песков, как правило, проводятся в лабораторных условиях и в редких случаях на полужаководских установках.

Пробы для этих технологических испытаний отбираются из шурфов, из скважин большого диаметра, иногда из куста скважин. Во многих случаях при большой мощности полезной толщи и сравнительной однородности ее в разрезе для таких проб бывает вполне достаточно материала из одной скважины. Масса пробы, необходимая для испытаний, обычно согласовывается с организацией, проводящей технологические испытания. Для лабораторных испытаний она составляет 30—50 кг, достигая иногда 100 кг. Для полужаководских испытаний отбираются пробы массой в несколько тонн.

В зависимости от однородности песков и количества основных разновидностей на технологические испытания отбирается от 2—3 до 5—6, а иногда до 8—10 проб.

Технологические испытания по обогащению обычно разделяются на два основных этапа: 1) установление возможности обогащения песков и выбор принципиальной схемы; 2) разработка и проверка технологической схемы обогащения.

Определение обогатимости песков во многом аналогично определению вещественного состава и так называемому «рациональному» анализу, но оно проводится с более глубоким изучением строения и особенностей зерен песка и характера загрязняющих примесей. Такое определение включает также постепенное выделение основных железосодержащих и других красящих окислов. В редких случаях производится отделение полевых шпатов с целью повышения содержания кварца. Если полевые шпаты в песке представлены калиевыми разностями и находятся в больших количествах (не менее 10—15%), то иногда целесообразно выделить их в полевошпатовый концентрат, извлечение которого в отдельный продукт повышает суммарную ценность песков как кварцевого и полевошпатового сырья.

На втором этапе проверяются выбранные методы обогащения, реагенты и их реагентный режим, а также оптимальная длительность процессов, выходы концентратов, извлечение в концентрат и степень чистоты получаемого продукта. Кроме того, полностью разрабатывается технологическая схема переработки песков и производится технико-экономические расчеты по выбору наиболее экономичных и эффективных методов обогащения.

Технологическая схема, выработанная на основании лабораторных испытаний, проверяется полужаводскими испытаниями на полупромышленной или промышленной установке.

При определении пригодности песков для производства массовых видов стекла (строительного, электролампового, автостекла и пр.) опытных варок стекла, как правило, не требуется.

Они необходимы в тех случаях, когда требуется получить специальное стекло с высокой светопропускаемостью, или когда из-за примесей, не удаляемых выбранными способами обогащения, возникает опасение появления в стекле различных дефектов или окрашивания его.

Опробование и характер испытаний песчаников в общих чертах сходны с опробованием, анализами и испытаниями песков. Различия между ними возрастают в зависимости от характера цементации и степени приближения песчаников к плотным монолитным породам. Наиболее резко от песков отличаются сливные песчаники и кварциты, которые применяются в стекловарении редко. Стекольной промышленностью большей частью используются сравнительно рыхлые песчаники, легко дезинтегрирующиеся с образованием песка и цементирующего материала, который приходится отделять от него. В соответствии с этим при изучении песчаников большое внимание уделяется характеру цемента (глинистый, каолиновый, карбонатный, кварцевый и пр.), его роли в загрязнении песка вредными примесями, а также возможности их удаления и использования (например, каолина). При этом изучается вещественный состав и структурно-текстурные особенности песчаника и получающихся при его измельчении песка и цементирующего материала. Проводятся и опытные работы по обогащению.

Жильный кварц используется для производства высококачественного кварцевого стекла, оптического, светотехнического и хими-

ческого. К его качеству предъявляются очень высокие требования. Пригодность кварца обычно устанавливают путем опытных плавки и оценки свойств получающегося из него стекла. Этот способ нельзя считать достаточно надежным, так как низкое качество стекла нередко является результатом нарушения технологического процесса плавки таких стекол, а распространение данных плавки на всю жилу мало обоснованным.

В настоящее время, наряду с опытными плавками, производится изучение вещественного состава жильного кварца по всей жиле, изучение количества и состава газовой-жидких включений в кварце путем его декрепитации и сопоставления этих данных с результатами плавки. Однако эти исследования носят пока опытный характер, как и количественные определения содержания в кварце микропримесей.

Для получения высококачественного кварцевого стекла пригодны прозрачные кристаллы горного хрусталя и жилы так называемого гранулированного, или зернистого, кварца с прозрачными зернами или гранулами. Молочно-белый или замутненный кварц для этой цели длительное время считались непригодными из-за большого количества в них газовой-жидких включений. Однако, в последние годы, благодаря удалению содержимого этих включений декрепитацией и плавке стекла в глубоком вакууме, получены положительные результаты, в связи с чем это мнение пересматривается. Применение молочно-белого кварца значительно расширит сырьевую базу кварца для дефицитных видов стекла.

Методика опробования и изучения вещественного состава и технологических свойств жильного кварца очень несовершенна. Она нуждается в дальнейшей разработке и проверке экспериментальным путем.

На всех стадиях изучения жильного кварца необходимо учитывать возможность привноса железа за счет износа инструмента и оборудования.

В настоящее время проводится довольно успешное обогащение гранулированного кварца. Для светотехнического стекла после обогащения используется даже ожелезненный зернистый кварц. Окислы железа удаляются путем магнитной сепарации и растворением их соляной кислотой, а зерна с повышенным количеством газовой-жидких включений — электростатической сепарацией кружки. При оценке, опробовании и изучении жильного кварца следует иметь в виду возможное улучшение его качества обогащением.

Карбонатные породы. Характер опробования и изучения качества известняков и доломитов, предназначенных для использования в производстве стекла, имеет много общего с опробованием карбонатных пород, применяемых для производства цемента. Отличия, как и для стекольных песков, заключаются в строгом лимитировании, а поэтому и более тщательном определении красящих окислов (как и для белого цемента), а также степени однородности полезного ископаемого. Обычно отбираются послонные или секционные пробы длиной 1—2 м. При отборе и

обработке проб следует защищать их от загрязнения, особенно железом.

Основным видом исследований для определения пригодности карбонатных пород для производства стекла является изучение химического состава. Однако весьма большое значение для правильной оценки их имеют и минералого-петрографические исследования, позволяющие установить не только количество минерало-примесей, но и особенности нахождения их в породе.

Физико-механические свойства карбонатных пород изучаются в сравнительно небольшом объеме, главным образом для установления технологии дробления известняков и доломитов, возможности фракционирования щебня, набухания или налипания мела, а также гранулометрического состава доломитовой муки, возможности отделения от нее крупных фракций и т. п.

В рядовых или секционных пробах известняков или доломитов определяется содержание окисей кальция и магния, нерастворимого в HCl остатка, окиси железа и марганца, а в пробах мела — только содержание CaCO_3 (титр), красящих — окисей железа и марганца.

Эти сокращенные анализы служат для предварительной оценки пригодности сырья при производстве стекла на поисковой стадии, а также для оконтуривания по мощности и площади залежей мела, известняков или доломитов, удовлетворяющих требованиям промышленности. Поскольку точность и достоверность подобных сокращенных анализов не очень велика, качественная характеристика месторождения карбонатных пород для стекольной промышленности, как правило, основывается на более полных химических анализах. Некоторое количество таких анализов необходимо производить и на стадии поисков, так как в этот период может выявиться повышенное содержание других красящих окислов или прочих примесей, которое способно лимитировать включение в полезную толщу опробуемых слоев или интервалов, например хрома или титана.

Химические анализы, которыми определяются все основные компоненты и примеси, обычно производятся по объединенным пробам, которые составляются из порошков рядовых проб, объединяемых пропорционально длине проб по массе. Длина объединенных проб в зависимости от выдержанности качества полезного ископаемого и горно-технических условий разработки месторождения может изменяться от 3—5 до 8—10 м. Более длинные интервалы нежелательны. При составлении объединенных проб учитываются как близкие качественные показатели соседних рядовых проб, так и предполагаемая высота и положение уступов будущего карьера.

В объединенных пробах, как правило, определяются содержания SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , Cr_2O_3 , H_2O и потери при прокаливании. По некоторой части их определяется содержание SO_3 , P_2O_5 , K_2O , Na_2O , иногда FeO , S, F. При значительных содержаниях одного из этих компонентов, или резких колебаниях в содержании их, а также при значительных отклонениях суммы определявшихся

компонентов от 100%, особенно в сторону ее уменьшения, производится определение содержания этих компонентов по всем объединенным пробам. В известняках или доломитах по всем пробам иногда приходится определять сульфатную и сульфидную серу. В сравнительно редких случаях определяется также содержание щелочей, а иногда флюорита или ратовкита. Красящие окислы должны выявляться методами, чувствительность которых позволяет разделить с достаточной точностью такие малые количества их, как сотые, тысячные, а в некоторых случаях и десятичные доли процента.

Параллельно с химическими анализами производится небольшое количество полуколичественных спектральных анализов, пробы на которые отбираются с учетом полного пересечения полезной толщи. При выявлении в них в значительных количествах элементов, которые могут образовывать красящие соединения, химическим анализом определяется содержание и этих элементов.

Минералого-петрографические исследования производятся главным образом путем просмотра шлифов под микроскопом и макроскопического изучения зерна, обнажений и горных выработок, а также путем сопоставления их и увязки с результатами химических анализов. При этом большое внимание следует обращать на текстурные и структурные особенности породы, ее минеральный состав, размеры кристаллов, характер сростания их, форму и размеры пор, количество и состав цемента и вторичные изменения.

Характер доломитизации выявляется петрографическими исследованиями, которые позволяют установить степень равномерности, ее характер и степень окремнения, наличие и распределение глинистых частиц, форму нахождения в карбонатной породе окислов железа и марганца.

Образцы для изготовления шлифов отбираются обычно от основных выделенных макроскопических или на основе химических анализов разностей карбонатных пород. Наряду с этим по одной или нескольким выработкам, в зависимости от сложности геологического строения месторождения образцы для шлифов отбираются через близкие интервалы таким образом, чтобы охарактеризовать весь разрез полезной толщи.

Опытные работы по обогащению известняков или доломитов на месторождении обычно сводятся к отбору проб массой в несколько тонн из горных выработок, характеризующих основные разности.

Пробы подвергаются дроблению и разделению на фракции, разность которых увязывается с петрографическими особенностями карбонатной породы, а также с характером и распределением в ней вредных примесей. Выделенные фракции изучаются путем отбора из них проб на химический анализ и петрографические исследования. Иногда производится промывка их водой. Выявляются наиболее чистые фракции и определяется их выход из горной массы. Таким путем удаётся освободить известняки или доломиты от песчано-глинистого материала, заполняющего карстовые пустоты и трещины.

Глиноземное сырье. Месторождения полевых шпатов, пегматитов и маложелезистых гранитов обычно разведываются и изучаются с целью использования их в керамической промышленности в первую очередь в производстве высоковольтных изоляторов и изделий тонкой керамики. Характер опробования и исследований, проводимых при определении пригодности полевошпатового сырья для этого назначения, позволяет оценить его и в качестве стекольного сырья, не прибегая к каким-либо дополнительным исследованиям.

Разведка полевошпатовых и пегматитовых жил обычно производится с поверхности канавами, а на глубину — шурфами с расчечками и скважинами. Поскольку материал, получаемый при опробовании, неоднороден, изучение жил скважинами требует большой осмотровости.

Разведочные линии на жилах обычно закладываются на расстоянии от 20 до 40 м в зависимости от выдержанности качества полевошпатовых пород и основных параметров жилы, а также от категории запасов в соответствии с инструкцией ГРЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям магматических пород.

Отбор проб из горных выработок производится в основном задиркой. Бороздовое опробование применяется сравнительно редко из-за неоднородности жильной массы. Пробы отбираются секциями длиной 1—2 м. При этом учитывается зональное строение жилы и иногда изменение качественных показателей сырья близ контактов жилы с вмещающими породами. По рядовым пробам производится обычно определение содержания окисей калия и натрия, окиси железа, иногда и других красящих, реже глинозема и кремнезема, а также окиси кальция. По объединенным пробам осуществляется определение остальных компонентов, как правило, тех же, что и при анализах других видов стекольного сырья. Спектральный анализ части проб проводится с целью выявления других элементов-примесей. При обнаружении их в больших количествах они включаются в число компонентов, содержание которых определяется химическим анализом.

Немалое значение при оценке жильных месторождений имеют минералого-петрографические исследования, целью которых является как выявление вещественного состава сырья, так и рекомендации по оптимальным способам обогащения. Большое внимание в них уделяется структурно-текстурным особенностям жильных пород и распределению в них основных компонентов и вредных примесей. Изучение качества полевошпатового сырья имеет много общего с изучением стекольных песков.

Разведка гранитов и их опробование благодаря меньшей по сравнению с жилами неоднородности зернового и вещественного состава и значительно большей величине тел полезного ископаемого позволяет широко применять скважины колонкового бурения, уменьшать количество подземных горных выработок, а также использовать более разреженную сеть выработок и скважин.

СЫРЬЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ И САНТЕХИЗДЕЛИЙ

Основным сырьем для производства строительной керамики и сантехизделия являются глины. Другие полезные ископаемые применяются обычно как вспомогательное сырье или добавки различного назначения. В производстве «грубой» керамики (кирпич, блоки, черепица, дренажные трубы) для «отошения» глин используются пески и другие минеральные и органические добавки — шлак, уголь, древесные опилки и пр. Для получения метлахской и облицовочной плитки, помимо глин (и каолина), иногда в шихту вводятся плавни и добавки, улучшающие спекание черепка, — полевой шпат, пегматит, данбурит, риолит, перлит и т. п. В производстве сантехизделий обычно используется сложная шихта, которая кроме пластичных глин включает каолин, кварц, полевошпатовое сырье, иногда бентониты.

Глины представляют собой осадочные горные породы, в основной своей массе состоящие из мельчайших частиц, среди которых преобладают «глинистые» минералы, обуславливающие специфические свойства глин. Глинистые минералы являются водными алюмосиликатами и магnezийными силикатами со слоистой структурой кристаллической решетки.

Типичные глины отличаются пластичностью (в естественно влажном, а также в увлажненном после высыхания состоянии), а также способностью приобретать после обжига твердость камня. Именно эти свойства обусловили широкое применение глин в промышленности строительных материалов. Однако часть глинистых пород не отличается пластичностью и не размокает в воде. Такие глинистые породы называются аргиллитами. В строительной керамике они не имеют большого значения. Более широко, главным образом в производстве сантехизделий и фарфора используются глинистые породы, занимающие промежуточное положение между глинами (огнеупорными) и аргиллитами, называемые «сухарными глинами», «сухарями», «кремневками», которые после длительного вылеживания на воздухе приобретают пластичность.

Глины, являясь главным образом продуктами выветривания, состоят из глинистых минералов, гидроокислов и окислов железа, опала и обломочного материала. Среди глинистых минералов наибольшее значение имеют слоистые минералы группы каолинита, группы гидрослюда и группы монтмориллонита. Подчиненное значение имеют слоистые минералы группы хлорита, сложносторонковые и ложнослоистые, или цепочечные, минералы группы палыгорскита.

Каолинит в качестве основного или почти единственного глинистого минерала слагает каолинитовые глины и каолины. В виде значительной или второстепенной примеси он присутствует почти во всех полимиктовых глинах. Эмпирическая формула каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$; температура плавления его $1750-1785^\circ$, теоретическое содержание Al_2O_3 39,5%.

Галлуазит представляет гидратированную форму каолинита с дополнительными двумя молекулами воды, которые он теряет при нагревании до 50° . В глинах он встречается значительно реже каолинита.

Гидрослюды составляют группу глинистых минералов, очень широко распространенных, слагающих значительную часть полимиктовых глин. Важнейшими из них являются гидромусковит (иллит), гидробиотит, гидрофлогопит. Температура плавления их изменяется от 1200 до 1400° . К этой группе относится и серицит, смесь которого с каолинитом во многих месторождениях ранее, на основе термографических исследований, ошибочно считали сложноструктурным минералом — монотермитом (например, на Часов-Ярском месторождении). Огнеупорность этой смеси достигает 1600 — 1700° . Серицит является весьма ценным сырьем для производства огнеупорных и особенно керамических изделий со спекшимся черепком как облагораживающая добавка в шихту. Из-за его дефицитности серицит вводится в шихту в ограниченном количестве только для фарфора, сантехизделий, облицовочной плитки. Различные гидрослюды входят в состав многих полимиктовых глин совместно с другими глинистыми минералами, в частности с каолинитом или с монтмориллонитом. Для них характерно сравнительно высокое содержание калия.

Группа монтмориллонита представляет ряды слоистых глинистых минералов с различной степенью замещения кремния алюминием, а последнего — железом, магнием и другими элементами. Монтмориллонитовые глины (бентониты) обладают высокой ионообменной способностью, являются хорошими адсорбентами, нередко способны к значительному набуханию. Поглощающий комплекс их обычно включает натрий, кальций и магний в разных соотношениях. В связи с большой изменчивостью состава монтмориллонитов температура плавления их изменяется от 900 до 1100 , иногда до 1200° . В строительной керамике и сантехизделиях эти глины используются в качестве добавки для увеличения пластичности шихты и снижения температуры ее спекания. Полимиктовые глины, в составе которых преобладают гидрослюды и монтмориллонит, спекаются и даже вспучиваются при сравнительно низких температурах, не превышающих 1000 — 1100° .

Бейделлит высокоглиноземистый, крайний член ряда монтмориллонита, обладающий большой емкостью ионообменного комплекса и основными свойствами бентонитов, встречается значительно реже, чем считалось ранее, в основном входит в состав некоторых глин.

Палыгорскит — псевдослоистый силикат. В его состав входят магний, алюминий, реже железо, иногда он содержит до 2% калия; известен главным образом в виде войлокоподобных или напоминающих кожу и бумагу образований, входит в состав некоторых глин, реже встречается в виде слоев палыгорскитовых глин, находящихся применение в производстве строительной керамики.

Из тонкообломочных частиц (алевролитов) в глинах весьма часто содержится кварц, но состав этих частиц разнообразен и зависит от состава пород, в результате выветривания которых образовались.

глины, а также от степени и характера выветривания этих пород.

Аутигенные неглинистые минералы присутствуют в глинах в различных, иногда значительных количествах. Часто встречаются карбонаты, окислы и гидроксиды железа, марганца, алюминия, различные модификации кремнезема, пирит, фосфаты, органическое вещество (уголь, битум), а в глинах аридных зон — сульфаты и хлориды, в том числе растворимые в воде.

Большинство глин являются полиминеральными и лишь изредка почти мономинеральными. Последние, однако, имеют очень большое значение, так как являются промышленно наиболее ценными. Таковы чаще всего каолинитовые (или галлуазитовые) глины, реже — монтмориллонитовые.

Гранулометрический состав глин различен: собственно глинистые минералы сосредоточены в основном во фракциях менее 0,001 и 0,001—0,005 мм.

По гранулометрическому составу глинами принято считать горные породы, содержащие частицы размером менее 0,01 мм в количестве более 50%, а частицы менее 0,001 мм — более 25%. Кроме того, в глинах содержатся алевритовые частицы (0,1—0,01 мм) и песок (0,1—2 мм).

Химический состав глин зависит как от слагающих их глинистых минералов, так и от количества и состава обломочных зерен (обломков горных пород и минералов) и аутигенных минералов.

Зависимость химического и минералогического состава глин можно проследить по табл. 30, в которой приведены практически миноминеральные виды глин. Однако такого рода мономинеральные глинистые породы, химический состав которых близок к теоретическому составу соответствующих минералов, встречаются редко. Состав же большинства глин более разнообразен. Это указывает на их полимиктовость и засоренность разнородным обломочным материалом.

Требования промышленности к качеству сырья. Изделия строительной керамики разнообразны по своему назначению и свойствам обожженного материала (черепка). В соответствии с этим требования промышленности, предъявляемые к основному керамическому сырью — глинам, также различны. Керамической промышленностью для разных видов изделий употребляются различные глины, обладающие определенными свойствами в натуральном и обожженном виде.

На глины как сырье для производства строительной керамики ГОСТов и технических условий не имеется. Они существуют лишь на готовые изделия.

Глинистое сырье для керамической промышленности классифицируется (ГОСТ 9169—59) по огнеупорности, содержанию $Al_2O_3 + TiO_2$, спекаемости, содержанию красящих окислов, пластичности, содержанию тонкодисперсных фракций и крупнозернистых включений.

По огнеупорности глины разделяются на огнеупорные — с огнеупорностью выше $1580^\circ C$, тугоплавкие — от 1350 до $1580^\circ C$ и легкоплавкие — ниже $1350^\circ C$.

Химический состав некоторых типичных глин

Порода, месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ + FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	Сумма
Каолинит, Седлец (Чехословакия)	46,90	37,40	0,65	0,29	0,27	0,84	0,44	0,18	Не опр.	12,95	99,92
Галлуазит, Льеж (Бельгия)	44,75	36,94	0,31	0,11	Не опр.	0,60	—	Не опр.	2,53	14,89	100,13
Пластичная глина, Часов-Яр (СССР)	52,62	29,48	1,14	0,55	0,46	2,87	0,42	* 1,00	3,12	8,43	100,29
Бейделлит, Бейделл (США)	47,28	20,27	8,68	2,75	0,70	Следы	0,97	—	19,72	—	100,37
Монтмориллонит, Монтмориллон (Франция)	51,14	19,76	0,83	1,61	3,22	0,11	0,04	Не опр.	14,81	7,99	100,42
Нонтронит, Нонтрон (Франция)	44,0	3,6	29,0	Не опр.	2,1	Не опр.	—	—	—	—	97,4
Гидромусковит (иллит), Александер, Иллинойс (США)	52,23	25,85	4,04	0,60	2,69	6,56	0,33	0,37	Не опр.	7,88	100,55
Пальгорскит, Аттапалгес, Джорджия (США)	55,03	10,24	3,53	10,49	—	0,47	—	Не опр.	9,73	10,13	99,62

По содержанию $Al_2O_3 + TiO_2$ в прокаленном веществе глины разделяются на четыре категории, содержащие эти окислы соответственно: высокоосновные более 40%, основные 30—40%, полукислые 15—30% и кислые менее 15%.

По спекаемости они делятся на сильноспекающиеся, среднеспекающиеся, т. е. способные давать при обжиге черепок без признаков пережога с водопоглощением соответственно не более 2 и 5%, и неспекающиеся. Указанные значения водопоглощения должны иметь место не менее чем в двух температурных точках с интервалом в $50^\circ C$.

В зависимости от температуры спекания глины подразделяются на низкотемпературные (до $1100^\circ C$), среднетемпературные (от 1100 до $1300^\circ C$) и высокотемпературные (свыше $1300^\circ C$).

По пластичности выделяются высокопластичные, среднепластичные, умеренно пластичные, малопластичные и непластичные. Они характеризуются числом пластичности соответственно: более 25, 15—25, 7—15, менее 7 и не дающие пластичного теста.

По содержанию тонкодисперсных фракций глины подразделяются на высокодисперсные, дисперсные и грубодисперсные. В высокодисперсных глинах содержание частиц размером менее 1μ должно быть более 60%, в дисперсных — от 20 до 60%, в грубодисперсных — менее 20%.

По содержанию красящих окислов (Fe_2O_3 и TiO_2) выделяются глины с весьма низким, низким, средним и высоким содержанием красящих окислов.

По содержанию крупнозернистых (размером более 0,5 мм) включений выделяются три категории глин: с низким содержанием — не более 1%, со средним содержанием — от 1 до 5% и с высоким содержанием — более 5%.

Для ориентировочной оценки глин, применяемых в керамической промышленности, разработаны специальные рекомендации (приложение к ГОСТ 9169—59). Наименование сырья и виды изделий, указанные в этих рекомендациях, приведены в табл. 31.

При производстве сантехизделий используется обогащенный каолин. Поскольку обычно каолин недостаточно пластичен, то в шихту вводится слабая, с высокой связующей способностью и низким содержанием железа огнеупорная глина. В некоторых случаях вводится также небольшое количество высокопластичных бентонитовых глин с содержанием красящих окислов ($Fe_2O_3 + TiO_2$) не более 1,75% для первого сорта и 2,25% для второго.

Для канализационных керамических труб употребляются глины тугоплавкие и огнеупорные с большим интервалом спекания, с относительно высоким содержанием железа и щелочей.

Для производства строительного кирпича используются легкоплавкие глины и суглинки довольно разнообразного состава, обладающие способностью хорошо формироваться, сохранять форму и не давать деформаций и трещин во время сушки и обжига. Кроме того, в результате обжига при температуре $900—1000^\circ C$ они должны образовывать прочный и морозоустойчивый черепок. Пределы

Виды строительной керамики и глинистое сырье

Вид продукции	Классы и группы глинистого сырья, применяемого для производства данного вида изделий	Примечание
Санитарно-технические изделия, облицовочные плитки	Каолины и глины огнеупорные и тугоплавкие с низким и средним содержанием красящих окислов, с равномерно окрашенным черепком	
Плитки для полов	Глины огнеупорные, тугоплавкие низко- и среднетемпературного спекания, легкоплавкие, спекающиеся, с равномерно окрашенным черепком	Высокотемпературное спекание при условии введения плавней
Канализационные трубы	Глины огнеупорные, тугоплавкие низко- и среднетемпературного спекания, высокопластичные, средне- и умереннопластичные	Легкоплавкие спекающиеся при условии пропитки изделий битумом
Изделия для наружной облицовки зданий, терракота	Глины с равномерно окрашенным черепком	
Эффективный кирпич, пустотелые блоки	Легкоплавкие средне- и умереннопластичные	
Черепица	Легкоплавкие средне- и умереннопластичные, равномерно окрашенные	
Кирпич глиняный обыкновенный	Легкоплавкие глины	

колебания химического состава и важнейших свойств глин, используемых кирпичной промышленностью, следующие:

Химический состав и важнейшие свойства	Пределы колебаний
SiO ₂	53,0—81,0
Al ₂ O ₃	7,0—23,0
Fe ₂ O ₃	2,5—8,0
CaO	1,0—15,0
MgO	0,5—2,0
K ₂ O	1,8—4,0
SO ₃	0,02—1,8
Потери при прокаливании	3,0—14,0
Линейная усадка при сушке	Менее 8
Линейная усадка при обжиге до 1000° С	Менее 12
Водопоглощение при 1000° С	8—20

Требованиям кирпичного производства отвечают умеренно пластичные глины; излишне пластичные требуют отощающих добавок — песка, кирпичного боя и др. Глины могут быть известковыми, если примесь извести является достаточно дисперсной и равномерно распределенной в породе. Глины, используемые для производства пусто-

телого кирпича и дренажных труб, должны обладать способностью хорошо формироваться и сохранять тонкие стенки.

Генетическая и промышленная классификация месторождений. Образование глинистых минералов происходит в основном в результате выветривания горных пород.

В определенных условиях, способствующих интенсивному развитию процессов выветривания и сохранению на месте твердых продуктов выветривания, образуются элювиальные месторождения глин. Такого рода месторождения тесно связаны с материнскими породами, сохраняя постепенные переходы от материнских пород к глинам, а сами глины — частично их структуру и текстуру. Поэтому аутигенное химическое происхождение глин таких месторождений путем физико-химического разложения ряда минералов материнских пород с удалением в растворах соединений щелочных, щелочноземельных металлов и генераций глинистых минералов не вызывает сомнений. Иначе обстоит дело с осадочными глинами. Они могут состоять из механических перетолженных глинистых минералов или продуктов, образовавшихся в процессе выветривания. Диагенез и эпигенез ранее отложенных осадков может несколько изменить их свойства: снижается пластичность, уменьшается или увеличивается ожелезнение и содержание щелочей.

Все месторождения глин делятся на элювиальные и осадочные.

Элювиальные месторождения образуются в результате выветривания (прежде всего химического) магматических (интрузивных и эффузивных, кислых и основных), метаморфических и осадочных пород. Оптимальные условия для интенсивного химического выветривания складываются в тектонически пассивных областях в условиях жаркого и влажного климата.

Между минеральным составом глин и материнскими породами, из которых они образовались, наблюдается определенная зависимость: в глинах, сформированных за счет кислых и средних полевошпатовых, магматических пород, преобладают каолинитовые разности, а в глинах, сформированных за счет ультраосновных пород, — монтмориллонитовые и бейделлитовые разности.

В процессе выветривания гранитоидных пород в крупной фракции элювиальных глин остается почти один кварц, иногда микроклин, из тяжелых — небольшое количество устойчивых минералов. Поэтому каолин и каолинитовые глины являются наиболее чистыми.

Наибольшее промышленное значение среди месторождений элювиальных глин имеют месторождения первичного каолина, образовавшиеся при выветривании гранитоидов.

Элювиальные глины имеют плащеобразную форму залегания с более или менее постепенным переходом книзу в материнскую породу с весьма неровной поверхностью почвы. Иногда элювиальные глины залегают среди материнских пород в виде линз, карманов, гнезд, что часто зависит от тектонической нарушенности массива материнских пород и от характера эрозионного среза.

Осадочные месторождения подразделяются на континентальные, морские и лагунные. Континентальные месторо-

ждения включают пролювиальные, делювиальные, аллювиальные, пресноводноозерные, озерно-ледниковые и озерно-болотные. Пролувиальные месторождения глин представляют собой обычно небольшие тела, являющиеся периферическими частями конусов выноса, залегающие среди толщ грубозернистого кластического материала. Значение этих глин в керамической промышленности ничтожно.

Делювиальные месторождения крутых склонов из-за плохой сортировки материала и непостоянства состава близки к пролювиальным. Делювий пологих склонов, образующийся в результате размыва и сноса глин, глинистых сланцев или других глинистых пород, может образовывать промышленные месторождения глин, по минеральному составу и качеству близких к этим породам.

Большое практическое значение в производстве кирпича и керамических камней имеют так называемые покровные глины и суглинки сложного, в основном делювиального генезиса, залегающие непосредственно под почвенным покровом. На юге европейской части СССР и в Средней Азии они постепенно сменяются лёссовидными суглинками и лёссом.

Аллювиальные месторождения глин разнообразны. Месторождения, развитые среди руслового аллювия, имеют небольшие размеры. Глины таких месторождений являются полимиктовыми, непостоянными по составу и включающими линзы и прослойки песков и галечников. Глины пойменных и дельтовых отложений нередко образуют крупные месторождения, имеющие значительную мощность. Полимиктовые глины пригодны лишь для производства грубой керамики.

Пресноводноозерные и озерно-болотные месторождения гумидного пояса разнообразны как по величине, так и по условиям отложения глин. Форма залегания — пластовая, линзовидная. Минеральный состав озерных глин может быть резко полимиктовым и, наоборот, чисто каолинитовым или каолинит-гидрослюдистым. В последнем случае образуются мелкие или очень крупные месторождения огнеупорных глин.

Полимиктовые глинистые осадки крупных озер образуют нередко очень устойчивые по составу месторождения и широко используются для производства кирпича, черепицы и т. п. Глинистые отложения мелких по размеру озер в большинстве случаев непостоянны по составу.

Особо следует отметить глины, образованные в условиях озерно-болотного ландшафта, связанного с широкими речными долинами (пойменные и старичные озера) или с морским побережьем. Среди озерно-болотных отложений, часто угленосных, развиты каолинитовые глины, в значительной мере непосредственно связанные с пластами угля. Эти глины нередко бывают очень чистыми. Они слагают месторождения огнеупорных глин.

Морские месторождения глин принадлежат в основном к шельфовым отложениям. В морских глинах открытого шельфа среди глинистых минералов преобладают гидрослюды, монтмориллонит, бейделлит, гидрохлорит; присутствуют также каолинит и другие минералы. Морские глины, как правило, являются полимиктовыми. Каолини-

товые глины в отложениях открытого моря отсутствуют. Содержание каолинита в морских глинах может быть значительным, но чистые каолиновые глины в море не образуются. Полимиктовые морские глины открытого шельфа отличаются постоянством состава на больших площадях. Они слагают месторождения однородных глин хорошего качества, пригодных для производства кирпича, черепицы и керамзита.

Лагунные месторождения глин резко различаются между собой по составу.

Опресненные лагуны гумидных поясов, особенно в жарком климате, часто являются местом отложения песчано-глинистых осадков. Глины таких лагун каолиновые и каолинит-гидрослюдистые. Отложения опресненных лагун и дельт слагают нередко крупные месторождения огнеупорных глин. Форма залегания их пластовая и линзовидная.

Лагуны в области аридного климата в противоположность предыдущим, часто имеют повышенную соленость. Поэтому отложения глин в этих лагунах, ввиду непостоянства их состава и засоленности, промышленной ценности (как керамическое сырье) не представляют.

Промышленное значение месторождений различных генетических типов глин неодинаково. Принадлежность их к тому или иному генетическому типу определяет масштаб месторождений, условия залегания, состав, выдержанность качества, горнотехнические условия разработки, а также ценность этих глин.

Среди разнообразных месторождений огнеупорных глин и каолинов наибольшее промышленное значение имеют элювиальные месторождения (кор выветривания), а из осадочных — пресноводно-озерные и лагунные (гумидного пояса). Среди месторождений легкоплавких глин лучшими являются морские, озерные и покровные глины.

Критериями, определяющими в общих чертах промышленное значение месторождений глин (как и других полезных ископаемых), а также условия их разведки, являются размеры месторождений, условия залегания и качество глин. По этим основным признакам выделены три промышленных группы месторождений глин: 1) пластообразные и линзообразные, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого; 2) пластообразные и линзообразные, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого (в обеих этих группах выделены «крупные» и «средние»); 3) с резко изменчивым строением, мощностью и качеством полезного ископаемого.

К первой группе относятся некоторые наиболее выдержанные покровные элювиальные месторождения каолинов, месторождения покровных суглинков, аллювиальные месторождения (пойменные и дельтовые), пресноводноозерные и озеро-болотные месторождения полимиктовых легкоплавких и некоторых тугоплавких глин, а также морские месторождения.

Ко второй группе — элювиальные месторождения каолинов (большинство), пролювиальные, некоторые делювиальные, аллювиальные легкоплавких глин, пресноводноозерные и озеро-болотные, в том

числе и связанные с угленосными толщами месторождения огнеупорных глин.

К третьей группе относятся месторождения огнеупорных глин с сильно нарушенным залеганием, а также элювиальные — остаточные и некоторые пролювиальные и аллювиальные (руслового).

Геологические предпосылки для поисков. Наряду с широким распространением глин среди осадочных пород в верхней части земной коры имеются обширные территории, очень бедные глинами. Так, в тектонически активных областях, сложенных древними метаморфическими и магматическими породами, находящимися в условиях холодного и сухого климата с преобладанием физического выветривания, глины, как правило, отсутствуют. В лучшем случае встречаются алевролитистые глинистые породы.

При рассмотрении вопросов генезиса высокоглиноземистых глинистых минералов и месторождений огнеупорных глин были охарактеризованы благоприятные для их образования условия. Наличие этих условий является геологической предпосылкой для поисков огнеупорных и тугоплавких глин.

Огнеупорные и тугоплавкие глины. Фациально-литологические предпосылки для поисков месторождений огнеупорных и тугоплавких глин определяются следующими факторами: 1) приуроченностью этих глин к континентальным отложениям и осадкам опресненных лагун, сформировавшихся в условиях гумидного климата; 2) связью их с корой выветривания метаморфических и магматических, преимущественно кислых и средних пород; 3) приуроченностью огнеупорных глин к угленосным отложениям и непосредственно к пластам угля (в почве, кровле пластов и между ними), особенно платформенных или краевых зон геосинклиналей; 4) связью каолинитовых глин с кварцевыми песками, являющимися продуктами одного и того же процесса — химического выветривания пород.

Стратиграфической предпосылкой для поисков огнеупорных и тугоплавких глин является наличие в районе поисков отложений, определенных геологических периодов, во время которых существовали благоприятные условия для образования этих глин. Такими периодами для большей части территории СССР являются девонский (щигровский век), каменноугольный, юрский, меловой, палеогеновый и неогеновый.

Глины легкоплавкие. Стратиграфической предпосылкой для поисков полимиктовых легкоплавких глин является наличие в районе поисков неметаморфизованных отложений тех стратиграфических единиц, которые характеризуются в данном регионе морскими глинистыми отложениями зоны шельфа. Толщи морских глин имеют устойчивое и выдержанное положение в стратиграфическом разрезе региона.

Вследствие этого морские глины, если они залегают вблизи поверхности, являются наиболее благоприятным сырьем для производства керамзита, а также черепицы, кирпича и керамических блоков.

Поскольку морские отложения часто залегают на относительно большой глубине под мощной толщей континентальных четвертичных

отложений, поиски сырья для производства кирпича и других недорогих керамических изделий бывают направлены на выявление четвертичных покровных элювиально-делювиальных глин и суглинков, а также озерных, озерно-болотных и других отложений, залегающих вблизи поверхности.

Для выявления таких глин пользуются в первую очередь геоморфологическими признаками. Месторождения этих глин, залегая на поверхности или под маломощной вскрышей (пески и др.), в значительной мере определяют ландшафт, в котором четко выражены: пойменные речные террасы и старицы, заключающие месторождения аллювиальных пойменных и старицевых глин; плоские заболоченные площади, иногда ограниченные террасами бывших озер и болот, представляющие месторождения озерных и озерно-болотных глин; пологие склоны, покрытые элювиально-делювиальными покровными суглинками и др.

Водоупорность глин также способствует их поискам. Так, например, заболоченность местности, выходы ключей в долинах и глубина колодцев помогают определить положение глин в разрезе и глубину их залегания.

Методика поисков и разведки месторождений высокоглиноземистых глин (каолинитовые, галлуазитовые, серицитовые), т. е. тех, которые известны под названием «огнеупорных и тугоплавких», существенно отличается от методики поисков и разведки широко распространённых легкоплавких глин.

Поиски огнеупорных и тугоплавких глин должны начинаться с выявления на глубине, достаточной для эксплуатационных работ, древней коры выветривания, континентальных и лагунных осадочных толщ, особенно угленосных. Толщи морских глин при поисках месторождений огнеупорных глин интереса не представляют.

Определение геологических предпосылок для поисков огнеупорных и тугоплавких глин не требует специальных полевых работ и может быть выполнено по материалам геологических съемок средних и крупных масштабов и в меньшей мере по материалам прежних геологоразведочных работ на различные полезные ископаемые, особенно на уголь и кварцевые пески. Эти материалы обычно содержат сведения о геологическом строении, составе пород и о конкретных месторождениях глин.

В том случае, если в районе работ уже разведаны или разрабатываются месторождения глин того или иного возраста, о качестве глин этого возраста можно судить по аналогии с разрабатываемыми месторождениями.

При плохой геологической изученности района поисков для получения геологического разреза и установления положительных геологических предпосылок для поисков глин приходится прибегать к проходке буровых скважин или горных выработок. Проходка выработок необходима также для выяснения качества глин или сравнения качественных показателей глин разных стратиграфических горизонтов. По результатам геологической съемки также могут быть установлены толщи дочетвертичных легкоплавких глин. Однако

искать их, в противоположность огнеупорным глинам, следует и среди морских глинистых отложений. Морские глины открытого шельфа, как правило, устойчивы по составу и качеству.

Если геологические карты крупного масштаба отсутствуют, то следует произвести маршрутную геологическую съемку в районе предполагаемых выходов или, в зависимости от перспективности района на ряд полезных ископаемых, комплексную геологическую съемку м-ба 1 : 50 000 или 1 : 25 000. Поисковые маршруты определяются выходами на поверхность и под наносы отложений изучаемых горизонтов. При этом не следует производить расчистку и опробование всех выходов на поверхность определяемых пород. Рекомендуется вскрывать намеченные горизонты буровыми скважинами или горными выработками вблизи выходов с расчетом вскрытия нужного горизонта полностью на всю его мощность, а не только в размытой и выветрелой части его.

На слабо обнаженной площади маршруты следует сопровождать расчистками и мелкими скважинами буром «Геолог», имея в виду, что глины очень редко образуют естественные обнажения, а искусственные — быстро заплывают.

В первую очередь следует обследовать существующие карьеры, шахты и все естественные и искусственные обнажения.

Такие работы нередко дают положительные результаты при поисках месторождений морских легкоплавких глин, образующих мощные толщи на больших площадях, измеряемых десятками и сотнями квадратных километров. При поисково-рекогносцировочных работах выбираются участки, наиболее удачно расположенные с точки зрения удобства добычи, переработки и транспортировки глин или готовых изделий.

Как правило, с большими затратами времени и объемом буровых работ удастся выявить месторождения тугоплавких и огнеупорных глин, залегающие среди выделенных перспективных горизонтов в виде отдельных залежей, линз, а также останцов, сохранившихся от эрозии и абразии.

При поисках легкоплавких глин для производства массовых и недорогих изделий (кирпич, керамические блоки и др.) следует выбирать районы поисков таким образом, чтобы дешевое сырье находилось вблизи мест производства и потребления изделий. Низкая себестоимость сырья достигается, в частности, эксплуатацией месторождений, имеющих очень малую вскрышу или совсем не имеющих ее.

Из всех генетических типов глинистых пород, залегающих у поверхности земли, лишь покровные делювиальные суглинки, лёссовидные суглинки и лёсс имеют широкое сплошное распространение и относительно выдержанное качество на больших площадях. Наличие их в районе поисков кирпичного сырья является надежной предпосылкой для его выявления. Остальные поверхностные месторождения (озерные, озерно-болотные, аллювиальные и пролювиальные) встречаются относительно редко. Поиски их ведутся маршрутами на основе использования геоморфологических предпосылок.

Поисково-оценочные работы на все виды глин производятся (вблизи выходов их на поверхность) буровыми скважинами, расположенными на поисковых линиях, ориентированных вкрест простирания пород (при наклонном их залегании). В тех случаях, когда все направления в выявляемом месторождении одинаковы или кажутся таковыми, скважины закладываются по квадратной или ромбической сети. Расстояния между поисковыми линиями и скважинами принимаются в зависимости от условий залегания полезного ископаемого. Для месторождений первого промышленного типа линии могут быть заложены, в зависимости от требуемых запасов, на расстоянии 400—800 м. Для обнаружения месторождений, сложенных мелкими линзами, штоками, гнездами, или пластами с нарушенными условиями залегания (месторождения III типа) эти расстояния должны быть сокращены до 200 и даже до 100 м.

По результатам поисково-оценочных работ проектируется предварительная разведка месторождения.

В процессе предварительной разведки уточняются все данные, необходимые для промышленной оценки месторождения, причем, как и на других стадиях изучения месторождения, наибольшее внимание должно быть обращено на наиболее важные в промышленном отношении факторы (качество сырья, условия залегания, мощность полезного ископаемого и вскрышных пород, размеры запасов, гидрогеологические условия разработки и т. д.).

Предварительная разведка производится на одной или нескольких площадях, участках, залежах или линзах глин, выявленных поисково-оценочными работами, признанных достаточно перспективными для дальнейшего изучения и представляющих интерес для их промышленного освоения. При ее проведении обычно сгущается сеть выработок и скважин, расположение которых унаследовано от предыдущей стадии. Однако необходимо учитывать, что при сгущении сети могут существенно измениться представления о геологическом строении месторождения и условиях залегания глин, ранее основанные на малом количестве скважин при больших расстояниях между ними, что в свою очередь потребует изменения системы расположения их в процессе предварительной и детальной разведки. Это имело место в процессе изучения многих месторождений глин, в частности Дорогинского, Липовецкого, Евсинского, Туганского, Федоровского, Воронинского и др. Своевременный анализ вновь получаемых геологических данных в процессе разведки позволит избежать излишних затрат.

Наряду со сгущением сети разведочных скважин по всей площади или участку, в отдельных частях их проходятся дополнительные скважины для уточнения особенностей условий залегания, изменения качественных показателей глин, выявления характера некондиционных или сортовых прослоев, размывов полезной толщи, ее наличия в понижениях, балках, оврагах, для разработки методики детальной разведки. Большое внимание уделяется определению возможности и направления использования попутных полезных ископаемых во вскрыше месторождения. Предварительной разведкой

выявляются запасы глин категории C_1 (на части площади участка, наиболее благоприятной для освоения) и категории C_2 . На месторождениях широко распространенных глин и суглинков значительное превышение запасов категории C_1 по сравнению с заданием нежелательно.

Отобранные на месторождении пробы глин следует своевременно направлять в лабораторию для анализов и испытаний, результаты которых должны быть получены до окончания полевых работ.

По результатам предварительной разведки месторождения тугоплавких и огнеупорных глин составляется отчет о разведке, а также технико-экономический доклад, обосновывающий целесообразность детальной разведки и эксплуатации месторождения. При наличии положительной оценки месторождение разведывается детально.

Детальная разведка должна учитывать производственную мощность будущего предприятия, требуемые запасы по категориям, а также другие вопросы, связанные с утверждением запасов и получением полноценных материалов, необходимых для проектирования горного предприятия. В табл. 32 приведены данные о разведочной сети для месторождений глин.

Т а б л и ц а 32

Расстояния между разведочными выработками

Группы месторождений	Типы месторождений	Расстояния между выработками (м) для категорий запасов		
		A	B	C_1
1	Крупные пластообразные и линзообразные, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	100—150	150—200	300—400
	Средние пластообразные и линзообразные, выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	50—100	100—200	200—300
2	Крупные пластообразные и линзообразные, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	—	50—100	100—200
	Средние пластообразные и линзообразные, не выдержанные по строению, мощности и качеству полезного ископаемого	—	25—50	50—150
3	С резко изменчивым строением, мощностью и качеством полезного ископаемого	—	—	25—50

В большинстве случаев при разведке месторождений глин скважины проходятся вертикально. Исключение составляют месторождения с относительно крутым падением пластов. Такие месторождения разведываются наклонными скважинами колонкового бурения, заложеными на разведочных линиях вкрест простирания пластов или линз с расстоянием между линиями 100—150 м.

Расстояния между скважинами на разведочных линиях устанавливаются из расчета получения полных пересечений пласта или тела глин скважинами в одной вертикальной плоскости. Скважины на линии могут быть заложены из одной точки под разными зенитными углами. С поверхности такие месторождения при малой мощности наносов могут быть вскрыты и опробованы канавами. Как правило, скважины должны быть доведены до отложений, подстилающих полезную толщу, или пройдены до глубины, достаточной для выяснения условий залегания полезного ископаемого. В противном случае могут быть допущены грубые ошибки в методике разведки и оценке месторождения. Так, при разведке Липовецкого месторождения огнеупорных и тугоплавких глин неглубокими вертикальными буровыми скважинами была вскрыта лишь верхняя часть месторождения, состоящая из переотложенных глин, лежащих выше огнеупорных. Месторождение по результатам проведенной разведки представлялось сложенным линзами тугоплавких глин, заключенных в горизонтально залегающей толще песка и алевроита. При дополнительной разведке выяснилось, что оно является в основном элювиальным и сложено толщей песчаников, алевролитов и аргиллитов, в коре выветривания которых лежат соответственно пески, алевроиты и каолинитовые огнеупорные глины (рис. 30).

Нередко месторождения глин, главным образом огнеупорных, представляют собой линзы или другой формы тела, залегающие среди толщ песков. Такая обстановка во многих случаях является благоприятной для применения электроразведки (электрондирование, электропрофилирование) при поисках и разведке глин.

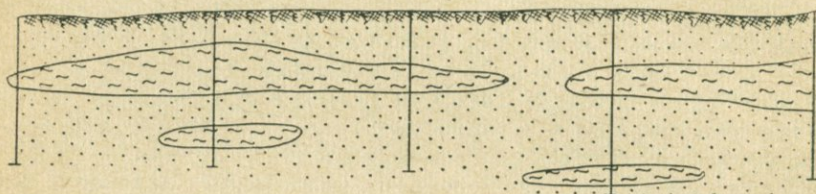
Разведочные работы на легкоплавкие глины, залегающие близ поверхности земли, до недавнего времени осуществлялись с помощью ручного ударно-вращательного бурения, в основном змеевиковым буром. Сейчас для этой цели применяется главным образом колонковое бурение. Основные диаметры разведочных скважин на глины выбираются в зависимости от величины проб, мощности толщ глин и слоев их, подлежащих отдельному опробованию, а также от возможности получения достаточно высокого выхода керна в наименее нарушенном состоянии. Обычно начальные диаметры скважин рассчитываются таким образом, чтобы в полезной толще скважина имела диаметр 111 или 91 мм, а в некоторых случаях 131 мм.

В инструкции ГКЗ СССР 1961 г. минимальный выход керна по глинистым породам для надежной характеристики качества глин и строения полезной толщи был принят в 80%. Однако, как показали разведочные работы последних лет, колонковое бурение даже при таком выходе керна не всегда обеспечивает получение вполне достоверных данных, особенно при чередовании прослоев плотных и песчаных более рыхлых глин, при наличии в них прослоев песка или алевроитов, при разведке рыхлых и пористых остаточных глин в коре выветривания, как на Чибисовском или Евсинском месторождениях тугоплавких глин. Поэтому при ведении буровых работ следует стремиться к 100%-ному выходу керна в ненарушенном состоянии. Для этой цели успешно применяется безнасосное

бурение (всухую) с ограниченным подливом воды в скважину, уменьшение скоростей вращения колонковой трубы, ограничение рейса, увеличение диаметров скважин.

При бурении скважин с промывкой водой или глинистым раствором под давлением (с насосом) часто селективно вымываются не

a



b

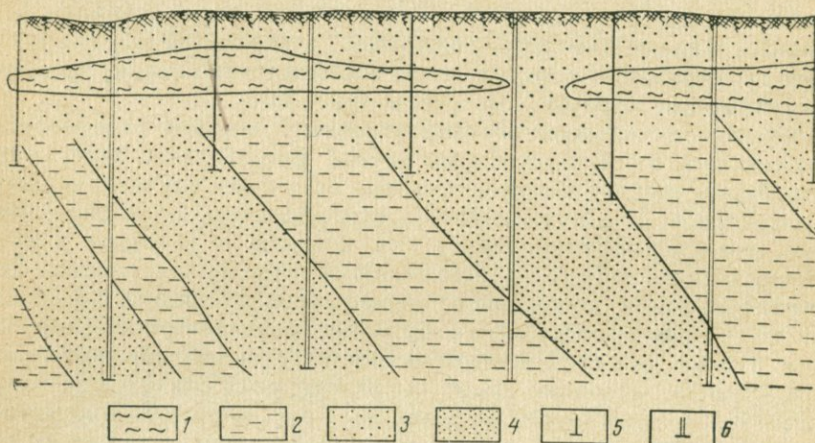


Рис. 30. Принципиальная схема строения Липовецкого месторождения по результатам:

a — первой разведки — мелкими скважинами; *b* — второй разведки — более глубокими скважинами.

1 — глина тугоплавкая; 2 — глина огнеупорная и тугоплавкая, к низу переходящая в глинистый сланец; 3 — песок; 4 — песок, к низу переходящий в песчаник; 5 — буровые скважины первой разведки; 6 — буровые скважины второй разведки

только прослой песков, но и песчаных глин. Это требует обязательного контроля данных скважин, пробуренных с промывкой, достаточным количеством скважин, пройденных всухую или шурфами.

Скважины перед проходкой по полезной толще обязательно должны обсаживаться трубами на всю мощность вскрышных пород. Шнековое бурение скважин, особенно разведочных, обычно дает недостоверные результаты, так как из-за разрыхления песков и глин на шнеке оно не позволяет определить истинные мощности слоев

и положение их границ, а также загрязняет поступающую на шнеки породу материалом с боковых стенок скважины. Шнековое бурение используется для отбора крупных проб для ползу заводских испытаний, если при этом нет необходимости выделения отдельных слоев и прослоев. Допустимо применение шнека в качестве наконечника вместо змеевикового бура с обсадкой труб после каждого рейса, который не должен превышать 1 м, или шнека с магазинированием керна при полном его выходе. В этом случае необходим тщательный контроль шнековых скважин скважинами колонкового бурения или шурфами. Положительные результаты получены при опытно-применении вибробурения, особенно суглинков.

Шурфы при разведке глин проходятся, как правило, в небольшом объеме — для контроля данных бурения, для отбора технологических проб, для определения объемной массы глин. В последние годы для этих целей успешно применялась установка для проходки шахтных колодцев КШК-30, позволяющая проходить дудки до глубины 30 м.

Особенности гидрогеологических исследований при разведке месторождений глин объясняются тем, что иногда разведываемые глины являются водоупором для подстилающего их напорного водоносного горизонта в песках или карбонатных породах. В таких случаях следует проводить также и все необходимые гидрогеологические работы для производства расчетов, определения возможности и экономической целесообразности понижения уровня воды подстилающего глины водоносного горизонта с целью полной отработки месторождения.

Особенности опробования. Методика опробования должна быть разработана с учетом всех особенностей строения месторождения и заданного назначения глин.

Огнеупорные и тугоплавкие глины как более ценные и используемые для производства относительно дорогостоящих изделий могут добываться селективно. Поэтому опробование их ведется послойно, по всем выделенным литологическим разностям. При значительной мощности однородных глин отбор проб производится секциями длиной 0,5—1 м.

Нередко отдельные литологические разности глин по их керамическим свойствам оказываются практически идентичными и, наоборот, слои, литологически однородные, при секционном опробовании и изучении обнаруживают существенные различия керамических свойств. При поисково-оценочных работах эти обстоятельства должны быть выявлены и учтены при определении методики отбора проб на месторождении. При разведке новых участков разрабатывающихся месторождений опробование ведется с учетом опыта разведки и эксплуатации этого месторождения и установленных кондиций. Месторождения легкоплавких глин, как правило, селективно не разрабатываются. Поэтому проводить отбор отдельных проб от слоев малой мощности и с небольших интервалов не рекомендуется. Выделенные визуально слои в большинстве случаев опробуются отдельно лишь в начальных стадиях работ, в основном для решения вопроса

о том, какую часть толщи глин следует считать полезным ископаемым и какие слои нужно оставить выше или ниже этой толщи. При наличии на месторождении двух или более относительно мощных пластов глин опробование их производится раздельно, с целью установления возможности валовой и раздельной добычи.

Прослой пустых пород в глинах (супесей, песков) также опробуются совместно с глинами и раздельно для выяснения возможностей их использования или исключения из полезной толщи.

При детальной разведке легкоплавких глин (при относительно небольшой мощности) пробы отбираются послойно, а при большой — секциями длиной до 3—5 м. Отбор проб из горных выработок, как правило, производится бороздой сечением 3×5 или 5×10 см. При отборе проб стенки горных выработок должны быть тщательно зачищены. В процессе отбора проб из скважин керн зачищается до полного удаления глинистого раствора. Масса проб должна быть согласована с лабораторией, в которой ведутся испытания. Обычно бывает достаточно 2 кг глины для сокращенных и около 5 кг — для полных керамических испытаний. Если глины содержат значительное количество крупных включений, то для определения их процентного содержания в глине отбирают пробу массой до 50 кг и более.

Отбор проб для полужаводских испытаний при детальной разведке новых месторождений следует производить обязательно. При разведке новых участков эксплуатируемых месторождений такие испытания производятся не всегда. Пробы для полужаводских испытаний на месторождениях огнеупорных и тугоплавких глин для производства облицовочной и половой плитки, сантехизделий и канализационных труб отбираются от каждой разности глин.

Месторождения первичного каолина, как правило, подвергаются обогащению и испытываются в обогащенном виде.

Если при подборе шихты требуется добавка сырья, отсутствующего на месторождении, например добавка какой-либо другой глины (высокопластичной, каолина, полевого шпата, кварцевого песка), то это сырье следует получить для испытаний из тех месторождений, которые расположены наиболее близко и удобно в транспортном отношении к разведываемому месторождению или заводу-потребителю.

Отбор проб для полужаводских испытаний производится в одной-двух точках месторождения. Если на месторождении намечается валовая добыча, то проба отбирается тоже валовая со всей мощности полезной толщи. Выработка (шурф) для отбора пробы закладывается на одной из скважин, пройденных при разведке. Точка заложения выработки выбирается по результатам анализов и испытаний глин из скважин. Если проба берется одна, то выбирается скважина, качество глины которой ниже среднего для месторождения, а если две, то вторая выбирается со средним качеством или несколько выше среднего. По легкоплавким глинам для производства кирпича, блоков и черепицы (если месторождение содержит две разности глин — два пласта) пробы отбираются из каждого пласта отдельно, а испытания ведутся по объединенной и раздельным пробам.

Если месторождение содержит несколько разновидностей глин (огнеупорные или тугоплавкие), то выработка закладывается в такой точке, где глины являются характерными для месторождения и по возможности представляют все его разновидности и сорта.

Масса пробы глин, необходимой для полужаводских испытаний, согласовывается с организацией, производящей испытания. Для испытания глин как сырья для производства облицовочной и половой плитки, а также сантехизделий требуется около 5—6 т глин каждой разновидности, а для канализационных труб — около 20 т.

Полужаводские испытания легкоплавких глин для производства изделий с несpekшимся черепком (черепица, дренажные трубы, кирпич) требуют для черепицы 5—6 т глин, для дренажных труб 10 т, для кирпича около 20 т.

Для отбора проб проходятся специальные шурфы или другие горные выработки. Если покрывающие породы обводнены, то отбор проб производится из куста буровых скважин большого диаметра, расстояния между которыми составляют 1—2 м.

Исследование качества глин. Все отобранные пробы глин должны быть подвергнуты тщательному и подробному макроскопическому описанию с указанием отличительных свойств: окраски во влажном и сухом состоянии, ее оттенков и равномерности, пластичности глин, текстуры, характера излома, песчаности, наличия и состава включений, стяжений и пр.

По всем пробам определяется гранулометрический состав (методом мокрого ситового анализа и отмыванием на приборе Сабанина или методом пипетки) с определением дисперсности глин, содержания и характера крупных включений.

На подстадии поисково-оценочных работ по части проб (до 20%), представляющих основные разновидности глин, производится обжиг образцов на 5—7 температур. Легкоплавкие глины для изделий с пористым черепком обычно обжигаются на 5 температур, а тугоплавкие и огнеупорные глины для изделий со спекшимся черепком — на 6—7 температур. На этой основе определяются оптимальные температуры обжига каждой разновидности глин. Остальные пробы обжигаются на 1—2 температуры. В пробах, обжигавшихся на 5—7 температур, химическим анализом определяется содержание SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , п. п. п., CaO , MgO , щелочей. По нескольким пробам проводится более полный анализ с определением содержания также P_2O_5 , SO_3 , CO_2 , иногда S^- и др. В пробах беложгущихся и светложгущихся глин содержание Fe_2O_3 , иногда и других красящих окислов, определяется во всех пробах. В каждой пробе, предназначенной для обжига, определяются воздушная, огневая и общая усадка; тщательно изучается черепок, полученный после обжига образцов на каждую температуру — производится его описание, определяется водопоглощение и объемная масса, на основании которых по пористости черепка устанавливается оптимальная температура обжига, интервал спекания и вспучивания.

На стадии предварительной разведки методики изучения глин месторождения обычно унаследуются от предыдущей стадии. Остается

близким и соотношение проб на сокращенные и более полные керамические исследования. Вместе с тем характер испытаний изменяется. Они должны в большей степени учитывать конкретные особенности глин месторождения и быть более глубокими. При этом уточняются: интервалы температур обжига образцов, соответствие литологических разностей глин их керамическим разностям, или группам, оптимальные температуры обжига каждой разности. Изучается прочность черепка на сжатие и изгиб при оптимальной температуре обжига. По типичным для каждой разности пробам производится изучение вещественного состава глин, заключающееся в выделении песчаной, пылеватой и собственно глинистой, фракций (+0,1; 0,1—0,01 и —0,01 мм), с последующим изучением их химического и минералогического состава. Для изучения глинистых минералов иногда, главным образом на месторождениях тугоплавких и огнеупорных глин, выделяются фракции 0,005—0,001 мм и —0,001 мм; 5—10, редко большее количество этих фракционных проб изучается под электронным микроскопом, производится их рентгенометрия, а также термографический анализ. По остальной, значительно большей части проб фракций 0,005—0,001 и —0,001 мм снимаются термографические кривые и производится развернутый химический анализ. Сопоставлением их с эталонными термокривыми чистых глинистых минералов и более детально изученных проб получают сравнительную характеристику изменений минерального состава полезной толщи по площади и в разрезе.

Огнеупорность глин для строительной керамики определяется по небольшому количеству проб (10—20% всех проб).

На стадии детальной разведки глины изучаются по методике, уточненной в период предварительной разведки. Лабораторные керамические испытания глин иногда дополнительно включают изучение шихт — основного сырья с добавками или нескольких керамических групп глин, с физико-механическими испытаниями черепка после обжига. При испытаниях подбираются оптимальные шихты, наиболее простые для массовых и дешевых изделий (кирпич, блоки, черепица дренажные трубы). Необходимо отметить, что шихты, подобранные в лабораторных условиях, могут приниматься только как ориентировочные для проведения полужаводских испытаний. Без проверки их последними они не могут быть рекомендованы для использования в производственных условиях.

Завершающими технологическими исследованиями, окончательно определяющими пригодность глин для заданного ассортимента изделий, а также оптимальную технологическую схему подготовки сырья и производства керамических изделий, являются полужаводские испытания, в результате которых получается и испытывается готовая продукция в натуральную величину; физико-механические испытания ее включают и определение морозостойкости. Параллельно, по полужаводской пробе, которая обычно отбирается на стадии детальной разведки и значительно реже — предварительной, производятся лабораторные полные керамические испытания глин, изучается их химический, минералогический и вещественный состав.

Канализационные и кислотоупорные трубы, кроме обычных испытаний, испытываются также на гидравлическое давление и кислотостойкость.

ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Области применения и требования промышленности к качеству сырья. К заполнителям легкого бетона относят пористые неорганические сыпучие материалы с объемной массой не более 1000 кг/м^3 при крупности зерен от 5 до 40 мм (щебень и гравий), и не более 1200 кг/м^3 при крупности зерен до 5 мм (песок).

Заполнители легких бетонов по ГОСТ 9757-73 делятся на две группы — природные и искусственные. Естественные заполнители подразделяются на вулканические и осадочные.

К вулканическим относятся: 1) щебень и песок из пемзы — пористой породы губчатого или волокнистого строения, состоящей из кислого вулканического стекла; 2) щебень и песок из вулканического шлака — крупнопористой сыпучей породы, сложенной основным вулканическим стеклом; 3) щебень и песок из вулканического туфа — мелкозернистой породы, состоящей из сцементированного вулканического стекла и пепла.

К осадочным заполнителям относятся: 1) щебень и песок из пористых карбонатных пород — известняка-ракушечника, известкового туфа и др.; 2) щебень и песок из кремнистых пористых пород — диатомита, опоки, трепела и др.

К искусственным пористым заполнителям относятся: 1) гравий и песок керамзитовый, получаемый путем обжига со вспучиванием легкоплавких глин, сланцев, шунгитовых пород, трепелов и др.; 2) термолит, получаемый при обжиге со спеканием щебня или гранул опаловых пород (диатомита, трепела, опок и др.); 3) щебень и песок аглопоритовый, получаемый спеканием глинистых пород, трепелов и других пород на агломерационной решетке; 4) перлитовый щебень и песок, получаемые обжигом со вспучиванием кислых вулканических стекол (перлита, обсидиана и др.); 5) щебень и песок из вспученного вермикулита.

Природные заполнители. Пемза входит в группу природных заполнителей легких бетонов. Она представляет собой мелкопористое вулканическое стекло, образовавшееся в результате накопления продуктов взрывного вулканизма. По возрасту большинство месторождений пемзы относится к кайнозою. Пемза обладает высокой пористостью, образовавшейся в результате расширения газов (главным образом паров воды) во время быстрого охлаждения полужидкой лавы. Каждая ячейка в ней изолирована от остальных, благодаря чему она имеет низкие проницаемость, теплопроводность и гигроскопичность.

Пемза находит применение в качестве заполнителя легких бетонов и для теплоизоляции.

Вулканический шлак образуется при быстром и бурном выделении газа в жидкой лаве, выброшенной в воздух или нахо-

дящейся на поверхности лавового потока, с образованием больших и неправильных по форме изолированных пузырей.

Основные физико-механические показатели крупных заполнителей из шлаков приведены в табл. 33.

Таблица 33

Физико-химические свойства вулканических шлаков Армении

Показатели	Вулканические шлаки		
	аринджский	аванский	джермукский
Объемная масса породы, кг/м ³	1120	1120	—
Объем пустот, %	48,6	52,5	45,9
Водопоглощение, %	21,5	19,4	45,9

Вулканические туфы образуются путем цементации или спекания в горячем состоянии рыхлых продуктов извержения (пепла, песка, лапиллей и бомб). В зависимости от условий образования туфы могут иметь различные физико-механические свойства. Наиболее высокие показатели имеют спекшиеся туфы, образовавшиеся из раскаленного и насыщенного газами мелкообломочного вулканического материала. Менее прочными являются туфы, скрепленные путем цементации.

К осадочным заполнителям легкого бетона относится щебень, получаемый при дроблении и рассеивании пористых известняков, известковых туфов, а также отходов от распиловки известняков-ракушечников на штучный и блочный камень. Пористые известняки и известняки-ракушечники представляют собой относительно легкую породу осадочно-органического происхождения. Строение этих пород весьма различное: от плотного, мелкооздреватого до рыхлого грубооздреватого. Также изменчива и их прочность.

К заполнителям легких бетонов относятся также диатомиты, трепела и опоки, представляющие собой кремнистые породы, состоящие из скелетов диатомовых водорослей и мелких зерен опала (Григорович, 1962). Качественные показатели природных заполнителей легких бетонов приведены в табл. 34.

На заполнители легких бетонов имеется ГОСТ 9757-73 (классификация и общие технические требования).

На щебень из диатомита и трепела существует ГОСТ 3043, согласно которому содержание пылевидных частиц не должно превышать 10%, объемная масса должна быть не больше 600 кг/м³. Щебень не должен размокать в воде, а степень его истираемости не должна превышать 10% по массе.

Керамзит — в настоящее время наиболее распространенный в СССР вид искусственных заполнителей легких бетонов. Это обусловлено благоприятными условиями залегания сырья и сравнительно несложным и недорогим процессом производства.

Перлит и вермикулит принадлежит к числу сравнительно новых для нашей промышленности видов минерального

Требования к качеству природных заполнителей легких бетонов

Группа пород по генезису	Породы	Структура, пористость, %	Основные физико-химические показатели
Излившиеся (эффузивные)	Вулканические туфы, пемза	30—50	Объемная масса 1100—1800 кг/м ³ , предел прочности при сжатии $3,5 \times 10^6$ — $4 \cdot 10^7$ Па
	Вулканические шлаки	30—50	
	Фельзитовые туфы	8—35	Объемная масса 1600—2400 кг/м ³ , предел прочности при сжатии $2 \cdot 10^7$ — $8 \cdot 10^7$ Па
Осадочные карбонатные	Известняки пористые, ракушечники	Пористая Обломочная	Объемная масса 900—1200 кг/м ³ , предел прочности при сжатии 10^6 — $3 \cdot 10^6$ Па
Кремнистые	Диатомиты, трепела, опоки	Пористая	Объемная масса 500—2600 кг/м ³ , предел прочности при сжатии $2,5 \times 10^6$ — $5 \cdot 10^6$ Па

сырья. Применение перлита для производства заполнителей легких бетонов достигло уже довольно значительных размеров. Ежегодный выпуск перлита составляет 300—400 тыс. м³. Применение вермикулита в строительстве имеет еще небольшой объем, главным образом вследствие недостаточной налаженности производства вспученного вермикулита и обусловленной этим высокой его стоимости.

Перлитом называют кислые вулканические водосодержащие породы, имеющие стекловатое сложение. Собственно перлит — это вулканическое стекло, имеющее перлитовую структуру, характеризующуюся тем, что порода разбита мелкими концентрически расположенными трещинками. По этим трещинкам порода раскалывается на маленькие шарики, имеющие иногда жемчужный блеск, откуда и произошло название породы (перл — жемчуг).

Помимо собственно перлита, для получения вспученных материалов могут быть использованы и другие кислые вулканические породы (обсидианы, липариты, витрофиры и др.). Наряду со стекловатой структурой важной особенностью этих пород, определяющей их способность к вспучиванию, является наличие воды как первичной, так и вторичной (гидратированные вулканические стекла по В. П. Петрову). При нагревании стекло размягчается, а содержащаяся в нем вода переходит в пар, вспучивая размягченную породу.

Вспучивание собственно перлитов происходит при температуре 600—700°, а обсидианов — при 950—1000° С. Оптимальное содержание воды в вулканических стеклах составляет 0,5—3,0%. При более высоком содержании (6—8%) обжиг приходится вести в два приема — сначала при температуре 300—400° С для удаления избыточной воды и затем при температуре 600—700° С для образования эффекта вспучивания. Отрицательное влияние на способность породы к вспучиванию.

нию оказывает раскристаллизация стекла, особенно наличие кристаллических скелетов. Общесоюзных технических условий на вулканическое стекло пока не разработано.

Республиканские временные технические условия Госстроя УССР (РВТУ 15—61) на сырье Закарпатья для производства вспученного перлитового песка и щебня предъявляют к нему следующие требования: объемная масса перлитового песка не должна превышать 250, а щебня 400 кг/м³. Температура вспучивания не выше 1200°. Потери при прокаливании не менее 20% по массе.

Проект межреспубликанских технических условий на перлитовую породу месторождений Армении предусматривает, что температура ее вспучивания не должна превышать 1000° С и порода должна иметь примерно следующий химический состав (%): SiO₂ 68,75; Al₂O₃ 12—16; FeO + F₂O₃ 0,7—1,6; CaO + MgO 0,4—1,2; K₂O + Na₂O 5—8; п. п. п. 2—5.

На вспученный перлит существует ГОСТ 10832-74, который распространяется на перлитовый песок как заполнитель легких бетонов и растворов, применяемых для изготовления теплоизоляционных изделий, огнезащитных штукатурок и теплоизоляционных засыпок, а также на перлитовый камень, применяемый в качестве наполнителя в теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных бетонах.

В зависимости от размеров зерен перлит по ГОСТ 10832-74 делится на следующие фракции (в мм): пудра < 0,14; порошок 0,14—1,25; песок крупный 1,35—5, щебень мелкий 5—10; щебень крупный 10—20.

Определение зернового состава, объемной насыпной массы, предела прочности при сжатии, влажности, морозостойкости, равномерности изменения объема и стойкости против распада производится по ГОСТ 9758-69 и ГОСТ 7076-66.

ГОСТ 10832-74 устанавливает следующие требования к перлитовому песку и щебню. По значению объемной насыпной массы песок делится на 8 марок — от 75 до 500, а щебень на 4 марки — от 300 до 600. По прочности щебень делится на шесть марок с прочностью при сдавливании в цилиндре от 5 до 21,9 кгс/см².

Теплопроводность лимитируется для песка и в зависимости от марки колеблется от 0,40 до 0,080 ккал/мч. град.

Морозостойкость щебня должна быть не менее 15, а водопоглощение в зависимости от марки варьирует от 25 до 75%.

Вермикулитом называется вторичный слоистый минерал, представляющий собой водный алюмосиликат сложного химического состава. Он образуется в результате процессов гидратации, обменных реакций и других изменений первичных магнезиальных железистых слюд биотит-флогопитового ряда, которые сами иногда образуются за счет преобразования амфиболов, пироксенов и других магнезиальных силикатов. В общем виде химическая формула вермикулита может быть представлена в следующем виде: $(Mg \cdot Fe)_3 \times [(Al \cdot Si)_4 \cdot O_{10}] \cdot (OH)_2 \cdot 4 \cdot H_2O$.

Промышленным свойством вермикулита является его способность вспучиваться при нагревании с увеличением в объеме в 15—

25 и даже 40 раз. При нагревании вермикулита вода, заключенная между спайными листочками, переходит в пар, резко увеличиваясь в объеме и раздвигая при этом листочки, остающиеся в таком же положении и после охлаждения. При высоких температурах (800—1000° С) вспучивание происходит очень быстро — в течение 0,5—1 мин. Объемная масса вспученного вермикулита колеблется от 60 до 110 кг/м³. На вспученный вермикулит имеется ГОСТ 12865-67, согласно которому по размерам зерен вермикулит делится на следующие фракции: 1) крупные — 5—10 мм; 2) средние — 0,6—5 мм; 3) мелкие — до 0,6 мм.

По объемной насыщенной массе вермикулит подразделяется на три марки — 100, 150 и 200.

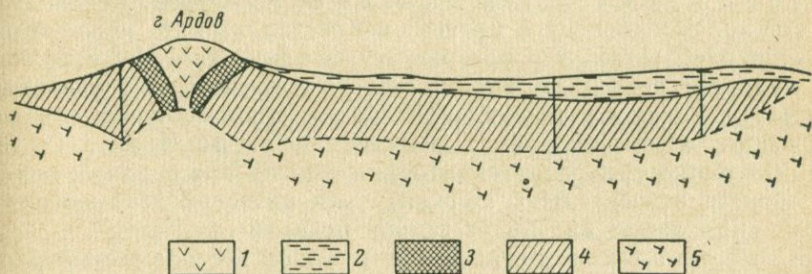


Рис. 31. Схематический разрез месторождения Затишье-Ардов (по И. С. Солонинко):

1 — липарит; 2 — глина; 3 — перлит; 4 — перлит брекчированный; 5 — туф

Коэффициент теплопроводности в ккал/(ч·м·°С) должен быть по указанным маркам и при средней температуре соответственно не более: 2515° — 0,055; 0,060; 0,065, а при средней температуре $325 \pm 5^\circ \text{C}$ — 0,130; 0,135; 0,140. Влажность не должна превышать 3%.

Генетические и промышленные типы месторождений. Генетически все месторождения перлита связаны с процессами вулканизма. Перлит представляет собой кислое вулканическое стекло. Эти вулканические излияния могут носить покровный характер при мощности перлита до 100 м и более и субгоризонтального залегания (рис. 31). Отдельный морфологический тип представляют перлитовые тела в краевых частях липаритовых куполов. Известны также тела в форме даек, перлитовые туфовые брекчии и переотложенные перлитовые пески.

Месторождения вулканических стекол, приуроченные к отложениям разного возраста, характеризуются неодинаковым качеством. Наиболее высоким качеством обладают вулканические стекла третичного и четвертичного возраста, не затронутые процессами раскristаллизации. Коэффициент их вспучивания достигает 16—17, а для мезозойских стекол не превышает 2—6. Соответственно изменяются и показатели насыщенной объемной массы вспученного перлита — от 120 кг/м³ для третичного и четвертичного возраста стекол, до 200—700 кг/м³ для палеозойских стекол (Григорович, 1962).

Месторождения вермикулита в генетическом отношении более многообразны, чем перлита. П. П. Боровиковым (1962) выделены следующие генетические группы месторождений вермикулита: 1) в комплексах ультраосновных и щелочных пород (I группа); 2) в комплексах измененных карбонатных пород (II группа); 3) проявления вермикулита в реакционных оторочках пегматитов, тальковых, корундовых, асбестовых и других месторождениях, а также метасоматических жил в серпентинитах (III группа); 4) в слюдяных гнейсах и других метаморфических породах (IV группа).

Месторождения, имеющие промышленное значение, установлены в I и IV группах.

Геологические предпосылки нахождения месторождений. Как указывает В. П. Петров, вулканическое стекло, не измененное процессом кристаллизации, может быть встречено в областях, где поверхностный континентальный вулканизм является последним этапом геолого-тектонического развития местности, которая в дальнейшем уже не претерпевала значительных погружений, а следовательно, диагенеза и метаморфизма. Таким образом, районами, перспективными для нахождения перлита, являются области относительно молодой вулканической деятельности, где излияния лежат близко от земной поверхности.

Все известные в нашей стране и за рубежом месторождения флогопита и биотита, а также продукта их гидратизации — вермикулита приурочены к древнейшим участкам земной коры (Боровиков, 1962). Это — область завершенной складчатости на платформах, щитах и их окраинах, а также древние срединные массивы в более молодых геосинклинальных областях. Такие участки земной коры сложены сильно дислоцированными кристаллическими породами — гнейсами и сланцами, кварцитами, доломитами, мраморами архейского, протерозойского и частично нижнепалеозойского возраста.

Характерным для большинства месторождений вермикулита всех четырех генетических групп является их приуроченность к зонам разрывных тектонических нарушений и линейным корам выветривания. Площадные же коры выветривания практически нигде не дают промышленных скоплений вермикулита (Боровиков, 1962). При этом скопления вермикулита обычно приурочены к зонам наибольшей раздробленности пород. Перспективными для поисков вермикулита являются районы Приморья, территория Алданского кристаллического щита, северная окраина Сибирской платформы, ряд районов Казахстана, Урала, Балтийский и Украинский кристаллические щиты.

Особенности поисков, разведки и опробования. При поисках перлита выделяются литологические разновидности стекловатых эффузивных пород и производится их описание. При этом особое внимание уделяется характеристике флюидалности, полосчатости, трещиноватости и других факторов, которые способствуют выявлению полезного ископаемого. Для поисков перлитового сырья обычно применяются шурфы и расчистки, а иногда скважины колонкового бурения.

При поисках и разведке перлита производится бороздовое опробование по всем выработкам, вскрывшим перлит, а также и обнажениям. Пробы в первую стадию работ должны отбираться отдельно по всем литологическим разновидностям, которые могут быть выделены макроскопически. Основным показателем, характеризующим качество вулканического стекла, является его способность вспучиваться при нагреве. Изучение перлитового сырья рекомендуется проводить по следующей программе.

1. Макроописание пород с выделением разновидностей, отбор на петрографический и химический анализы, определение объемной массы и плотности.

2. Дробление и рассев на фракции 0,5—2,0 мм и 7—10 мм.

3. Определение потерь при прокаливании и гигроскопической влаги.

4. Определение содержания остаточной воды в перлитах при различных режимах термической подготовки для получения трех различных значений остаточной воды в пределах 0,5—4,5%. Термоподготовка при 300, 400 и 500° в течение 30 мин.

5. Для фракции 7—10 мм предварительный обжиг на вспучивание при 900—1350° с интервалом 100—50° без термической подготовки. Продолжительность обжига от 1—2 мин при t 900° и до 20 мин при t 1235°.

6. Определение оптимального содержания остаточной воды.

7. Обжиг на 5—6 температур установления оптимальной температуры обжига при оптимальном содержании воды.

8. Обжиг на оптимальную температуру при различной продолжительности с целью установления оптимальной продолжительности вспучивания.

9. Для фракции 0,5—2,0 мм — определение объемной массы перлитового песка-сырца.

10. Обжиг на 5—6 температур для установления оптимальной температуры вспучивания, при оптимальном содержании остаточной воды и одной продолжительности.

11. Обжиг на оптимальную температуру при различной продолжительности с целью установления оптимальной продолжительности вспучивания.

12. Определение объемной насыпной массы вспученного перлитового песка.

Масса пробы на лабораторные испытания на вспучиваемость составляет не менее 2,5—3 кг. Для полузаводских испытаний она может достигать нескольких тонн от каждой разновидности. Методы испытаний всех видов пористых неорганических заполнителей для легких бетонов определяются по ГОСТу 9258-73.

При проведении поисковых работ на вермикулит основные задачи состоят из выяснения закономерностей и масштабов ослюденения массивов изверженных или метаморфических пород, а также в установлении типа слюд, характера их гидратации, определении вспучиваемости вермикулита и его распространения по площади и на глубину. Особое внимание уделяется зонам разлома, повышенной

трещиноватости и сбросам, к которым приурочиваются интенсивное ослюдение или гидратация слюд. Поиски ведутся на геологической основе масштаба 1 : 50 000—25 000.

При поисках проходятся шурфы, каналы и скважины колонкового бурения, которые располагаются по линиям вкрест простирания пород или тектонических нарушений. Расстояния между профилями в зависимости от типа месторождения колеблются от 50 до 500 м. При переходе к разведочным работам расстояния между выработками определяются в зависимости от строения месторождения. Буровые скважины рекомендуется проходить всухую, так как при промывке часть вермикулита выносится вместе с водой. Опробование месторождений вермикулита производится для решения трех вопросов: определения содержания и качества вермикулита, обогатимости руд и технологических свойств вермикулита. При поисковых и разведочных работах производится сплошное опробование всех выработок, пройденных по вермикулитосодержащим породам. Длина интервала опробования при выдержанном качестве может достигать по каналам 10—15 м, а по шурфам и скважинам 4—10 м. По каналам и шурфам пробы отбираются валовым или борздовым способом, по скважинам в пробу поступает весь керн. Размер борзды обычно принимается 20×15 см. При опробовании выделяются фракции больше 10; 10—1; 1—0,5 и менее 0,5 мм. Фракцию 10—1 рекомендуется разделить на две: 10—5 и 5—1 мм. Обработка проб производится согласно схеме (рис. 32).

Разделение вермикулита на фракции производится одним из следующих способов: 1) вручную (фракции крупнее 10 мм и от 10 до 5 мм); 2) гравитацией на лабораторных концентрационных столах или отсадочных машинах; 3) воздушной сепарацией; 4) отсадкой в воде. Наибольшая точность достигается при ручной разборке и гравитации на столах и отсадочных машинах.

Качество вермикулита характеризуется его вспучиваемостью и объемной массой после обжига. Объемную массу определяют по всем пробам раздельно для каждой фракции. Пробы на обогатимость отбираются в стадию предварительной разведки по всем выделенным типам руд. Масса проб колеблется от 1 до 4 т. Пробы для технологических испытаний отбираются также в стадию предварительной разведки по вермикулитовым концентратам, полученным при испытании на обогатимость.

Масса каждой фракции для лабораторных испытаний должна составлять 100—150 кг, а всей пробы 400—600 кг. Масса проб для полупромышленных испытаний определяется организацией, производящей эти испытания. Месторождения вермикулита по размерам запасов можно разделить на три группы: 1) крупные — с запасами более 1 млн. т; 2) средние — 0,5—1,0 млн. т и 3) мелкие — менее 0,5 млн. т. При промышленной оценке месторождения вермикулита, наряду с запасами, большое значение имеют и качественные показатели. Мелкие месторождения могут иметь практическое значение только при большом содержании вермикулита в руде и высоком его качестве.

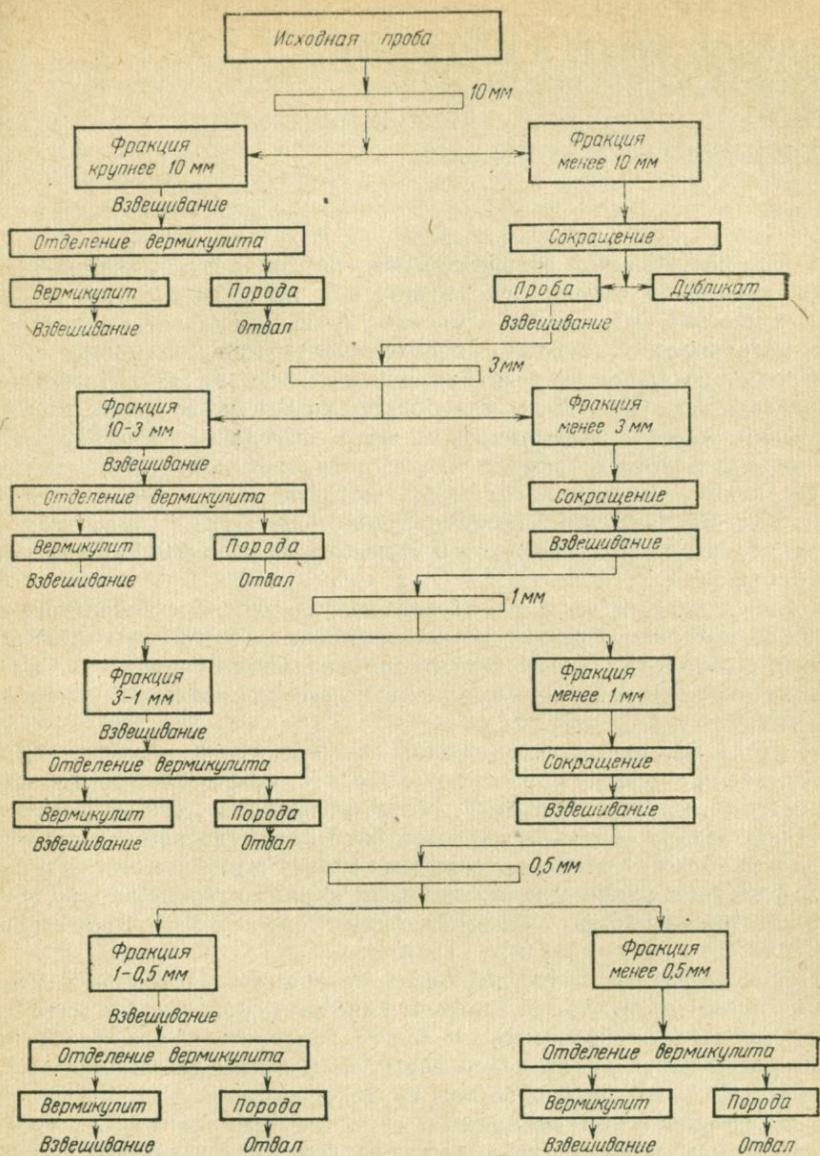


Рис. 32. Схема обработки вермикулитовых проб (по В. И. Терновому)

Необходимо также учитывать транспортные, горнотехнические и гидрогеологические условия. В настоящее время для крупных месторождений вермикулита принимается его среднее содержание не менее 7—8%. Для мелких месторождений это содержание должно быть выше.

ПРИНЦИПЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НОВЫХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рост потребления строительных материалов, невозможность (в ряде районов страны) удовлетворения потребности промышленности в местном сырье, необходимость улучшения качества строительных материалов приводят к необходимости поисков новых видов минерального сырья и разработки технологии их промышленного использования. Острый дефицит в керамическом, особенно полевошпатовом, сырье в Приморском крае обусловил необходимость выявления вместо традиционного полевого шпата и пегматита новых видов минерального сырья, которые могли бы полностью или хотя бы частично заменить привозное сырье. Таким сырьем оказались вторичные кварциты Гусевского и риолиты Сергеевского месторождений.

Положительный опыт использования за рубежом волластонита, введение которого в шихту резко повышает качество керамических изделий, обусловил необходимость поиска волластонитового сырья в нашей стране и разработки технологии его промышленного использования.

В последнее время установлено, что в качестве сырья для производства керамзита можно использовать всевозможные сланцы: шунгитовые, кварц-биотитовые, углисто-глинистые, что существенно облегчает задачу создания сырьевой базы керамзитовой промышленности в районах со слабым развитием глинистых отложений. Ценным преимуществом сланцев перед глинами является возможность организации производства керамзита сухим способом, минуя стадию пластического формирования гранул.

Поиск новых видов строительных материалов благодаря научно-техническому прогрессу в промышленности строительных материалов — процесс необратимый, и будет развиваться все более быстрыми темпами. Однако поиск новых источников для производства строительных материалов весьма труден, поскольку геолог на первых порах знает только нужные свойства материала и те требования, которые к нему предъявляют технологи. Какие-либо поисковые признаки и геологические предпосылки геологу в большинстве случаев неизвестны. Кроме того, новый материал должен быть экономически более выгодным, чем известные ранее, что создает еще дополнительные трудности при поисках. Отсутствие аналогов затрудняет разработку методики разведки и промышленную оценку новых видов строительных материалов.

Рассмотрим процесс открытия, поисков и разведки месторождений вторичных кварцитов, риолитов и волластонита и на этих

примерах сделаем попытку разработки общих принципов методики поисков и разведки новых видов строительных материалов.

В 1959—1960 гг. в пределах известного Гусевского проявления глил В. И. Магидовичем и В. И. Финько было установлено наличие эффузивных пород типа дацитовых порфиров, среди которых выделяются гидротермально измененные вторичные кварциты и пропилитизированные андезитоидные дацитовые порфиры. Отобранные образцы пород при их изучении показали, что вторичные кварциты близки по составу обычным керамическим массам и содержат почти все основные компоненты фарфоровой массы (SiO_2 , Al_2O_3 , щелочи) в пропорциях, близких к составу стандартных керамических масс.

Весьма важной особенностью сырья является низкое содержание окислов железа, титана, марганца и хрома, обычно в сумме не превышающее 1%. Вторичные кварциты имеют очень мелкозернистую структуру, что обуславливает получение при обжиге плотного керамического черепка с высокой степенью прозрачности и безлизы.

Проведенные лабораторные исследования образцов позволили рекомендовать постановку поисковых и разведочных работ на Гусевском месторождении вторичных кварцитов. На первом этапе основной задачей было установление контура распространения вторичных кварцитов, отвечающих предварительным требованиям институтов, проводивших опытные исследования, а также определение природы изменения дацитовых порфиров и глубины зоны изменения. Для этой цели приходилось поверхностные горные выработки — каналы и шурфы через 100 м по простиранию. На глубину — скважины колонкового бурения через 50 м по падению залежи.

Проведенные работы позволили оконтурить часть залежи, представляющей промышленный интерес, установить гидротермальную природу изменения дацитовых порфиров и по минеральному составу выделить 4 фации вторичных кварцитов: каолиновый, гидрослюдисто-каолиновый, каолинит-гидрослюдистый и гидрослюдистый, а также пропилиты без сидерита.

Проведенные лабораторные испытания проб на обжиг показали, что при температуре $+1350^\circ\text{C}$ все разновидности гидротермально измененных вторичных кварцитов после обжига дают белый неспекшийся или слабоспекшийся черепок, в основном без «мушки», изредка с редкими и очень редко с частыми «мушками». Пропилиты без сидерита при обжиге дают оплавленный черепок с редкими проявлениями «мушек», в единичных случаях с частыми. По данным этих испытаний и химических анализов было установлено, что каолиновые, гидрослюдисто-каолиновые и каолинит-гидрослюдистые вторичные кварциты пригодны для производства бытового и художественного фарфора, а каолинит-гидрослюдистые и гидрослюдистые вторичные кварциты — для производства электротехнического фарфора. Кроме того, каолиновые вторичные кварциты отвечают требованиям технических условий на сырье для производства термостойкого малощелочного стекла.

Бессидеритовые разности припилитов пригодны для производства санитарно-технического фаянса.

На основе проведенных лабораторных исследований были разработаны предварительные требования к качеству вторичных кварцитов для разных областей их использования.

На втором этапе главной задачей являлась проверка в полупромышленных условиях пригодности вторичных кварцитов для производства установленного лабораторными исследованиями ассортимента продукции, определение количества запасов каждой технологической разновидности вторичных кварцитов и подготовка месторождения к эксплуатации. С этой целью разведочная сеть была сгущена до 50×25 м для запасов категории В и до 100×50 м для запасов категории С₁. Оптимальность разведочной сети была подтверждена экспериментальными исследованиями (методом последовательного разрежения разведочной сети). Отбор проб производился интервалами 1 м в скважинах и 2 м в мелких горных выработках, что соответствует обычно принятым для разведки месторождений керамического сырья, аналогичным по геологическому строению. Заводские и полупромышленные технологические испытания, проведенные на пробах массой от 2 до 40 т, подтвердили результаты лабораторных технологических исследований и возможность переработки вторичных кварцитов по принятой на заводах схеме. Для установления возможности использования вторичных кварцитов с повышенным содержанием вредных примесей проводились опыты по обогащению, которые не дали положительных результатов.

На основе выполненных технологических исследований были разработаны постоянные кондиции, в соответствии с которыми были подсчитаны и утверждены в ГКЗ СССР запасы вторичных кварцитов.

Опыт ведения поисковых и разведочных работ на Гусевском месторождении позволил разработать поисковые признаки и ряд рекомендаций по изучению месторождений вторичных кварцитов в нашей стране.

Поисковым признаком для обнаружения керамического сырья гусевского типа является наличие вторичных кварцитов, а также каолинизированных и серицитизированных пород. Наиболее перспективными районами для поисков керамического сырья рассматриваемого типа следует считать районы проявления интенсивных гидротермальных процессов — каолинизации, серицитизации, альбитизации, иногда окварцевания в областях широкого развития эффузивных образований кислого и среднего состава. К ним относятся в первую очередь районы Казахстана, Алтая, Восточной Сибири, Дальнего Востока, Северо-Востока, Камчатки, Средней Азии, Кавказа и Закарпатья. В большинстве этих районов ощущается дефицит сырья для стекольной и керамической промышленности.

Поисковым признаком на вторичные кварциты могут также служить околорудные изменения пород вблизи уже известных полиметаллических и других месторождений.

Опыт изучения вторичных кварцитов Гусевского месторождения показывает, что полевые испытания качества фарфорового камня не имеют существенного отличия от способа оценки керамического сырья известных месторождений. Предварительную оценку его можно производить по белизне черепка после обжига при температуре 1350°.

После вовлечения в промышленное освоение Гусевского месторождения вторичных кварцитов в Приморском крае были проведены широкие поисковые работы с целью выявления месторождений полевошпатового сырья. Эти работы показали, что обеспечить потребности края в полевошпатовом сырье за счет месторождений пегматитового типа невозможно. Однако среди мезо-кайнозойских эффузивов в восточной части края были выявлены многочисленные проявления гидротермально измененных эффузивных образований, отличающихся сравнительно высоким содержанием щелочей и низким содержанием красящих окислов. Наиболее перспективным из этих проявлений оказалось Сергеевское. Изучение риолитов Сергеевского месторождения осуществлялось в два этапа. Работы первого этапа были направлены на установление принципиальной возможности использования риолитов, как полевошпатосодержащего сырья в фарфоровой и электроизоляционной отраслях промышленности. На этом этапе было пройдено три разведочные линии канав с интервалом между ними в 200 м, что позволило установить общее геологическое строение Сергеевского месторождения, а проведенные технологические испытания отобранных проб указали на принципиальную возможность использования риолитов как заменителя полевого шпата в производстве фарфора.

На втором этапе с поверхности были пройдены магистральные канавы через 50—100 м, а на глубину скважины колонкового бурения через 50 и 25 м. Оптимальность выбранной сети была подтверждена методом последовательного разрежения сети выработок. В начальной стадии разведочных работ качество бурения было неудовлетворительным, что обусловило необходимость поисков технологии бурения, обеспечивающей удовлетворительный выход керна. Применение эжектора позволило решить эту задачу. Интервал отбора проб (1—2 м) был принят по аналогии с принимаемыми на месторождениях полевошпатового сырья пегматитового типа.

Для оценки качества риолитов использовались результаты химических и минералогических анализов, а также огневых испытаний. Технологические свойства определялись в полупромышленных и заводских условиях на валовых пробах. По результатам проведенных работ были разработаны кондиции, в соответствии с которыми подсчитаны и утверждены в ГКЗ СССР запасы риолитов.

Из приведенного видно, что методика изучения Сергеевского месторождения риолитов принципиально не отличается от методики, принятой для изучения вторичных кварцитов Гусевского месторождения. Несколько отлична история открытия и методика изучения Койташского месторождения воластонита.

Койташское месторождение разрабатывалось с целью добычи

вольфрамовых руд. В связи с истощением запасов этих руд возникла необходимость использовать имеющиеся на месторождении производственные мощности для переработки волластонитового сырья, рудные тела которого развиты на месторождении.

Было известно, что с 1935 г. волластонитовое сырье широко используется в США для производства различного рода керамических изделий, а также в других отраслях промышленности. Более 50% всего производимого в США волластонита используется в керамике, которой он придает ряд чрезвычайно ценных свойств. Волластонит уменьшает усадку керамических масс при сушке и обжиге, придает им высокую механическую прочность в обожженном состоянии, способствует низкому расширению во влажном состоянии, придает лучшее сцепление и облегчает прессование. Электрокерамические материалы, изготовленные с применением волластонита, обладают высокими диэлектрическими и механическими свойствами. Из волластонитовых масс изготавливаются санитарный фарфор, терракота, фаянс, электрофарфоровые и художественные изделия, столовая посуда, глазурь, радиокерамические изделия для токов высокой частоты, облицовочный кирпич и стеновые плитки, которые можно пилить и пробивать гвоздями. Кроме того, волластонит используется в абразивной промышленности в производстве электродов, как наполнитель бумаги, в асбоцементных изделиях для изготовления минеральной шерсти, спецфильтров, в лакокрасочной промышленности и т. д.

В Советском Союзе волластонит практически не использовался. В незначительном количестве он добывался на Тетюхинском месторождении для нужд местной промышленности. Кроме того, в производстве сварочных электродов используется синтетический волластонит. Разведанная сырьевая база волластонита отсутствовала в нашей стране. Однако было известно наличие волластонита на Койташском, Тасказганском и Каргалинском месторождениях в Узбекистане, а также в Центральном Казахстане (месторождения Аксора I и Босага), в Таджикистане (Западный Джангалык), в Северо-Западных районах РСФСР и в Иркутской области. Известны и комплексные месторождения волластонита и металлов в Киргизии.

Известные волластонитовые месторождения подразделяются на три генетические типа.

1. Волластонитовые скарны, приуроченные к контактам с интрузиями кислого, реже основного состава. Наиболее благоприятными являются граниты, гранодиориты, сиенит-диориты и породы типа кварцевых порфиров. Волластонитовые скарны образуются за счет карнирования карбонатсодержащих пород самого различного возраста. Залегают они или в непосредственном контакте вмещающих пород с интрузивными телами, или во вмещающих породах на некотором удалении (200—400 м, реже 1—2 тыс. м) от интрузии. В первом случае образуются волластонитовые роговики с содержанием волластонита до 40—50% (Аксоранское рудное поле в Казахстане); во втором — волластонитосодержащие скарны, среди которых выделяются гранат-волластонитовые и волластонитовые скарны

с содержанием волластонита от 30 до 90—95% (месторождение Босага в Центральном Казахстане, Койташское — в Узбекистане, Западный Джангалык — в Таджикистане).

2. Волластонитовые месторождения, связанные с древними метаморфическими комплексами. В нашей стране они известны среди глубокометаморфизированных пород архея Алданского щита (Эмельджакское) и в Слюдянской кристаллической толще (Слюдянское). Месторождения этого типа заслуживают особого внимания, так как волластонитовые породы в них залегают в виде стратиграфически выдержанных горизонтов и отличаются постоянством состава и значительными размерами. На Слюдянском месторождении, например, мощность пачек волластонита в среднем составляет 50—40 м. Среди них выделяются волластонитовые мраморы, волластонитовые и кварц-волластонитовые породы. Содержание волластонита составляет 60—80%.

3. Месторождения в ультраосновных щелочных породах. Здесь встречаются жилы, линзы и гнезда карбонатитов, с которыми связан волластонит. Месторождения этого типа промышленного значения не имеют.

Из приведенного видно, что проблема создания сырьевой базы волластонита в нашей стране облегчалась имеющимся зарубежным опытом его использования, наличием разработанной классификации его месторождений, установленными поисковыми признаками и критериями, а также наличием конкретных пунктов его проявления. В этих условиях основной задачей являлось доказательство возможности промышленного использования волластонита наших месторождений. Решение этой задачи было осуществлено на Койташском месторождении в Узбекистане.

Поскольку волластонит для нашей отечественной промышленности является новым видом сырья, потребовалось проведение большого комплекса исследований как по обогащению, так и по применению волластонитовых концентратов в различных отраслях промышленности. В результате этих исследований была установлена возможность использования волластонита Койташского месторождения в керамической, электрокерамической и абразивной промышленности.

В первую, предварительную стадию разведки продуктивный горизонт был вскрыт 20 канавами, а из имеющихся на Койташском руднике подземных выработок было пройдено 16 скважин подземного бурения. По данным этих работ было составлено ТЭО, которое показало экономическую целесообразность промышленной добычи волластонита. На второй стадии сеть выработок была сгущена до 50—80 × 30—60 для категории А, 80—160 × 60—90 для категории В и 160—280 × 90—180 для категории С₁. Разведка проводилась по профилям, причем в каждом профиле задавалось обычно не менее 2 скважин. Опробование осуществлялось в горных выработках бороздой сечением 10 × 5 см при средней длине секции 1 м. Данные бороздового опробования с целью доказательства его представительности проверялись валовым. Кроме волластонита, в пробах определялось содержание SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, CaO, MgO, TiO₂, MnO, P₂O₅, K₂O, Na₂O, SO₃, н. о. и п. п. п., что было продиктовано

необходимостью всестороннего изучения нового вида сырья. Содержание волластонита определялось центрифужным методом, однако этот метод не является универсальным и, например, для Босагинского месторождения неприемлем. Методика определения содержания волластонита должна быть увязана со свойствами волластонитовых руд и технологической схемой обогащения.

Произведенный выше анализ истории открытия, методики поисков и разведки трех месторождений новых видов строительных материалов позволяет наметить основные принципы, которых следует придерживаться при поисках и разведках новых видов минерального сырья для промышленности строительных материалов:

1. На основе анализа и обобщения опыта зарубежных исследований, а также разработок научно-исследовательских институтов по новым видам строительных материалов устанавливается ориентировочный комплекс пород и минералов, которые могут служить потенциальным сырьем для их производства.

2. На основе анализа имеющихся фондовых геологических материалов определяются районы потенциально перспективные для нахождения минерального сырья, пригодного для производства нового вида строительного материала.

3. В установленных районах производятся поиски этого сырья.

4. На участках проявления искомого сырья отбираются пробы по всем разновидностям пород; эти пробы передаются научно-исследовательским институтам для определения их пригодности и разработки основных требований к качеству сырья.

5. На перспективных участках проводятся работы по оконтуриванию разновидностей сырья, отвечающих основным требованиям институтов с одновременным отбором лабораторных проб для технологических исследований. По результатам этих работ составляются технико-экономические расчеты целесообразности продолжения разведочных работ и устанавливаются временные кондиции.

6. Проводятся экспериментальные работы по обоснованию системы расположения разведочных выработок, плотности разведочной сети, технологии проходки разведочных выработок, способа и интервалов отбора проб, схемы их обработки, методики определения содержания полезных и вредных компонентов.

7. Производится детальная разведка месторождения, полупромышленные или заводские технологические исследования, составляются технико-экономические доклады по обоснованию промышленного значения месторождения, разрабатываются и утверждаются постоянные кондиции, подсчитываются и утверждаются запасы сырья.

8. На основе накопленного опыта поисков и разведки разрабатываются геологические предпосылки и поисковые критерии, позволяющие более целенаправленно проводить поиски данного нового вида минерального сырья в других районах. Даются рекомендации по методике поисков и разведки новых месторождений данного вида сырья.

РАЗВЕДКА И ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ И МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ДРУГИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

На поиски и разведку месторождений строительных материалов ежегодно расходуются значительные средства. По мере сокращения неисследованных площадей выявление новых месторождений, залегающих вблизи дневной поверхности, во многих районах страны становится трудноразрешимой задачей. Это особенно относится к важнейшим промышленным районам, рост промышленного и гражданского строительства в которых требует огромного количества строительных материалов. Уже сейчас многие районы страны испытывают острый недостаток в строительном щебне, цементном сырье и других строительных материалах. Невозможность удовлетворения потребности этих районов местным сырьем за счет месторождений, доступных для открытых работ, приводит к необходимости завоза строительных материалов из районов, расположенных на расстоянии 1—1,5 тыс. км и более. Для районов Курской магнитной аномалии, например, рассматривался даже вопрос об организации добычи строительного щебня подземным способом. Все это приводит к необходимости рассматривать в качестве сырьевых баз промышленности строительных материалов полезные ископаемые, залегающие на значительной глубине. Однако экономически самостоятельное освоение таких месторождений нецелесообразно.

Вместе с тем во многих районах страны действуют многочисленные горные предприятия по добыче руд черных и цветных металлов, угля и горючих сланцев, вмещающие породы которых и хвосты обогащения основных полезных ископаемых представляют собой ценный и дефицитный строительный материал. Однако оценка таких пород, к сожалению, в большинстве случаев при разведке месторождений не производилась, и вследствие этого они промышленностью не используются. Имеются лишь отдельные примеры комплексной оценки всех пород, слагающих месторождения. Вместе с тем вовлечение в промышленное освоение пород вскрыши и хвостов обогащения увеличивает рентабельность разработки основных полезных ископаемых и даже в ряде случаев позволяет разрабатывать месторождения, которые по основному полезному ископаемому являются нерентабельными. Согласно технико-экономическим расчетам, например, разработка Первоуральского месторождения железных руд является экономически убыточной, однако утилизация попутно добываемых вмещающих пород в качестве строительного щебня увеличивает стоимость продукции на 70% и выводит месторождение в разряд рентабельных. Аналогичная ситуация складывалась и на

Мариупольском железорудном месторождении, отдельных месторождениях золота, цветных и редких металлов.

Использование пород вскрыши и хвостов обогащения позволяет в ряде случаев снизить минимальное содержание в рудах основных компонентов и тем самым увеличить промышленные их запасы. Таким образом производство комплексной оценки разведываемых месторождений и комплексная их разработка решает сразу несколько задач: ликвидирует или сокращает дефицит в строительных материалах, повышает рентабельность разработки основного полезного ископаемого, увеличивает срок обеспеченности запасами горнодобывающего предприятия за счет вовлечения в эксплуатацию бедных руд, выводит в разряд промышленных месторождений, самостоятельная разработка на которых, как основного полезного ископаемого, так и строительных материалов, экономически невыгодна.

К этому следует добавить, что использование пород вскрыши на разрабатываемых месторождениях металлов и угля, а также горно-химического сырья, в ряде случаев исключает необходимость организации самостоятельных карьеров по добыче строительных материалов и тем самым сокращает отчуждение пахотных земель и других сельскохозяйственных угодий. Это имеет большое народнохозяйственное значение, так как определенная часть земель не исключается из сельскохозяйственного пользования и при этом сокращаются расходы на их рекультивацию.

При поисках и разведке месторождений черных и цветных металлов, горно-химического и нерудного металлургического сырья, угля, нефти, газа и других полезных ископаемых большой объем горных выработок и буровых скважин приходится по вмещающим породам. Важнейшей задачей геологов является рациональное использование этого объема разведочных выработок для определения возможного направления и промышленной оценки вмещающих пород. Однако большинство геологов, работающих на поисках и разведке месторождений металлов, горнохимического сырья, нефти и газа, угля и других полезных ископаемых, плохо знакомы с требованиями, предъявляемыми промышленностью к строительным материалам, а также с методикой их разведки и промышленной оценки. Методика же оценки попутно залегающих строительных материалов разработана весьма слабо. Кроме статьи В. М. Борзунова, опубликованной в 1961 г., в геологической литературе работ по рассматриваемому вопросу нет. Между тем процесс оценки строительных материалов при поисках и разведке месторождений других полезных ископаемых весьма сложен и многогранен.

Методика и степень детальности изучения попутно залегающих строительных материалов при поисках и разведке различных полезных ископаемых не может быть одинаковой. Определяется она прежде всего системой разработки месторождения, применяемой для основного полезного ископаемого, плотностью разведочной сети, технологией добычи и переработки получаемого основного сырья.

Методика попутной оценки строительных материалов при поисках и разведке цветных, редких и благородных металлов. Месторождения

цветных, редких и благородных металлов образуются в различных геологических условиях и вследствие этого породы, вмещающие рудные тела, существенно различаются как по генезису, так и по вещественному составу. Чаще всего это различные изверженные породы, нередко эффузивные, метаморфические и осадочные. Все изверженные, эффузивные и метаморфические породы, а также известняки и доломиты могут рассматриваться как потенциальное сырье для производства строительного щебня, а известняки и доломиты кроме того — как сырье для получения строительной извести.

Неокремненные разности известняков могут использоваться для производства портландцемента. При поисках и разведке месторождений редких металлов, связанных с пегматитами, последние следует рассматривать как возможное сырье для керамической и стекольной промышленности. Не исключена возможность получения кварца и полевых шпатов из кварцевых жил и малослюдистых гранитов и при разведке цветных и благородных металлов. На некоторых месторождениях вольфрама и других металлов, наряду с рудными, встречаются жилы, сложенные волластонитом, представляющим новый вид ценного керамического сырья. Вследствие этого на всех стадиях изучения месторождений цветных, редких и благородных металлов внимание геологов должно быть обращено на установление в геологическом разрезе указанных пород. Применяемая для разведки основного полезного ископаемого разведочная сеть вполне обеспечивает не только их выявление, но и промышленную оценку, без проходки дополнительных выработок, а часто является даже излишне густой.

На стадии поисковых работ основной задачей попутных поисков на строительные материалы является установление петрографического состава вскрываемых пород, степени затронутости их выветриванием и физического состояния.

Для решения этой задачи все вскрытые поверхностными горными выработками породы тщательно документируются, причем основное внимание уделяется описанию их структуры, текстуры, трещиноватости и дробленности, а также наличию признаков выветривания. Одновременно производится отбор образцов для изготовления шлифов и их петрографического описания. В поисковых скажинах аналогичным образом изучается керн, причем изучение его производится только до глубины возможной отработки открытым способом. В случае если в результате проведенных поисковых работ не будет обнаружено месторождение металлов, дальнейшее изучение пород, рассматриваемых в качестве возможного строительного материала, прекращается, а полученные материалы передаются в геологические фонды и в дальнейшем могут быть использованы для выбора площадей для постановки специализированных поисковых работ на стройматериалы.

При предварительной разведке месторождений цветных, редких и благородных металлов детальность изучения залегающих в кровле основного полезного ископаемого пород определяется глубиной залегания металлических руд. При большой их глубине, исклю-

чающей возможность разработки месторождения открытым способом, производится лишь общее их описание и петрографическое изучение, как это было рекомендовано выше. В тех случаях, когда разработка месторождения возможна открытым способом, на стадии предварительной разведки должны быть выделены все разновидности пород, представляющие интерес как строительные материалы, а также дана предварительная оценка возможных областей их использования и ориентировочно подсчитаны запасы каждой выделенной разновидности.

Для этого по всем разведочным выработкам производится описание вскрываемых ими пород и отбор образцов для изготовления шлифов. По этим данным выделяются разновидности пород, которые могут представлять интерес как сырье для получения строительных материалов и по возможности производится их увязка и оконтуривание. Выделенные потенциально пригодные разновидности пород подвергаются дальнейшему изучению, программа которого определяется их составом. Естественно, что такое изучение целесообразно лишь в тех случаях, когда выделенные разновидности пород образуют значительные скопления, позволяющие производить их отработку или валовым способом, или селективно.

Установленные в разрезе и т р у з и в н ы е п о р о д ы по данным минералогического анализа и визуального описания расчлениаются на отдельные разновидности исходя из их состава (граниты, сиениты, габбро и т. д.). Если среди выделенных разновидностей имеются существенные различия в структуре пород, то последние разделяются и по этому признаку (крупнозернистые, мелкозернистые и т. д.). Отдельно выделяются гнейсовидные разновидности и лейкократовые граниты, аляскиты и другие породы, состоящие в основном из кварца и полевого шпата. Последние выделяются прежде всего с целью установления возможности использования их для получения кварца и полевого шпата для керамической и стекольной промышленности.

Остальные разновидности интрузивных пород подвергаются опробованию для выявления их физико-механических свойств, по результатам которых определяется пригодность пород для производства строительного щебня и его качества.

От каждой выделенной разновидности пород необходимо отобрать не менее 10—20 проб для производства полного комплекса физико-механических испытаний, в который входит определение объемной массы и плотности пород, пористости, водопоглощения, временного сопротивления сжатию в сухом, водонасыщенном состоянии и после замораживания, а также морозостойкости. По результатам этих испытаний устанавливается зависимость механической прочности пород от их объемной массы, пористости и водопоглощения. При установлении такой зависимости в дальнейшем отбор проб производится только для проведения сокращенных физико-механических испытаний (объемной массы и плотности, пористости, водопоглощения). При отсутствии корреляционной зависимости все испытания должны производиться по полной программе.

Пробы для проведения полных физико-механических испытаний и установления возможности оценки качества камня по сокращенным испытаниям отбираются из канав, шурфов и других горных выработок в виде монолитов размером примерно $30 \times 30 \times 30$ см, а из керна скважин — в таком количестве, которое позволяет получить 15 цилиндров диаметром и длиной по 5 см.

Кроме установления зависимости между основными свойствами породы, испытания по полной программе позволяют определить основные показатели, характеризующие качество камня, и объединить в одну технологическую группу ранее выделенные по петрографическому составу разновидности, если они не различаются по своим физико-механическим свойствам.

Дальнейшее изучение камня производится путем отбора проб на сокращенные (или полные — если нет зависимости) испытания из всех выработок предварительной разведки с целью получения данных о выдержанности качества камня по простиранию и падению. С этой целью от каждой разновидности во всех выработках отбирается по 3 пробы — в средней части и на контактах данной разновидности. Из интервалов, представленных разрушенным керном, должны быть отобраны пробы для определения его прочности путем сжатия в цилиндре. С этой целью пробы отбираются в 3 выработках, равномерно размещенных на площади месторождения. Для установления зоны выветрелых и затронутых выветриванием пород в верхней части разреза отбираются образцы для изготовления шлифов и пробы на сокращенные испытания через 0,5—1 м.

В большинстве случаев выполненный на стадии предварительной разведки объем работ по изучению интрузивных пород как строительного камня достаточен для его промышленной оценки. При сильной изменчивости качества камня для оконтуривания его кондиционной части возможно дополнительное опробование части разведочных выработок, пройденных на стадии детальной разведки, однако общая плотность таких выработок не должна быть большей, чем это предусмотрено инструкцией ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям строительного и облицовочного камня.

При установлении среди вскрышных отложений карбонатных пород необходимо на стадии предварительной разведки по макроскопическим признакам выделить отдельные наиболее выдержанные литологические слои и опробовать их во всех выработках. Каждый выделяемый слой может быть охарактеризован одной пробой на всю его мощность, а в 2—3 выработках следует провести опробование секциями длиной 2—5 м. Отобранные пробы обрабатываются по обычной методике и подвергаются химическому анализу на содержание CaO, MgO и нерастворимого остатка.

По 10—12 пробам необходимо произвести полный химический анализ, в том числе на S, P, P₂O₃. По результатам анализов определяется область возможного использования карбонатных пород. Если химический анализ покажет возможность использования карбонатных пород в качестве сырья для химической или металлур-

гической промышленности, дальнейшее их изучение должно производиться в этом направлении. Изучение их как строительного сырья может осуществляться только в случае отсутствия потребности в химической или металлургической промышленности. Непригодные для указанных производств известняки прежде всего должны оцениваться как сырье для производства цемента и строительной извести, а доломиты — для стекольного производства. Детальная разведка карбонатных пород с подсчетом запасов по промышленным категориям производится только при наличии потребителя. Методика ее разведки определяется соответствующими инструкциями.

Карбонатные породы, не отвечающие по химическому составу требованиям химической и металлургической промышленности, а также сырья для производства вяжущих, должны изучаться в направлении использования их в качестве строительного щебня. Методика этого изучения не отличается от описанной выше методики изучения для этой цели изверженных пород.

При наличии в разрезе вскрышных пород песков пробы для анализов также отбираются по литологически однородным слоям, причем при выделении слоев следует принимать во внимание крупность песков, их цвет и степень засоренности крупнообломочным материалом. Из каждого литологически однородного слоя на всю его мощность следует отобрать по одной пробе из всех выработок предварительной разведки. Во всех отобранных пробах должен быть определен минеральный состав песков. Кварцевые пески в дальнейшем изучаются прежде всего с целью определения возможности их использования для производства стекла. По гранулометрическому составу стекольные пески должны состоять в основном из фракции 0,1—0,5 или 0,1—0,8 мм. Это определяет необходимость отсева песков во всех отобранных пробах на ситах соответствующего размера. Однако с целью обеспечения возможности оценки песков как формовочных, а также не пригодных для стекольного производства в качестве строительных, просев песков целесообразно производить на ситах 5; 2,5; 1,6; 0,63; 0,3; 0,15 и 0,1 мм, а также определять содержание пылеватых и глинистых частиц.

Пески фракции 0,1—0,63 мм подвергаются химическому анализу на кремнезем, глинозем, окись железа и двуокись титана. Пески, отвечающие требованиям ГОСТа по этим компонентам, в дальнейшем анализируются по объединенным пробам на CaO , MgO , K_2O , Na_2O и окись хрома. При более высоком содержании красящих окислов (железа, титана, хрома) должен быть рассмотрен вопрос о возможности их обогащения. В некоторых случаях зерна песков промывают в соляной или щавелевой кислоте и по степени растворения пленки на зернах определяют возможность их обогащения. В ряде случаев повышенное содержание красящих окислов связано с глинистыми минералами или с тяжелой фракцией. Изучение приуроченности повышенных содержаний красящих окислов к определенным фракциям песков необходимо для решения вопроса о возможности и целесообразности их обогащения. Опыты по обогащению песков

производятся только при наличии потребителя на пески данного месторождения.

Не пригодные по химическому составу для стекольного производства кварцевые пески должны быть изучены на предмет использования их в качестве формовочных. Возможность использования песков в формовочном деле определяется степенью концентрации зерен, которая устанавливается как отношение остатка на смежных ситах к массе всего песка, выраженное в процентах. Методика сопутной оценки формовочных песков при разведке месторождений металлов и других полезных ископаемых изложена в работе В. М. Борзунова (1961).

Пески, не отвечающие требованиям стекольной промышленности и литейного дела, должны рассматриваться как потенциальное сырье для строительства. В строительстве пески используются в качестве мелкого заполнителя бетона, при строительстве автомобильных дорог. Качество песка, предназначенного для строительных работ, должно отвечать требованиям действующего ГОСТа.

Для изучения качества строительного песка на стадии предварительной разведки по всем выработкам, вскрытым пласты промышленной мощности, отбираются послойные пробы, которые подвергаются рассеву на указанных выше ситах. Для оценки строительных песков большое значение имеет содержание в них пылеватых и глинистых частиц, а также органического вещества. Поэтому на стадии предварительной разведки целесообразно определять их по всем выработкам.

Если в песке содержится достаточно большое количество гравия (более 10%), он также должен рассматриваться как ценный строительный материал. При разведке месторождения после отсева проб на указанных выше ситах, фракция +5 мм должна быть подвергнута дополнительному отсева на ситах с отверстиями 10, 20, 40 и 70 мм. Большое значение для оценки качества гравийного материала имеет его петрографический состав, в значительной мере определяющий прочность зерен. Вследствие этого по 5—6 выработкам, равномерно расположенным по площади месторождения, необходимо произвести петрографическую разборку гравия и определение в нем лещадных зерен, а также зерен слабых и выветрелых пород. Оценка качества гравия зависит от его назначения и определяется механической прочностью. При оценке гравия как заполнителя бетона прочность камня определяется дробимостью при сжатии (раздавливании) в цилиндре, при оценке его для строительства автомобильных дорог — истираемостью в полочном барабане, а при оценке гравия для балластного слоя железнодорожного пути — сопротивлением удару на копре ПМ. Вследствие этого для оценки гравия необходимо определение всех этих показателей не менее чем по 10—15 пробам. Прочность бетона снижается при наличии в песке и гравии сульфидных и сульфатных соединений. Учитывая, что на месторождениях металлов процессы сульфитизации развиты весьма сильно, количества этих соединений должны определяться по всем выработкам для каждого слоя песков.

Испытания песка и гравия в бетоне на стадии предварительной разведки месторождений металлов производить нецелесообразно. Если на вскрытые песчано-гравийные отложения будет установлен потребитель, эти работы при необходимости следует осуществлять на стадии детальной разведки.

При вскрытии глин прежде всего следует установить тип, к которому они относятся. Основным показателем, по которому разделяются глины, является их огнеупорность. Различают легкоплавкие (огнеупорность до 1350°), тугоплавкие (до 1580°) и огнеупорные (1580° и выше) глины.

Огнеупорность глин обуславливается их минералогическим и химическим составом. Вследствие этого можно с достаточной надежностью определить тип глин и их назначение, пользуясь данными химических анализов.

На рис. 33 приведена диаграмма размещения главнейших групп глин в зависимости от их химического состава. В качестве показателей, на которых построена диаграмма, приняты отношения молей Al_2O_3 и SiO_2 и сумма молей плавней ($\Sigma R_2 + RO + Fe_2O_3$). Глины, пригодные для производства огнеупорных (шамотных) изделий, располагаются приблизительно на участке 1; тугоплавкие глины, пригодные для производства плиток для полов, канализационных труб, кислотоупоров — на участке 2, легкоплавкие глины, которые

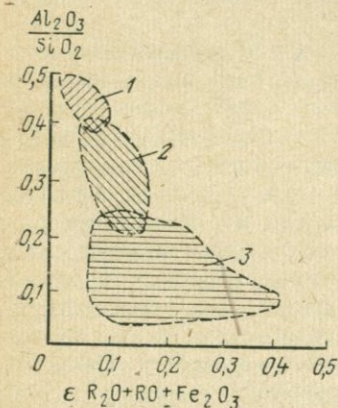


Рис. 33. Диаграмма размещения главнейших групп глин в зависимости от их химического состава (по А. И. Августинику)

могут быть использованы для производства строительного кирпича, черепицы, керамзита и цемента — на участке 3. В качестве кирпично-черепичного сырья следует рассматривать все легкоплавкие глины и суглинки однородного состава, достаточно пластичные и не содержащие грубых каменных включений, особенно известковых. Наиболее благоприятны глинистые породы с содержанием SiO_2 в пределах 65—72%, Al_2O_3 — 12—18%, Fe_2O_3 — 3—6% и CaO до 5%.

Для производства керамзита применяются глины, обладающие хорошей вспучиваемостью. Практически для этой цели используются глины с содержанием глинозема 10—25%, щелочноземельных окислов не более 6—8% и окиси железа 5—10%.

В цементном производстве используются легкоплавкие глины, содержащие SiO_2 50—60%, Al_2O_3 15—20% и Fe_2O_3 6—10%.

По данным химических анализов можно лишь ориентировочно определить возможную область использования глин, что и следует делать при предварительной разведке рудных месторождений, во вскрыше которых залегают легкоплавкие глины. Для изучения химического состава рекомендуется на стадии предварительной

разведки отобрать по одной пробе из каждой выработки от каждого литологически разнородного слоя глин. По этим пробам следует произвести химический анализ на SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , щелочи и SO_3 , а также остаток на сите 1 мм. В тех случаях, когда глины по этим показателям отвечают приведенным выше требованиям, необходимо определить также их пластичность.

Полная оценка легкоплавких глин может быть произведена лишь по результатам керамических испытаний, которые следует проводить на стадии детальной разведки месторождения и только при наличии на них потребителей. Методика этой оценки изложена в соответствующем разделе данной книги.

Тугоплавкие глины используются в производстве изделий грубой керамики. Практикой установлено, что для этой цели пригодны однородные пластичные, низкоспекающиеся глины. Поскольку оценка тугоплавких глин связана с производством сложных и дорогостоящих технологических испытаний, изучать их следует только при наличии потребителя. Методика этого изучения рассмотрена в предыдущих главах книги.

Сказанное полностью относится к огнеупорным глинам.

При разведке месторождений редких металлов, связанных с пегматитами, последние рекомендуется изучать как возможное сырье для керамической и стекольной промышленности.

На стадии предварительной разведки пробы отбирают валовым способом из всех выработок, вскрывших пегматиты. Объем проб обычно составляет 0,5—1,0 м³.

Взорванный при отборе проб пегматит подвергается ручной сортировке, при которой отдельно отбираются кусковой кварц, микроклин, микроклиновый пегматит, плагиоклазовый и смешанный пегматит. Мелочь, размер кусков которой меньше 20 мм в поперечнике, собирается отдельно. По результатам этой разборки определяется выход каждого из перечисленных видов сырья, который выражается в процентах. Пригодность сырья определяется его соответствием действующему ГОСТу. Исходя из требований ГОСТа при попутной оценке пегматитов следует от каждой разновидности сырья, выделенного при ручной сортировке, отобрать по одной пробе и по ней произвести химический анализ на SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 и CaO . По результатам этих анализов определяется суммарное содержание щелочей ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) и их соотношение ($\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$). Полученные данные позволяют дать принципиальную оценку пегматитов как керамического и стекольного сырья. Дальнейшее изучение их следует производить лишь при наличии на пегматиты месторождения потребителя, а также при установлении высокого содержания в них щелочей (более 12%) и соотношения $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ более 3. Методика этого изучения приводится в соответствующих разделах книги.

При обогащении руд цветных, редких и благородных металлов образуются хвосты, которые нередко могут представлять собой ценный материал для производства строительных материалов. Это прежде всего кварц и полевой шпат для стекольной и керамической

промышленности. Вследствие этого при технологических исследованиях по обогащению руд необходимо оценивать не только качество промышленных продуктов, но и хвосты обогащения, содержащие указанные минералы. Для промышленной оценки хвостов обогащения необходимо установить их выход и определить качество получаемых хвостов обогащения, а также возможность и экономическую целесообразность разделения на кварцевый и полевошпатовый концентраты. Если качество получаемых концентратов не отвечает требованиям ГОСТа, то следует провести дополнительные технологические исследования с целью их доводки до требуемого качества. При получении положительных результатов должны быть определены выходы каждого концентрата из руды и произведены технико-экономические расчеты целесообразности их получения.

Технологические испытания руд должны производиться на пробах, представительных не только по содержанию металлов, но и по содержанию кварца и полевого шпата.

Методика попутной оценки строительных материалов при поисках и разведке месторождений черных металлов принципиально не отличается от методики их оценки при поисках и разведке месторождений цветных, редких и благородных металлов. Однако, применяемые при предварительной разведке сети выработок, менее плотны, и как правило, не обеспечивают возможность оценки вмещающих и покрывающих рудные тела пород как строительного материала. По результатам опробования и испытания вскрываемых пород на стадии предварительной разведки месторождений черных металлов устанавливается лишь наличие пород, пригодных для производства строительных материалов и определяется их качество в точках вскрытия. Более полную оценку можно получить на стадии детальной разведки, однако и применяемые на этой стадии расстояния между разведочными выработками не всегда достаточны для оценки строительных материалов по промышленным категориям. Эта сеть обычно достаточна для крупных месторождений, на которых оцениваемые как строительные материалы породы характеризуются однородностью и имеют сплошное распространение на всей или значительной площади месторождения. Вследствие необходимости проведения дополнительных работ, а следовательно и дополнительных затрат, полная промышленная оценка попутно залегающих строительных материалов с подсчетом запасов по категориям А, В и С₁ должна производиться лишь на то сырье, на которое имеется потребитель. В остальных случаях следует ограничиваться изучением лишь по разведочным выработкам, пройденным для выявления основного полезного ископаемого.

При разведке месторождений железных руд следует иметь в виду, что вмещающие их кварциты и роговики нередко имеют большую плотность и, несмотря на то что они отвечают требованиям действующего ГОСТа к сырью, применяемому для получения строительного щебня (которым верхний предел плотности не лимитируется), получаемый на этом щебне бетон чрезвычайно тяжелый и использование его в строительстве может привести к удорожанию за счет увеличения

толщины конструкций. Кроме того при дроблении роговиков и кварцитов получают нередко зерна щебня с гладкой поверхностью, что обуславливает их плохую сцепляемость с цементом. Вследствие этого, несмотря на большую прочность щебня и цемента, бетон получается невысокой прочности. Поэтому для оценки качества щебня из кварцитов и роговиков, развитых на железорудных месторождениях, необходимо производить испытания щебня в бетоне и давать его окончательную оценку только по результатам такого испытания.

Методика попутной оценки строительных материалов при поисках и разведке месторождений угля обуславливается двумя факторами: глубиной залегания пластов угля и применяемой для разведки угольных месторождений расстояний между выработками. На большинстве месторождений угольные пласты залегают на значительной глубине и разработка их возможна только подземным способом, что исключает возможность попутной добычи залегающих в их вскрыше строительных материалов. Поэтому вскрываемые в верхней части разреза породы, которые могут подставлять интерес как строительные материалы, в случае положительной их оценки должны разрабатываться самостоятельными карьерами. Применяемые для разведки угольных месторождений разведочные сети обычно недостаточны не только для промышленной оценки вскрываемых строительных материалов, но и для их предварительной оценки. Многие залежи глин, песков и других пород просто не могут быть выявлены, так как их размеры меньше, чем расстояния между выработками. Вследствие этого данные предварительной разведки угольных месторождений способны лишь указать на наличие тех или иных пород, которые могут рассматриваться как сырье для производства строительных материалов.

Исходя из сказанного, каких-либо специальных работ при проведении предварительной разведки угольных месторождений с целью оценки вскрытых пород как строительного материала производить не следует. Необходимо лишь тщательно описать эти породы, что позволит впоследствии использовать полученные наблюдения при выборе площадей для постановки поисковых работ на строительные материалы.

На стадии детальной разведки применяемые разведочные сети во многих случаях могут обеспечить получение данных, достаточных для предварительной оценки вскрываемых строительных материалов. В разрезе угольных месторождений, кроме описанных выше пород, могут быть встречены каолины, являющиеся ценным сырьем для керамической промышленности. При вскрытии каолинов основное внимание должно быть сосредоточено на их изучении, независимо от наличия в настоящее время на них потребителя. Для этого во всех выработках отбираются послонные пробы, испытание которых производится в соответствии с требованиями промышленности, предъявляемыми к каолинам, используемых для производства сантехфаянса.

Иногда в разрезе угольных месторождений, на участках выгояния угольных пластов могут быть вскрыты обожженные аргил-

литы, алевролиты и другие породы, которые обычно называют «горелики» и «глиежи». Эти породы могут представлять интерес как активная минеральная добавка для производства цемента. Качество минеральной добавки оценивается по ее активности, т. е. по ее способности химически связывать свободную окись кальция. При вскрытии горелых пород прежде всего необходимо в разведочных выработках отобрать пробы для производства химических анализов и активности пород. Для этих целей масса проб должна быть не менее 5 кг. Пробы отбираются последовательно, секциями длиной 2—3 м. По всем отобранным пробам производятся испытания по поглощению извести из известкового раствора. Химический состав целесообразно определять по объединенным пробам, составленным в пределах интервала разведочной выработки, характеризующегося требуемой активностью пород. В объединенных пробах определяется содержание SiO_2 , $\text{Al}_2 + \text{TiO}_3$, Fe_2O_3 , CaO , MgO , п. п. п. и растворимого глинозема. В тех пробах, где содержание указанных компонентов менее 97%, должно быть дополнительно определено содержание SO_3 и щелочей. Полученные данные достаточны для предварительной оценки обожженных пород как активной минеральной добавки. Полная их оценка целесообразна только при наличии потребителя. Для ее получения необходима проходка дополнительных выработок и проведение дополнительных испытаний, методика производства которых изложена в разделе «Цементное сырье».

При разведке месторождений нефти и горючих газов применяются расстояния между скважинами, которые не обеспечивают вскрытие на изучаемой площади всех даже крупных залежей пород, способных быть использованными для производства строительных материалов. Поэтому площади, на которых была осуществлена разведка месторождений нефти и газа, нельзя считать опосредованными на строительные материалы и исключить из числа перспективных площадей для дальнейшей организации на них поисковых работ. Вскрытые же нефтяными или газовыми скважинами строительные материалы должны рассматриваться как прямые поисковые признаки для данного вида строительных материалов. В разрезе нефтяных и газовых отложений нередко имеются залежи гипса, который может рассматриваться как сырье для производства гипсовых вяжущих материалов и в значительно меньших количествах — как добавка в клинкер для регулирования сроков схватывания цемента. При вскрытии гипса следует на глубину, доступную для отработки открытым способом, отобрать керновые пробы. Отбираются пробы по литологическим однородным слоям, а при большой мощности их — с интервалами 3—5 м. Во всех пробах следует определить содержание CaO , SO_3 , гидритной воды и нерастворимого остатка. По этим данным можно судить ориентировочно о качестве гипса. При положительных результатах о находке следует сообщить геологическому управлению, на территории которого находится разведываемое месторождение.

Подсчет запасов и промышленная оценка попутно залегающих строительных материалов на месторождениях других полезных

ископаемых. Запасы попутно залегающих строительных материалов подсчитываются на всей площади их распространения в полном количестве, независимо от имеющейся на них потребности. Это обусловливается тем, что разработка их производится по графику вскрытия основного полезного ископаемого.

Запасы строительных материалов подсчитываются в контурах карьера по добыче основного полезного ископаемого. Категории запасов определяются степенью их разведанности. В промышленное освоение, как правило, могут вовлекаться месторождения, соотношение запасов различных категорий на которых удовлетворяет требованиям действующей классификации. Однако на крупных месторождениях, где количество разведанных запасов значительно превышает требуемое, проектирование, строительство и разработка могут производиться и на запасах, разведанных с меньшей степенью детальности, но не ниже категории C_1 . При этом необходимым условием является изученность качества сырья и технологии его переработки в объеме, предъявляемом для категории А. Доизучение морфологии залежей и их строение в этом случае производится в процессе эксплуатации.

Попутно добываемые строительные материалы учитываются при технико-экономическом обосновании кондиций, и в ряде случаев получаемая от их эксплуатации прибыль позволяет вовлекать в промышленное освоение бедные руды, самостоятельная отработка которых незначительна. В экономических расчетах должны учитываться не все запасы, а только та их часть, на которую есть потребитель, так как излишние запасы не утилизируются, а идут в отвал и должны рассматриваться как вскрышные породы.

Промышленная оценка попутно залегающего сырья для производства строительных материалов должна производиться в соответствии с Временными требованиями к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья, утвержденными ГКЗ СССР в 1973 г.

СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК УТВЕРЖДЕНИЯ КОНДИЦИЙ НА МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для производства строительных материалов во всех промышленно развитых странах добывается и используется огромное количество минерального сырья. Несмотря на то, что стоимость одной тонны или одного кубометра минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, по сравнению с другими полезными ископаемыми (металлами, горнохимическим сырьем и др.) относительно невелика, общая их стоимость огромна. По данным В. П. Петрова (1974), стоимость добытого в США в 1971 г. строительного сырья составила 4,9 млрд. долл., или 16% стоимости всей горной продукции. Если учесть, что $\frac{3}{4}$ стоимости всех полезных ископаемых приходится на долю добываемых из недр каустобиолитов, то удельный вес строительных материалов в общей стоимости остальной горной продукции возрастет до 52,1%. Общая стоимость добытых в 1971 г. в США строительных материалов превышает стоимость всех добытых в стране металлов (3,4 млрд. долл.) и горнохимического сырья (около 1 млрд. долл.).

Наибольший удельный вес в стоимости добытых строительных материалов имеют строительный камень (33%), цемент (30%), песок и гравий (22%).

Существующий в нашей стране колоссальный объем жилищного и капитального строительства, сооружение железных дорог и автомагистралей ставят перед промышленностью строительных материалов грандиозные задачи удовлетворения потребности строительства в высококачественных и дешевых материалах. Распространенное мнение о том, что на организацию предприятий по добыче и производству строительных материалов требуется небольшие капиталовложения и что, вследствие этого, риск на неоправданное их вложение невелик, в настоящее время нуждается в коренном пересмотре. На строительство крупных цементных заводов, карьеров по производству строительного щебня требуются капиталовложения, достигающие нескольких десятков миллионов рублей.

По мере промышленного развития страны исчерпываются ресурсы легкодоступного минерального сырья, пригодного для производства строительных материалов. Это обуславливает необходимость вовлечения в промышленное освоение месторождений, находящихся в сложных горнотехнических, транспортных и экономических условиях. До настоящего времени минеральное сырье для промышленности строительных материалов относилось к группе «широко» или «общераспространенных». Со справедливостью такого термина согласиться нельзя. В настоящее время в отдельных районах выявление месторождений строительных материалов часто представляет

собой задачу не менее сложную, чем открытия месторождений угля, нефти или горючих газов.

Все изложенное выше свидетельствует о необходимости проведения полноценного обоснования экономической целесообразности каждого вновь разведанного месторождения строительного сырья.

Производя промышленную оценку месторождения, необходимо установить: 1) потребность в данном виде сырья, ассортимент намечаемой продукции, изготавливаемой из этого сырья, количество каждого вида продукции; 2) наличие конкретных потребителей, их местоположение относительно месторождения; 3) возможность удовлетворения заявленной потребности за счет разрабатываемых или разведанных месторождений, находящихся в данном экономическом районе; 4) транспортные условия — наличие железных и шоссейных дорог водных путей сообщения, их пропускная способность, расстояние от месторождения до заводов-потребителей, а также до ближайшей железнодорожной станции, автодороги и пристани; 5) наличие в районе месторождения населенных пунктов, возможность использования местной рабочей силы; 6) наличие населенных пунктов на площади месторождения, характер строений и сооружений, возможность и целесообразность их переноса; 7) наличие на месторождении или в охранной его зоне железных и шоссейных дорог, а также линий электропередач, их класс и значение для района, возможность и целесообразность переноса дорог и линий электропередач за пределы месторождения, объем работ по их переносу; размер охранных целиков или возможность прекращения движения по дороге во время производства взрывных работ; 8) наличие на площади месторождения лесов, садов, заповедников, их характер и возраст, возможность переноса; 9) характер почв, возможность получения земельного отвода без рекультивации или с рекультивацией почв; 10) влияние разработки месторождения на источники водоснабжения, мелиорацию и рыбное хозяйство района месторождения; 11) наличие электроэнергии и других энергетических ресурсов, возможность получения энергии для намечаемого к строительству предприятия.

При экономической оценке уже разрабатываемых месторождений и в случае, когда в данном районе работают предприятия по добыче и переработке аналогичного сырья, должны быть собраны сведения об их производительности, ассортименте продукции, ее себестоимости, цене на сырье и каждый вид продукции, размерах капиталовложений на строительство предприятия, текущих затратах на добычу и переработку.

Геолого-экономическая оценка месторождений строительных материалов должна производиться на всех стадиях геологоразведочного процесса, однако степень детальности и полноты этой оценки на разных стадиях различна и возрастает по мере перехода к более детальному их изучению.

Первая оценка экономической целесообразности промышленного освоения обнаруженного месторождения производится на стадии поисков или поисково-оценочных работ, когда решается вопрос

о целесообразности постановки предварительной разведки. При этой оценке учитываются масштаб месторождения и возможность увеличения запасов как за счет найденного месторождения, так и за счет других месторождений в данном районе. При расчетах используются укрупненные показатели, полученные главным образом из технико-экономических расчетов, составленных для других аналогичных месторождений, фактические данные разрабатываемых месторождений или нормативные показатели данной отрасли.

После проведения предварительной разведки составляются технико-экономические доклады, на основе которых устанавливаются временные кондиции, разрабатываемые на основании укрупненных технико-экономических расчетов. В эти расчеты вносятся поправки на геологические особенности оцениваемого месторождения. Временные кондиции утверждаются Министерством, которое будет осуществлять разработку месторождения по согласованию с Министерством геологии СССР. При наличии разногласий временные кондиции могут быть утверждены ГКЗ СССР, решение которой по данному вопросу является окончательным. Временные кондиции действуют на весь период детальной разведки месторождения и после утверждения постоянных кондиций утрачивают силу. Постоянные кондиции составляются после завершения детальных разведочных работ. Техничко-экономические расчеты по их обоснованию (ТЭО) должны производиться на базе оперативных запасов категорий $A + B + C_1$ и при наличии достаточно надежно установленных показателей качества и технологии переработки сырья, а также данных о горногеологических и гидрогеологических условиях разработки месторождения. Постоянные кондиции служат для правильной геолого-экономической оценки запасов полезных ископаемых в недрах и (помимо использования при подсчете запасов) учитываются при разработке проектов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, планировании и проведении горноэксплуатационных работ и решении вопросов, связанных с охраной недр.

По мере развития техники, совершенствования технологии добычи и переработки минерального сырья, в случае значительного изменения запасов, а также при изменении государственных стандартов или технических условий и установления новых оптовых цен на готовую продукцию кондиции подлежат периодическому пересмотру.

Проектирование и строительство новых, а также реконструкция действующих предприятий на запасах, утвержденных по требованиям ныне отмененных ГОСТов или технических условий, не разрешается, так как это может привести к производству нестандартной продукции, изменению ее ассортимента и в конечном итоге — к изменению оценки месторождения. Утверждение кондиций на минеральное сырье для промышленности строительных материалов осуществляется как ГКЗ СССР, так и ТКЗ Министерства геологии СССР. В ГКЗ СССР подлежат обязательному утверждению кондиций для подсчета запасов цементного и стекольного сырья, огнеупорных и тугоплавких глин для строительной керамики, облицовочного

камня, а также строительного камня, для предприятий с годовой производительностью не менее 400 тыс. м³. Во всех остальных случаях кондиции для подсчета запасов минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов, утверждаются ГКЗ, на территории деятельности которого находится разведенное месторождение.

Для месторождений, рассматриваемых в качестве сырьевой базы для строительства новых горнодобывающих предприятий, кондиции для подсчета запасов должны быть утверждены до представления материалов подсчета запасов на рассмотрение ГКЗ СССР. Для эксплуатируемых месторождений, а также для месторождений, запасы которых утверждаются ГКЗ, утверждение кондиций производится одновременно с утверждением запасов. Установленный порядок определяет и содержание материалов по обоснованию кондиций. В первом случае, представляемые в ГКЗ СССР для утверждения кондиций материалы, должны содержать все данные, необходимые для проверки обоснованности показателей кондиций, и состоять из: 1) проекта кондиций; 2) краткой записки о геологическом строении месторождения, качестве полезного ископаемого, технологии его переработки и экономических условиях разработки; 3) технико-экономических расчетов, обосновывающих кондиций и 4) графических материалов, характеризующих местоположение месторождения и его строение.

Во втором случае основным материалом является геологический отчет с подсчетом запасов, в дополнение к которому прилагаются проект кондиций и технико-экономические расчеты, их обосновывающие. В проекте кондиций в зависимости от вида полезного ископаемого, геологических особенностей строения месторождения и ассортимента продукции должны быть предусмотрены: 1) требования к качеству сырья; 2) минимальная мощность тела полезного ископаемого, включаемого в подсчет балансовых запасов; 3) минимальная мощность сортового прослоя; 4) максимальная мощность пустых пород или некондиционного по качеству сырья, находящихся внутри контура тел полезных ископаемых, включаемых в подсчет балансовых запасов; 5) глубина карьера и максимально допустимое соотношение объемов или мощностей пород вскрыши и тел полезного ископаемого; 6) минимальный выход товарной продукции или основного ее сорта.

Требования к качеству строительных материалов в большинстве случаев определяются действующими государственными стандартами или техническими условиями, которыми в зависимости от вида строительных материалов лимитируется или их химический состав, или физико-механические свойства, или то и другое вместе. Для полезных ископаемых, качество которых определяется их химическим составом, в кондициях должны устанавливаться предельно минимальные содержания полезных компонентов и предельно максимальные содержания вредных примесей, при которых обеспечивается получение стандартной продукции требуемого ассортимента по принятой технологической схеме. В кондициях должны быть

установлены требования к содержанию всех компонентов, которые определяют качество товарной продукции или ход технологического процесса независимо от их фактического содержания.

Требования к химическому составу сырья устанавливаются на пробу — для оконтуривания по мощности, на пересечение — для оконтуривания по площади и на подсчетный блок — для оценки качества обрабатываемого сырья и планирования добычных работ. Если по химическому составу сырье не удовлетворяет ГОСТу или техническим условиям, а технологическими исследованиями установлена возможность использования сырья по данному назначению, то требования к качеству сырья устанавливаются по результатам технологических испытаний или опытной добычи, причем в условиях принимаются наиболее худшие показатели, при которых обеспечивается получение стандартной продукции. По результатам технологических испытаний устанавливаются также требования к химическому составу сырья, на которые ГОСТы отсутствуют, а имеются лишь ГОСТы или технические условия на готовую продукцию. Для цементного сырья и керамических глин требования к составу отдельных компонентов, участвующих в производстве цемента и керамических изделий, определяются по результатам технологических испытаний с учетом химического состава других компонентов.

Требования к физико-механическим свойствам полезного ископаемого вследствие невозможности их усреднения устанавливаются на уровне и в соответствии с действующими стандартами или техническими условиями.

При наличии на месторождении нескольких разновидностей минерального сырья неоднородного состава и качества требования для каждой разновидности устанавливаются отдельно, в зависимости от номенклатуры изделий, для которых эти разновидности пригодны, причем для общего оконтуривания устанавливаются единые наиболее низкие требования к качеству сырья, которому отвечают все разновидности и из которого можно получить хотя бы один вид товарной продукции. Для выделения в пределах этого контура разновидностей сырья, пригодных для получения других видов или сортов продукции, устанавливаются требования для каждого сорта.

Минимальная мощность тела полезного ископаемого, включаемого в подсчет балансовых запасов, определяется с учетом оптимальной для данного месторождения системы разработки и принимается равной минимальной ширине очистного пространства, установленной правилами безопасности ведения горных работ и в зависимости от производительности применяемых для добычи полезного ископаемого и его погрузки машин. Минимальная мощность горизонтально- и пологозалегающих тел полезного ископаемого при разработке их с помощью взрывных работ обычно устанавливается 2—4 м, а без взрывных работ она может быть меньшей (0,5—1,0 м). Для крутопадающих тел, обрабатываемых открытым способом, минимальная мощность должна обеспечить возможность их селек-

тивной обработки без существенного разубоживания, и для строительных материалов обычно устанавливается на уровне 1—2 м.

Минимальная мощность сортового прослоя зависит от вида полезного ископаемого, его ценности и применяемых при эксплуатации механизмов. Для высоких сортов каолинов и глин, разрабатываемых роторным экскаватором, минимальная мощность сортового прослоя может составлять 0,5—1 м, тогда как разработка строительного камня с применением взрывных работ требует значительно большей мощности и как правило устанавливается на уровне половины высоты эксплуатационного уступа. При расчете минимальной мощности сортового прослоя следует исходить из экономических соображений: компенсирует ли добавочная стоимость, получаемая при селективной обработке месторождения, дополнительные затраты на его раздельную выемку.

Минимальная мощность пустых пород и некондиционного сырья. Согласно действующей классификации месторождений твердых полезных ископаемых, подсчет запасов минерального сырья производится в недрах без учета возможных потерь и разубоживания при добыче. Поэтому прослой или участки пород, не пригодных для производства строительных материалов, должны быть, как правило, из подсчета запасов исключены. Однако исключение маломощных прослоев таких пород существенно усложняет разработку месторождения, снижает производительность горнодобывающего предприятия и удорожает себестоимость продукции. Поэтому условиями должна быть определена и обоснована минимальная мощность не пригодных для практического использования пород, при которой они должны из подсчета запасов полезного ископаемого исключаться.

Оптимальная величина минимальной мощности пустых пород, исключаемых из подсчета балансовых запасов, устанавливается обычно расчетами, выполняемыми по разным вариантам. Прежде всего следует доказать, что допускаемое при выбранном варианте разубоживание, вследствие увеличения количества пустых пород, не приводит к существенному изменению сортности полезного ископаемого или тем более к непригодности его для производства назначенной номенклатуры изделий. При соблюдении этого условия необходимо произвести расчеты, подтверждающие, что принятая минимальная мощность пустых пород, исключаемых из подсчета запасов, обеспечивает наибольшую эффективность разработки месторождения — требуемый ассортимент продукции получается при наименьших затратах на добычу сырья. При определении минимально допустимых мощностей прослоев пустых пород обязательно должна учитываться длина проб, отбиравшихся при разведке месторождения, так как выделение промышленных или некондиционных интервалов возможно лишь в том случае, если они соизмеримы с длинами проб.

Глубина карьера и максимально допустимое соотношение объемов или мощностей вскрышных пород и полезного ископаемого. Все месторождения строительных материалов практически разрабатываются открытым способом, так как разработка их подземным спо-

собом в настоящее время экономически невыгодна. Во многих случаях глубина карьера определяется глубиной залегания подошвы полезного ископаемого, и в этом случае дно карьера определяется природными условиями. Требуется лишь доказать, что разработка месторождения в границах карьера будет экономически выгодна. Однако во многих случаях нижняя граница разработки месторождения проводится по телу полезного ископаемого, и правильность ее установления требует обоснования. К сожалению, в практике нередко эта граница проводится искусственно, по заданию эксплуатирующей организации, и не подкрепляется какими-либо расчетами, или приводятся расчеты, подтверждающие целесообразность разработки месторождения при принятой глубине карьера. Однако доказательства того, что при большей глубине карьера разработка месторождения будет нерентабельна, как правило, отсутствуют. Между тем, в настоящее время правильное определение максимальной глубины возможной и экономически целесообразной отработки месторождений открытым способом приобретает чрезвычайно актуальное значение. Многочисленные карьеры по добыче строительных материалов и других полезных ископаемых ежегодно исключают из севооборота огромные площади пахотных земель, чем наносится большой вред народному хозяйству.

На рекультивацию пахотных земель затрачиваются значительные средства, что обуславливает повышение стоимости строительных материалов. Сказанное свидетельствует о необходимости установления в кондициях как одного из основных их показателей — максимальной глубины карьера, при которой месторождение можно разрабатывать с установленной для отрасли нормой прибыли. Максимальная глубина отработки определяется предельным коэффициентом вскрыши. Для месторождений строительных материалов предельное соотношение объемов вскрышных пород к объему полезного ископаемого обычно не превышает 2 : 1. Для месторождений цементного сырья Гипроцемент в качестве предельных коэффициентов вскрыши рекомендует для карбонатных пород — 2 : 1, если вскрыша представлена рыхлыми породами и 1,5 : 1 — если скальными; для глинистых пород 1,5 : 1 и 1 : 1 соответственно. При этом абсолютная мощность вскрыши, по его мнению, не должна превышать 30 м для месторождений карбонатных пород и 15 м — для глинистых пород. Для месторождений строительного камня, кирпичных глин, строительных песков коэффициент вскрыши обычно составляет 1 : 1. Приведенные данные должны рассматриваться лишь как сугубо ориентировочные, окончательно допустимая глубина карьера и предельный коэффициент вскрыши определяются экономическими расчетами, в которых не последнюю роль играет необходимость максимального сохранения ценных пахотных земель.

Минимальный выход товарной продукции или основного его сорта для ряда строительных материалов (облицовочный камень, гравий и др.) является одним из основных показателей кондиций. Расчет минимального выхода должен производиться на основе прямых определений выхода путем опытной добычи (для облицовочного

камня) или на представительных пробах (для всех видов строительных материалов). Для эксплуатируемых месторождений выход товарной продукции и отдельных ее сортов принимается по данным эксплуатации, при этом обязательно должно быть доказано, что отработанная часть месторождения является полным аналогом остальной ее части, для которой разрабатываются кондиции. При неполной аналогии в данные эксплуатации вносятся определенные поправки, а при отсутствии аналогии для определения выхода товарного камня необходимо заложить опытный карьер или произвести исследования на представительных пробах.

В расчетах по обоснованию кондиций должны быть приведены данные о производственной мощности предприятия и годовой добыче полезного ископаемого, а также стоимости добычи и переработки одной тонны или одного кубического метра минерального сырья, необходимых капиталовложений и их эффективности.

Производственная мощность предприятия и годовая добыча минерального сырья для промышленности строительных материалов зависят от масштаба месторождения и потребности в сырье данного района. Помимо количества запасов и потребности в сырье, масштабы предприятия зависят от горно-геологических условий, обуславливающих возможность развития фронта эксплуатационных работ, а также от необходимых капиталовложений, нередко предопределяющих строительство предприятия в несколько этапов (очередей). Как правило строительство мелких предприятий по добыче строительных материалов невыгодно. Оптимальными являются предприятия по добыче строительного камня с годовой производительностью 400—800 тыс. м³, песка и гравия 400—600 тыс. м³, цементного сырья 1,2—1,5 млн. т клинкера.

Стоимость добычи и переработки одной единицы полезного ископаемого зависит от производительности предприятия, горногеологических условий залегания полезного ископаемого, принятой технологической схемы добычи и переработки, расходов электроэнергии, топлива и других факторов. Помимо этих затрат при расчете должны учитываться также амортизационные отчисления, для установления размеров которых необходимо определить общие капиталовложения на строительство предприятия и сроки его амортизации.

Капитальные вложения представляют собой затраты на создание основных фондов предприятия. При расчете кондиций учитываются только капитальные вложения в объекты промышленного назначения. Лишь при оценке месторождений, расположенных в районах с высокой себестоимостью строительства (районы Крайнего Севера, труднодоступные местности), учитывается увеличение капитальных вложений за счет удорожания жилищного и коммунального строительства.

Кроме капитальных вложений при расчете кондиций важное значение имеют удельные капитальные вложения, которые представляют собой отношение капитальных вложений к производственной мощности (годовой производительности) предприятия,

они могут выражаться в затратах на натуральный (рубль за 1 т в год) и на ценностный (рубль за 1 рубль в год) измеритель.

Для определения эффективности капитальных вложений используется показатель эффективности (рентабельности) капитальных вложений, который определяется по формуле

$$E_a = \frac{Ц - С}{К} = \frac{П}{К}$$

где Ц — товарная продукция, выпускаемая в год в действующих оптовых прейскурантных ценах;

С — полная себестоимость годового объема товарной продукции, руб.;

К — капитальные вложения или среднегодовая величина стоимости основных и оборотных фондов, руб.;

П — прибыль.

Наряду с размером капитальных вложений большое значение имеют сроки их окупаемости. Срок окупаемости капитальных вложений (T_n) прибылью определяется по формуле

$$T_n = \frac{1}{E_a} = \frac{К}{П}$$

Для месторождений строительных материалов срок окупаемости не должен превышать 6—8 лет.

Обобщающим показателем эффективности капитальных вложений является показатель приведенных затрат, отнесенных к сумме стоимости продукции:

$$П_3 = \frac{С + E_n \cdot К}{Ц}$$

где E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, соответствующий нормативному сроку их окупаемости.

При расчете себестоимости добычи, транспортировки и переработки полезного ископаемого необходимо исходить из достигнутых показателей при использовании новейшей, наиболее прогрессивной техники. Технологические процессы и методы, находящиеся в стадии разработки и не проверенные в промышленных или полупромышленных условиях, не должны приниматься для расчета кондиций.

При расчете кондиций следует использовать оптовые прейскурантные цены на соответствующую продукцию или минеральное сырье. По отдельным видам строительных материалов, для которых оптовые цены отсутствуют, можно принимать расчетные цены, разработанные и апробированные соответствующими организациями.

Составление технико-экономических расчетов по обоснованию кондиций должно производиться в соответствии с Методическими указаниями ГКЗ СССР для месторождений, кондиции по которым утверждаются ГКЗ [СССР или в соответствии с положением

о порядке утверждения кондиций для подсчета запасов, утверждаемых ТКЗ Министерства геологии СССР.

Технико-экономическими расчетами должно быть доказано, что разведенное месторождение строительных материалов является оптимальным для промышленного освоения, которое не повлияет отрицательно на состояние сырьевой базы и экономику работы предприятия. Необходимые для этого сведения целесообразно оформлять в табличной форме (табл. 35).

Т а б л и ц а 35

Основные технико-экономические показатели промышленного освоения

Показатели	Месторождение							
	оцениваемое	эксплуатируемое			резервное			
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
Запасы, тыс. т или тыс. м ³ :								
Процент к общим запасам, числящимся на балансе предприятия								
Процент к общим запасам, числящимся на балансе в данном экономическом районе								
Обеспеченность разведанными запасами, лет								
Возможный ассортимент продукции и ее сорт								
Средняя себестоимость продукции, руб./т или руб./м ³								
Ценность продукции в действующих оптовых ценах, руб./т или руб./м ³								
Прибыль, руб./т или руб./м ³								
Капиталовложения, тыс. руб.								
Рентабельность, %								
Срок окупаемости капитальных вложений, лет								

При худших показателях оцениваемого месторождения по сравнению с резервными должны быть приведены причины, обусловившие необходимость разведки и промышленного освоения нового месторождения, а не вовлечение в эксплуатацию уже разведенного резервного месторождения.

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ И ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ РАЗВЕДКИ

Подсчет запасов является завершающим звеном каждой стадии геологоразведочных работ. Он производится после окончания поисков для предварительного суждения о масштабе вновь выявленного месторождения, а после завершения предварительной разведки — для проведения технико-экономических расчетов, определяющих промышленную ценность месторождения. Подсчет запасов, производимый после детальной разведки месторождения, осуществляется для утверждения запасов и передачи его в промышленное освоение.

При подсчете запасов обобщаются все материалы, полученные в процессе геологического изучения и разведки месторождения. По результатам подсчета решаются вопросы промышленной оценки месторождения и определяется дальнейшее направление разведочных работ. Подсчитанные запасы берутся за основу при составлении проекта разработки месторождения.

По материалам, полученным при геологическом изучении месторождения, устанавливаются основные параметры для производства геологически обоснованного подсчета запасов полезного ископаемого: площадь его распространения, средняя мощность тела полезного ископаемого и вскрышных пород, содержание полезных и вредных компонентов, физико-механические и технологические свойства, объемная масса минерального сырья, горнотехнические и гидрогеологические условия разработки месторождения.

Оконтуривание тела полезного ископаемого. Правильность проектных решений по вскрытию и подготовке месторождения к эксплуатации во многом определяется точностью и надежностью установления контура залежи полезного ископаемого. Обоснованное определение границ распространения полезного ископаемого, пригодного для промышленного использования, — также одно из важнейших условий правильного определения количества запасов.

Для оконтуривания тела полезного ископаемого необходимо хорошее знание геологического строения месторождения, условий залегания и формы залежей минерального сырья, а также закономерностей изменения его состава и качества, технологических свойств, горнотехнических и гидрогеологических особенностей оцениваемого месторождения.

Прежде чем приступить к оконтуриванию, необходимо решить следующие вопросы: 1) какие запасы в условиях данного месторождения следует считать промышленными в настоящее время (балансовыми); 2) какие из них могут быть перспективными (забалансовыми); 3) что относить к пустым породам и не включать в контур промышленных запасов. Решение этих вопросов связано с условиями. Поэтому, приступая к оконтуриванию тел полезных

ископаемых, необходимо иметь обоснованные кондиции, утвержденные в установленном порядке.

Оконтуривание месторождения или отдельных его участков, по которым намечается произвести подсчет запасов полезного ископаемого, заключается в установлении опорных точек, через которые затем проводят линии контура.

Опорные точки устанавливаются по данным горных выработок, буровых скважин, естественных выходов полезного ископаемого и точкам геофизических наблюдений.

Контур, проведенный через точки, в которых полезная толща отвечает требованиям промышленности по качеству минерального сырья и горнотехническим условиям разработки месторождения, называется промышленным. Внутри этого контура заключаются балансовые запасы полезного ископаемого, среди которых могут выделяться запасы минерального сырья различного типа и сорта и разведанные с разной степенью детальности.

Поэтому в задачу оконтуривания входит выделение в блоки участков месторождения, характеризующихся неодинаковым составом и качеством сырья, а также разведанных с разной степенью детальности. За пределами промышленного контура могут размещаться забалансовые запасы, которые в настоящее время не используются промышленностью, но представляют практический интерес.

Оконтуривание по мощности тела полезного ископаемого практически сводится к установлению мощности, в пределах которой качество минерального сырья удовлетворяет требованиям промышленности.

При наличии четких геологических границ полезного ископаемого и выдержанном качестве сырья мощность тела устанавливается замером в горных выработках или по данным бурения. Соответствие качества сырья требованиям промышленности подтверждается данными опробования.

При невыдержанном качестве полезного ископаемого, имеющего четкие геологические границы с вмещающими породами, внешний контур тела полезного ископаемого может быть установлен также путем непосредственного замера в горных выработках или по данным бурения. Неоднородность сырья не исключает возможность выделения внутри промышленного контура интервалов некондиционных пород, мощность которых устанавливается кондициями.

При отсутствии четких геологических границ тела полезного ископаемого с вмещающими породами внешний контур его находится по данным опробования. Для полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, бортовое содержание обычно не устанавливается. Оконтуривание производится по предельному значению содержания полезных и вредных компонентов или допустимым значениям физико-механических показателей, при которых возможно промышленное использование сырья. Большое количество лимитируемых компонентов требует при установлении промышленного контура полезного ископаемого учета технологии переработки сырья и горнотехнических условий раз-

работки месторождения. В ряде случаев целесообразно включать в промышленный контур отдельные пробы или ряд проб с содержанием того или иного компонента, не удовлетворяющего требованиям промышленности, так как более благоприятное содержание этих компонентов в других пробах может обеспечить получение пригодного для промышленного использования сырья в пределах эксплуатационного уступа.

Для некоторых строительных материалов, оценка которых производится главным образом по их физико-механическим свойствам (бут, щебень, гравий и др.), усреднение качества сырья не допускается. В этих случаях при оконтуривании нельзя руководствоваться средним значением сопротивления сжатию, средней величиной водопоглощения и другими средними параметрами, так как невысокая прочность отдельных образцов камня не позволяет использовать весь камень в службе, где предельные нагрузки превышают их значения.

Оконтуривание некоторых видов минерального сырья (керамические, кирпичные, керамзитовые глины и др.) осложнено отсутствием требований к их качеству. В этом случае оценка сырья производится не по составу или физико-механическим свойствам его, а по качеству готовой продукции, которая определяется по данным технологических испытаний. Естественно, что изготовление продукции сопряжено с необходимостью отбора больших проб сырья, технологическая переработка которого связана с затратой значительного количества времени и средств. Поэтому практически невозможно произвести оценку сырья в каждой из пройденных выработок. Обычно для технологических испытаний отбираются одна-две пробы в наиболее характерных пунктах, на основании которых судят о пригодности разведанного сырья и технологии переработки. Оконтуривание же производят путем соединения точек, вскрывших полезное ископаемое, качество которого по химическому и гранулометрическому составу и физико-механическим свойствам не отличается от качества сырья, на котором проводились технологические испытания. Если же сырье неоднородно, то продукция получается только при шихтовке отдельных разновидностей его. В таких случаях промышленный контур проводится через точки, вскрывшие разновидности полезного ископаемого, участвующие в составлении шихты.

Оконтуривание полезного ископаемого по площади производится следующим образом.

1. По опорным точкам, соответствующим выработкам или обнажениям, вскрывшим кондиционное сырье. В этом случае промышленный контур проводится путем соединения точек, вскрывших тело полезного ископаемого, удовлетворяющее требованиям кондиций.

2. Между двумя крайними выработками, в одной из которых полезное ископаемое характеризуется кондиционными показателями, а в другой некондиционными. При закономерном изменении лимитируемых кондициями показателей точка, через которую проходит контур тела полезного ископаемого, определяется путем интерполяции; причем за опорные точки принимаются найденные

интерполяцией точки, в которых показатели соответствуют минимальным требованиям кондиций. При отсутствии закономерности в изменении показателей промышленный контур обычно проводят по середине расстояний между выработками.

3. Между двумя крайними выработками, одна из которых вскрыла кондиционное сырье. При закономерном изменении показателей опорные точки следует находить графически, путем построения графика «выклинивания» показателя в каждом направлении. Не рекомендуется находить опорные точки при помощи «среднего угла выклинивания». При отсутствии закономерности в изменении показателя опорные точки иногда находятся с помощью нулевого контура, проводимого посредине между выработками вскрывшей и не встретившей полезное ископаемое. Указанный прием не может быть рекомендован, так как отсутствие закономерности в изменении показателей исключает возможность интерполяции. В этом случае опорные точки лучше проводить на $\frac{1}{4}$ расстояния между выработками, если расстояние между ними не превышает принятого для категории C_1 .

4. За пределами крайних выработок, вскрывших кондиционное полезное ископаемое, при отсутствии выработок, ограничивающих экстраполяцию, и при закономерном изменении показателя внешний контур находится графически по скорости изменения показателя в каждом направлении. При отсутствии закономерности величина экстраполяции определяется с учетом предполагаемых размеров тела полезного ископаемого, выдержанности его мощности, состава и качества, геологических предположений изменения мощности и качества, устанавливаемых на основе литолого-фациального анализа продуктивного горизонта и вмещающих его пород. Обычно величина экстраполяции не превышает расстояния, принятого между выработками для категории C_1 , но иногда при максимальной устойчивости тела полезного ископаемого на значительных расстояниях может быть больше его.

Определение основных параметров подсчета запасов. Помимо площади распространения полезного ископаемого, которая устанавливается при оконтуривании, для подсчета запасов требуется знание величины средней мощности тела полезного ископаемого, среднего содержания полезных и вредных компонентов, объемной массы и других показателей, характеризующих качество сырья.

Как уже было указано выше, мощность тела полезного ископаемого устанавливается по данным разведочных в эксплуатационных выработок, а также естественных обнажений. В ряде случаев мощность тела полезного ископаемого определяется косвенными методами — расчетом, интерполяцией или экстраполяцией.

Для подсчета запасов в зависимости от выбранной плоскости проекции тела полезного ископаемого определяются мощности: истинные (если тело проектируется на плоскость падения залежи), вертикальные (при подсчете запасов на горизонтальной проекции) и горизонтальные (при подсчете запасов на вертикальной проекции).

При определении мощности тела полезного ископаемого, по данным бурения, вскрытая мощность устанавливается по интервалу

проходки по полезной толще, без учета величины выхода керна. Для проектирования разработки месторождения требуется знание истинной мощности тела полезного ископаемого, сведения о которой должны быть приведены в отчете. Для перевода величины мощности тела из одного вида в другой применяют следующие формулы:

$$m_{\text{п}} = m_{\text{г}} \cdot \sin \alpha; \quad m_{\text{п}} = m_{\text{в}} \cdot \cos \alpha,$$

где $m_{\text{п}}$ — истинная мощность тела полезного ископаемого;

$m_{\text{г}}$ — горизонтальная мощность;

$m_{\text{в}}$ — вертикальная мощность;

α — угол наклона пласта к горизонту.

При разведке крутопадающих толщ наклонными скважинами (не по какому-либо из трех названных направлений) для перевода вскрытой мощности в одну из требуемых пользуются следующими формулами:

$$m_{\text{п}} = m \sin (\alpha + \beta); \quad m_{\text{г}} = \frac{m \cdot \sin (\alpha + \beta)}{\sin \alpha}; \quad m_{\text{в}} = \frac{m \cdot \sin (\alpha + \beta)}{\cos \alpha},$$

где m — вскрытая мощность тела полезного ископаемого;

β — угол наклона выработки к горизонту.

Определение средних значений мощности тела полезного ископаемого в пределах отдельных подсчетных блоков при подсчете запасов минерального сырья чаще всего производится методом среднего арифметического по формуле:

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}{n},$$

где m — средняя мощность тела полезного ископаемого по подсчетному блоку;

$m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ — мощность в отдельных сечениях, находящихся в контуре блока;

n — количество сечений, участвующих в вычислении средней мощности.

Метод среднего арифметического для определения средней мощности может быть применен во всех случаях, за исключением тех, когда изменение мощности тела полезного ископаемого происходит закономерно (например, постепенное выклинивание залежи по простиранию или падению), а выработки распределены неравномерно.

Однако и при незакономерном изменении мощности тела полезного ископаемого в случаях очень больших колебаний в расстояниях между пунктами замеров мощностей применение метода среднего арифметического для вычисления средней мощности требует осторожного подхода. Возможно, что густая сеть выработок пройдена в местах раздува или пережима тела полезного ископаемого. Поскольку количество замеров мощности в этой части наибольшее, влияние этих замеров окажется непропорциональным и средняя мощность будет искажена. В этом случае отрезок, на котором сгущена разведочная сеть, можно приравнять к тому или иному количеству

единичных замеров в зависимости от длины участков, характеризующихся отклонением мощности от принятой нормальной сети замеров на остальной части блока.

Средневзвешенный метод определения средней мощности применяется при закономерном изменении мощности тела полезного ископаемого. Вычисления производят по формуле

$$m = \frac{m_1 l_1 + m_2 \cdot l_2 + \dots + m_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где m — средняя мощность тела полезного ископаемого в подсчете блоке;

m_1, m_2, \dots, m_n — мощность в отдельных пересечениях, находящихся в контуре блока;

l_1, l_2, \dots, l_n — расстояние, на которое распространяется влияние данного замера мощности.

Определение средних содержаний полезных и вредных компонентов также производится методом среднего арифметического и среднего взвешенного.

Средние содержания полезных и вредных компонентов в пределах одного сечения всегда должны определяться (за исключением случая, когда опробование производилось равными интервалами) методом взвешивания на длину интервала опробования по формуле

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 \cdot l_1 + c_2 \cdot l_2 + \dots + c_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где $C_{\text{ср}}$ — среднее содержание компонента в сечении;

c_1, c_2, \dots, c_n — содержание компонента в отдельных пробах, участвующих в вычислении среднего;

l_1, l_2, \dots, l_n — длина соответствующего интервала пробы.

Способ определения среднего содержания по подсчетному блоку обуславливается характером распределения компонентов в теле полезного ископаемого и расположением разведочных выработок. Работами Н. В. Володомонова (1944), В. И. Смирнова (1950) и других доказано, что применение метода среднего взвешенного для определения среднего содержания компонентов возможно лишь при условии наличия прямой или обратной корреляции между содержанием данного компонента и каким-либо другим параметром при неравномерной сети выработок. Во всех остальных случаях среднее содержание компонентов следует вычислять способом среднего арифметического.

В работах Л. Ф. Залата (1959) и А. А. Петрова (1962) вычисление среднего содержания рекомендуется производить методом среднего арифметического. К противоположному выводу приходят А. В. Карпов и Е. Г. Краснов (1963). По их мнению, определение среднего содержания компонента в блоке при наличии зависимости между мощностью и содержанием должно производиться методом среднего взвешенного.

В. М. Борзунов (1965) считает, что при выборе способа вычисления среднего содержания следует учитывать не только наличие

корреляционной связи между содержанием и мощностью, но и характер ее.

Если изменение содержания не зависит от мощности или зависимость выражается уравнением прямой, вычисление среднего содержания должно производиться методом среднего арифметического. Если зависимость выражается параболической кривой, то вычисление среднего содержания должно производиться методом среднего взвешенного. Для выявления характера связи на основе имеющегося фактического материала необходимо построить график зависимости изменения содержания при вариации мощности тела полезного ископаемого (рис. 34).

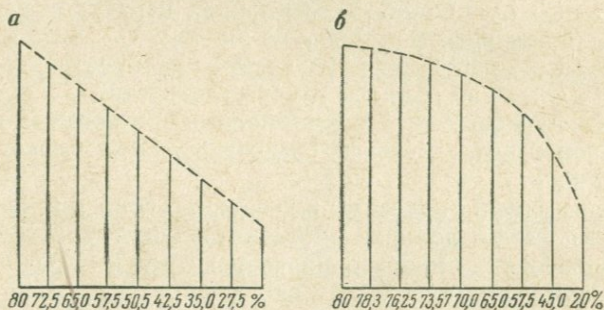


Рис. 34. Графики изменения содержания компонента между выработками: а — по прямой; б — по кривой

Вычисление среднего содержания компонента в блоке методом среднего арифметического производится по формуле

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n},$$

где $C_{\text{ср}}$ — среднее содержание компонента в блоке;
 c_1, c_2, \dots, c_n — содержание компонента в отдельных пересечениях пласта;
 n — число пересечений, участвующих в выводе среднего.

Для определения среднего содержания в блоке методом среднего взвешенного применяются следующие формулы:

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 m_1 + c_2 \cdot m_2 + \dots + c_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

или

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 l_1 + c_2 \cdot l_2 + \dots + c_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n};$$

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 s_1 + c_2 \cdot s_2 + \dots + c_n \cdot s_n}{s_1 + s_2 + \dots + s_n},$$

где m_1, m_2, \dots, m_n — мощность тела полезного ископаемого в отдельных опробованных сечениях;

l_1, l_2, \dots, l_n — длина влияния соответствующего сечения по падению или простиранию;

s_1, s_2, \dots, s_n — площадь влияния соответствующего сечения (остальные обозначения те же).

Качество большой группы минерального сырья, используемого промышленностью строительных материалов (песка, гравия, строительного камня, глины), оценивается по его физико-механическим свойствам.

При подсчете запасов песчано-гравийных материалов обязательной операцией является расчет среднего гранулометрического состава полезной толщи. Для определения содержания в песчано-гравийной смеси каждой фракции в целом по пласту или слою обычно производится пересчет содержания с разделением всего материала на две составные части: гравийную и песчаную. Причем в ряде случаев пересчитывается содержание отдельных фракций относительно лишь гравийной части (т. е. принимается за 100% гравий всех фракций). При пользовании такой методикой обычно ссылаются на требования стандарта, не учитывая того, что ГОСТ рассчитан на готовую продукцию, а не на требование к сырью, идущему на фракционирование.

Для проектирования технологической схемы дробильно-сортировочных заводов прежде всего необходимы сведения о гранулометрическом составе всей горной массы, поступающей на завод. Поскольку фракционированию подвергается не только гравийная часть горной массы, но и песок, целесообразно приводить сведения о гранулометрическом составе песков и определять выход всех фракций песчано-гравийной смеси, принимая ее за 100%.

Содержание отдельных компонентов песчано-гравийной смеси валунов, гравия и песка (по фракциям) определяется по формуле

$$x = \frac{q \cdot 100}{Q},$$

где Q — общая масса песчано-гравийной смеси;

q — масса отдельных фракций, полученная непосредственным взвешиванием.

Средний гранулометрический состав песчано-гравийной смеси в пределах сечения определяется путем вычисления среднего содержания каждой фракции методом среднего взвешенного.

Средний гранулометрический состав по блоку вычисляется или методом среднего арифметического, или методом среднего взвешенного, так же как и при определении среднего содержания химических элементов.

Определение средней прочности породы в пределах сечения, блока и месторождения не может производиться ни методом среднего арифметического, ни методом среднего взвешенного, так как практическое использование породы не предусматривает усреднение ее качества, а все частицы щебня играют самостоятельную и равную роль. Стандартом допускается наличие в щебне любой марки 10% по массе зерен пород с прочностью ниже предела для данной марки.

Исходя из этого для определения средней марки щебня в блоке необходимо найти такое количество образцов с низкой прочностью, которое не превышало бы 10% всей суммы образцов. Марка определяется по самой низкой прочности образцов, не вошедших в число 10% образцов с низкой прочностью.

Средние значения других физико-механических свойств не определяются, так как они не характеризуют свойства и качества пород.

Если запасы полезного ископаемого определяют не в объемных единицах, то требуется знание средней величины объемной массы по месторождению. Определение объемной массы пород в лабораторных условиях производится путем вычисления среднего арифметического из всех полученных значений. При определении объемной массы в целиках среднее ее значение может определяться так же, как среднее арифметическое из всех значений. Если в процессе разведки месторождения применяются два способа определения объемной массы — валовой и лабораторной, то для вычисления ее среднего значения принимаются только данные валового определения.

Рациональные методы подсчета запасов. В практике подсчета запасов полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов, в настоящее время широко применяются три метода: среднего арифметического, геологических блоков и разрезов. Изредка запасы подсчитываются методом многоугольников и изолиний.

При подсчете запасов методом среднеарифметического, более или менее сложное по форме тело полезного ископаемого преобразуется в одну крупную фигуру — призму с постоянной высотой и периметром, соответствующим внешней контуре тела. Мощность (высота призмы) определяется по данным всех выработок, пересекающих тело полезного ископаемого, способом среднего арифметического (иногда средневзвешенного). Объем тела полезного ископаемого (V) вычисляется по формуле

$$V = Sm_{cp}$$

где S — площадь тела полезного ископаемого;

m_{cp} — средняя мощность.

Практически метод среднего арифметического в указанном виде в настоящее время не используется. Значительно чаще применяется его разновидность, при которой запасы разбивают на блоки по степени их разведанности. Подсчет запасов методом среднего арифметического искажает представление о форме тела полезного ископаемого и не отражает характер изменения состава и качество минерального сырья по площади месторождения. Это не позволяет рекомендовать его для подсчета запасов полезных ископаемых на месторождениях, подготавливаемых для промышленного освоения.

Подсчет запасов методом геологических блоков заключается в разделении тела полезного ископаемого на отдельные сомкнутые в общем контуре фигуры-блоки, высота которых равняется средней мощности каждого блока. Блоки выделяются в зависимости от сорта полезного ископаемого, его мощности, качества сырья, условий

залегания, а также от гидрогеологических и горнотехнических условий отработки.

Вычислительные операции по каждому блоку аналогичны вычислениям при методе среднего арифметического.

Метод геологических блоков при правильном его использовании позволяет учитывать и отражать особенности строения месторождения, а также изменение состава и качества сырья. Поэтому он должен рассматриваться как основной метод подсчета запасов полезных ископаемых, используемых промышленностью строительных материалов.

При подсчете запасов методом геологических разрезов по данным разведочных выработок строят геологические разрезы, на которых изображается сечение тела полезного ископаемого. Метод разрезов обуславливает необходимость закладки разведочных выработок по параллельным линиям. В подсчетный блок обычно объединяются запасы полезного ископаемого, заключенного между двумя соседними разрезами. Объем блока в зависимости от его формы вычисляют по следующим формулам.

1. По формуле призмы. Если площади сечений тела, ограничивающих блок, более или менее равновелики, то

$$V = \frac{s_1 + s_2}{2} l,$$

где V — объем блока;

s_1, s_2 — площади параллельных сечений;

l — расстояние между разрезами.

2. По формуле усеченной пирамиды. Если площади параллельных сечений, ограничивающих блок, имеют изометричную форму и подобны, но по величине резко различны (более чем на 40%), то

$$V = \frac{s_1 + s_2 + \sqrt{s_1 \cdot s_2}}{3}$$

3. Если блоки являются крайними и опираются на одно сечение, то объем может быть определен:

а) по формуле клина

$$V = \frac{s_1}{2} \cdot l_1,$$

где l_1 — расстояние от плоскости сечения до линии выклинивания тела полезного ископаемого;

б) по формуле конуса

$$V = \frac{s_1}{3} l_1;$$

в) по формуле усеченной пирамиды (приведена выше).

При сложной конфигурации плоскостей сечения подсчет запасов рекомендуется производить методом геологически однородного разреза. Для вычисления объема тела полезного ископаемого этим методом разрезы, построенные по разведочным линиям, объединяют в пре-

делах части месторождения, характеризующейся однородным строением. Объем при этом вычисляют по следующей формуле:

$$V = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{n} \cdot l,$$

где V — объем тела между крайними сечениями;
 s_1, s_2, \dots, s_n — площади отдельных сечений;
 n — количество сечений;
 l — расстояние между крайними сечениями.

Применение метода геологически однородного разреза значительно сокращает расчеты и повышает достоверность оценки запасов в отдельных подсчетных блоках.

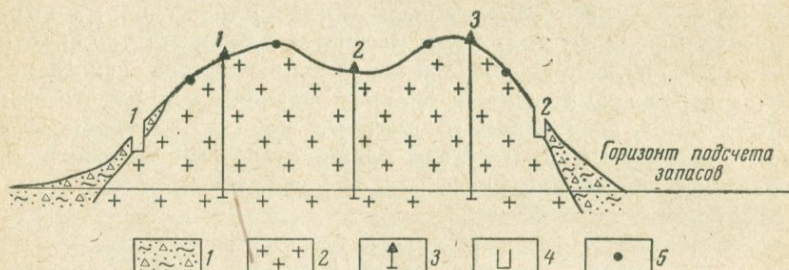


Рис. 35. Пример месторождения, на котором форма тела полезного ископаемого позволяет производить подсчет запасов методом изолиний:

1 — наносы; 2 — гранит; 3 — скважины; 4 — шурфы; 5 — обнажения

Сущность метода подсчета запасов многоугольниками сводится к выделению вокруг каждой разведочной выработки, пересекающей тело полезного ископаемого, участка, все точки которого расположены ближе к этой выработке. Метод многоугольников заметно искажает природную морфологию залежей и не дает верного представления об их форме, условиях залегания и структурных особенностях. Выделение сортов и типов минерального сырья при методе многоугольников искажает представление о действительном характере распределения отдельных разновидностей сырья в контуре тела полезного ископаемого. В силу этого метод многоугольников не может быть применен для подсчета запасов.

Метод изолиний заключается в преобразовании сложного тела полезного ископаемого в равновеликое тело, ограниченное с одной стороны равной плоскостью, а с другой — сложной поверхностью. Объем залежи может быть вычислен методом изолиний.

Метод изолиний может быть рекомендован для подсчета запасов изверженных пород, когда этот подсчет производится до заранее заданного горизонта (рис. 35). Это позволяет использовать для определения объема горизонтали топографической основы, что при небольшом количестве разведочных выработок и отсутствии вскрышных пород имеет большое значение.

Метод подсчета запасов должен определяться геологическими особенностями месторождения, условиями залегания типов и сортов минерального сырья и методикой разведки месторождения.

При выделении подсчетных блоков необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Подсчетный блок должен характеризоваться: а) одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов, качество полезного ископаемого, горногеологические и горнотехнические условия его разработки;

б) однородностью геологического строения, условий залегания, приуроченностью к одному структурному элементу месторождения, примерно одинаковой степенью закарстованности, изменчивости мощности, строения, качества, сортового и марочного состава, основных показателей технологических свойств сырья;

2. Контур блока должен ограничиваться естественными границами полезных ископаемых или линиями, проходящими через разведочные или эксплуатационные выработки, по которым получены необходимые для оценки запасов данные, или линиями интерполяции (экстраполяции), обоснованной геологическими (геофизическими) исследованиями.

3. Размер и форма блока должны обеспечивать необходимую точность планиметрирования: на подсчетных планах и разрезах стороны блока должны иметь длину не менее 50 мм, следует также избегать выделения блоков излишне вытянутой или остроугольной формы.

Классификация запасов и разделение их на балансовые и забалансовые. Согласно действующей Классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых, все запасы, в зависимости от степени разведанности месторождений, изученности качества сырья и горнотехнических условий разработки, подразделяются на четыре категории: А, В, С₁ и С₂.

Категория запасов определяется степенью изученности каждого предусмотренного классификацией параметра, и если хотя бы один из них по степени изученности не удовлетворяет требованиям классификации, запасы не могут быть отнесены к данной категории. Применение классификации к отдельным видам минерального сырья определяется инструкциями ГКЗ СССР.

В зависимости от народнохозяйственного значения запасы полезных ископаемых по Классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых разделяются на балансовые и забалансовые. К балансовым относятся запасы, использование которых в настоящее время экономически целесообразно и которые должны удовлетворять кондициям, установленным для подсчета запасов в недрах. К забалансовым относятся запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно, вследствие небольшого количества, малой мощности залежей, низкого содержания ценных компонентов, особой сложности условий эксплуатации и необходимости применения очень сложных процессов переработки, но способные в дальнейшем явиться объектом промышленного освоения.

Вопрос о том, являются ли запасы балансовыми или забалансовыми, решается в каждом отдельном случае на основании технико-экономических расчетов при установлении кондиций. Правильное разделение запасов на балансовые и забалансовые возможно лишь при достаточной степени их разведанности и изученности. Вследствие этого запасы месторождений, участков, отдельных пластов или горизонтов, которые по данным разведки, проведенной с детальностью, отвечающей категории C_2 , характеризуются как забалансовые, не следует относить к этой группе. Несмотря на отрицательные результаты разведочных работ, эти площади должны быть подвергнуты дополнительной разведке, с доведением степени разведанности запасов до категорий C_1 . При этом не исключена возможность, что часть запасов может быть отнесена к балансовым. Забалансовые запасы по категории C_2 могут подсчитываться на месторождениях, участках, а также по пластам и горизонтам, в пределах которых были проведены более детальные геологоразведочные работы, показавшие, что детально разведанная часть запасов также, как и прилегающая к ним часть слаборазведанных запасов, относится к забалансовым.

К забалансовым могут относиться также запасы, разведанные до категории C_2 , если единственной причиной отнесения их к забалансовым является несоответствие кондициям соотношения мощности вскрышных пород и полезной толщи, при закономерном увеличении мощности вскрышных пород. Последнее должно быть подтверждено замерами углов падения полезной толщи и топографической картой рельефа местности. Забалансовые запасы большинства видов минерального сырья, по качеству не удовлетворяющие требованиям промышленности, в настоящее время не подсчитываются.

Определение подготовленности месторождения для промышленного освоения. Составление проектов и выделение капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий может производиться при наличии на месторождении или его участке балансовых запасов полезного ископаемого категорий А, В и C_1 .

Обязательному утверждению ГКЗ и ТКЗ не подлежат разведанные запасы месторождений для предприятий по производству строительных материалов, а также карьеров по добыче нерудных ископаемых с объемом капиталовложений до 100 тыс. руб.

Проектирование, строительство и реконструкция предприятий на базе запасов указанных выше месторождений может производиться после их рассмотрения научно-техническим советом организации, которая выполняла геологоразведочные работы.

Требуемое соотношение запасов категорий А, В и C_1 устанавливается Классификацией запасов месторождений твердых полезных ископаемых.

Однако судить о подготовленности к промышленному освоению месторождения только по соотношению запасов категорий А, В и C_1 нельзя, так как месторождение может быть передано в эксплуатацию только после решения всех вопросов, необходимых для проектиро-

вания горнодобывающего предприятия и утверждения запасов в ГКЗ СССР.

В связи с этим месторождение может быть признано подготовленным для промышленного освоения при следующих условиях.

1. Наличие утверждаемых ГКЗ СССР запасов строительных материалов в количестве, равном или превышающем количество, необходимое для работы предприятия на полный амортизационный срок, установленный технико-экономическими расчетами при обосновании кондиций. В случае меньшего количества подсчитанных запасов должны быть проведены технико-экономические расчеты, подтверждающие экономическую целесообразность разработки месторождения при полученном количестве запасов.

2. Степень изученности месторождения обеспечивает подсчет запасов строительных материалов по категориям в соотношениях, установленных Классификацией запасов месторождений твердых полезных ископаемых.

3. Запасы высоких категорий (А и В) подсчитаны на участках первоочередной разработки и представительных по строению залежей и качеству сырья для всего месторождения.

4. Оконтуривание и оценки общих перспектив месторождения с подсчетом запасов по категории С₂.

5. Изучение качества, состава и технологии переработки всех развитых на месторождении типов и сортов сырья с детальностью, обеспечивающей составление проекта их обогащения или области использования без обогащения.

6. Оценка промышленного значения всех содержащихся в полезном ископаемом полезных компонентов, пород вскрыши и отходов производства.

7. Изучение гидрогеологических и горнотехнических условий разработки месторождения с детальностью, необходимой для составления проекта его разработки.

8. Установление источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, их предварительной оценки, достаточной для обоснования проведения в дальнейшем специальных гидрогеологических работ.

9. Решение вопроса сброса, очистки, захоронения сточных вод, рекультивации земель, переноса в случае необходимости находящихся на площади месторождения зданий, сооружений, транспортных и других коммуникаций, садов и заповедников.

Для промышленной оценки месторождений, как видно из вышеизложенного, большое значение имеют вопросы гидрогеологии, инженерной геологии и охраны окружающей среды. Поэтому как в процессе полевых работ, так и при камеральной обработке материалов этим вопросам должно уделяться особое внимание. При наличии на площади месторождения пахотных земель или других сельскохозяйственных угодий, лесов, заповедников вопрос о возможности их отчуждения и необходимости рекультивации почв должен быть согласован с землепользователем до начала детальной разведки месторождения. При наличии на площади месторождения зданий

и сооружений, транспортных коммуникаций, линий электропередач, газо- и нефтепроводов должно быть получено согласие заинтересованных организаций на их перенос, а при отсутствии возможности переноса необходимо определить размеры охранных и взрывоопасных зон вокруг них. Все затраты на рекультивацию земель, перенос расположенных на площади месторождения зданий, сооружений, транспортных и других коммуникаций должны учитываться при технико-экономическом обосновании целесообразности промышленного освоения месторождения.

Оформление материалов подсчета запасов. Запасы месторождений строительных материалов (за исключением цементного и стекольного сырья, огнеупорных и тугоплавких глин для строительной керамики облицовочного камня для всех предприятий, строительного камня для предприятий производственной мощностью менее 400 тыс. м³ в год), а также запасы всех полезных ископаемых для предприятий местного подчинения подлежат обязательному утверждению ГКЗ при геологическом управлении, на территории деятельности которого расположено месторождение.

Запасы цементного и стекольного сырья, огнеупорных и тугоплавких глин для строительной керамики, облицовочного камня, строительного камня для предприятий производственной мощностью 400 тыс. м³ в год, которые служат сырьевой базой для действующих, реконструируемых и проектируемых предприятий, подлежат утверждению в ГКЗ СССР.

Проектирование, строительство и реконструкция горнодобывающих предприятий могут производиться на базе запасов, утвержденных ВКЗ, ГКЗ или ТКЗ после 1 января 1946 г.

Запасы, утвержденные до 1 января 1946 г., а также запасы, утвержденные после 1 января 1946 г. по требованиям старых, ныне отмененных ГОСТов или технических условий, должны быть переутверждены и, следовательно, не могут являться основанием для проектирования, строительства и реконструкции на их базе промышленных предприятий.

Запасы, утвержденные после 1 января 1946 г., могут быть представлены на переутверждение в том случае, если оценка месторождения за время, истекшее после утверждения запасов, существенно изменилась в результате разведочных или эксплуатационных работ, установления новых кондиций и т. д.

Запасы подлежат обязательной переоценке при условии, если предполагается использовать их по новому (или дополнительному) назначению, для которого они ранее не утверждались. Переутверждению должны быть подвергнуты также утвержденные запасы, если полезное ископаемое предполагается использовать на новых или реконструируемых предприятиях, технологическая схема работы которых резко отлична от той, по которой производились технологические исследования, послужившие основанием для первоначального утверждения запасов. Производить переутверждение запасов для действующих предприятий, которые не предполагается реконструировать, только исходя из изменившегося в результате добычи

соотношения запасов различных категорий, как правило, нецелесообразно. Соотношение запасов разных категорий в этом случае устанавливается предприятиями, осуществляющими эксплуатацию месторождения, с учетом обеспечения нормального ведения горно-подготовительных и очистных работ в соответствии с производственными планами предприятия.

Подсчитанные запасы должны быть сопоставлены с запасами, принятыми на баланс ВГФ по оперативному подсчету.

На разрабатываемом месторождении необходимо производить сопоставление ранее утвержденных запасов с фактически полученными при эксплуатации. В случае существенных расхождений в цифрах утвержденных и добытых запасов, а также при различии в оценке качества строительных материалов должны быть установлены причины этих расхождений и получено заключение органов Госгортехнадзора СССР о согласии на списание неподтвердившихся запасов.

При повторном подсчете запасов на неразрабатываемом месторождении, производимом по результатам доразведки или вследствие изменения кондиций, ГОСТов, технических условий, изменения назначения сырья, должно быть произведено сопоставление ранее утвержденных запасов с полученными при пересчете. В случае расхождения должны быть установлены конкретные причины, приведшие к изменению запасов, и получено заключение о правильности произведенного пересчета от организации, производившей предыдущий подсчет запасов.

При производстве подсчета запасов и его обосновании должны быть учтены все рекомендации, данные ГКЗ СССР (ТКЗ) при утверждении кондиций или при предыдущем утверждении запасов как по данному месторождению, так и по аналогичным месторождениям, разведываемым организацией, представившей подсчет запасов. В отчете с подсчетом запасов должна быть указана степень их реализации. На основе произведенного анализа должны быть сделаны выводы о необходимости внесения изменений в методику разведки месторождения и приняты меры к повышению достоверности разведываемых запасов.

Требования к объему и содержанию материалов, обосновывающих подсчет запасов разведанного месторождения, определяются инструкцией ГКЗ СССР «О порядке внесения, содержания и оформления материалов по подсчету запасов рудных и нерудных полезных ископаемых, представленных для утверждения в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров (ГКЗ) и территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых (ТКЗ)».

При составлении отчета, кроме того, следует руководствоваться требованиями, содержащимися в Классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых и в инструкциях по ее применению к отдельным видам минерального сырья.

Материалы подсчета запасов должны содержать все данные, необходимые для их проверки, а в случае необходимости и пересчета.

Эффективность геологоразведочных работ определяется двумя факторами: 1) народнохозяйственным значением разведанного месторождения и 2) затратами на разведку единицы запасов полезного ископаемого.

Народнохозяйственное значение разведанного месторождения определяется состоянием сырьевой базы данного полезного ископаемого как в целом по стране, так и конкретного предприятия, для которого оно разведано, удельными капиталовложениями на освоение месторождения и стоимостью получаемой продукции на месте ее потребления.

Для решения вопроса об экономической целесообразности разведки месторождения необходимо произвести анализ эффективности геологоразведочных работ и экономическую оценку промышленного значения месторождения. При этом должны быть проанализированы общие затраты на разведку месторождения и по стадиям работ, произведены сопоставления затрат на одну тонну разведанных запасов данного месторождения с затратами на разведку других аналогичных месторождений, установлены причины повышения затрат и влияния их на промышленную оценку месторождения. Необходимо устанавливать влияние ввода в эксплуатацию разведанного месторождения на экономические показатели работы предприятия, для которого оно разведывалось.

Определение эффективности геологоразведочных работ рекомендуется (ВИЭМС) проводить по следующим показателям.

1. Удельные затраты на разведку единицы запасов по различным категориям (себестоимость разведки 1 т или 1 м³ запасов).

2. Соотношение удельных затрат на прирост запасов с себестоимостью добычи полезного ископаемого.

3. Соотношение затрат на разведку с предполагаемыми капиталовложениями в промышленное освоение разведанного месторождения.

4. Соотношение объемов прироста запасов и их погашение при эксплуатации за характеризуемый период времени.

5. Рентабельность затрат на геологоразведочные работы, определяемая соотношением затрат на разведку и прибыли от реализации товарной продукции по формуле:

$$K_p = \frac{\Pi}{Z_{гр} + Z_k},$$

где Π — прибыль от эксплуатации месторождения за весь период его разработки, руб.;

$Z_{гр}$ — затраты на разведку месторождения, руб.;

Z_k — капиталовложения на освоение месторождения, руб.

При оптимальной эффективности геологоразведочных работ затраты на разведку месторождений строительных материалов должны составлять десятки доли процента от прибыли.

Соблюдение стадийности в проведении геологоразведочных работ, совершенствование методики поисков и разведки, применение более эффективных технических средств, своевременная экономическая оценка изучаемого месторождения — верные пути повышения эффективности геологоразведочных работ на строительные материалы.

- Авдусин П. П. Глинистые осадочные породы. М., Изд-во АН СССР, 1953, 89 с.
- Авидон В. П. Предварительные испытания глин в полевых условиях. М., Госгеолтехиздат, 1963, 125 с.
- Альбов М. Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1965, 239 с.
- Барышев Н. В. Контроль опробования. М., Госгеолтехиздат, 1948, 87 с.
- Бейтс Р. Геология неметаллических полезных ископаемых. М., «Мир», 1965, 545 с.
- Беликов Б. П. О методе изучения трещинной тектоники месторождений строительного камня. М., Изд-во АН СССР, 1953, 38 с.
- Беликов Б. П. Упругие и прочностные свойства горных пород. — Тр. ИГЕМ АН СССР, 1961, вып. 42, с. 47—110.
- Бень И. И. Стекольное сырье. М., Госгеолтехиздат, 1962, 70 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 29).
- Блоха Н. Т., Шаманский И. Л. О порядке геолого- и технико-экономической оценки ресурсов и месторождений строительных материалов. — Тр. Казанского геол. ин-та. Нерудные ископаемые. 1969, вып. 1, с. 11—20.
- Богацкий В. В. Математический анализ разведочной сети. М., Госгеолтехиздат, 1963, 212 с.
- Борзунов В. М. Комплексная оценка месторождений карбонатных пород и песков. — «Разведка и охрана недр», 1959, № 1, с. 24—31.
- Борзунов В. М. Полевошпатовое сырье. М., Госгеолтехиздат, 1960, 26 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 12).
- Борзунов В. М. Оценка нерудного сырья при поисках и разведке месторождений металлов, угля, нефти и газа. — В кн.: Мат-лы ГКЗ СССР, сб. 2, М., Госгеолтехиздат, 1961, с. 26—43.
- Борзунов В. М. Мел. Изд. 2. М., Госгеолтехиздат, 1962, 31 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 6).
- Борзунов В. М. Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного минерального сырья. М., «Недра», 1965, 272 с.
- Борзунов В. М. Месторождения нерудных полезных ископаемых, их разведка и промышленная оценка. М., «Недра», 1969, 334 с.
- Борзунов В. М. Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного сырья. Изд. 2. М., «Недра», 1971, 316 с.
- Борзунов В. М., Шатрова Г. И. Опробование месторождений каменных строительных материалов. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 7, с. 18—20.
- Борзунов В. М. Принципы геологопромышленной оценки месторождений облицовочного камня. — В кн.: Облицовочные камни. М., «Наука», 1974, с. 15—20.
- Борзунов В. М. Характерные ошибки промышленной оценки месторождений нерудных полезных ископаемых. Мат-лы заседания экспертно-технического совета ГКЗ СССР. — «Разведка и охрана недр», 1975, № 1, с. 12—14.
- Борзунов В. М. Полевошпатовое сырье. Методические указания по производству геологоразведочных работ на неметаллические полезные ископаемые. М., «Недра», 1975, 50 с.
- Борисов С. Р., Стругов А. Ф. Обработка и хранение кернового материала. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 5, с. 24—27.
- Борков В. С., Коншина Ю. П. Поиски и разведка месторождений строительных материалов геофизическими методами. М., «Недра», 1970, 149 с.
- Боровиков П. П. Генетические типы, условия образования и промышленная оценка месторождений вермикулита. — В кн.: Перлит и вермикулит. М., 1962, с. 80—101.
- Борсук А. М., Цветков А. А. Трахиты Черка Безенгийского на Северном Кавказе как возможное сырье для керамической промышленности. — В кн.: Новые виды неметаллических полезных ископаемых. М., 1975, с. 63—68.

Бурение скважин большого диаметра установкой ЛБУ-50 взамен проходки шурфов. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 7, с. 52—55. Авт.: С. А. Брюлов, Л. Г. Грабчак, А. А. Шеленков, А. И. Кабанцев.

Бучаков Ю. Д., Корнилов Н. И. Пути совершенствования техники и технологии колонкового бурения. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 11, с. 38—44.

Бучаков Ю. Д., Кардыш В. Г., Мурзанов Б. В. Перспектива развития техники и технологии бурения на твердые полезные ископаемые. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 3, с. 21—26.

Бурдэ А. И., Бабурин А. В., Масютина С. А. Плотность сетей опробования при крупно- и среднemasштабных поисках. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 2, с. 11—15.

Быбочкин А. М. Основные требования к комплексному изучению и учету полезных ископаемых. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 5, с. 1—5.

Быбочкин А. М. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 9, с. 1—5.

Быстрицкий А. А., Куковьякин А. А. Опыт применения геофизических методов при разведке месторождения известняков. — «Изв. вузов. Геология и разведка», 1958, № 7, с. 112—117.

Быховер Н. М. Экономика минерального сырья. М., «Недра», 1968. 368 с.

Вагин И. В. Механизация горно-разведочных работ. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 11, с. 45—51.

Виноградов Б. Н. Сырьевая база промышленности вяжущих веществ. М., «Недра», 1971. 322 с.

Виноградов С. С. Известняки. Изд. 2. М., Госгеолтехиздат, 1961. 61 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 10).

Виноградов С. С. Доломиты. Изд. 2. М., Госгеолтехиздат, 1961. 40 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 20).

Виноградов С. С. Известняки. М., Госгеолтехиздат, 1951, 240 с. (Оценка месторождений при поисках и разведках. Вып. 9).

Виноградов С. С. Доломиты. М., Госгеолтехиздат, 1961. 174 с. (Оценка месторождений при поисках и разведках. Вып. 17).

Волков С. А., Сулакшин С. С., Андреев М. М. Буровое дело. М., «Недра», 1965, 492 с.

Волконский Б. В., Макашев С. Д., Штейерт Н. П. Технологические, физико-механические и физико-химические исследования цементных материалов. Л., Стройиздат, 1972. 304 с.

Временные требования к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья. М., 1973. 19 с. (ГКЗ СССР).

Грабчак Л. Г., Плохих В. А., Кабанцев А. И. Бурение разведочных шурфов. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 4, с. 29—32.

Григорович М. Б. Диатомит, трепел, опока. Изд. 2. М., Госгеолтехиздат, 1962. 35 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 21).

Григорович М. Б. О комплексной оценке месторождений строительных материалов и особенностях их разведки. — В кн.: Мат-лы по метод. разв. пол. ископ. М., 1962а, с. 551—556.

Григорович М. Б. Состояние геологической изученности сырьевых ресурсов перлита и вермикулита и задачи дальнейших геологоразведочных работ. — В кн.: Перлит и вермикулит. М., 1962, с. 5—9.

Григорович М. Б. Геологическая изученность ресурсов вермикулита и перспективы его применения в народном хозяйстве. — «Советская геология», 1964, № 5, с. 130—132.

Григорович М. Б. Опыт технологической классификации минерального сырья. — «Разведка и охрана недр», 1966, № 2, с. 4—6.

Григорович М. Б. Геологическая изученность месторождений вспучивающихся вулканических стекол и дальнейшие задачи геологической службы. — В кн.: Закономерности формирования и размещения месторождений вулканического стекла. М., 1969, с. 34—39.

Григорович М. Б. Оценка месторождений облицовочного камня при поисках и разведке. М., «Недра», 1970. 151 с.

Григорович М. Б. Облицовочные и строительные камни. — В кн.: Условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых. Л., 1971, с. 247—251.

Григорович М. Б. Минерально-сырьевая база промышленности строительного камня. М., «Недра», 1972. 134 с.

Григорович М. Б. Облицовочные камни. — В кн.: Облицовочные камни. М., «Наука», 1974, с. 10—15.

Григорович М. Б., Немировская М. Г. Минеральное сырье для промышленности строительных материалов и его оценка при геологоразведочных работах. М., «Недра», 1972. 207 с.

Гроховский Л. М. Об особенностях промышленной оценки месторождений каолина. — В кн.: Каолины. М., 1974, с. 168—176.

Гроховский Л. М. О промышленной оценке месторождений облицовочного камня и недостатках их изучения. — В кн.: Облицовочные камни. М., «Наука», 1974, с. 20—30.

Гроховский Л. М. Стекольное сырье. Методические указания по производству геологоразведочных работ на неметаллические полезные ископаемые. М., «Недра», 1974. 72 с.

Давыдова Э. Д. Экономическая эффективность производства и применения природных каменных материалов Армении. Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1970. 140 с.

Залесский Б. В. Методы исследования физико-механических свойств горных пород. — Тр. ИГЕМ АН СССР», 1958, вып. 13, с. 3—9.

Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям гипса и ангидрита. М., Госгеолтехиздат, 1961. 48 с. (ГКЗ СССР).

Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям глинистых пород. М., Госгеолтехиздат, 1961а. 50 с. (ГКЗ СССР).

Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям карбонатных пород. М., Госгеолтехиздат, 1961б. 48 с. (ГКЗ СССР).

Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям магматических пород. М., Госгеолтехиздат, 1961в, 55 с. (ГКЗ СССР).

Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям песка и гравия. М., Госгеолтехиздат, 1961г, 54 с. (ГКЗ СССР).

Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ГКЗ материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых. М., «Недра», 1976, 44 с.

Инструкция по производству топографо-геодезических работ при геологической съемке и разведке. М., «Недра», 1964, 212 с. (Госгеолом СССР).

Инструкция о содержании и порядке представления на утверждение в ГКЗ СССР технико-экономических обоснований кондиций, для подсчета запасов полезных ископаемых. М., «Недра», 1976. 32 с.

Инструкция о содержании и порядке составления геологических отчетов. М., «Недра», 1965а, 79 с. (Госгеолом СССР).

Кардыш В. Г., Окмянский А. С., Гаврилов Л. Н. Перспектива совершенствования оборудования для колонкового бурения. — Разведка и охрана недр», 1972, № 2, с. 32—37.

Ковальский Ф. И., Костромин С. В. Особенности методики поисков и разведки месторождений перлита. — В кн.: Закономерности формирования и размещения месторождений вулканических стекол. М., 1969, с. 91—95.

Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1961, ч. I — 331 с., ч. II — 390 с.

Куницын В. А. Определение состава керамических пегматитов при оценке месторождений. М., 1969, 5 с. (ОНТИ ВИЭМС).

Магидович В. И. Полевошпатовое сырье, его генетические типы и принципы оценки. М., «Наука», 1964. 142 с.

Магидович В. И., Финько В. И. Фарфоровые камни. — В кн.: Новые виды неметаллических полезных ископаемых. М., «Наука», 1975, с. 46—62.

Методические указания по обоснованию и расчету кондиций для

подсчета запасов твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). М., 1965, 27 с. (ГКЗ СССР).

Наседкин В. В. Заполнители для легких бетонов. Метод. указания по произв. геол.-разв. работ на неметаллич. пол. ископ. М., «Недра», 1974. 72 с.

Нечаев Г. А. Оценка качества цементного сырья по химическому составу. — «Цемент», 1962, № 5, с. 6—7.

Нечаев Г. А. Рациональная методика разведки цементного сырья. — В кн.: Мат-лы по метод. разв. пол. ископ. М., 1962, с. 520—521.

Нечаев Г. А. О некоторых актуальных вопросах оценки и изучения качества цементного сырья. — «Разведка и охрана недр», 1963, № 12, с. 5—9.

Нечаев Г. А. Метод расчета требований к химическому составу сырья для производства цементного клинкера. — «Тр. Гипроцемента», 1970, вып. 37, с. 80—90.

Нечаев Г. А. Поиски, разведка и промышленная оценка месторождений цементного сырья. М., «Недра», 1971. 192 с.

Нечаев Г. А. Сырьевые материалы и их подготовка. — В кн.: Краткий справочник технолога цементного завода. М., 1974, с. 53—68.

Норштейн Г. Ш. Детальная разведка эксплуатируемых месторождений. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 8, с. 14—16.

Облицовочные камни. М., Изд-во ВИНТИ, 1975, 123 с. Авт.: Б. П. Беликов, М. Б. Григорович, В. П. Петров, С. П. Шоболов.

Огинский И. М. Огнеупорные глины. Оценка месторождений при поисках и разведках. М., Госгеолгиздат, 1952. 115 с.

Околызин Е. П. Замер трещиноватости на карьерах нерудных строительных материалов. Тольятти, 1974, 30 с. (ВНИИнеруд).

Орлов А. М. Природные облицовочные камни. М., «Недра», 1965, 53 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 30).

Основные технико-экономические показатели для промышленной оценки месторождений цементного сырья. МПСМ СССР. Л., 1968, 24 с. (Гипроцемент).

Перваго В. А. Повышение эффективности геологоразведочных работ — главная задача геологов. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 3, с. 1—3.

Перфильев Н. И. Новое сырье для производства легких заполнителей бетона. Алма-Ата, Изд-во КазИМС, 1969, 16 с.

Петров В. П. Закономерности формирования и размещения вулканических стекол и близких к ним пород на территории СССР и за рубежом. В кн.: Закономерности формирования и размещения месторождений вулканических стекол. М., 1969, с. 7—14.

Петров В. П. Глины как полезное ископаемое. — В кн.: Глины, их минералогические свойства и практическое значение. М., 1970, с. 207—213.

Петров В. П. Развитие сырьевой базы промышленности неметаллов в Советском Союзе. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1970, № 4, с. 38—46.

Петров В. П. Условия образования каолинов и их свойства. — В кн.: Каолин. М., 1974, с. 10—20.

Петров В. П. Облицовочный камень — важнейшее и редкое полезное ископаемое. — В кн.: Облицовочные камни. М., 1974а, с. 3—10.

Петров В. П. Новые виды и новые пути использования неметаллических полезных ископаемых. — В кн.: Новые виды неметаллических полезных ископаемых. М., 1975, с. 5—24.

Печуро С. С. и Шнейдер В. Е. Гипс. М., Госгеолтехиздат, 1959, 43 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 50).

Пичугин М. С. Графический метод расчета химико-минералогического состава карбонатного сырья при его промышленной оценке. М., 1958. 18 с. (ЦБТИ НИИСМ. Информ. сообщ. Промстройиздат).

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Л., «Недра», 1968, 416 с. Авт.: Е. О. Погребницкий, И. В. Иванов, А. В. Скропышев и др.

Погребницкий Е. О., Терновой В. И. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Л., «Недра», 1974. 304 с.

Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1960, 672 с. Авт.: В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев, В. М. Борзун и др.

Поиски и разведка месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов. М., «Недра», 1968. 216 с. Авт.: В. М. Борзунов, М. Б. Григорович, Л. М. Гроховский и др.

Попов В. В. Актуальные вопросы разведки месторождений твердых полезных ископаемых. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 7, с. 13—19.

Потапенко С. В., Вейхер А. А. Глины и каолины. М., Гостеолтехиздат, 1962. 94 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 54).

Поляков В. Э. О стадийности геологоразведочного процесса. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 6, с. 10—17.

Производство заполнителей для бетона из песчано-гравийных смесей. М., Стройиздат, 1973. 170 с. Авт.: В. С. Бегларян, И. П. Бутенко, В. Г. Атласов и др.

Пустовалов Л. В. Об основных принципах классификации осадочных пород. — «Уч. зап. Ленингр. ун-та», 1964, вып. 12, с. 23—29.

Разведка месторождений строительных материалов. Методические указания по производству геологоразведочных работ. Вып. VIII. М., Гостеолтехиздат, 1957. 81 с. Авт.: М. Б. Григорович, Г. А. Нечаев, С. П. Варпаховский, И. Я. Галиц.

Рамзес Б. Я. Поиски и разведка песчаных и гравийных месторождений. М., Госстройиздат, 1959. 152 с.

Рамзес Б. Я., Нисневич М. Л. Контроль качества щебня, гравия и песка для строительных работ. М., Госстройиздат, 1963. 191 с.

Ревнивцев В. И. Обогащение полевых шпатов и кварца. М., «Недра», 1970. 127 с.

Розенфельд Ш. Л. Развитие и размещение промышленности строительных материалов СССР. М., Госпланиздат, 1960. 180 с.

Розенфельд Я. А. Методика расчета веса представительных проб для определения гранулометрического состава гравийно-песчаной залежи. — «Изв. Вузов. Серия Геология и разведка», 1968, № 4, с. 83—91.

Розовский Л. Б. Поиски и разведка месторождений морских строительных песков. — «Разведка и охрана недр», 1974, № 3, с. 15—21.

Роква М. Л., Мшвелидзе И. Н. Методы поисков, разведки и опробования месторождений пыльных стеновых камней. — «Тр. КИМС», 1968, вып. 7(9), с. 183—242.

Рояк С. М., Шпейдер В. Е. Цементное сырье. Изд. 2. М., Гостеолтехиздат, 1962, 82 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 52).

Саакян В. О. Вулканические шлаки как заполнитель для легких и облегченных бетонов. М., Госстройиздат, 1959. 173 с.

Самойлов В. Ф., Мельников И. И. Каолин. Оценка месторождений при поисках и разведке. Вып. 2. М., Гостеолтехиздат, 1951. 173 с.

Сивоконь В. И. Изучение и оценка месторождений первичных каолинов. М., «Недра», 1969. 135 с.

Сивоконь В. И. Каолин. Методические указания по производству геологоразведочных работ на неметаллические полезные ископаемые. М., «Недра», 1974. 47 с.

Смирнов В. И. О выборе плотности разведочной сети. — В кн.: Мат-лы по метод. разв. пол. ископ. М., 1962, с. 178—187.

Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., «Недра», 1969. 687 с.

Состояние и перспективы применения геофизических методов при поисках и разведке месторождений минерального сырья. — В кн.: Вопросы геологии нерудного минерального сырья. Вып. I. Тр. ВНИГЕОЛНЕРУД, вып. 35, Казань, 1973, с. 259—290. Авт.: Г. Е. Кузнецов, П. В. Вишнеvский, К. М. Тен, Р. И. Харитонов.

Справочник по производству строительной керамики. М., Госстройиздат, 1962, т. II — 640 с., т. III — 698 с.

Сулакшин С. С. Современные способы и средства отбора проб полезных ископаемых. М., «Недра», 1970. 246 с.

Татаринов П. М. Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. М., Гостеолтехиздат, 1964, 280 с.

Гаубер С. И. Методика разведки и подсчета запасов месторождений графия Московской области. М., ОНТИ, 1936. 102 с.

Герновой В. И. Методика отбора и обработки проб на месторождениях вермикулита. — В кн.: Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР. Л., 1962, с. 214—238.

Технические условия на качество основных видов сырьевых материалов для производства портландцементного клинкера. [Ротапринт]. Л., 1970, 51 с. Гипроцемент.

Физико-геологические предпосылки применения ядерно-геологических исследований скважин. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 8, с. 31—36. Авт.: А. М. Блюменцев, В. И. Ищенко, А. В. Лейкин, И. И. Фельдман.

Шаманский И. Л., Никаноров С. П., Фахрутдинов Р. З. Геолого-экономическая оценка ресурсов и месторождений минерального сырья, ее задачи и связь с экономикой геологоразведочных работ. — «Тр. Казанского геол. ин-та». 1969, вып. 28, с. 1—3.

Шепелев Ю. Ф., Зудина С. П. Волластонит как керамическое сырье. — В кн.: Новые виды неметаллических полезных ископаемых. М., 1975, с. 39—45.

Шкуни Б. М. Добыча и обогащение песка и графия способом гидромеханизации. М., Госстройиздат, 1953. 40 с.

Шлаин И. Б. Минеральное сырье для стекловарения. М., Промстройиздат, 1955. 270 с.

Шлаин И. Б. Производство щебня из карбонатных пород. М., Стройиздат, 1971. 310 с.

Шманенков И. В. Технологические исследования минерального сырья. — «Разведка и охрана недр», 1972, № 11, с. 58—61.

Шустер Р. Л., Путилин Ю. М. Производство керамзитового графия и песка из гидрослюдистых сланцев. Алма-Ата, 1969. 32 с. (КазИМС).

Чечотт Г. О. Опробование и испытание полезных ископаемых. Гос. научно-техн. горно-геол. изд., 1932. 144 с.

Якжин А. А. Опробование и подсчет запасов полезных ископаемых. М., Гостеолтехиздат, 1954. 566 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Буровые установки 43
Геологическая съемка 23
Геологические предпосылки 85, 102, 143, 174, 190
Горноразведочные выработки 50
Документация 54, 109
Классификация запасов 236
Классификация месторождений:
вермикулита 190
керамического сырья 171
стекольного сырья 138
строительного камня 84
перлита 189
песка и гравия 120
цементного сырья 99
Комплексность изучения месторождений 40
Кондиции 215
Опробование 54, 90, 110, 128, 155, 181, 191
Подсчет запасов 225
Поиски 25, 85, 104, 175, 191
Поиски месторождений:
вермикулита 192
керамического сырья 175
новых видов сырья 195
стекольного сырья 147
строительного камня 85
перлита 191
песка и гравия 122
цементного сырья 104
Разведка:
детальная 37, 89, 154, 178
предварительная 30, 87, 148, 177
эксплуатационная 23
Разведка месторождений:
вермикулита 191
керамического сырья 175
новых видов стройматериалов 195
стекольного сырья 148
строительного камня 85
перлита 191
песка и гравия 122
попутного нерудного сырья 202
цементного сырья 104
Стадии разведочных работ 20
Технические средства разведки 43
Технологические испытания 115
Требования промышленности к качеству:
заполнителей легких бетонов 185
керамического сырья 167
стекольного сырья 133
строительного камня 75
песка и гравия 117
теплоизоляционных материалов 185
цементного сырья 93
Эффективность:
геологоразведочных работ 241
капитальных вложений 223

Предисловие ко второму изданию — Борзунов В. М.	3
Введение — Борзунов В. М., Григорович М. Б.	5
Глава I. Минеральное сырье для промышленности строительных материалов и особенности его применения — Григорович М. Б.	7
Глава II. Классификация минерального сырья для промышленности строительных материалов и группировка промышленных типов месторождений по природным факторам, определяющим методику разведки — Григорович М. Б.	11
Глава III. Основные вопросы методики поисков и разведки месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов — Борзунов В. М.	20
Глава IV. Технические средства разведки — Борзунов В. М.	43
Глава V. Документация и опробование — Борзунов В. М.	54
Глава VI. Изучение качества сырья — Борзунов В. М.	67
Глава VII. Особенности поисков и разведки месторождений отдельных видов минерального сырья, используемых промышленностью строительных материалов	75
Строительные и облицовочные камни — Григорович М. Б.	75
Цементное сырье и прочие вяжущие — Нечаев Г. А.	93
Песчано-гравийные материалы — Григорович М. Б.	117
Стекольное сырье — Гроховский Л. М.	133
Сырье для строительной керамики и сантехизделий — Сырматников В. А., Гроховский Л. М.	165
Заполнители для легких бетонов и теплоизоляционные материалы — Григорович М. Б.	185
Глава VIII. Принципы поисков и разведки месторождений новых видов минерального сырья для промышленности строительных материалов — Борзунов В. М.	195
Глава IX. Разведка и оценка строительных материалов при проведении геологоразведочных работ на рудных месторождениях и месторождениях других полезных ископаемых — Борзунов В. М.	202
Глава X. Содержание и порядок утверждения кондиций на минеральное сырье для промышленности строительных материалов — Борзунов В. М.	215
Глава XI. Подсчет запасов и оформление материалов разведки — Борзунов В. М.	225
Список литературы	242
Предметный указатель	247

1 р. 96 к.

2062

НЕДРА