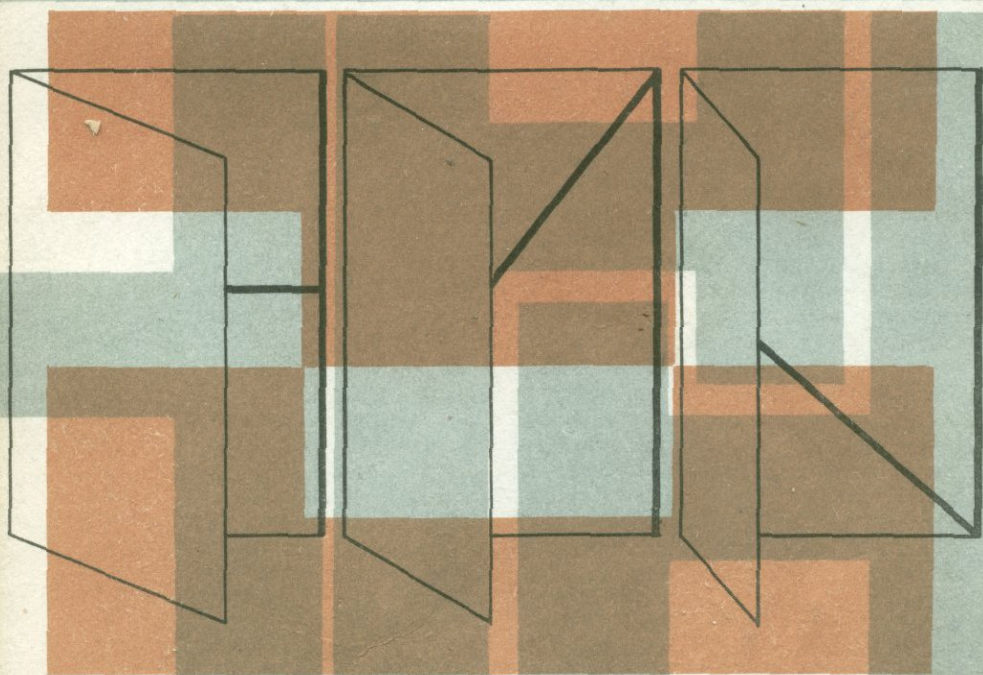


М.Б. ГРИГОРОВИЧ. М.Г. НЕМИРОВСКАЯ

МЕСТОРОЖДЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ



М.Б. ГРИГОРОВИЧ М.Г. НЕМИРОВСКАЯ

МЕСТОРОЖДЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

1674



МОСКВА "НЕДРА" 1987



Григорович М.Б., Немировская М.Г. Месторождения минерального сырья для промышленности строительных материалов. — М.: Недра, 1987. — 144 с., с ил.

Рассмотрены экономическое значение строительных материалов в народном хозяйстве Советского Союза, виды минерального сырья, применяемого промышленностью строительных материалов, объем добычи и потребления сырья в СССР и за рубежом, геологическая и технологическая его классификации. Детально охарактеризованы керамическое, стекольное сырье, строительные пески, песчано-гравийные материалы, строительные камни, вяжущие материалы. По каждому виду сырья даны геологическая характеристика месторождений, химический, петрографический состав сырья, его физико-механические свойства, области применения и технические требования к нему.

Для геологов, занимающихся поисками и разведкой строительных материалов.

Табл. 56, ил. 5, список лит. — 12 назв.

Рецензент: *В.П. Петров*, д-р геол.-минер. наук (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии)

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

Михаил Борисович Григорович,
Мария Георгиевна Немировская

МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Редактор издательства *О.И. Будянская*
Обложка художника *Ю.Г. Асафова*
Художественный редактор *Г.Н. Юрчевская*
Технический редактор *Н.С. Анашкина*
Корректор *Н.Г. Гаспарян*
Оператор *Л.А. Миронова*

ИБ № 6467

Подписано в печать 05.11.86. Т-23311. Формат 60 x 84¹/₁₆. Бумага офсетная № 1.
Набор выполнен на наборно-пишущей машине. Гарнитура "Пресс-роман".
Печать офсетная. Усл.печ.л. 8,37. Усл.кр.-отт. 8,84. Уч.-изд.л. 10,22. Тираж 2400 экз.
Заказ 360 /725-2. Цена 60 коп.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра",
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3

Московская типография № 9 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
109033, Москва Ж-33, Волочаевская, 40.

1904050000 — 123

Г _____ 115-87

043 (01) — 87

© Издательство "Недра", 1987

Перед промышленностью строительных материалов нашей страны XXVII съездом КПСС поставлены большие задачи. Особое внимание уделяется качеству цемента и увеличению объема его производства. Намечается к 1990 г. довести его выпуск до 140—142 млн. т. Предполагается расширить ассортимент высококачественных изделий промышленности строительных материалов. Предусматривается повышение производительности труда на 16—18 % и снижение себестоимости продукции на 4—5 %.

Месторождения минерального сырья, потребляемые промышленностью строительных материалов, объединяют большую группу горных пород и минералов. В настоящее время известно более 130 промышленных видов этих полезных ископаемых. Одни из них применяются в естественном виде, другие — в переработанном. Слюдь, тальк, песок, гравий, каолин, мел, палыгорскитовые глины используют в естественном виде. Многие полезные ископаемые в переработанном виде находят применение для получения вяжущих материалов — извести, цемента, стекла и обжиговых керамических, теплоизоляционных и кислотоупорных изделий.

Качество сырья для производства строительных материалов оценивается в зависимости от физических и физико-химических свойств, специфики минерального состава пород и возможностей получения различных продуктов и материалов. Особенность сырья для промышленности строительных материалов состоит в том, что разные отрасли производства используют различные свойства одной и той же горной породы.

Так, способность глины сохранять приданную ей форму позволяет употреблять ее в керамическом производстве, а способность некоторых легкоплавких глин вспучиваться при обжиге — для получения керамзита. В цементном производстве в основу положена способность минералов глины вступать в сложные химические взаимодействия с карбонатом кальция, в результате получают новые клинкерные материалы. Известняк, обладающий высокими физико-механическими показателями, широко применяется в качестве строительного камня. Тот же известняк благодаря способности после обжига и помола схватываться с водой дает возможность получения различных вяжущих материалов. В зависимости от физико-механических свойств песков они используются в качестве заполнителей бетона, строительных растворов, отощи-

телей жирных глин в керамическом производстве. Базальты широко применяются как строительный и облицовочный камень и в каменном литье за счет способности после плавки сохранять приданную им форму.

Сложность сырьевых шихт — характерная особенность строительных материалов. В частности, большой сложностью характеризуется стекольная шихта. В ее состав входят кварцевый песок, мел или известняк, доломит, кальцинированная сода, сульфат натрия, пегматит и ряд вспомогательных веществ, способствующих улучшению качества стекла, — осветители, обесцвечиватели, красители, глушители. Не менее сложна по составу сырьевая шихта в промышленности строительной керамики. Для ее изготовления используют каолин, глину, кварцевый песок, полевоы шпат или пегматит, доломит и т.д.

Для предприятий промышленности строительных материалов характерно сочетание добычи, переработки и выпуска готовой продукции. Большое значение имеет и наличие топливных ресурсов, так как расход их при выпуске продукции значителен.

В себестоимости продукции промышленности строительных материалов стоимость сырья может сильно меняться. Если сырье подвергается сложной технологической переработке, то доля стоимости сырья будет относительно небольшой. Например, стоимость сырья и материалов по отношению к себестоимости продукции в цементной промышленности составляет 23 %, в кирпичной — 13 %, в стекольной — 29 %.

В том случае, когда добытое минеральное сырье используется в естественном виде или проходит несложную механическую обработку, стоимость сырья составляет 40–50 % его себестоимости.

На многие виды минерального сырья, применяемого в промышленности строительных материалов, ГОСТы или ТУ до сих пор отсутствуют, поэтому пригодность сырья определяется по результатам испытаний конечной продукции. В настоящее время ГОСТы в промышленности строительных материалов имеются главным образом на готовую продукцию и на горные породы и минералы, которые подвергаются только механической обработке. Следует отметить, что физико-механические свойства горных пород определенного генезиса и петрографического состава относительно постоянны, что позволяет при оценке их качества применять ГОСТы. То же относится к хризотил-асбесту и слюдам. В ГОСТах лимитируются физико-механические свойства: прочность, истираемость, водопоглощение, морозостойкость и др.

Сложнее обстоит дело с полезными ископаемыми, пригодность которых определяется их химическим и минеральным составами. Практически нет двух совершенно одинаковых по качеству сырья месторождений огнеупорных глин — каолинов, стекольных песков и других

неметаллических полезных ископаемых. Это заставляет промышленность разрабатывать технические условия на сырье отдельных месторождений или на продукты их обогащения (каолин, тальк, графит и др.).

Отсутствие единых технических условий на сырье обуславливает необходимость проведения при геологоразведочных работах большого объема лабораторных исследований по некоторым видам сырья (кирпичные и керамические глины, цементное сырье и др.) и полужавовских испытаний.

Для улучшения качества некоторых видов сырья (каолин, стекольные пески и др.) широко используется обогащение для удаления вредных примесей или разделения породы на несколько компонентов.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Классификации месторождений полезных ископаемых начали разрабатываться в связи с развитием горного дела. Первая из них появилась еще в XVI в. (Агрикола) и в ее основу был заложен морфологический принцип. Более поздние классификации (К.И. Богданович и др.) основывались на этом же принципе. Впервые генетическая классификация всех видов полезных ископаемых была составлена В. Линдгреном в 1911 г. Согласно ей, месторождения полезных ископаемых были разделены на две группы: 1) образованные механическими и 2) химическими процессами. Кроме того, в зависимости от среды, в которой формировались месторождения, в каждой группе выделялись классы. Основной ее недостаток заключался в том, что деление месторождений на гипо-, мезо- и эпitherмальные было ошибочно как по терминологии, так и по существу. Впоследствии классификации разрабатывались М.А. Усовым, П. Ниггли, Г. Шнейдереном. Они характеризовались чрезвычайной сложностью и обладали рядом серьезных недостатков, особенно для эндогенных месторождений, поэтому не получили распространения.

В.А. Обручевым в 1922 г. предложена генетическая классификация полезных ископаемых, которая заняла ведущее место в отечественной геологии. По этой классификации месторождения полезных ископаемых делятся на три группы: 1) глубинные (эндогенные); 2) поверхностные (экзогенные); 3) измененные (метаморфогенные). Каждая группа, в свою очередь, подразделяется на категории, классы и типы. В эндогенной части она заимствована у В. Линдгрена, а в отношении экзогенной — оригинальна. Все упомянутые классификации относятся в основном к рудным месторождениям.

Большое разнообразие горных пород, потребляемых промышленностью строительных материалов, и возможность различного использования одной и той же породы затрудняют создание классификации минерального сырья, применяемого этой промышленностью.

Классификация месторождений нерудных полезных ископаемых была предложена Б.Я. Меренковым и М.В. Муратовым. Ими было выделено 14 групп: сырье для химической и туковой промышленности; дорожно-строительные и декоративно-строительные материалы и камни; сырье для керамической и стекольной промышленности; огнеупорное сырье; абразивные материалы; флюсы; наполнители и утяжелители; сырье для производства вяжущих веществ; электроизоляционные материалы; тепло- и звукоизоляционные материалы; кислотоупорное

сырье; драгоценные и технические камни; отбеливающие земли; литейное сырье и сырье для новых отраслей промышленности. Эта классификация по принципу промышленного использования сырья имеет ряд недостатков; в частности, одно и то же полезное ископаемое относится к различным классификационным группам (например, известняки — к группе каменных строительных материалов и к группе вяжущих материалов, флюсов и сырья для химической промышленности). Кроме того, совершенно различные по составу и характеру переработки полезные ископаемые объединяются в одну группу. Таким образом, классификация минерального сырья по принципу его промышленного использования не характеризует ни самого сырья, ни способа его технологического передела.

Е.Е. Захаровым и Г.И. Магакьяном была разработана классификация рудных и нерудных полезных ископаемых с разделением месторождений на глубинные, поверхностные и метаморфические с более детальным делением. Эта классификация чрезмерно громоздка и является возрождением классификаций по минералогическим принципам.

В 1969 г. П.М. Татариновым была опубликована классификация неметаллических полезных ископаемых. Все месторождения были разделены на три группы: эндогенные, экзогенные и метаморфогенные. Среди эндогенных месторождений выделяются собственно магматические, пегматиты, карбонатиты и постмагматические, а среди магматических — ранне- и позднемагматические и ликвационные. В свою очередь, постмагматические месторождения делятся на скарновые, гидротермальные, эксгаляционные и вулканогенно-осадочные; экзогенные — на месторождения выветривания и осадочные, а метаморфогенные — на метаморфизованные и метаморфические. Принцип классификации исходит из условий образования рудных минералов и горные породы рассматриваются не как полезные ископаемые, а как породы, их вмещающие.

И.Ф. Романовичем было предложено разделение минерального сырья всех видов на три группы месторождений: 1) элементов и их соединений; 2) минералов и 3) горных пород. Таким образом, все минеральное сырье для промышленности строительных материалов по этой классификации относится к третьей группе. Сюда входят месторождения строительных материалов, в оценке которых ведущую роль играют: а) химический состав (гипсы, ангидриты, трассы, пушчоланы, породы для каменного литья и др.); б) физические свойства и химический состав (глины, карбонатные породы, диатомиты, трепела, опоки и др.); в) физические свойства (граниты, гнейсы, декоративные камни, гравий, песок, кровельные сланцы, пемза, мрамор, перлитовое сырье и др.).

Существенным недостатком этой классификации является то, что все металлические полезные ископаемые, а также месторождения бора,

Генетическая классификация месторождений нерудных
полезных ископаемых. По [1] с изменениями

Месторождения	Основные неметаллические полезные ископаемые	Практическое значение
	Эндогенные	
<i>Магматические</i> , генетически связанные с породами: кислыми и средними основными ультраосновными щелочными	Граниты, кварцевые диориты — Габбро Дуниты, перидотиты Сиениты	Основной источник получения строительного и облицовочного камня То же — " — — " —
<i>Пегматитовые</i> , генетически связанные с комплексами пород: гранитных	Полевой шпат, кварц	Основной источник для керамической и стекольной промышленности То же
основных и ультраосновных щелочных	Корунд Полевой шпат, вермикулит	Важный источник для керамической и стекольной промышленности и получения легких заполнителей
<i>Постмагматические</i> Контактово-метасоматические (скарновые) Гидротермальные: высокотемпературные среднетемпературные низкотемпературные	Тальк Графит Асбест, тальк Тальк	Основной источник получения талька То же Второстепенное
Вулканогенные (области современной вулканической деятельности)	Перлит, вулканический шлак, пемза	Основной источник для получения легких заполнителей и теплоизоляционных материалов
	Экзогенные	
<i>Осадочные</i> Морские: платформенные	Тугоплавкие и легкоплавкие глины, гипс, известняки, мел, доломиты	Основной источник для промышленности строительных материалов
геосинклинальные	Доломиты, известняки	То же

Месторождения	Основные неметаллические полезные ископаемые	Практическое значение
Континентальные: аллювиальные	Пески, гравий, легкоплавкие глины	Основной источник для промышленности строительных материалов
озерно-болотные	Огнеупорные и тугоплавкие глины	То же
ледниковые золотые	Пески, гравий Пески	" "
<i>Выветривания</i>		Второстепенное
Остаточные:		
аллювиально-делювиальные	Пески	Второстепенное
коры выветривания	Глины, каолины	Важный источник для получения каолина
Инфильтрационные	Гипс	Второстепенное
	Метаморфогенные	
Метаморфические	Мрамор, кварциты, мраморизованные известняки	Основной источник для промышленности облицовочного камня

калийных солей, апатитов, фосфоритов и серы были включены в группу месторождений элементов. К недостаткам следует отнести и отсутствие четкого классификационного принципа. Наличие в группе месторождений элементов фосфоритов и калийных солей ошибочно, так как это по существу горные породы и минералы. В то же время некоторые месторождения нерудного сырья не были охвачены классификацией.

В настоящей работе принята генетическая классификация В.М. Борзунова (табл. 1). В связи с тем что в работе рассматривается только часть неметаллических полезных ископаемых, в классификацию внесены сокращения, дополнения и некоторые изменения.

Автором разработана специальная технологическая классификация минерального сырья для промышленности строительных материалов. Она основана на промышленном использовании пород и характеристиках их обработки. По предлагаемой классификации горные породы, применяемые в промышленности строительных материалов, делятся на две основные группы.

Группа I. Горные породы, применяемые в естественном состоянии. Они подразделяются на две подгруппы.

А. Требующие несложной механической обработки — дробления, отсева, иногда промывки. В эту подгруппу входят: 1) изверженные, плотные карбонатные породы и песчаники, а также другие массивные породы, находящие применение 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 и полевошпатовые пески и гравий, идущие на приготовление строительных растворов и заполнителей бетона; 4) пемзовые пески, а также диатомиты и трепела, применяемые как заполнители легких бетонов и теплоизоляционные материалы.

Б. Требующие сложной обработки — распиловки, фрезеровки, шлифовки, полировки. Сюда относятся: 1) плотные породы (граниты, сиениты, диабазы, мрамора 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.

Для качественной оценки пород первой группы основное значение имеют их физические свойства (механическая прочность, объемная масса, пористость, морозостойкость и др.), минеральный состав и структура. В характеристике обломочных пород этой группы учитывается размер зерен, иногда и их форма (лещадные зерна в гравийных породах и др.). При оценке пригодности пород для нужд промышленности строительных материалов руководствуются ГОСТами и ТУ, лимитирующими качество получаемой продукции. Поскольку в процессе механической обработки они сохраняют свои основные свойства, оценка качества продукции в значительной мере является и оценкой качества таких пород.

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

При качественной оценке пород группы II основное значение имеет их химический состав. Во многих случаях важны также и физико-технические свойства сырья. Так, для карбонатных пород, применяемых в качестве цементного сырья, необходимо определять их размалывае-

мость, влияющую на проектирование размольного устройства. При использовании мергельных пород важна их способность к размоканию, поскольку размокающие породы забивают дробилки, печи и тем самым затрудняют их работу. Карбонатные породы, разведываемые для обжига на известь, изучают на прочность с учетом того, что при разработке необходимо получать куски определенного размера. Для стекольных песков наряду с химическим составом большое значение имеет их гранулометрический и минеральный составы. В глинистых породах обязательным является определение содержания крупных механических примесей, так как повышенное их количество снижает качество породы. Затраты на удаление этих примесей или их разлом приводят к значительному удорожанию процесса производства.

Для пород группы II, подвергающихся относительно сложной технологической переработке, стандартов почти не существует (за исключением гипса) и пригодность их как сырья оценивается главным образом по качеству получаемой из них продукции. Технические условия к качеству сырья предварительно установлены только на некоторые виды пород этой группы (стекольные пески, цементное сырье и др.). Этими требованиями обычно руководствуются на первой стадии изучения месторождения, для окончательного же определения промышленной ценности многих видов полезных ископаемых группы II необходимо 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 тогда в зависимости от характера технологического процесса переработки используются те или иные ее свойства. Так, например, в производстве цементного клинкера глина участвует в образовании новых клинкерных минералов (силикатов и алюминатов кальция), обладающих способностью схватываться после затворения водой.

В керамическом производстве используются иные свойства глин — способность к разрушению кристаллической решетки глинистых минералов и необратимая потеря пластичности (в процессе обжига при температуре 700—800 °С) с превращением их в камнеподобную массу. Производство керамзита основывается на способности некоторых легкоплавких глин вспучиваться при нагревании вследствие возникновения химических реакций, приводящих к выделению газообразных продуктов при одновременном быстром образовании жидкой фазы.

Предлагаемая технологическая классификация (табл. 2) раскрывает особенности использования сырья в той или иной отрасли промышленности и является обобщенной. В каждой из подгрупп могут быть выделены более дробные подразделения по показателям, уточняющим возможность отнесения породы к той или иной качественной категории. Глинистые породы для керамической промышленности

Технологическая классификация минерального сырья для промышленности строительных материалов

Подгруппы пород	Характеристика пород	Вид обработки пород	Цель обработки	Применение продукта обработки	Анализы и испытания, выполняемые при геологоразведочных работах	
					Основные	Дополнительные
I Группа. Породы, применяемые в промышленности в естественном состоянии или после механической обработки						
1. Искусственно измельчаемые или рыхлые	1. Массивные: а) плотные – магматические, метаморфические, осадочные	Дробление, фракционирование	Получение щебня	Как заполнитель тяжелого бетона	Петрографический, определение прочности, морозостойкости, водопоглощения, объемной массы	Определение содержания SiO_2 , проведение испытаний в бетоне
	б) пористые – эффузивные (вулканические туфы), осадочные (известняки-ракушечники)	То же	То же	Как заполнитель легкого бетона	То же	То же
	2. Рыхлые: а) гравий, песок из плотных пород (осадочные, интрузивные)	Промывка, фракционирование	Получение кондиционного гравия и песка	Как заполнитель бетона: тяжелого	Гранулометрический, минералогический	Определение содержания SO_3 , органического вещества, активного SiO_2 , проведение испытаний в бетоне

	б) то же, из пористых пород (эффузивных, осадочных)	То же	То же	легкого	Определение формы зерен, прочности, морозостойкости, объемной массы	То же
	в) диатомиты, трепела, опоки	Фракционирование	Получение кондиционного продукта	Как заполнитель легкого бетона, теплоизоляционный материал	Определение формы зерен, прочности, морозостойкости, объемной массы	”
2. Добываемые в виде монолитов	Плотные породы: интрузивные, метаморфические, осадочные	Распиловка, фрезеровка, полировка	Получение облицовочных плит и фигурных изделий	Для внешней и внутренней облицовки, дорожных работ	Петрографический, определение прочности, морозостойкости, водопоглощения, пористости, объемной массы, выхода дельного камня	Определение декоративности и способности к полируемости

II Группа. Породы и минералы, применяемые после термической обработки

1. Спекающиеся при обработке	Легкоплавкие глины, сланцы, керамзит, перлит, гидратированная слюда (вермикулит), кремнистые породы (диатомит, трепел, опока)	Измельчение перлита, сланцев, получение гранул (из глин), обогащение (вермикулит), обжиг	Получение легких пористых материалов	Как заполнитель легких бетонов, теплоизоляционный материал	Гранулометрический, химический, минералогический, определение вспучиваемости и спекаемости, проведение испытаний полученной продукции	Определение содержания органических веществ (для керамзитовых глин)
------------------------------	---	--	--------------------------------------	--	---	---

Подгруппы пород	Характеристика пород	Вид обработки пород	Цель обработки	Применение продукта обработки	Анализы и испытания, выполняемые при геологоразведочных работах	
					Основные	Дополнительные
2. Схватывающиеся с водой после обжига и помола	Карбонатные, карбонатно-глинистые, гипс	Обжиг, помол	Получение вяжущих материалов	Для получения бетона, строительных растворов, сухой штукатурки, панелей, плит	Химический, granulометрический, минералогический, проведение технологических испытаний	Проведение испытаний готовой продукции
3. Схватывающиеся в процессе пропаривания в автоклаве	Кварцевые пески, известь	Измельчение, формирование, пропаривание в автоклаве	Получение силикатных и силикальцитных изделий	Преимущественно как стеновой материал	Химический, granulометрический, минералогический, проведение технологических испытаний	
4. Пластичные, твердеющие в процессе обжига	Легко- и тугоплавкие, огнеупорные глины, каолин (с различными добавками)	Подготовка сырья, формирование, обжиг	Получение изделий грубой и тонкой керамики	В различных отраслях строительства	Химический, granulометрический, минералогический, определение керамических свойств	Проведение испытаний готовой продукции

5. Расплавленные в процессе обжига и твердеющие с приобретением новых свойств	Кварцевые пески (с различными добавками), базальт и др.	Обжиг, расплавление, формование	Получение литых изделий (стекло, каменное литье) и минеральной ваты	То же	Химический, минералогический, гранулометрический, определение обогатимости (для стекольных песков), проведение технологических испытаний	
6. Вводимые в измельченном состоянии в сырьевую смесь или в конечный продукт	Полевой шпат, гипс, кварцевый песок, трепел, глина, вулканический туф, волластонит, тальк, асбест, слюдяной порошок	Измельчение, рассев, иногда помол	Получение добавок, повышающих качество	Для получения цемента, керамических изделий, стекла и др.	Химический, минералогический, гранулометрический	Проведение технологических испытаний

классифицируются по огнеупорности, спекаемости, содержанию красящих веществ и другим показателям; существует также классификация цементного сырья, основанная на химическом составе карбонатных, глинистых и других пород.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Материалы, используемые в керамической промышленности, делятся на две основные группы: пластичные и непластичные. Основным сырьем являются пластичные материалы, к которым относятся различные глины. Меньшее, но тем не менее существенное значение имеют непластичные материалы, добавляемые к глинам для придания им необходимых технологических свойств:

уменьшения пластичности глины (песок, шамот);

повышения термостойкости и механической прочности изделий (тальк);

уменьшения деформации при сушке и обжиге и коэффициента истирания в некоторых изделиях, а также повышения термической стойкости (пирофиллит);

понижения температуры плавления с целью ускорения спекания глины и получения более плотного черепка (полевой шпат, мрамор и др.);

повышения пористости керамических изделий (древесные опилки и другие материалы, сгорающие при обжиге с образованием пор).

Пластичные материалы

Глинистые породы. К этой группе пород относятся глины, представляющие собой землистые мягкие горные породы, образующие пластичное тесто при затворении водой и сохраняющие после высыхания приданную ему форму; после обжига они твердеют до состояния камня.

Л.Б. Рухиным предложена классификация глин по гранулометрическому составу (табл. 3). В ее основу положено наличие среди глин различных групп частиц, свойства которых различны (легкость, пластичность, максимальная гигроскопичность и др.). Кроме того, к группе глинистых относятся некоторые другие породы — аргиллиты и глинистые сланцы, не размокающие в воде и не обладающие пластичностью в естественном состоянии.

Классификация глин по размеру частиц. По Л.Б. Рухину

Породы	Содержание частиц, %			
	коллоидных 0,001 мм	пылеватых 0,001—0,01 мм	алевритовых 0,01—0,1 мм	песчаных 0,1—1,0 мм
Глины:				
типичные (коллоидные)	> 50 (в сумме более 75)	26—50	< 25	< 5
пылеватые	26—50 (в сумме более 75)	> 50	< 25	< 5
алевритистые	(в сумме 50—75)		< 25	< 5
алевритовые	То же		26—50	< 5
песчанистые	"		< 25	< 25
песчаные	"		< 25	26—50

1679
479

Своеобразной разновидностью глинистых пород являются так называемые сахарные глины или сухари (флинт-клей) — плотные камневидные породы, не размокающие в воде. Особенность их строения объясняется различно ориентированными монокристаллами, переходящими в блоки субпараллельных индивидов. Для сахарных глин иногда характерно присутствие свободного глинозема, не связанного с кремнеземом. Эти породы отличаются от обычных глин раскристаллизованностью части глинистых минералов, лучшей ориентированностью и высоким содержанием слюдястых минералов — серицита, биотита, хлорита и др. В этих породах отмечается сланцеватость, особенно у наиболее метаморфизованных разновидностей. К глинам относятся также каолины, представляющие собой почти мономинеральные глинистые породы, сложенные преимущественно каолинитом или минералами этой группы.

Состав глин определяется главным образом тонкокристаллическими выделениями минералов малочисленной группы водных алюмосиликатов. В некоторых из них алюминий полностью или частично замещается магнием или железом, тогда как в других в значительных количествах присутствуют щелочи или щелочные земли (табл. 4). Свойства глинистой породы определяются химическим составом и относительным содержанием всех слагающих ее глинистых минералов, а также степенью их кристалличности. Так, по Р. Гриму, две глины, состоящие только из каолинита, будут иметь различные свойства, если в одной из них каолин хорошо раскристаллизован, а в другой — слабо упорядочен.

Минеральный состав присутствующих в глинах неглинистых минералов, а также их форма, относительное количество и гранулометрический состав значительно влияют на свойства глин, в том числе на темпе-

ратуру обжига, пластичность, цвет до и после обжига и др. Неглинистый материал относительно крупной размерности, присутствующий в керамических глинах, оказывает существенное положительное воздействие на их усадочные характеристики, а такое же количество неглинистого материала, находящегося в тонкодисперсном состоянии, резко повышает усадочность.

Глинистые минералы и органическое вещество могут обладать различными адсорбционными способностями, влияющими на технологические свойства глин. Так, степень пластичности монтмориллонитовых глин прямо связана с уровнем их насыщенности натрием. Определенное влияние на свойства глин оказывают их структурные особенности — гранулометрический состав, форма глинистых частиц, их пространственная ориентировка и сила сцепления между ними. Среди глинистых минералов выделяется несколько групп, отличающихся по составу и свойствам.

К группе аллофановых минералов относятся рентгеноаморфные глинистые минералы, не имеющие постоянного химического состава или формы. В некоторых случаях аллофановые минералы являются более упорядоченными и приближаются к монтмориллониту. В глинах, содержащих аллофан, обычно отмечаются незначительные концентрации щелочей и щелочных земель.

Группа каолинитовых минералов. Минералы этой группы сложены двухслойными чередующимися пачками. Каолинит имеет структурную формулу $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$ и химический состав (в %): SiO_2 —46,54, Al_2O_3 — 39,50, H_2O — 13,96. В группу каолинитовых минералов, кроме каолинита, входят диккит и накрит, редко встречающиеся в глинах и отличающиеся от него по оптическим свойствам и кривым обезвоживания.

Из глинистых минералов каолинит имеет наиболее высокую температуру плавления — 1750 — 1787 °С. Он является главной составной частью каолина и присутствует во многих глинах, в значительной мере определяя их огнеупорность. Близок к каолиниту и монотермит, имеющий температуру плавления 1550—1570 °С.

В группу галлуазита входят галлуазит, метагаллуазит и феррогаллуазит. Химическая формула галлуазита $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8 \cdot 4H_2O$, химический состав (в %): Al_2O_3 34,7; SiO_2 40,8; H_2O 24,5. В глинах галлуазит встречается в виде трубчатых выделений. Температура плавления минералов этой группы — 1780—1790 °С.

Группу монтмориллонита образуют минералы, встречающиеся в виде очень мелких частиц. Химический состав монтмориллонита постоянен и зависит от содержания воды; по разным данным он выражается следующими значениями (в %): SiO_2 48—51; Al_2O_3 11—22; H_2O 12—24. Формула монтмориллонита может быть представлена в следующем виде: $(Al, Fe)_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$.

Для монтмориллонитов свойственна способность к значительному набуханию, обусловленному его структурой. Особенность структуры монтмориллонита заключается в слабой связи между слоистыми пакетами и наличием свободного пространства между ними, в которое может проникать вода и некоторые ионы. Характерно для монтмориллонита и присутствие обменных катионов, в зависимости от состава которых меняются его свойства. Монтмориллонитовые бентонитовые глины (особенно щелочные) характеризуются высокими адсорбционными свойствами. В минералах группы монтмориллонита алюминий частично или полностью замещается железом с образованием ферромонтмориллонитов, составляющих основу большинства почв и бурых легкоплавких глин.

Группа гидрослюдов включает слюдистые минералы. По Р. Гриму, для них (в отличие от хорошо раскристаллизованных слюдов) характерно меньшее замещение кремния алюминием и более низкое содержание калия, а также беспорядочность в расположении силикатных слоев. Между силикатными слоями в переменном количестве присутствует вода. Минералы этой группы часто встречаются в смеси с другими глинистыми минералами. Группу гидрослюдов образуют широко распространенные минералы — иллит, браммалит, серицит и другие, являющиеся промежуточными минеральными образованиями между слюдами и глинами. Температура плавления гидрослюдов изменяется от 1200 до 1400 °С.

Группа хлоритовых минералов. В группу хлоритовых минералов входит значительное количество минералов, в структурном отношении состоящих из чередующихся слюдо- и бруситоподобных слоев. Химическая формула может быть представлена в следующем виде: $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3 \times \{ \text{OH} \}_2 [\text{AlSi}_3 \text{O}_{10}]$. $\{ (\text{Mg}, \text{Fe})_3 (\text{OH})_6 \}$. Изредка также присутствуют оксиды хрома, никеля и марганца. Главнейшие разновидности хлоритов — пеннин с небольшим или средним содержанием железа и клинохлор, бедный железом. Хлоритовые минералы обычно встречаются в смеси с другими глинистыми минералами.

Пальгорскит — псевдослоистый силикат, в составе которого участвуют магний, алюминий, реже железо и калий (до 2 %). Встречается в виде войлокоподобных и похожих на кожу или бумагу тонких прослоев. Он входит в состав некоторых глин, реже образует отдельные пласты.

Многие глины слагаются несколькими глинистыми минералами, нередко образуя смеси различной природы, т.е. состоят либо из отдельных чешуек глинистых минералов без какой-либо их преимущественной ориентировки относительно друг друга, либо образуют тесное переслаивание. Особенно часто смешанноминеральные сростания образуют иллиты, монтмориллониты, хлориты и вермикулиты.

По преобладанию одного или нескольких минералов выделяют каолинитовые, монтмориллонитовые, гидрослюдистые, каолинит-гидрослюдистые, монотермитовые, бейделлитовые и прочие глины. Наряду с этим,

нередко различают глины по содержанию в них ведущей примесной компоненты — углистые, песчанистые, известковистые и другие, а также по цвету — красные, серые, желто-бурые и др.

Кроме глинистых минералов, в переменных количествах в глинах всегда присутствуют минералы-примеси; наиболее часто встречается кварц, главным образом в виде отдельных зерен, рассеянных в массе породы, или в виде песчаных прослоев и линз. В глинах нередко гидроксиды железа — лимонит, гидрогематит, гидрогётит как в рассеянном состоянии, так и в виде различных скоплений. Сульфиды железа (пирит, марказит) часто представлены в глинах отдельными мелкими кристаллами или тонкой примесью. Присутствие в глинах гидроксидов железа, сульфидов, кварца, особенно в крупных зернах, является нежелательным, так как первые окрашивают глины, а кварц затрудняет их обработку и снижает пластичность.

В четвертичных глинах и суглинках часто отмечаются тонкодисперсный материал и стяжения (дутики) карбонатов. В процессе обжига глины из кальцита образуется оксид кальция, который в дальнейшем при соединении с водой переходит в гашеную известь с увеличением объема, что вызывает растрескивание обожженных изделий. Кальцит, находящийся в глинах в распыленном состоянии, также является вредной примесью, снижая их огнеупорность, увеличивая усадку при обжиге и размягчаемость под нагрузкой.

Также часто в глинах встречается гипс, являющийся вредной примесью, так как при обжиге он теряет воду, а затем гидратируясь, увеличивается в объеме, обуславливая тем самым растрескивание обожженных изделий. В глинах обычно присутствует органическое вещество как в виде отдельных прослоек и включений, так и мелкорассеянной примеси угля, сажи и торфа. При обжиге включения угля и сажи выгорают при температуре 600 °С, а торфа — 900 °С. При значительных количествах органического вещества образуется пористый черепок, снижается объемная масса и прочность изделий. Присутствующие в глинах аксессуарные минералы — циркон, рутил, турмалин, гранат, дистен и другие на ее качество не влияют.

Минеральный состав некоторых глин приведен в табл. 5. Анализ данных таблицы показывает, что во всех глинах отмечены кварц и каолинит, в большинстве — также гидрослюда.

Глинистые породы характеризуются различным гранулометрическим составом (табл. 6) и не менее чем на 30 % от объема породы состоят из частиц размером меньше 0,005 мм. Присутствует в глинах также алевритовая компонента, представленная обычно небольшим количеством песчаных частиц.

На степень дисперсности глин в значительной мере влияют их минеральный состав и условия образования. Наиболее высокой степенью дисперсности обладают монтмориллонитовые глины, образовавшиеся в морских глубинах, и вторичные каолины, осажженные в водных бассейнах.

Минеральный состав наиболее распространенных глин, %. По Н.В. Логвиненко

Порода	Месторождение, район	Кварц	Полевые шпаты	Слюды	Хлорит	Каолинит	Гидрослюды	Карбонат	Оксиды и гидроксиды железа	Гидратгиллит	Органическое вещество	Монтмориллонит	Прочие
Аргиллит	Донбасс	23,46	4,50	24,58	Сл.	32,16	Сл.	4,45	6,47	—	0,70	—	4,13
Глина:	Часов-Яр,	1-2	—	—	—	30-35	60-70	Сл.	Сл.	—	Сл.	—	Сл.
монотермитовая	Украина												
гидрослюдистая	Косулино, Урал	5,0	—	Сл.	—	10,00	85,00	—	Сл.	—	—	—	Сл.
каолини- товая	Полетаево, Урал	44,50	—	—	—	25,40	28,50	—	—	—	—	—	1,60
то же	Новоселицкое, Украина	1,0	—	—	—	65-70	—	—	—	25-30	—	—	1,0
"	Кыштым, Урал	37,00	—	—	—	48,00	12,0	—	—	—	—	—	3,0
монтмориллонитовая	Аскана, Грузия	Преобладает монтмориллонит											
мономинеральная	Майкоп, Кавказ	Гидрослюдисто-бейделлитовая с примесью монтмориллонита											

Гранулометрический состав глинистых пород, %. По Н.В. Логвиненко

Глина	Месторождение, район	Фракция, мм					
		> 0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,001–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Каолини- товая	Веселые Тер- ны, Украина	0,20	11,80	20,10	40,10	7,50	20,30
”	Саксагань, Украина	0,20	3,90	7,80	37,90	37,60	12,60
Гидро- слюдисто- каолини- товая	Часов-Яр, Украина	–	0,89	0,50	0,80	22,14	75,64
Карбонат- ная	Украина	0,12	2,91	13,05	46,73	14,41	25,93
Гидро- слюдист- тая	”	–	–	12,01	10,26	31,51	46,32
Монтмо- риллони- товая	Отланлы, Туркмения	0,01	0,03	1,88	1,00	26,66	70,42
Полими- нераль- ная	Киевская обл.	2,05	4,09	9,98	42,73	9,66	31,49

Тонкодисперсными являются также коллоидные глины. Аллювиальные и делювиальные глины – наименее дисперсные и часто содержат примеси песка и обломки горных пород.

Цвет глин определяется наличием соединений железа и марганца, а также органического вещества. Оксиды железа (III) окрашивают глины в розовый, бурый и красный цвета, а оксиды железа (II) – в синеватые и зеленоватые. Оксиды марганца придают глинам буроватую окраску, а органическое вещество окрашивает их в палевый, серый, черный или розовый цвета.

Условия образования месторождений глин. Месторождения глинистых пород по генетическим условиям относятся к экзогенным и подразделяются на первичные, вторичные и метаморфогенные. В группу первичных пород входят остаточные (элювиальные) глины, которые образуются при химическом выветривании интрузивных, эффузивных, метаморфических и осадочных пород. Минеральный состав таких глин зависит от состава материнских пород.

В глинах, сформировавшихся за счет выветривания кислых пород, образуется в основном каолинит, а в глинах, возникших за счет основных пород — монтмориллонит и бейделлит. Наибольшее практическое значение имеют месторождения первичных каолинов, становление которых связано с процессами выветривания кислых интрузивных пород в гумидных условиях. Наиболее распространенными являются каолины, генетически связанные с гранитами, мигматитами и гнейсами, реже — с другими породами (пегматиты, аркозы, слюдястые сланцы и др.).

В процессе каолинизации происходит разложение полевых шпатов и других алюмосиликатов с выносом щелочных и щелочноземельных элементов, частично кремния и железа. Последнее удаляется главным образом в форме оксида железа (II), а оксидное железо (III) сохраняется в виде налетов по трещинам. Содержание кремнекислоты по сравнению с материнскими породами уменьшается примерно на 10 %. Для качества каолинов большое значение имеет железистость материнской породы. Лейкократовые породы дают более высококачественный каолин, чем породы, содержащие железистые минералы в виде сульфидов, оксидных соединений или железомagneзиальных силикатов (биотит, пироксен, амфибол).

Сульфиды и оксиды, возникшие при выветривании, должны быть полностью растворены, а железо вынесено, поскольку последнее снижает качество каолина, вследствие чего он становится мало пригодным для промышленного использования. Так, вольские каолины характеризуются низким качеством сырья за счет присутствия ильменита, хотя содержание каолина достигает 95 %. При выветривании железистых силикатов железо выносится неполностью и частично остается внутри листочков каолинита. Такое железо при обогащении не удаляется и снижает качество каолина.

Кроме того, для оценки качества каолина большое значение имеет величина зерен кварца, так как при мокром способе обогащения крупные зерна легко отделяются, а мелкие удалить практически невозможно, поэтому такой каолин имеет ограниченные области применения (тонкая керамика). Содержание песчаных зерен в каолине, как правило, варьирует от 38 до 53 %.

Полевые шпаты в процессе выветривания ведут себя неодинаково. Наиболее быстро разрушаются плагиоклазы, в то время как калиевые полевые шпаты сохраняются гораздо дольше, поэтому в низах каолиновой коры выветривания, ниже зоны каолина, иногда развиты участки, в которых плагиоклаз полностью каолинизирован, а микроклин еще сохранился, причем в каолин превращены и все его пертитовые вроски. При обогащении породы этой зоны по мере выделения кварца и каолинита удается получать полевошпатовый концентрат, почти не содержащий натриевого полевого шпата, с отношением $H_2O:Na_2O$ 10:1, реже даже 20:1. Имеется определенный опыт использования сыро-

Химический состав каолина-сырца некоторых месторождений СССР, %.

По В. И. Сивоконю

Месторождение	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CuO	Na ₂ O: K ₂ O	П.п.п.
Просьяновское	29,51	67,54	0,42	0,82	0,18	0,71	0,24	6,42
Глуховецкое	24,20	67,46	0,61	0,37	Сл.	0,38	0,18	8,30
Турбовское	34,12	49,40	1,14	1,47	—	—	—	12,19
Еленинское	35,55	47,44	0,73	1,05	—	—	—	12,89
Алексеевское	22,80	72,00	0,42	1,02	0,19	0,13	1,60	6,00
Чалганское	13,80	78,50	0,25	0,35	—	0,15	—	—
Кыштымское	19,82	66,60	1,20	3,15	—	—	—	—
Ангренское	24,00	58,00	0,45	22,50	0,70	0,55	0,70	10,25

го, необогащенного каолина, включающего калиевый полевой шпат, непосредственно в фарфоровых массах с добавкой некоторых компонентов, корректирующих его состав.

На территории Советского Союза месторождения первичных каолинов известны во многих районах (табл. 7). Наибольшее число хорошо изученных и давно разрабатываемых расположено на Украине, где они связаны с корой выветривания гранитоидов. При этом крупные месторождения приурочены к линейной коре выветривания и размещение их контролируется региональными разломами и зонами тектонической раздробленности в гранитоидах. Так, например, на Украине все высококачественные каолины тяготеют к верхнему горизонту коры выветривания гранитоидов, содержащих небольшое количество темноцветных минералов.

Вторым крупным районом развития каолинов является Урало-Мугоджарская провинция, где каолины генетически связаны в основном с гранитами. Большое число месторождений первичных каолинов (около 100) имеется в Казахстане. Формирование этих месторождений обязано мезозойской коре выветривания на алюмосиликатных породах, причем наибольший интерес представляют месторождения, ассоциирующие с корой выветривания гранитоидов. В Западной Сибири каолин известен в составе каолинсодержащих кварцевых и полевошпат-кварцевых песков. Такой же характер имеют каолиновые скопления Дальнего Востока; наиболее изученным является Чалганское месторождение, в песках которого содержится 22–44 % каолинита при среднем содержании Fe₂O₃ 0,7 %. В Средней Азии известно одно очень крупное Ангренское месторождение, содержащее как первичные, так и вторичные каолины.

На северном склоне Кокчетавской глыбы расположены более 30

проявлений каолина и Алексеевское месторождение. Это месторождение элювиальных каолинов по разведанным запасам стоит на втором месте после Просьяновского, а по высокосортности каолинов — на первом. Месторождение приурочено к коре выветривания дислоцированных интрузивных пород — плагиигранитам и кварцевым диоритам. Часть плагиигранитов подверглась калишпатизации. На месторождении мощность каолиновой коры выветривания в пределах площади размером 4,5x1,5 км, вытянутой в северо-восточном направлении, достигает 80 м, в остальной части редко превышает 15 м. Кора выветривания на месторождении подразделяется на три зоны: 1) нижнюю — дресва гранитов и диоритов; 2) среднюю — частично каолинизированные породы, состоящие из дресвы с участками каолина; 3) верхнюю — белые и пестроокрашенные каолины. Месторождения каолина, развитые по коре выветривания гранитов, имеют большую мощность и более высокое качество, чем развитые по диоритам. Минимальный выход глинистой фракции в каолинах месторождения составляет 40 %. Содержание оксида титана в обогащенном каолине варьирует от 0,4 до 0,6 %, т.е. ниже допустимого (0,8 %), а концентрации железа изменяются от 0,2 до 2,0 %. Выход обогащенного каолина достигает в среднем 55 %. Обогащенный каолин состоит из каолинита с примесью гидрослюд (5–20 %). Иногда присутствует кварц (3–5 реже 10–20 %), бёмит и монтмориллонит. Более 90 % обогащенного каолина на месторождении отвечает требованиям бумажной промышленности и 68 % пригодно для тонкой керамики.

К первичным относится и небольшая группа месторождений каолинов, сложившихся под воздействием гидротерм. Гидротермальным путем возникли также некоторые крупные месторождения бентонитовых глин (Сарыгюхское). Другие разновидности глин, сформировавшиеся при выветривании различных пород, имеют небольшое промышленное значение из-за засоренности обломочным материалом, но служат источником образования вторичных (осадочных) месторождений.

Осадочные месторождения формируются путем переноса и осаждения из воды глинистых частиц, образовавшихся при выветривании изверженных, осадочных и метаморфических пород.

Процесс образования осадочных глин не является чисто механическим процессом осаждения глинистых частиц, возникших при выветривании коренных пород. Эти частицы претерпевают превращения в процессе размыва выветренных пород и последующих переноса, отложения, диагенеза и эпигенеза (стадийное превращение). Эти преобразования связаны с изменением физико-химической обстановки на пути следования глинистых частиц и кислотности или щелочности среды, в которую они попадают. Следовательно, осадочные глины иногда могут являться продуктом не только механического отложения, но и сложного физико-химического преобразования глинистого вещества. При этом

происходит одновременное осаждение коллоидов глинозема и кремнезема с адсорбцией на них катионов из растворов.

Кроме того, к группе осадочных глинистых пород относятся лессы, образовавшиеся главным образом путем переноса ветром тонких песчано-глинистых частиц, и лёссовидные суглинки, в формировании которых участвовали как ветер, так и водные потоки. Некоторые разновидности лёссовидных суглинков, видимо, могли развиваться и в процессе выветривания. Среди осадочных глинистых пород по генетическим условиям выделяют континентальные, лагунные и морские.

В группу континентальных отложений входят глины, сформировавшиеся в озерных, в озерно-болотных и озерно-ледниковых условиях, а также в речных потоках (аллювиальные). К этой же группе относятся делювиальные, пролювиальные и эоловые образования.

Наибольшее практическое значение имеют глины, отложившиеся при отсутствии размыва, течений и взмучивания глинистых частиц, а также без привноса крупного материала. Такие условия характерны для пресноводных озер и опресненных лагун.

На формирование глин большое значение оказывают климатические факторы. В условиях аридного климата в озерно-болотных водоемах происходит накопление пестрых и красных грубодисперсных гидрослюдисто-монтмориллонитовых или палыгорскитовых глин, залегающих в виде линз и пластов небольшой мощности. Такие глины содержат новообразованные минералы (карбонаты, сульфаты и др.). В областях с влажным гумидным климатом в водоемах такого же типа осаждаются белые, светло- или темно-серые глины слюдисто-каолининового или каолининового состава. Глины сходного состава накапливаются в опресненных лагунах. В лагунно-озерных водоемах гумидных климатических зон отлагаются высококачественные глины, обычно относящиеся к группе огнеупорных; их запасы оцениваются в миллионы тонн. Для глин характерны выдержанные условия залегания при мощности до 10 м. Глины на таких месторождениях залегают в виде пластов или крупных линз и занимают площади, измеряемые десятками и сотнями гектар. По химическому составу эти глины являются основными с подчиненным развитием полукислых. Содержание Al_2O_3 в глинах может достигать 40% и даже 65%.

Типичным примером таких глин являются глины дружковского типа, расположенные в районе ст. Дружковка. К этому же типу относятся глины месторождений Дружковское (Балка Тройчатая), Ново-Швейцарское, Ново-Райское и др. Эти породы залегают пластообразно среди отложений полтавского яруса и имеют следующий химический состав (в %): SiO_2 47–52; Al_2O_3 32–36; TiO_2 1,3–1,5; Fe_2O_3 0,7–1,5; CaO 0,3–0,6; MgO 0,2–0,3; п.п.п. 10–12. Высокая дисперсность глин затрудняет их микроскопическое изучение. Показатель преломления глин близок к каолиниту; огнеупорность 1690–1750 °С, температура спекания 1150–

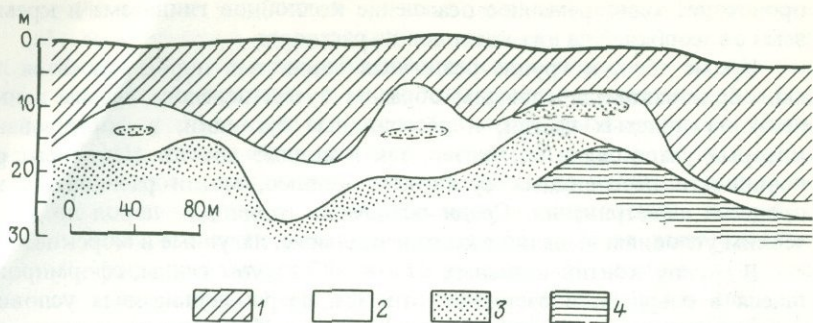


Рис. 1. Схематический разрез Троицко-Байновского месторождения огнеупорных глин. По И.М. Огинскому.

1 - вскрышные породы; 2 - огнеупорные глины; 3 - песок; 4 - пестроцветные глины

1200 °С. Лучшие сорта этих глин применяются в фарфоро-фаянсовом производстве. К этому же типу относится и Троицко-Байновское месторождение на Урале (рис. 1).

В морских бассейнах в глубокой части шельфа отлагаются глины, состоящие из мелких зерен полевых шпатов, хлористых минералов, небольшого количества слюды и кварца. Примером глин такого типа служит широко развитая в Ленинградской области синяя кембрийская глина, достигающая мощности 200 м. Глина характеризуется невысокой температурой плавления (1080–1250° С), тонкодисперсностью и высокой пластичностью. Используется для получения кирпича, черепицы и клинкера.

К озерно-болотным образованиям, видимо, относятся некоторые крупные месторождения вторичных каолинов. В формировании таких месторождений принимали участие как механически перенесенные глинистые частицы, так и вновь образованные в бассейне путем выпадения из алюмосиликатных коллоидных или водных растворов. При преобладании кластического материала образовывались малопластичные вторичные каолины, а при избытке аутигенных частиц — пластичные глины. Вторичные каолины обычно развиты среди песчано-глинистых отложений, являющихся продуктом размыва и переотложения древней коры выветривания. Иногда вторичный каолин залегает непосредственно на первичном и связан с ним постепенными переходами (Невянское месторождение, рис. 2). Качество вторичных каолинов различно — среди них встречаются как высококачественные разновидности, так и загрязненные различными примесями. Окраска вторичных каолинов изменяется от чисто белой до кремовой, желтоватой и серой. Дисперсность и пластичность вторичных каолинов обычно несколько выше, чем у обогащенных первичных, их химический состав часто бли-

Химический состав каолина Пологского месторождения, %

Компонент	Сорт		
	I	II	III
SiO ₂	45,68–46,94	46,40–47,70	47,37–52,49
Al ₂ O ₃	37,31–38,63	37,10–38,02	32,89–38,88
TiO ₂	0,83–1,13	0,85–1,15	0,84–1,02
Fe ₂ O ₃	0,62–1,07	0,91–1,13	0,79–1,30
MgO	Сл. – 0,10	Сл. – 0,72	0,10–0,15
CaO	Сл. – 0,46	Сл. 0,46	0,10–0,50
SO ₃	0,17–0,53	0,06–0,33	0,08–0,41
П.п.п.	13,07–13,35	13,06–13,26	11,75–13,08

зок к составу каолинита. Иногда же содержание глинозема выше теоретического, что указывает на наличие химических реакций, приведших к выпадению глинозема.

Вторичные каолины в отличие от первичных применяются в промышленности без обогащения. Используются они в тонкой керамике и для производства огнеупоров.

Примером крупного месторождения вторичного каолина является Пологское (табл. 8), расположенное в Запорожской области УССР. Площадь месторождения составляет несколько гектаров.

Вторичные каолины и залегающие совместно с ними огнеупорные глины приурочены к отложениям полтавского яруса. Вторичный каолин образует пластообразную залежь мощностью до 4 м, подстилаемую серой огнеупорной глиной. Цвет каолина преимущественно белый, местами желтоватый. В зависимости от окраски и содержания песка каолин делится на три сорта.

Глинистая составляющая каолина состоит из чешуек каолинита,

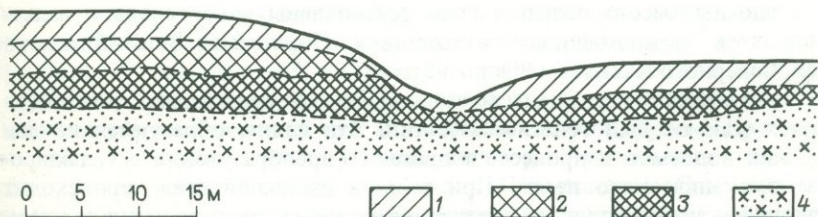


Рис. 2. Схематический разрез месторождения первичных и вторичных каолинов. По И.И. Мельникову.

1 – породы вскрыши; 2–3 – каолины: 2 – вторичный, 3 – первичный; 4 – кристаллические породы

главным образом мелких. Примеси представлены окатанными зернами кварца, рутилом, титанитом, полевым шпатом и др.

Пластичность каолина средняя, огнеупорность 1750–1770 °С, температура спекания 1350–1400 °С. Вторичные каолины распространены на Украине, Урале, а также в Сибири и на Дальнем Востоке в виде линз среди толщ полевошпатово-каолиновых песков.

К терригенно- и коллоидно-осадочным относятся и некоторые месторождения бентонитовых глин Поволжья и Украины. Эти месторождения, по мнению Н.А. Кирсанова, образовались путем переотложения и диагенетического изменения аллотигенного материала и раскristализации коллоидно-дисперсных продуктов разрушения в гумидной и аридной зонах литогенеза.

Месторождения бентонитовых глин осадочного генезиса в зависимости от вещественного состава материнских пород делятся на два подтипа. К первому относятся месторождения, образованные за счет продуктов выветривания изверженных и вулканогенно-осадочных пород, а также путем размыва и переотложения бентонитовых глин элювиального, вулканогенно-осадочного и гидротермального генезиса. К глинам этого подтипа относятся Черкасское месторождение на Украине, приуроченное к морским миоценовым отложениям, и некоторые месторождения бентонитовых глин Восточного Казахстана, Узбекистана и Восточной Сибири.

Второй генетический подтип представлен терригенно- и коллоидно-осадочными месторождениями бентонитовых глин платформенного типа, образованных переотложением и диагенетическим изменением аллотигенного материала и раскristализацией коллоидно-дисперсных продуктов разрушения осадочных пород. Щелочноземельные бентонитовые глины Поволжья, относящиеся к этому подтипу, сформировались в краевых частях Акчагильского морского бассейна в слабосоленых заливах и бухтах. Минеральный состав глин этого района определяется монтмориллонитом в количестве 70–80 %, приуроченным к наиболее мелким фракциям (менее 0,001 и 0,0001 мм). Не исключена возможность присутствия пеплового материала в составе бентонитов. Такие же осадочные месторождения глин установлены в неогеновых, палеогеновых и нижнемеловых отложениях Поволжья, Волго-Вятского края, Северного Кавказа и Южного Урала.

Вулканогенно-осадочные месторождения бентонитовых глин выделяются как особый генетический тип. Эти глины образуются на дне морских водоемов в процессе подводного преобразования — гальмиролиза вулканического пепла. При этом в щелочной среде происходит девитрификация пеплового стекла, разложение до гидроксидов кремния и алюминия с последующей их коагуляцией и преобразованием в монтмориллонит. При формировании глин этого типа некоторую роль могли играть и другие продукты подводных извержений, впоследствии также претерпевшие изменения.

Озерно-ледниковые глины образуются в водоемах за счет привноса тонковзвешенного материала талыми ледниковыми водами. Этот процесс прежде всего зависит от интенсивности таяния льда и обычно протекает неравномерно в течение года. В летний период обильные талые воды привносили в бассейн песчаный и алевроитовый материал, который осаждался довольно быстро, образуя слои песчано-алевритового состава. Глинистые же частицы оставались во взвешенном состоянии. В зимнее время, когда приток талых вод значительно сокращался, глинистые частицы постепенно оседали. Так происходит образование ленточных глин, состоящих из чередующихся полос, сложенных соответственно тонкими и более крупными частицами. Глинистый материал ленточных глин представлен в основном гидрослюдами с примесью каолинита и монтмориллонита. В минеральном составе алевроитовых лент преобладают зерна кварца и карбонатов. Ленточные глины относятся к легкоплавким и используются для производства кирпича, черепицы и канализационных труб. Некоторые разности пригодны для получения керамзита.

К ленточным глинам генетически близки моренные глины. Они образуются при таянии ледников в результате выноса водными потоками мелких частиц, возникающих при механическом и химическом разрушении ледниками горных пород, встреченных на пути их движения. Моренные глины занимают большие площади в районах, охваченных оледенением, достигая мощности в несколько десятков метров. Литологический состав таких глинистых толщ крайне невыдержанный. Они часто содержат включения валунов, дресвы и щебня, а также частиц величиной более 0,01 мм. В минеральном составе глин преобладают гидрослюда и гидрохлориты. По температуре плавления они относятся к легкоплавким и используются для производства строительного кирпича.

Аллювиальные месторождения глин приурочены к поймам и дельтам рек. Они образуют линзы и пласты невыдержанной мощности, переслаивающиеся с алевроитами и песками. Образование таких отложений происходит во время паводков, когда речная вода несет большое количество тонковзвешенных частиц. Аллювиальные глины характеризуются непостоянным гранулометрическим составом и низкой степенью дисперсности. Их минеральный состав зависит от состава исходных пород и климатических условий, но обычно преобладают гидрослюда вместе с минералами каолинитовой или монтмориллонитовой группы. Древние аллювиальные глины известны среди некоторых угленосных отложений — речные глины нижнего карбона в Подмосковье. Они обычно относятся к легкоплавким и используются для производства кирпича. На Украине среди четвертичных аллювиальных глин встречаются каолинитовые разности.

К группе осадочных относятся месторождения глин пролювия, образующиеся в результате преимущественного отложения глинистой

составляющей временными потоками. Глины этого типа обычно плохо отсортированы, по минеральному составу песчанистые или алевритовые. Залегают они обычно в виде линз и прослоев среди песчаных и грубообломочных пород. Месторождения пролювиальных глин, как правило, не имеют больших запасов, но иногда используются в промышленности для производства изделий грубой керамики.

Более широким распространением и крупными запасами характеризуются месторождения делювиальных глин. Месторождения такого типа располагаются на склонах речных долин или пологих холмов. Образуются они путем сноса и сползания глинистого материала по склону и иногда достигают значительной мощности. По составу относятся к полиминеральным, а по огнеупорности — к легкоплавким. Иногда используются для производства кирпича.

Промежуточное положение между глинами и песчаными породами занимают алевриты — рыхлые обломочные породы с преобладающим размером зерен от 0,1 до 0,01 мм. По происхождению алевритовые породы не отличаются от песчаных, а являются лишь более мелкой фракцией продуктов разрушения тех же материнских пород. К группе алевритовых пород относятся лёсс и лёссовидные суглинки. Лёсс — желтовато-белесая легкая пористая порода с высоким сцеплением частиц. Для лёсса характерно отсутствие слоистости и наличие известковых конкреций. Микроскопически лёсс состоит из мельчайших, угловатых зерен кварца (0,05—0,005 мм) с примесью обломочных зерен других минералов, глинистых новообразований известковых зерен и железистого красящего вещества, которые в целом определяют вариацию химического состава лёсса (табл. 9). Текстура породы беспорядочная, пористость до 50 %.

Близки к лёссам и лёссовидные суглинки, отличающиеся от них обычно меньшей легкостью и пористостью, иногда отсутствием карбонатности, либо слоистостью и большей крупностью зерен. В целом размер зерен, минеральный и химический состав лёссовидных суглинков довольно близки к лёссам. Большинство исследователей приписывает лёссу золотое происхождение — путем отложения в открытых стенах переносимых ветром зерен, образовавшихся при механическом выветривании различных пород. Условия формирования лёссовидных суглинков, видимо, были более разнообразны, так как среди них встречаются как золотого, так и делювиального и даже элювиального генезиса. Лёссы и лёссовидные суглинки относятся к группе легкоплавких и применяются для производства кирпича. Развита она в южных районах РСФСР и Украины.

К группе метаморфизованных глинистых пород относятся аргиллиты — твердые породы, возникшие за счет уплотнения, дегидратации, цементации и эпигенеза. К аргиллитам относятся и камнеподобные непластичные глинистые породы. Аргиллиты являются продуктом

Химический состав лессовых пород, %. По М.С. Швецову

Компонент	Лёсс		
	КНР	Америка	СССР (Средняя Азия)
SiO ₂	55,70	61,0–74,46	55,59–62,00
Al ₂ O ₃	13,27	7,95–15,60	15,00–17,00
Fe ₂ O ₃	5,10	2,61–5,22	2,05–1,05
CaO	7,15	1,59–8,96	4,51–2,00
MgO	2,37	–	2,27–2,05
K ₂ O	2,27	–	2,00–0,85
Na ₂ O	1,51	–	1,18–0,70
TiO ₂	0,60	–	1,71–0,30
P ₂ O ₅	0,18	–	–
CO ₂	8,20	0,31–9,63	4,60–2,20
H ₂ O	3,20	–	6,05–7,10

начальной стадии изменения глин в процессе их превращения в метаморфические кристаллические сланцы. Окраска аргиллитов очень разнообразна — серых, темно-серых, зеленовато-серых, бурых, коричневых, реже-красных и пестрых цветов.

Обычно они не размокают в воде и непластичны, за исключением некоторых разновидностей, которые содержат минералы, разбухающие в воде. Пористость аргиллитов невысокая (1–12 %), минеральный состав различен. Наиболее распространенными являются гидрослюдистые и полиминеральные разновидности, среди которых встречаются и каолиновые. Помимо глинистых минералов в аргиллитах присутствуют кварц, слюда, полевой шпат, иногда хлорит, глауконит, карбонаты, опал, халцедон, оксиды железа, различные акцессорные минералы и нередко органическое вещество. По температуре плавления аргиллиты относятся к тугоплавким и огнеупорным.

К этому типу глинистых пород относятся и сухарные глины Боровичско-Любытинского района, приуроченные к песчано-глинистой угленосной толще нижнего карбона. "Сухари" месторождения представляют собой тонкопластичные глинистые породы от светло- до темно-серого цвета. По минеральному составу они принадлежат к каолиновым разновидностям и характеризуются повышенным содержанием глинозема (до 41 % и выше). Огнеупорность их колеблется от 1670 до 1710 °С и выше. Особой разновидностью сухарных глин месторождения служит "кремневка", отличающаяся присутствием избыточного глинозема (до 6,5 %) и высокой огнеупорностью (до 1770 °С).

Сланцеватые аргиллиты и глинистые сланцы представляют собой последующие стадии преобразования глин. Эти породы характеризуются сланцеватостью, возникающей под влиянием давления вышележащих пород, обычно совпадающей с напластованием. Пористость глинистых сланцев незначительная и обычно не превышает 2 %. Глинистые сланцы — гидрослюдистые или полиминеральные породы, содержащие новообразованные минералы — серицит, хлорит, вторичный кварц и карбонаты. В последнее время некоторые их разновидности находят применение в производстве керамзита [8].

Свойства глин, их применение в керамической промышленности. Области применения глин в зависимости от их качества определяются рядом показателей. Наиболее важным является пластичность. Это свойство глин обуславливается минеральным составом, степенью дисперсности, наличием коллоидных веществ и способностью удерживать то или иное количество воды. С пластичностью глины тесно связан и такой показатель, как связующая способность — свойство связывать частицы непластичных материалов в однородную массу. Глины с наиболее высокой пластичностью носят название связующих. Они обладают способностью при добавке свыше 50% отошающих материалов давать формирующееся тесто. Наиболее высокой пластичностью характеризуются монтмориллонитовые глины, насыщенные ионами натрия, а самой низкой — монотермитовые, высокодисперсные каолиновые, бейделлитовые и гидрослюдистые глины. Присутствие в глинах гуминовых соединений повышает их пластичность.

По степени пластичности глины делятся на: 1) пластичные, размокающие в воде, 2) полупластичные, размокающие в воде частично и 3) непластичные, совершенно не размокающие в воде ("сухарь", "кремневка", "флинт-клей" и др.).

Из других свойств глин следует отметить воздушную и огневую усадки — уменьшение объема глины соответственно при сушке и обжиге. Воздушная усадка может достигать 10 % и более, а огневая — превышать 20 %. Величина усадки зависит от пластичности глины, дисперсности слагающих ее минеральных частиц и формовочной влажности. Для уменьшения величины усадки в глину добавляют отошающие материалы.

Спекаемостью глины называют ее способность при обжиге превращаться в камнеподобное вещество, обладающее механической прочностью и другими ценными свойствами. Спекание глины происходит после выделения из нее конституционной воды и связано с расплавлением легкоплавких минералов глинистой массы. Расплавленные минералы заполняют пространство между огнеупорными частицами, составляющими большую часть глинистой массы. В состав спекающейся массы входят стекло, первичные и новообразованные минералы, в том числе муллит, кристобалит и др. Степень спекаемости глины определяется

составом минеральных частиц, их размерами и условиями обжига. У глин различного состава температура спекания может меняться от 450 до 1400 °С.

Обычно за температуру спекания принимается та, при которой образец имеет водопоглощение, равное 2 %. В процессе спекания глины происходит резкое уменьшение ее пористости, при этом в обожженном образце выделяют пористость двух видов, выражаемую в процентах: истинную — отношение суммы объемов всех пор к общему объему изделия — и кажущуюся — отношение суммы объема пор, сообщающихся между собой и атмосферой, к общему объему изделий.

Важным качественным показателем глины, в основном определяющим области ее использования, является огнеупорность, т.е. температура, при которой происходит размягчение, изгибание и оплавление вершины трехгранной пирамиды — образца глины.

По температуре плавления глины делятся на огнеупорные — более 1580 °С, тугоплавкие — 1350–1580 °С — и легкоплавкие — менее 1350 °С. Наиболее огнеупорными считаются глины, состоящие из каолинита, температура плавления которого равна 1770 °С. Высокой огнеупорностью характеризуются также галлуазит-каолиновые, монотермитовые и каолинит-гидромусковитовые глины. Легкоплавкие глины представлены монтмориллонитом, бейделлитом и гидрослюдистыми минералами. При наличии в глинах свободных гидратов глинозема, огнеупорность их повышается, а легкоплавкие примеси (оксиды железа, сульфиды, кальцит, гипс и др.) понижают температуру их плавления. При обжиге глины появление выплавов происходит вследствие неравномерного распределения в ней плавней.

При использовании глин в керамическом производстве большое значение имеет интервал спекания, определяемый разностью температур спекания и плавления глины. Значения этого интервала у разных по составу глин могут сильно варьировать: от 100–150 °С для легкоплавких и до 400 °С для тугоплавких и огнеупорных глин.

В некоторых глинах при обжиге, а также при сгорании органических веществ и дегидратации слюд и амфиболов происходит вспучивание, обусловленное выделением газообразных продуктов, образующихся при диссоциации оксидов железа, карбонатов кальция и магния. При обжиге из таких глин образуется прочный материал ячеистого строения — керамзит. Способность некоторых глин вспучиваться при обжиге позволяет применять их для получения заполнителей легких бетонов, в то время как для керамической промышленности это свойство является отрицательным и приводит к изменению форм и даже разрушению изделий при обжиге.

Важными качественными показателями глин, используемых для производства изделий тонкой керамики, являются их цвет после обжига и наличие точечно-окрашенных включений. Глины, состоящие

из водных алюмосиликатов (каолинит и др.), после обжига обычно дают белый черепок. Наиболее распространенной примесью, окрашивающей глину после обжига, являются соединения железа. При этом интенсивность окраски зависит от ряда факторов:

содержания в глине соединений железа и формы их вхождения, так как к наиболее активным красителям относятся его оксидные соединения;

температуры обжига;

наличия в глине соединений, ослабляющих красящее действие оксидов железа (углекислый кальций).

Присутствие в глинах оксида титана придает им после обжига желто-серый или синеватый цвета. Окраску глин после обжига определяют также оксиды марганца и ванадия.

Среди обожженных глин по цвету выделяют темножгущиеся с красным, малиновым и коричневым черепками; светложгущиеся с кремовым, светло-желтым и светло-розовым черепками; беложгущиеся с белым черепком.

Глины, используемые в керамической промышленности, классифицируются по следующим показателям.

1. Разделение глин по огнеупорности приведено ранее.

2. По суммарному содержанию $Al_2O_3 + TiO_2$ в прокаленном состоянии (в %): высокоосновные — более 40, полукислые — от 15 до 30, кислые — менее 15.

3. По пластичности (в числах пластичности): высокопластичные — больше 25, умеренно пластичные — 7–15, непластичные — не дают пластичного теста.

4. По содержанию тонкодисперсных частиц размером менее 1 мм (в %): тонкодисперсные — более 60, среднедисперсные — от 20 до 60; грубодисперсные — менее 20.

5. По количеству красящих оксидов — Fe_2O_3 и TiO_2 (в %) в прокаленном состоянии: содержащие красители до 1; содержащие Fe_2O_3 менее 1,5 и TiO_2 менее 1; содержащие Fe_2O_3 1,5–3, TiO_2 свыше 1–2; содержащие Fe_2O_3 более 3, TiO_2 более 2.

6. По спекаемости (с водопоглощением черепка в %): сильноспекающиеся — не более 2, среднеспекающиеся — не более 5, неспекающиеся — более 5.

7. По содержанию крупнозернистых включений размером более 0,5 мм (в %): с низким содержанием — не более 1,0; со средним содержанием — от 1 до 5; с высоким содержанием — более 5. Глины, отвечающие этим показателям, находят применение в различных областях промышленности в зависимости от их минерального состава (табл. 10).

Керамические изделия, выпускаемые промышленностью строительных материалов, делятся на две основные группы.

1. Отделочная и специальная строительная керамика, к которой

Типы	Разновидности	Применение
Существенно каоли- нитовые	Первичные	Тонкая керамика, наполните- ли бумаги, резины и др.
	Вторичные	Огнеупоры, шамот, наполни- тели
	Забоксиченные (сухар- ные)	Высококачественный, огне- упорный безобжиговый ша- мот
	Огнеупорные	Тонкая керамика, фаянс, мет- лахская плитка
Существенно монтмо- риллонитовые	Натриевые и натрий- кальциевые	Буровые растворы, керамика, формовочные смеси
	Железисто-монтморил- лонитовые	Каменный товар, метлахская плитка, керамзит, черепица
Смешанные	Железисто-монтморилло- нитовые и гидрослю- дистые	Грубая керамика, каменный товар, черепица, керамзит
Прочие	Гидрослюдистые	Тонкая керамика, огнеупоры, керамзит
	Мергелистые	Цементное сырье

относятся: 1) санитарно-строительная керамика (унитазы, бачки, умывальники и др.); 2) плитки для внутренних облицовок; 3) фасадные облицовочные материалы; 4) плитка для полов; 5) канализационные трубы; 6) кислотоупорные изделия.

II. Стеновая и кровельная керамика, в том числе: 1) кирпич: а) глиняный, обыкновенный, пластического или полусухого прессования; б) глиняный, пустотелый, пластического прессования; в) глиняный, пустотелый, конусного прессования; г) строительный, легковесный; 2) камни керамические, стеновые; 3) блоки кирпичные, крупные, стеновые; 4) виброкирпичные панели; 5) черепица глиняная; 6) трубы дренажные.

Изделия, входящие в первую группу, изготавливаются из огнеупорных и тугоплавких глин, каолина, полевых шпатов и кварцевого песка. Причем для изделий 1,2-й и 3-й подгрупп применяют беложгущиеся глины и каолины. Изделия второй группы (стеновая и кровельная керамика) изготавливают из тугоплавких и легкоплавких глин.

Государственных стандартов на глинистые породы, кроме бентонитовых глин для тонкой керамики (ГОСТ 7032–75), и обогащенные каолины не разработано. Бентонитовые глины вводятся в керамическую массу для повышения ее пластичности, увеличения механической прочности выпущенных изделий, понижения температуры обжига и повышения просвечиваемости фарфора. Требования указанного ГОСТа распространяются на бентонитовые глины Огланлинского месторождения, среди которых выделяются две марки: ФРК — для художественного и хозяйственного фарфора, электро- и радиокерамики; СК — для производства строительной керамики (плитки для внутренней облицовки стен и белые или искусственно окрашенные плитки для полов).

Согласно условиям ГОСТа, бентонит должен отвечать определенным физико-механическим требованиям. Имеется также ГОСТ 21287–75 на обогащенный каолин для шамотных изделий, в котором лимитируются содержания оксидов железа, алюминия, титана и огнеупорность.

Глины, используемые для изготовления керамических фасадных облицовочных материалов, должны обладать высокой пластичностью, связующей способностью, невысокой чувствительностью к сушке, иметь низкую температуру обжига и достаточный интервал спекания, не содержать вредных примесей (зерна известняка, каменистые включения) и растворимых солей; цвет изделий после обжига должен быть ровный, светлых тонов. Керамические плитки для полов изготавливаются из тугоплавких и огнеупорных глин, в которые добавляется каолин. При этом интервал спекания должен составлять не менее 80 °С, а содержание Al_2O_3 — 18–33%.

Сырьем для керамических кислотоупорных изделий являются основные или полукислые глины высокой или средней пластичности с интервалом спекания не менее 100 °С при температуре 1120–1210 °С. По химическому составу глина должна содержать (в %): Al_2O_3 20–40; SiO_2 55–65; Fe_2O_3 не более 3,5; CaO не более 2. Сырьем для керамических канализационных труб служат тугоплавкие и огнеупорные глины, имеющие в прокаленной навеске не менее 20 % Al_2O_3 и не более 70 % SiO_2 при отсутствии включений пирита, сидерита и известняка. Глины должны быть высоко-, средне- или умеренно пластичными с интервалом спекания более 50° С и водопоглощением черепка меньше 7 %. Красный глиняный кирпич изготавливается из легкоплавких умеренно пластичных глин; при высокой пластичности в глины добавляется песок. Оптимальный химический состав глин, используемых для производства кирпича, следующий (в %): SiO_2 53–81; Al_2O_3 7–23,0; Fe_2O_3 2,5–8,0; CaO 1,0–15,0; MgO 0,5–2,0; K_2O 1,8–4,0; SO_3 3,0–4,0; п.п.п 3,9. Кроме того, для этих глин должны выполняться условия: линейные усадки при сушке и обжиге до 1000 °С — не более 8 и 12 % соответственно с величиной водопоглощения при этой же температуре — 8–20 %.

Ранее отмечалось, что в керамические смеси в определенных количествах добавляются непластичные материалы. Эти добавки служат для улучшения технологических свойств смесей и получаемых из них изделий. Расход различных непластичных материалов на единицу керамических изделий приведен в табл. 11. Данные таблицы показывают, что важнейшими представителями таких материалов являются полевой шпат (пегматит) и кварцевый песок [8]. В группу полевых шпатов входит большое число алюмосиликатов калия, натрия, кальция, реже бария.

По особенностям химического состава полевые шпаты подразделяются на три подгруппы:

1. Натриево-известковые полевые шпаты, представляющие собой непрерывный изоморфный ряд от альбита ($\text{Na}[\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_8]$) до анорти-та ($\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$).

2. Калиево-натриевые полевые шпаты непрерывного ряда $\text{K}[\text{Al}_x\text{Si}_3\text{O}_8] - \text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ с незначительной изоморфной примесью $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$.

3. Редко встречающиеся калиево-бариевые полевые шпаты изоморфной смеси $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$.

Для керамической промышленности наибольшее значение имеют калиевые разности второй подгруппы — микроклин и ортоклаз; полевые шпаты третьей подгруппы практического значения не имеют. Подробная геолого-промышленная классификация месторождений полевошпатового сырья Советского Союза разработана А.С. Пекки и В.И. Разореновой [7].

На основании классификации можно выделить следующие большие группы месторождений: гранитных пегматитов, в том числе пегматитов недифференцированных, дифференцированных и с редкометальной минерализацией; гранитоидов, в том числе гранитов, редкометальных гранитов, альбититов; вулканических и субвулканических пород, в том числе кислых, гидротермальных и метасоматически измененных вулканитов; нефелиновых и щелочных сиенитов. Кроме того, в эту классификацию входят породы кор выветривания, в том числе каолинизированные гранитоиды, аркозы, щелочные каолины, кварц-полевошпатовые и каолин-кварц-полевошпатовые пески. Согласно этой классификации, для керамической промышленности наибольшее значение имеют плагиоклаз-микроклиновые и керамические пегматиты, граниты рапакиви, фарфоровые камни и др.

В Советском Союзе имеется значительное количество месторождений гранитных пегматитов различной специализации, являющихся основным источником получения полевых шпатов для керамической

Расход сырья (в кг) для получения 1 т (1 м²) изделий

Сырье	Санитарно-строительные изделия	Канализационные трубы	Плитка	
			метлахская	облицовочная
<i>Всего</i>	1800-2700	1470-1480	32,2-54,4	17,9-19,1
В том числе:				
каолин	480-760	—	—	6,5-6,9
глина	450-1070	1400-1410	32,0-54,2	7,1-7,7
песок кварцевый	340-440	120-140	—	3,8
полевой шпат				
или пегматит	180-190	0-4	—	0,137-0,173
доломит	0-5	—	—	—
мел	3-6	7-7,7	—	0,4-0,6
глинозем техни-	10-23	—	—	0-0,215
ческий				
талък	6-22	—	0,19	0,07
гипс	268-330	—	—	—
химикаты	7-10	—	7,7-7,8	0,17-0,26

и стекольной промышленности. Наиболее крупные месторождения калиевых полевых шпатов находятся в Карелии и на Кольском полуострове, а также в Восточной Сибири, Казахстане, на Украине и Урале.

Месторождения пегматитов в Карелии сосредоточены в Чупино-Лоухском и Кемско-Беломорском районах и в Приладожье. В Чупино-Лоухском районе известно более 10 месторождений керамических пегматитов, наиболее крупными из которых являются Хетоламбино, им. Чкалова (участки Черная Салма, о. Б. Олений и др.) и Памфилова Варакка. Пегматиты Чупино-Лоухского района приурочены к архейским гнейсам беломорской серии и образуют поля, зоны и кусты. Протяженность пегматитовых зон достигает 6 км при мощности до 1,2 км. В этих зонах преобладают секущие жилы и тела пластообразной и линзовидной форм, а также сложного строения. Размер пегматитовых тел варьирует в больших пределах: длина по простиранию от 20 до 700 м, по падению — от 30 до 200 м при мощности от 1 до 10, реже до 35 м. К промышленным относятся жилы протяженностью более 30 м и мощностью более 3 м.

Среди пегматитов этого района выделено четыре группы.

1. Керамические и слюдяно-керамические плагиомикроклинового состава.

2. Керамические плагиомикроклинового состава спорадически зональные и слабодифференцированные с широким развитием биотита.

3. Микроклин-плагноклазового и существенно плагноклазового состава, дифференцированные и недифференцированные.

4. Плагноклазовые и существенно кварцевые с хорошо выраженной зональностью и содержащие биотит.

Наибольший интерес для промышленности представляют две первые группы, жилы групп III и IV также могут служить источником сырья для строительной керамики и изготовления стекла.

Кемско-Беломорский пегматитовый район изучен слабо. Общая его площадь составляет примерно 17 тыс. км². Наиболее изучены в этом районе слюдяные пегматитовые жилы, хотя в целом здесь преобладают слюдяно-керамические или чисто керамические.

Приладожский район находится в юго-восточной части Восточно-Финляндской зоны Карелии, и его геологическое строение характеризуется развитием докембрийских пород, включая различные интрузии гранитов, гипербазитов и перекрывающие их платформенные осадочно-вулканогенные образования. В районе наиболее крупным и изученным является месторождение Люпикко, представляющее собой куст пегматитовых тел, прослеживающихся на 3 км по простиранию при ширине выхода до 0,8 км. На некоторых участках отмечается преобладание пегматитов существенно микроклинового состава. Пегматиты месторождения после обогащения используются в стекольной и частично в керамической промышленности. В этом же районе выявлено месторождение Линнаваара, пегматиты которого успешно обогащаются, а получаемый концентрат пригоден для керамической и стекольной промышленности.

Четвертым пегматитовым районом Карелии является Улягское поле, приуроченное к западному крылу Шотозерско-Сямозерской синклинальной структуры, сложенной комплексом глубоко-метаморфизованных осадочных и вулканогенно-осадочных пород (кристаллические сланцы). Эти породы прорваны дайками габбро-амфиболитов, перидотитов, жилами и штоками пегматитов. Здесь известны три пегматитовых месторождения — Большое, Брусничное и Кюрсекки, наиболее изученным из которых является Брусничное. Месторождение определяется шестью штокообразными пегматитовыми жилами микроклинового состава. Пегматиты месторождения применяются в стекольной, частично — в керамической промышленности.

К новым видам полевошпатового сырья в Карелии относятся граниты рапакиви, кислые эффузивы, щелочные и субщелочные породы, но они слабо изучены в технологическом отношении, поэтому пока не разрабатываются, хотя зарубежный опыт показывает, что они могут широко применяться в керамической и стекольной промышленности.

Граниты рапакиви слагают Питкярантский (Салминский) массив, в котором выделяются три фазы гранитов: 1) крупноовоидные и крупнопорфировые; 2) биотитовые средне- и равномерно-зернистые; 3) мел-

копорфировые, реже аплитовидные и пегматоидные разности. По петрографическому составу все граниты массива относятся к существенно калиево-полевошпатовым лейкократовым породам, состоящим (в %) из ортоклаз-пертита (45–65), плагиоклаза (15–25) и кварца (15–30). Опыты по их обогащению показали возможность снижения содержания Fe_2O_3 от 0,88 до 0,19 %, TiO_2 от 0,22 до 0,1 % и небольшое повышение содержания K_2O от 5,20 до 5,91 %.

Месторождение Роза Ламби сложено массивными или слабосланцованными кварцевыми и лейкократовыми порфирами. Наибольший интерес представляют лейкократовые порфиры, состоящие на 40–50 % из калиевого полевого шпата, 35–50 % — кварца, 5–10 % — серицита, 1–3 % — биотита. При обогащении порфиров удастся снизить содержание Fe_2O_3 от 0,57 до 0,15 %. Если величина отношения $K_2O : Na_2O$ в концентрате составляет 7,6, то такой концентрат пригоден для тонкой керамической промышленности.

Не меньшее практическое значение для керамической промышленности имеют кислые эффузивы, слагающие основную массу вскрышных пород Костомукшского железорудного месторождения. Эти вмещающие породы представлены тремя группами: 1) фельзитами, плагио-порфирами, кварцевыми кератофирами; 2) кварцевыми порфирами и ортофирами; 3) кварц-серицитовыми и другими сланцами. Кварцевые порфиры содержат 9,87 % K_2O при концентрациях Fe_2O_3 до 0,98 % и FeO 1,49 %. При их обогащении были получены концентраты с содержанием Fe_2O_3 0,18 %, $K_2O + Na_2O$ 12,76 % и величиной отношения $K_2O : Na_2O$ выше 10. Концентраты признаны пригодными для керамических масс в производстве высоковольтного электротехнического и хозяйственного фарфора первого сорта.

Данные о химическом составе полевошпатовых пород, применяемых в керамической и других отраслях промышленности, приведены в табл. 12.

Ввиду быстрого роста керамической промышленности и отсутствия ресурсов полевых шпатов и пегматитов в ряде экономических районов в последние годы внимание геологов и керамиков привлекают новые виды сырья, способные заменить полевые шпаты и пегматиты [8]. Весьма перспективным полевошпатовым сырьем являются так называемые щелочные каолины, представляющие собой нижнюю зону каолиновой коры выветривания, содержащие значительное количество неполностью разложившихся калиевых полевых шпатов, а также серицита. Эти породы в процессе выветривания претерпели изменения, выразившиеся в удалении вредных примесей (оксиды железа, кальция, магния и частично натрия), и поэтому служат ценным сырьем для керамической промышленности. В.И. Магидовичем в настоящее время выделены три типа щелочных каолинов, имеющих промышленное значение и развитых в корах выветривания:

Химический состав полевошпатовых пород, %

Вид сырья	Состояние сырья	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O + Na ₂ O	K ₂ O:Na ₂ O
Полевой шпат	Кусковое	69,10	19,20	0,18	0,34	14,83	4,8
Пегматит:							
плагио-микроклиновый	”	73,29	15,07	0,18	0,60	10,93	2,2
”	Молотое	74,85	14,17	0,60	0,95	7,35	1,0
плагиоклазовый	Кусковое	74,47	14,47	0,34	0,82	8,86	0,80
Порода:							
нефелин-полевошпатовая	Молотое	62,00	20,80	0,45	1,00	13,10	0,80
кварц-полевошпатовая	”	75,66	14,17	0,25	0,20	7,50	0,40

I — изверженных пород, кварц-микроклиновый подтип семейства гранитных (месторождения Дубровское, Западная Диброва и др.); кварц-серицитовый подтип семейства гранитных (месторождение Лажанки, ЧССР);

II — метаморфических пород, микроклин-кварцевый подтип семейства мигматитовых (Белая Балка, Скидяновское, Глуховецкое);

III — осадочных пород, микроклин-кварцевый подтип семейства аркозовых (Кампановское, Чалганское, СССР, Хиршау-Шнайтенбах, ФРГ и др.).

При выветривании кислых гранитов образуются четыре зоны: 1) дресвы; 2) гидрослюд, обогащенная гидратизированными биотитом и мусковитом; 3) щелочных микроклинсодержащих каолинов; 4) нормальных бесщелочных каолинов.

За рубежом месторождения щелочных каолинов разрабатываются как источники получения высококалийного сырья для керамической промышленности. Данные о химическом составе щелочных каолинов некоторых отечественных и зарубежных месторождений приведены в табл. 13. Примером изученного месторождения щелочных каолинов является Дубровское. Материнскими породами для каолинов место-

Химический состав щелочного каолина-сырца отечественных и зарубежных месторождений, %.
По В.И. Магидовичу

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	68,97	72,00	70,77	69,25	75,72	87,01	84,01	79,79
TiO ₂	0,23	0,22	0,28	0,35	0,22	0,03	Сл.	0,14
Al ₂ O ₃	18,85	17,85	18,71	18,85	14,20	5,28	10,55	11,96
Fe ₂ O ₃	0,82	0,59	0,42	0,60	0,23	0,13	0,18	0,85
FeO	—	—	—	—	—	—	—	0,36
CaO	0,86	0,17	0,35	0,47	0,47	2,91	0,49	0,13
MgO	0,17	—	0,22	0,16	0,14	0,21	0,21	Не опр.
K ₂ O	4,27	4,84	3,87	4,91	5,74	2,54	1,54	3,90
Na ₂ O	0,37	0,37	0,20	0,51	0,50	0,54	0,08	0,47
П.п.п.	5,35	4,02	4,77	4,24	3,06	1,81	2,90	2,22
Сумма	99,89	100,06	99,59	99,34	100,26	100,47	99,96	99,82

SiO ₂	69,42	74,03	83,63	84,04	75,46	70,17	46,50	78,55
TiO ₂	0,16	0,21	0,11	0,22	0,05	0,36	0,10	0,10
Al ₂ O ₃	18,50	16,05	9,56	8,30	14,05	17,88	37,01	12,73
Fe ₂ O ₃	0,27	0,32	0,11	0,40	0,64	0,65	0,69	0,17
FeO	—	—	—	0,12	—	0,26	Не опр.	—
CaO	0,25	0,23	0,05	0,27	0,79	0,17	0,43	0,30
MgO	0,17	0,17	0,07	0,49	0,55	0,25	0,95	0,20
K ₂ O	7,22	5,14	4,95	3,84	5,10	4,09	5,83	5,27
Na ₂ O	0,34	0,25	0,22	0,21	0,61	0,07	0,54	0,32
П.п.п.	3,58	3,35	1,35	1,76	2,30	4,90	7,30	2,10
Сумма	99,91	99,93	100,05	99,65	99,55	98,80	99,35	99,74

Примечание. Месторождения: 1 – Дубровское; 2 – Западная Диброва; 3 – Вершинское; 4 – Мандыньское; 5 – Екатерининское; 6 – Компановское; 7 – Чалганское; 8 – Тырта; 9 – Тиршенрёт; 10 – карьер Раппауф; 11 – карьер Шмелитц; 12 – Вейерхаммер; 13 – Красный Седлец; 14 – Шмелитц; 15 – Лажанки; 16 – Итая; 17 – Джоу-Боун-Кандон.

Химический состав пород и концентратов месторождения Дубровское, %.
По Г.А. Иванченко

Порода, концентрат	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	П.п.п.
Аплит-пегматитоидный гранит	71,90	0,09	15,92	1,00	0,75	0,46	3,78	4,63	1,20
Дресва гранитов	70,00	0,05	14,57	0,56	0,56	0,31	1,15	6,00	6,00
Каолин:									
щелочной	72,96	0,05	17,21	0,77	0,52	0,25	0,90	3,75	3,54
нормальный	64,22	0,51	23,95	0,67	0,32	0,17	0,16	0,83	8,96
Концентрат:									
полевощпатовый	64,37	0,03	19,89	0,11	0,49	0,11	2,08	12,44	0,49
кварцевый	97,59	0,01	0,87	0,07	0,17	0,01	0,06	0,18	0,16
каолиновый	51,28	0,40	32,74	1,74	0,30	0,57	0,52	2,17	10,71

Таблица 15

Химический состав песка и полевощпатового концентрата
Чалганского месторождения, %

Компоненты	Песок необогащенный	Концентрат
SiO ₂	75,85–78,95	66,94
Al ₂ O ₃	12,90–13,53	18,0
Fe ₂ O ₃	0,32–0,40	0,15
TiO ₂	0,17–0,25	0,15
CaO	Не опр.	0,10
K ₂ O + Na ₂ O	2,37–2,53	13,8
K ₂ O : Na ₂ O	—	10,5

рождения послужили пегматиты, мелко- и среднезернистые двуслюдяные и аплитовые граниты. Двуслюдяные граниты содержат (в %): микроклина 40, плагиоклаза 20, кварца 20–30 и слюды 5–10. Мощность каолиновой коры выветривания достигает 42 м. Нижняя зона дезинтеграции состоит из дресвы слабокаолинизированных коренных пород. Выше располагается зона щелочных каолинов, образующих пластообразную залежь со средней мощностью 8,4 м. Содержание микроклина в каолинах с глубиной постепенно увеличивается, тогда как количество глинистой фракции от 55 % в верхней части зоны уменьшается до 15 % в ее подошве. Песчаная фракция представлена кварцем (59 %), полевым шпатом – альбит, микроклин (31 %), гидрослюдами, мусковитом и биотитом (10 %). Разработанная схема обогащения щелочных каолинов месторождения позволила получить следующие концентрации (в %): полевошпатовый 14,6, кварцевый 29,6, каолиновый 28,5.

Химический состав гранитов, каолинов коры выветривания и продуктов их обогащения приведен в табл. 14.

Полевошпатовые каолинсодержащие пески также являются одним из источников полевых шпатов для керамической промышленности. Месторождения таких песков известны на Дальнем Востоке (Чалганское) и в Узбекистане. В этих песках иногда наблюдается преобладание содержания K_2O над Na_2O . Это объясняется более медленным разложением калиевых полевых шпатов при выветривании по сравнению с натриевыми. Различия в химизме песков и полевошпатового концентрата Чалганского месторождения приведены в табл. 15.

В тонкой керамике полевые шпаты применяются в качестве флюсующего компонента, причем наиболее ценным из них является калиевый, поскольку он имеет более широкий интервал спекания фарфоровых масс за счет медленного плавления и, следовательно, определяет образование тугоплавкого стекла, богатого кремнеземом. Особенно велико значение калиевого полевого шпата для изготовления изделий электрокерамики, так как величина отношения калия к натрию в изоляторном фарфоре отражает такую важную характеристику изоляторов, как, например, пробивная напряженность поля. Технические требования к полевому шпату и пегматиту, находящихся применение в упомянутых отраслях производства, приводятся в ГОСТах, которые лимитируют их химический состав.

Новым высокоэффективным видом сырья для тонкой керамики являются фарфоровые камни, представляющие собой измененные (окварцованные, серицитизированные и каолинитизированные) кислые эффузивы – липариты, дациты, андезиты и их туфы. В КНР, Японии и Корее эти породы уже давно и широко используются для производства фарфора. Фарфоровые или керамические камни содержат почти все компоненты, входящие в состав керамической массы, идущей на изготовление фарфора и фаянса – глинозем, кремнезем и щелочи и отлича-

ются большой однородностью состава при низком (меньше 0,5 %) содержании красящих оксидов. В фарфоровую массу вводится до 60 % фарфорового камня, что позволяет получать изделия более высокого качества, чем при использовании обычных видов сырья (полевой шпат, глина, каолин, кварцевый песок).

В начале 60-х гг. на Дальнем Востоке было открыто Гусевское месторождение фарфорового камня. Оно расположено в 120 км к северо-западу от г. Владивостока, около д. Гусевка, и представляет собой шток дацит-порфиров, прорвавших триасовые песчаники, алевролиты, аргиллиты и углистые породы. Последующими гидротермальными процессами породы штока превращены в пропилитизированные дацит-порфиры и во вторичные кварциты серицитовой, серицит-каолинитовой и каолинитовой фаций. В центральной и южной частях штока развиты пропилитизированные андезитовидные дацит-порфиры без сидерита (щелочная разновидность гусевского камня). Выявленные на месторождении разновидности фарфорового камня имеют различный количественно-минеральный состав: бесщелочно-каолинит-кварцевый; с нормальной щелочностью, серицит-каолинит-кварцевый; щелочно-альбит-серицит-кварцевый.

Химический состав фарфорового камня Гусевского месторождения близок к составу фарфоровых камней Японии и КНР (табл. 16, 17). Они характеризуются преимущественно серицит-каолинит-кварцевым составом и в среднем содержат (в %): кварца 50–55, каолинита 30–40, серицита 5–15, TiO_2 около 0,5, гидроксидов железа 0,5.

Фарфоровые камни месторождения после обжига до 1350 °С не спекаются и приобретают снежно-белый цвет, огнеупорность их около 1700 °С. Требования к качеству фарфорового камня месторождения сводятся к следующему. Породы должны иметь серицит-каолинит-кварцевый или полевошпат-серицит-кварцевый состав с содержанием глинозема не ниже 12 %, кремнезема не более 8 %, количество щелочей желательно не менее 2,0 %, при соотношении $K_2O : Na_2O$ выше 4:1 и концентрации красящих оксидов не ниже 1 %.

В последние годы в Приморском крае открыто Сергеевское месторождение фарфорового камня. Оно представлено фельзориолитами, сильно измененными низкотемпературными гидротермальными процессами; их мощность достигает 100 м и более. Химический состав фельзориолитов (в %) следующий: SiO_2 76,8–78,3; Al_2O_3 10,5–14,4; CaO 0,14–0,60; MgO 0,1–0,3; $Fe_2O_3 + TiO_2$ 0,26–0,35; сумма $K_2O + Na_2O$ 6,3–10,5; отношение $K_2O : Na_2O$ – 2–2,7.

В качестве полевошпатового сырья для керамической промышленности, по-видимому, могут представлять интерес и трахиты в районе р. Черек Безенгийский (Северный Кавказ). По предварительным данным некоторые разности трахитов характеризуются благоприятным соотношением калия к натрию ($K_2O : Na_2O = 1:5 - 1:7,2$) и составом, близким к фарфоровому камню [2].

Химический состав фарфорового камня Гусевского месторождения, %.
По В.И. Магидовичу, В.И. Финько

Компонент	1	2	3	4
SiO ₂	75,66	76,26	76,81	77,38
TiO ₂	Сл.	0,19	Сл.	0,23
Al ₂ O ₃	16,98	16,80	16,54	16,13
Fe ₂ O ₃	0,18	0,30	0,08	0,38
CaO	0,10	0,15	0,15	Не опр.
MgO	0,14	0,29	0,13	0,36
K ₂ O	2,00	0,75	1,36	0,11
Na ₂ O	0,09	0,11	0,06	0,09
-П.п.п.	4,79	5,00	4,71	5,39
Сумма	99,94	99,85	92,74	100,07

Примечание. Цвет фарфорового камня: 1 – белый, 2–3 – серовато-белый, 4 – черный.

Таблица 17

Химический состав фарфоровых камней, %.
По В.И. Магидовичу, В.И. Финько

Компонент	Фарфоровый камень					
	Японии			КНР		
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	80,13	75,35	78,04	74,39	75,99	75,47
TiO ₂	0,04	–	0,34	Сл.	Сл.	0,15
Al ₂ O ₃	13,63	16,33	14,83	16,40	15,31	15,76
Fe ₂ O ₃	0,18	0,26	0,41	0,51	0,63	0,33
CaO	0,24	–	0,18	0,99	1,08	1,23
MgO	0,07	–	Сл.	0,50	0,13	0,21
K ₂ O	3,04	3,90	2,19	3,00	2,95	3,70
Na ₂ O	0,32	0,21	0,30	0,17	0,24	0,32
П.п.п.	2,30	3,10	3,76	3,86	3,35	2,66
Сумма	99,95	–	100,05	99,82	99,68	99,83
K ₂ O + Na ₂ O	3,36	4,11	2,49	3,17	3,19	4,02
K ₂ O : Na ₂ O	9,5	18,6	7,3	17,60	12,3	11,6

Примечание. Месторождения: 1, 2 – Идзуми-Яма (1 – исходное сырье, 2 – обогащенный материал); 3 – Амакуса; 4, 5 – Нань-Кан (4 – природный камень, 5 – обогащенный материал); 6 – Тай-Хо-Кэн (природное сырье).

Перспективным сырьем для керамической промышленности является волластонит. Его добавка в глинистую массу облегчает выход водяного пара на ранних стадиях обжига и способствует образованию стекла небольшой вязкости, обуславливая прочность керамического материала. Отечественными научно-исследовательскими керамическими институтами разработаны рецепты масс, пригодных для производства облицовочных керамических изделий. В их состав входит волластонит в количестве от 43 до 80 %, а также глина, кварцевый песок и стеклобой. Введение в состав плиточных масс 7–10 % волластонита позволяет вести однократный скоростной обжиг облицовочной плитки в многоканальных печах, что приводит к снижению себестоимости продукции. Положительные результаты были получены и при изготовлении керамических фильтрующих изделий из волластонита на основе глинисто-керамической связки; эти изделия характеризуются высокой механической прочностью.

Среди месторождений волластонита выделяются три генетических типа: 1 – скарны, 2 – архейские метаморфические комплексы и 3 – массивы ультраосновных – щелочных пород.

Месторождения 1-го типа обычно приурочены к контактам известняковых толщ с массивами кислых, реже основных пород. Они могут образовываться как непосредственно в зоне эндоконтакта интрузии, так и на некотором удалении от нее (до 2 км). К этому типу относятся месторождения Босага (Центральный Казахстан) и Койташское (Узбекистан). На первом из них тела волластонитовых скарнов развиты среди пироксеновых и пироксен-гранатовых скарнов. Содержание волластонита в исходной руде составляет 59,1 %, а в концентрате – 84 %. На Койташском месторождении волластонитовые тела залегают в 30–100 м от контакта с гранодиоритами. Концентрация волластонита в руде в среднем равна 40 %. Для месторождений Койташское и Босага были составлены ТЭДы и временные кондиции (табл. 18).

Волластонитовые месторождения II типа являются более перспективными, так как образуют выдержанные горизонты, прослеживаемые на значительные расстояния. К этому типу относится крупнейшее месторождение Уилсборо (США), Эмельджак и Слюдянка (СССР). На последнем волластонит приурочен к мраморам, волластонитовым и кварц-волластонитовым породам. Содержание в них волластонита варьирует от 15 до 80 %. Среди месторождений III типа месторождений со значительными запасами волластонитовых руд не известно.

В качестве сырья для керамической промышленности, заменяющего полевой шпат, в последние годы стали применять кислые вулканические стекла (перлит, обсидиан). Эти породы используются для получения однокомпонентной керамической связки или как одного из компонентов таких связок при изготовлении керамических абразивных инструментов [6].

Временные кондиции для месторождений волластонита

Показатель	Койташское	Босага
Содержание в руде, %		
волластонита		
среднее	27	57
бортовое	20	—
кальцита	—	12
оксида железа	1,5	2,6
Коэффициент вскрыши, м ³ /м ³	—	3
Мощности полезной толщи (минимальная)		
и прослоев пустых пород (максимальная), м	3	3

Ранее отмечалось, что одним из важнейших непластичных материалов, применяемых в керамической промышленности, является песок. Для производства изделий тонкой керамики в сырьевую смесь добавляется кварцевый песок для отощения массы и повышения качества изделий. В процессе обжига кварц частично растворяется, входя в состав стекловидной фазы, повышая вязкость расплава и сопротивляемость изделий к деформирующим усилиям, которые возникают в процессе обжига. В сырьевую смесь изделий грубой керамики в качестве отощителя также добавляется кварцевый песок. Его добавка уменьшает чувствительность изделий к сушке и снижает их воздушную усадку. Наряду с песком в керамической промышленности применяют и другие кварцевые породы (табл. 19, 20), близкие к нему по химизму.

В керамической промышленности находят применение и кварцевые пески, являющиеся продуктом отхода при обогащении первичных каолинов. В этом случае они подвергаются дополнительной промывке для удаления остатков каолина.

На кварцевый песок для тонкой керамики ГОСТов или единых технических условий нет, но основным требованием является высокое содержание SiO_2 (не менее 95,4 %) и минимальное содержание Fe_2O_3 (не более 0,3 %). На песок, получаемый при обогащении каолина, имеется ГОСТ 7031-75, лимитирующий его химический и гранулометрический составы. Для природного песка, используемого при производстве изделий грубой керамики, технических требований не разработано, однако практика показывает, что больше всего для этих целей подходит песок, состоящий из малоокатанных зерен с широковатыми поверхностями и размерами от 0,25 до 1 мм.

Из непластичных материалов в керамическом производстве используется тальк, главным образом безжелезистый. Он применяется в качестве флюсующей добавки в керамические массы для ускорения остекло-

Химический состав крупных мытых песков, %

Компонент	Месторождение	
	Просьяновское	Глуховецкое
Al ₂ O ₃	0,87	0,52
SiO ₂	97,44	97,70
TiO ₂	0,06	0,06
Fe ₂ O ₃	0,69	0,18
CaO	0,12	—
Na ₂ O + K ₂ O	0,23	—
П.п.п.	0,58	0,32

вания, а также для изготовления некоторых керамических изделий. К числу таких изделий относятся половые и стеновые облицовочные плитки, керамические трубы, изоляторы, радиодетали, керамика для нагревательных приборов, техническая посуда, ламповые патроны, фильтры, замещающие трубы из цветных металлов, лабораторное оборудование и др. Тальк находит применение и в качестве наполнителя в резиновой, бумажной, лакокрасочной и других отраслях промышленности.

Минеральный состав талька — $M_{23}(Si_4O_{10}) \cdot (OH)_2$ с примесями Fe, Al, Ca, Mn, Ni; форма выделений — листоватые и чешуйчатые агрегаты, звездчатые скопления. Как порообразующий минерал слагает плотные тонко- и скрыточешуйчатые породы. В крупнолистоватых выделениях цвет талька светло-зеленый, иногда белый с желтоватым или буроватым оттенком, спайность совершенная, твердость 1, плотность 2,6–2,8 г/см³, химически стоек и инертен.

Среди тальковых руд И.Ф. Романович выделяет следующие разновидности.

А. Малоглиноземистые (Al₂O₃ меньше 4 %)

І. Маложелезистые (Fe₂O₃ 2,75 %), в том числе:

1. Талькиты (талька свыше 75 %);

2. Карбонат-тальковые (35–75 %)

ІІ. Железистые (Fe₂O₃ больше 2,75 %), в том числе:

1. Талькиты (талька больше 75 %);

2. Карбонат-тальковые (35–75 %)

В. Глиноземистые (Al₂O₃ больше 4 %), в том числе:

1. Хлорит-тальковые и тальк-хлоритовые

2. Карбонат-тальковые и карбонат-хлорит-тальковые

3. Актинолит-тальк-хлоритовые и актинолит-хлорит-тальковые

Химический состав кварцевых пород, %

Исследуемый материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Кварц мурманский	98,49–98,83	0,84–0,88	0,02–0,19
Песок:			
люберецкий	99,1 –99,50	0,16–0,50	0,02–0,30
часовярский	93,37–99,75	0,10–0,48	0,005–0,03
лужский (промытый)	93,88–99,08	0,44–0,47	0,05–0,09
Маршаллит уральский	92,12	4,21	–

Продолжение табл. 20

Исследуемый материал	CaO	MgO	SO ₃	П.п.п.
Кварц мурманский	–	Сл. – 0,09	–	0,19
Песок:				
люберецкий	0,03–0,50	Сл. – 0,3	Сл. – 0,06	0,05–0,20
часовярский	0,01–0,25	Сл.	Сл.	–
лужский (промы- тый)	0,20–0,21	–	–	–
Мушаллит уральский	–	0,21–0,81	–	2,91

4. Актинолит-талк-хлоритовые и актинолит-хлорит-талковые

5. Глинисто-талковые и талк-глинистые

6. Талк-серицитовые и серицит-талковые.

Месторождения талька образуются в эндогенных условиях в широком диапазоне температур (200–500 °С) и давлений (от 1 до 10^3 МПа) преимущественно в условиях щелочной среды. Условия, благоприятные для образования талька, возникают как в результате постмагматической деятельности, так и в процессе регионального метаморфизма. Месторождения тальцитов формируются и экзогенным путем при выщелачивании ассоциирующих с тальком минералов, что приводит к относительному повышению концентраций талька в зоне выветривания.

И.Ф. Романовичем наиболее детально разработана генетическая классификация тальковых месторождений. Все тальковые месторождения разделяются на две серии: эндогенную (гидротермально-метаморфогенную) и экзогенно-эндогенную. К первой серии относятся формации: апомагнетитовых тальцитов; аподоломитовых тальцитов; апоультрамафитовых талк-хлоритовых руд; талк-хлоритовых руд и др. Ко второй

серии относятся формации: выветривания оталькованных доломитов; выветривания брейнерит-тальковых руд.

Эндогенные месторождения размещаются в зонах влияния постмагматических растворов или регионального метаморфизма. Экзогенно-эндогенные месторождения приурочены к районам талькообразования и последующих процессов выветривания. В эндогенных месторождениях тальковые руды представлены плотными разностями, а в экзогенно-эндогенных — порошкообразными, рыхлыми или щебнистыми.

В СССР наиболее распространены месторождения, генетически связанные с гипербазитами, они являются основным источником товарного талька, получаемого при обогащении тальковых руд. Месторождения талька широко представлены на территории Советского Союза: в Карелии, Закавказье, Средней Азии, Сибири, на Урале и Дальнем Востоке. Подавляющее большинство месторождений относится к эндогенной серии и только одно месторождение — Алгуйское принадлежит к экзогенно-эндогенной.

Алгуйское месторождение, открытое в 60-х гг., расположено в Новокузнецком районе Кемеровской области, в верховьях р. Алгуй. Тальковые породы месторождения приурочены к отложениям западно-сибирской свиты позднего протерозоя, которые представлены в основном доломитами с пластами известняков, кварцитов глинистых и кремнисто-глинистых сланцев. В пределах тальконосного поля отложения западно-сибирской свиты прорваны интрузивными породами — гранитами и диоритами. На месторождении широко развиты тремолитовые породы, среди которых различают кальцит-тремолитовые и кварц-тремолитовые разности.

Тальковые породы также представлены двумя разностями кальцит-талькового и кварц-талькового состава. Первые образуются по доломитам и распространены незначительно; главная роль принадлежит кварц-тальковым породам, слагающим залежь месторождения. В пределах рудного поля развита мощная кора выветривания, сложенная продуктами разрушения талькитов, кварцитов, диабазов и карбонатных пород. Пространственно кора выветривания приурочена к зоне тектонического разлома. Из всей совокупности пород, слагающих месторождение, наиболее интенсивному выветриванию подверглись метасоматические кварциты, кварц-тальковые и кварц-тремолитовые породы. Талькиты в зоне выветривания полностью дезинтегрированы и превращены в серовато-белую глиноподобную тонкодисперсную массу, жирную на ощупь. Кварциты разрушены до тонкого (менее 1 мм) порошка — маршаллита. Глубина выветривания в центральной части залежи достигает 250 м.

Алгуйское месторождение образовалось в процессе инфильтрационного метасоматоза при замещении тальком метасоматических кварцитов, кварц-тремолитовых пород и доломитов. Однородный химичес-

Химический состав стекла, %. По И.Б. Шлаину

Стекло	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃
Оконное	71,2–72,5	1,6–1,9	Не более 0,1	6,5–7,5	3,0–4,0	13–14,5	0,3–0,5
Полированное	72,0	1,45	0,05	12,6	1,0	12,5	–
Сортовое	63,1–75,0	0,5	0,04–0,05	7,5–9,5	0,2–1,1	15–17	0,6–0,7
Листовое непрерывного проката	71,5–72,0	0,3–1,7	0,07	12,3–14,0	0,10	12,5–14,0	0,5
Электроламповое	70–74	0,34	0,14	4,5–6,4	1,5–3,60	10,2–18,4	–
Бутылочное (тарное)	67–68	3–3,5	0,50	10,5–11,0	1,5–2,0	14,5–15,5	–

кий состав замещенных пород обусловил высокое качество тальцитов, характеризующихся следующим содержанием породообразующих компонентов (в %): SiO₂ 63,62–73,44; Al₂O₃ 0,13–0,42; Fe₂O₃ 0,05–0,20; TiO₂ сл.; CaO сл. – 0,14; 21,87–30,70; MnO сл. – 0,08; S сл. – 0,02; K₂O не обн. – сл.; Na₂O сл. – 0,10; P₂O₅ не обн. – 0,05; п.п.п. – 3,67–4,57; Cr₂O₃ не обн. – 0,016. Их минеральный состав определяется тальком на 69–97% и кварцем – 3–30%.

На молотый тальк, выпускаемый предприятиями промышленности строительных материалов, имеется ряд стандартов и ГОСТов. Например, ГОСТ 20706–75 – на тальк молотый для кабельной промышленности и ГОСТ 19729–74 – на тальк молотый для производства резиновых изделий и пластических масс.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТЕКОЛЬНОГО СЫРЬЯ

Стеклом называют аморфные сплавы, получаемые в результате переохлаждения расплава различного химического состава, имеющие механические свойства твердых тел. Номенклатура материалов и изделий из расплавленных минеральных масс очень разнообразна. К числу основных стеклянных материалов относятся: стекло оконное, листовое, пакетное, витринное, упроченное, закаленное, теплозащитное, увиолевое, узорчатое ("мороз"), рифленое, профильное, цветное, прозрачное, электропроводящее, пленочное, чешуйчатое, призматическое, кварцевое, стеклоблоки, трубы, газо- и пеностекло и различные стекло-

волокнистые материалы. Из расплава горных пород также получают облицовочные материалы, детали и изделия высокой абразивной стойкости, минеральную вату и изделия из нее.

В состав сырьевой шихты, используемой для получения стекломассы, вводятся различные компоненты, среди которых различают стеклообразующие и дополнительные, добавляемые для улучшения технических показателей стекла.

К наиболее важным стеклообразующим материалам относится оксид кремния (SiO_2), вводимый в виде кварцевого песка, реже — кускового кварца и песчаника. Стеклообразующими материалами являются также оксид алюминия, борный ангидрид и материалы, содержащие оксиды натрия, калия, кальция, магния, бария, свинца, цинка и других элементов. Вспомогательными материалами служат осветлители, красители, окислители, восстановители, обесцвечиватели, глушители и др. Составные части вводятся в стекольную шихту в виде горных пород и минералов, а также химических продуктов. Содержания оксидов в некоторых стеклах приведены в табл. 21.

Кварцевые материалы

В стеклоизделиях в качестве кварцевых материалов широко применяется кварцевый песок, не требующий предварительного измельчения, поэтому являющийся наиболее удобным в технологическом отношении. К кварцевым относятся пески, состоящие не менее чем на 85 % из зерен кварца, с содержанием кремнезема, обычно превышающим 90 % (табл. 22). Наиболее чистые разности песков содержат более 95 % кремнезема и являются мономинеральными. Пески с меньшим количеством этого оксида относятся к олигомиктовым.

Кроме кварца, в песках в переменном количестве всегда содержатся и другие минералы (табл. 23), число которых на одном месторождении обычно не превышает 20 и в редких случаях достигает 35. Всего в месторождениях кварцевых песков СССР установлено около 60 различных минералов.

Из минералов легкой фракции кроме кварца могут присутствовать в значительном количестве полевые шпаты (микроклин, ортоклаз, плагиоклаз), мусковит, биогит, глауконит (1–3 %), каолинит, гидрослюда, кальцит, редко хлорит, доломит и гипс. В небольшом количестве (сотые и десятые доли процента) содержатся минералы тяжелой фракции — турмалин, ставролит, дистен, циркон, силлиманит, рутил, гранат, сфен и др. Иногда наблюдающееся повышение концентрации минералов этой фракции определяется или устойчивостью обломочных (аллотигенных) минералов, или образованием их аутигенным путем.

Перечисленные минералы являются главным образом компонентами изверженных и метаморфических пород. Небольшая часть минералов

Средний химический состав кварцевых песков, %
По А.М. Цехомскому

Район	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O*	SO ₃	П.п.п.
Ст. Саблино	98,30	0,60	0,1	Сл.	Не обн.	0,32	0,08	0,08	—	0,31
Ст. Неболчи	99,24	0,32	0,08	0,03	"	0,09	0,03	0,08	—	0,19
Ст. Люберцы	99,25	0,20	0,05	0,02	"	0,04	0,02	0,10	—	0,21
Д. Ташла	99,50	0,23	0,06	0,03	"	0,06	0,02	0,16	0,23	0,15
Д. Кутлугузино	96,49	0,95	0,15	0,10	"	0,25	0,17	0,30	—	0,72
Д. Глебово	98,73	0,82	0,07	0,07	"	0,10	0,08	0,10	—	0,2
Ст. Ачи-Су	97,48	1,15	0,15	0,12	Сл.	0,31	0,15	0,45	—	0,31
Д. Великодворье	97,44	0,92	0,11	0,04	0,35	0,24	0,14	0,21	—	0,30

* R₂O = K₂O + Na₂O.

Минеральный состав стекольных песков, %. По И.Б. Шлаину

Месторождения	Фракция			
	легкая			тяжелая
	кварц	полевой шпат	каолинит	
Люберецкое	98-99	Менее 1	Менее 1	0,15-0,20
Авдеевское	96-98	1-3	1	0,02-0,08
Глебовское	95-96	-	3,0	До 0,1
Новоселовское	98,5	-	1-1,5	0,17
Ташлинское	99,2	0,53	-	0,25
Неболчинское	98-99	-	1	0,10
Великодворское	96	3	-	0,10-0,17
Кутлугузинское	94-95	4,1	1	0,60
Ачи-Су	94-95	3-4	1,4	0,20-0,25
Старосельское	95-96	0,7-2,4	1-2	0,03-0,05

песков является аутигенными — лимонит, гидрогематит, пирит, марказит, опал, гипс, карбонаты. К аутигенным также относятся и железистые минералы, образующие пленки на поверхности кварцевых зерен.

Обедненность песков терригенными примесями, как правило, связана с наиболее древними отложениями; это объясняется интенсивным химическим выветриванием исходных пород и разложением минералов-примесей после образования осадка.

Для песков характерна определенная закономерность в распределении различных минералов по гранулометрии. Так, кварц присутствует в основном в крупных фракциях ($-0,25 + 0,15$ мм, реже $-0,5 + 0,25$ мм), а легкие минералы преобладают в мелких ($0,05-0,1$ мм) и средних ($0,15-0,25$ мм) фракциях, причем их содержание находится в обратной зависимости от содержания кварца. Концентрация тяжелых минералов обычно достигает максимума во фракциях мельче $0,1$ мм. Причем в одних случаях он приходится на интервал крупности $-0,1 - 0,05$ мм, в других — мельче $0,05$ мм. Таким образом, алевритовый материал оказывается наиболее обогащенным тяжелыми фракциями. В песках, насыщенных аутигенными минералами, тяжелые минералы присутствуют как в мелких, так и крупных фракциях. В зернах кварца часто отмечаются минералы-включения размером от сотых до десятых долей миллиметра.

Оценку качества стекольных песков в значительной степени определяет количество тяжелых минералов, и в первую очередь рудных (оксиды железа, марганца, титана, хрома), и сульфидной серы. Кроме того, на эту оценку влияет наличие тугоплавких минералов (циркон,

корунд), которые из-за медленного растворения в стекломассе способны образованию "камней". Присутствие этих рудных минералов в форме оксидов создает эффект окрашивания. Наиболее распространены примеси железа, присутствующие в песках в различном виде. По А.М. Цехомскому, такое железо делится на следующие группы [12]

1) входящее в состав различных минералов алевритовой фракции (мельче 0,1 мм);

2) связанное с минералами и обломками горных пород крупной песчаной фракции (крупнее 0,84 мм);

3) содержащееся в пленках на зернах минералов песчаной фракции;

4) содержащееся в пленках на зернах различных тяжелых минералов крупной фракции ($- 0,84 + 0,1$ мм);

5) присутствующее в составе обломков легких силикатных минералов крупной фракции, не разлагающихся под действием сильных кислот;

6) содержащееся непосредственно в кварцевых зернах.

По способу удаления железа, входящего в состав пленки, обволакивающей зерна, его можно подразделить на три подгруппы: а) удаляемое механическим путем; б) не удаляемое механическим путем, но растворимое в щавелевой кислоте; в) не удаляемое механическим путем из-за присутствия в составе глинистых силикатных минералов — гидрослюд, каолинита и др. Оно переходит в раствор только под воздействием смеси соляной и серной кислот.

Содержащееся в песках железо необходимо максимально удалить. Довольно легко избавляются от железа, заключенного в отдельных минеральных примесях и входящего в состав некоторых видов пленки, при механическом обогащении. Трудно, иногда невозможно удалить железо, выполняющее трещины в зернах кварца, а также в пленке, не поддающейся механической обработке.

Для оценки качества песков большое значение имеет их гранулометрический состав, так как значительное количество слишком мелких или слишком крупных зерен затрудняет процесс плавки. Наиболее благоприятным считается песок, в котором сосредоточено свыше 90 % зерен в пределах фракций от 0,1 до 0,4 мм. Количество зерен размером выше 0,8 мм должно быть минимальным, а мельче 0,1 мм — не более 8 % (табл. 24).

Стекольная промышленность наряду с песками использует кварцевые песчаники (Черемшанское месторождение), кварциты и жильный кварц (для специальных видов стекла), однако применение этих материалов ограничено из-за необходимости их предварительного дробления.

Существуют две основные точки зрения на происхождение кварцевых песков: в результате процессов физического или химического выветривания. Более убедительной представляется вторая точка зре-

Гранулометрический состав стекольных песков, %
По И.Б. Шлаину

Месторождение	Размер фракций, мм				
	более +0,833	0,833— —0,589	0,589— —0,417	0,417— —0,295	0,295— —0,208
Люберецкое	0,19	0,07	1,60	14,64	50,68
Авдеевское	0,10	0,18	2,70	8,00	27,3
Великодворское	3,17	3,31	8,61	24,60	45,1
Ачи-Су	0,04	0,05	0,14	1,26	18,58
Кутлугузинское	0,60	0,15	0,39	1,15	12,78
Неболчинское	—	—	0,24	6,50	51,26
Ташлинское	0,05	1,17	—	0,95	—
Глебовское	0,70	8,00	2,00	—	20,0

Продолжение табл. 24

Месторождение	Размер фракций, мм					
	0,208— 0,147	0,147— —0,124	0,124— 0,104	0,104 0,074	0,074 0,053	менее 0,053
Люберецкое	29,17	3,00	0,24	0,11	0,11	0,08
Авдеевское	45,50	8,50	6,70	0,20	—	0,20
Великодворское	14,40	1,80	0,25	0,14	0,04	0,14
Ачи-Су	46,58	20,69	5,69	4,13	1,38	1,45
Кутлугузинское	23,55	22,35	12,98	13,30	10,0	3,30
Неболчинское	21,48	10,50	5,80	3,25	0,35	0,13
Ташлинское	12,67	74,25	11,75	0,15	0,04	0,05
Глебовское	42,00	6,50	—	1,60	1,23	0,70

ния, так как образование чистых кварцевых песков из полиминеральных пород маловероятно. Согласно второй точке зрения, для формирования кварцевых песков необходимо химическое разложение неустойчивых минералов, так как только при таких условиях пески могут обогащаться кварцем. Химическое выветривание играет большую роль не только в процессе преобразования исходной породы, но и рыхлого материала, возникающего в результате разрушения этой породы. Наряду с химическим выветриванием большую роль в обогащении песков кварцем играет механическая дифференциация материала в процессе транспортировки и перетолжения. При этом происходит дробление крупных обломков горной породы и минералов, что усиливает эффективность протекания

химических процессов. Механическая дифференциация при дальнейшем измельчении способствует также выносу новообразованных минералов, имеющих, как правило, небольшую прочность. Поскольку химическое воздействие является главным фактором образования кварцевых песков, то это предопределяет их распространение зонами теплого гумидного климата и обуславливает парагенетическую связь с корами химического выветривания. Однако чисто кварцевые пески не формируются непосредственно из пород кор выветривания, которые всегда содержат значительное количество полевых щитов и глинистых минералов, особенно в горизонте, слабо затронутых процессами выветривания. По-видимому, накопление толщ чистых кварцевых песков требует длительной дополнительной переработки рыхлого материала продуктов коры выветривания при обязательном проявлении факторов химического выветривания, вызывающих разложение неустойчивых минералов.

На формирование толщ кварцевых песков большое значение оказывает и петрографический состав исходных (материнских) пород. В этом случае наиболее благоприятны области размыва, в которых развиты породы преимущественно кислого состава — граниты, кварциты, песчаники. Тогда такие пески характеризуются большим количеством кварцевой компоненты при незначительной концентрации железистых минералов. В качестве примера можно назвать крупнейшие месторождения стекольных песков, сформировавшиеся за счет размыва кристаллических пород Украинского и Балтийского щитов. Хорошей сортировке материала способствует также удаленность бассейнов осадконакопления от зон размыва, так как при длительной транспортировке интенсивнее разрушаются минералы, менее устойчивые по сравнению с кварцем, т.е. происходит естественное обогащение песков.

Изучение генезиса месторождений кварцевых песков, в том числе стекольных, показывает, что их образование может происходить в различных геологических условиях, поэтому среди них выделяют пески морского, континентально-морского, аллювиального, золотого, озерного, ледникового и элювиально-делювиального происхождения. Подробная генетическая классификация месторождений кварцевых песков разработана А.М. Цехомским (табл. 25).

Наиболее благоприятны для формирования месторождений мономинеральных кварцевых песков прибрежные части континентальных морских бассейнов, особенно площади, расположенные в непосредственной близости к дельтам рек, впадающих в море и выносящих материал с суши. К такому типу отложений относятся крупные месторождения стекольных песков (Ташлинское, Люберецкое, Ново-Михайловское и др.). Характерной особенностью морских песков является их хорошая сортировка, наличие косой слоистости, обломков окаменелой древесины, а также значительные площади распространения и большая мощность отложений.

Группа	Тип	Исходный материал	Процессы, определяющие структуры и состав песков
I. Накопленные в районе выхода материнских пород	Элювиальный	Кварцевые песчаники, кварциты	Химическое выветривание
II. Первичностложенные	Делювиальный и пролювиальный	Первичные продукты химического выветривания различных кварцсодержащих пород	Переработка при сползании по склонам и в условиях переноса на большие расстояния временными потоками
III. Переотложенные неоднократно	Аллювиальный	Кварцевые, кварц-полевошпатовые пески, редко первичные продукты химического выветривания исходных пород	Длительная переработка и перенос реками с участием химического выветривания
	Морской		Длительная переработка в различных условиях с участием химического выветривания в прибрежной полосе морского бассейна
	Эоловый	Кварцевые, кварц-полевошпатовые пески и др.	Длительная переработка и многократное переотложение в различных условиях в обстановке развития эоловых процессов
	Флювиогляциальный	Пески разного состава	Смешение и механическая переработка, переотложение ледниковыми потоками
	Озерный	Кварцевые, кварц-полевошпатовые пески и др.	Длительная переработка в различных условиях с участием химического выветривания, переотложение в озерных бассейнах

кварцевых песков. По [12]

Характерные структуры	Типичные аутигенные образования	Форма залежи	Промышленная характеристика месторождений
Средне- и мелкозернистые с крупными обломками неизмененных пород	Глинистые минералы, гидрослюды, редко опал	Неправильной формы	Запасы песков тысячи, реже сотни тысяч тонн
Различной крупности с удовлетворительной сортировкой, присутствуют крупные обломки исходных пород	Гидроксиды железа, пленка силикатная и смешанного состава	Конусообразные и линзовидные	Запасы однородных песков небольшие — тысячи, десятки тысяч, редко сотни тысяч тонн
Разной крупности, слабо и удовлетворительно отсортированные	Гидроксиды железа, редко глауконит, органическое вещество, гидрослюдистая, смешанного состава, редко каолининовая пленки	Линзообразные	Запасы песков десятки, сотни, тысячи и миллионы тонн
Мелко-, средне-, редко крупнозернистые, хорошо отсортированные	Глауконит, кальцит, фосфорит, гематит, гидрослюдистая, монтмориллонитовая, глауконитовая, смешанного состава пленки	Пластообразные	Запасы песков миллионы и десятки миллионов тонн
Мелко-, реже среднезернистые, хорошо отсортированные с окатанными или полукатанными зернами	Гидроксиды железа; в песках пустынь гипс, карбонат, пленка смешанного состава, в песках пустынь прочная железистая	Линзообразные	Запасы песков первые миллионы тонн
Пески различной крупности, плохо и удовлетворительно отсортированные	Гидроксиды железа, гидрослюдистая механически непрочная пленка	Линзы, нередко вытянутые по движению потока	Запасы песков до нескольких миллионов тонн, реже более
Мелко-, средне-, редко крупнозернистые, хорошо отсортированные	Гидроксиды железа, редко глауконит, сульфиды, растительный детрит, пленка гидрослюдистого и смешанного составов	Пластообразные и линзообразные	Запасы песков сотни тысяч, миллионы тонн

Группа	Тип	Исходный материал	Процессы, определяющие структуры и состав песков
	Дельтовый		Переотложение в зоне периодической смены морских и континентальных обстановок

Озерные пески по составу близки к морским, но отличаются отсутствием морской фауны, небольшой площадью распространения и мощностью. Речные пески характеризуются плохой сортировкой и слабой окатанностью зерен. В них проявлена диагональная слоистость речного и потокового типов. Месторождения песков такого происхождения часто содержат древесные остатки. Речные пески отлагаются в виде лент или полос, вытянутых в направлении долинного стока.

Флювиогляциальные песчаные породы образуются в результате перемыва моренных отложений ледниковыми водами. Они обычно отличаются слабой окатанностью зерен, хорошей сортировкой, но содержат примеси гравия и гальки. Такие пески, как правило, накапливаются в виде залежей неправильной формы. Пески золотых отложений характеризуются хорошей сортировкой и окатанностью зерен, а также большой площадью распространения.

На территории СССР месторождения кварцевых песков, среди которых имеются разности, пригодные для стекловарения, локализованы в отложениях почти всех геологических возрастов, начиная с докембрия. Однако количество месторождений и их запасы значительно увеличиваются по мере омоложения их вмещающих толщ. Среди докембрийских отложений кварцевые пески встречаются редко, как правило, в элювии и характеризуются плохой сортировкой материала (Харгинское месторождение). В палеозое условия для накопления кварцевых песков были более благоприятны. В отложениях этого возраста выявлено около 20 месторождений стекольных и формовочных песков, развитых среди прибрежно-морских толщ. Их суммарные запасы достигают 200 млн. т. В мезозое пески формировались как в континентальных, так и в прибрежно-морских условиях и число их месторождений по сравнению с палеозоем более значительно. Всего в мезозойских отложениях разведано около 40 месторождений с суммарными запасами, составляющими 19 % от общесоюзных.

В кайнозое кварцевые пески накапливались в континентальных и морских условиях. В палеогене залежи песков известны во всех эпо-

Характерные структуры	Типичные аутигенные образования	Форма залежи	Промышленная характеристика месторождений
Мелко-, реже среднезернистые удовлетворительно отсортированные	Гидроксиды железа, редко глауконит, растительный детрит, пленка гидрослюдистая	Пластообразные или удлиненные линзообразные	Запасы песков сотни миллионов тонн

хах и являются в основном морскими образованиями, реже континентально-морскими или континентальными. Лучшие по качеству пески приурочены к морским мелководным отложениям палеоцена востока и юга Русской платформы. Наиболее мощные залежи морских песков известны в палеоцене правобережья р. Волги от Ульяновска до Волгограда и на запад до р. Дона. Всего по Советскому Союзу с палеоген-неогеновыми отложениями связано 36 месторождений кварцевых песков с запасами свыше 500 млн. т. В течение четвертичного периода происходило формирование континентальных осадков, среди которых преобладают аллювиальные, флювиогляциальные и элювиальные пески, приуроченные к надпойменным террасам. Пески флювиогляциального генезиса развиты в районах оледенений, особенно максимальных.

Карбонатные материалы

В стекольной промышленности находят применение карбонатные породы — известняки и доломиты. Эти породы широко распространены, но чистые их разновидности, пригодные для стекольной промышленности, встречаются редко. Обычно они загрязнены железом и другими красящими примесями. Чистые разновидности известняков отмечаются в морских (хемогенных), а также органогенных осадках. Среди континентальных отложений высоким качеством отличаются известковые туфы или травертины, но они, как правило, не образуют крупных месторождений. Низким содержанием оксидов железа характеризуется мел многих месторождений, а также белый мрамор, в котором концентрации оксидов железа нередко составляют всего 0,02—0,04 %.

При широком распространении известняков от кембрийских до четвертичных отложений, наибольшее количество их месторождений приходится на кембрий, силур, девон, карбон, мел, палеоген и неоген. С верхнемеловыми отложениями связаны месторождения чистого мела, применяемого в стекольной промышленности. Месторождения доломитов, пригодные для производства стекла, встречаются, главным образом,

Химический состав карбонатных пород, %. По И.Б. Шлаину

Месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
		Мел			
Белгородское	1,02–11,34	0,20–1,16	0,06–0,08	47,0–54,1	0,08–0,47
Сельцовское	0,60–3,80	0,40	0,17	53,60	0,48
		Известняк			
Ташшинское		0,5–1,2	0,16–0,30	53,0–55,7	0,7–1,5
Невьянское	0,52–3,48	0,07–1,56	Сп. – 0,52	54,1–55,5	0,23–1,37
Каракубское	0,53–3,68	0,13–0,92	0,04–0,86	46,20–54,62	0,49–5,05
Касимовское	0,40–10,12	0,08–3,75	0,04–0,30	55,20	0,5–0,7
		Доломит			
Боснинское	0,34–0,58	0,21–0,37	0,02–0,08	30,5–31,62	18,7–21,86
Осугское	0,45–0,71	0,41–0,65	0,04–0,14	30,67–39,97	21,03–21,66
Ащеринское	–	–	0,15	29,0	19,5
Мелехово-	–	–	0,03–0,14	3,02–33,0	18,6–21,5
Федотовское					
Ковровское	0,6	0,10	0,15	31,67	20,24
Таборское	1,2	0,42	0,15	31,05	21,23

среди отложений девона, карбона и перми. Более молодыми образованиями являются юрские доломиты (Боснинское месторождение). Наиболее чистые доломиты большей частью приурочены к хемогенным отложениям бассейнов повышенной солености, где их образование происходит в виде первичного осадка.

На некоторых месторождениях карбонатных пород отмечаются проявления вторичных процессов (карстообразование, заполнение трещин глинистым материалом, ожелезнение), сильно ухудшающие качество известняков и доломитов. Данные о химическом составе известняков, доломитов и мела, применяемых в стекольной промышленности, приведены в табл. 26.

Полевошпатовые материалы

В сырьевую стекольную шихту добавляются полевой шпат из гранитных пегматитов или сами пегматиты в качестве носителей алюминия, калия и натрия, увеличивающих растворимость сырьевой смеси. Опыт последних лет свидетельствует, что для стекольного производства калие-

Технические условия на стекольные пески

Месторождение	Содержание (в %) оксидов в пересчете на сухое вещество по сортам*			
	высшему	I	II	III
Люберецкое	98,5/0,05	98,0/0,08	97,6/0,13	97/0,2
Ачи-Су	—	—	—	97/0,2
Ташлинское	99,8/0,05	99/0,08	98,7/0,13	—
Авдеевское	98,0/0,06	97,5/0,08	97,0/0,13	96,5/0,2
Глебовское	98,5/0,05	97,8/0,08	97,0/0,13	—
Неболчинское	—	—	—	98,0/0,2

* В числителе даны минимальные содержания SiO_2 , в знаменателе — максимальные содержания Fe_2O_3 .

вый полевой шпат является таким же ценным компонентом, как и для керамической промышленности. Пегматит для стекольной промышленности главным образом добывается на месторождении Люпикко (Карелия). Вторым крупным поставщиком полевошпатового сырья является Лянгарское месторождение лейкократовых гранитов.

К новому виду стекольного сырья относится перлит. В научно-исследовательском институте камня и силикатов (г. Ереван) разработан способ комплексной химической переработки перлита на трисиликат натрия в виде жидкого стекла, который затем перерабатывается на каназит — комплексное стекольное сырье [9, 10]. Государственных стандартов на стекольное сырье, кроме полевошпатового, нет, имеются только технические условия на сырьевые материалы для отдельных месторождений (табл. 27).

Уже отмечалось, что для процесса варки стекла большое значение имеет размер зерен кварцевого песка, поэтому технические условия учитывают их гранулометрический состав. Согласно техническим условиям в доломитах разных месторождений содержание MgO должно составлять 18–19,5 %, CaO — не более 4 %; Al_2O_3 — 0,5–1,0 %; Fe_2O_3 — 0,1–0,3 %. Мел для стекольной промышленности в соответствии с ГОСТ 17498–72 должен содержать суммарное количество CaCO_3 и MgCO_3 в пересчете на CaCO_3 не менее 98 %. Стекольная промышленность предъявляет к химическому составу кварц-полевошпатового сырья требования, изложенные в ГОСТ 13451–77, в которых лимитируется также содержание (в %): Fe_2O_3 — 0,2–0,3, SiO_2 — 65–75 и $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ — не менее 7.

В стекольном производстве в качестве щелочного сырья широко применяют сульфат натрия, который в виде природного вещества представлен мирабилитом — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и тенардитом — Na_2SO_4 . Промышленное значение имеют также рассолы соляных озер, обогащенные сульфатными солями, астраханит — $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и глауберит — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$.

Месторождения сульфата натрия по способу и времени отложения делятся на две группы:

1. Современные озерные и морские месторождения, представленные постоянными или периодическими отложениями мирабилита, тенардита и других сульфатных солей, а также поверхностные и донные рассолы, содержащие сульфат натрия.

2. Пластовые залежи и линзы глауберита, астраханита, мирабилита и тенардита.

В настоящее время преимущественно разрабатываются месторождения, входящие в первую группу. В СССР основным сырьем для получения сульфата натрия служат рапы (озерные рассолы) и залежи мирабилита в заливе Кара-Богаз-Гол (Туркменская ССР) и на оз. Кучукское (Алтайский край), где этот минерал добывается в количестве свыше 300 тыс. т. По запасам сульфата натрия Советский Союз занимает одно из первых мест в мире.

В заливе Кара-Богаз-Гол основную промышленную ценность представляют межпластовые (межкристалльные) рассолы, содержащие значительное количество сульфата натрия, извлекаемого из них путем выпаривания. На Кучукском озере отработывается пласт мирабилита, развитый почти на всей площади озера со средней мощностью 2,3 м. Мирабилит на этом месторождении имеет следующий химический состав (в %): Na_2SO_4 41,8; NaCl 1,99; CaSO_4 0,3; MgSO_4 0,6; H_2O 52,0.

Наличие примесей в сульфате натрия не влияет на процесс варки стекла, более важным является постоянство содержаний этих примесей: их отклонение не должно превышать 1 %. Техническими требованиями Главстройстекло для комбината "Аралсульфат" допускалось содержание Na_2SO_4 в обезвоженном сульфате натрия не менее 86 %, NaCl , CaSO_4 и нерастворимых примесей не более 3,4 и 7 % соответственно. В тенардите возможно присутствие MgSO_4 в количестве до 3 %.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

К минеральным вяжущим веществам относятся порошкообразные материалы, получаемые при размоле предварительно обожженных горных пород. Взаимодействие этих веществ с водой или растворами некоторых солей в результате химических или физико-химических

процессов приводит к образованию пластической массы, самопроизвольно превращающейся в твердое камневидное тело.

Некоторые вяжущие твердеют на воздухе при воздействии углекислоты и относятся к группе воздушных твердеющих, долго сохраняющих прочность только на воздухе. К ним относятся: известь карбонатная, гипс строительный, высокопрочный и ангидритовый, цемент и гидратная известь.

Вторая большая группа вяжущих обладает способностью твердеть и длительное время сохранять прочность как на воздухе, так и в воде. Это так называемые гидравлические вяжущие. В группу гидравлических вяжущих входят гидравлическая известь, портландцемент, романцемент, смешанные вяжущие на основе извести (известково-пуццолановые, известково-шлаковые и др.) и смешанные вяжущие на основе портландцемента, а также гипсоцементошлаковые вяжущие, глиноземистый и расширяющийся цементы.

Третью группу образуют вяжущие, способные затвердевать только при водно-тепловой обработке в пропарочной камере или автоклаве и называемые автоклавными вяжущими. К ним относятся известково-кремнеземистые (кварцевые) вяжущие вещества.

Основным минеральным сырьем для производства вяжущих являются известняки, глины, гипс и кварцевые пески. Кроме того, для изготовления цемента в значительном количестве используются так называемые гидравлические и железистые добавки, гипс. В наибольшем количестве для производства вяжущих применяются известняки, входящие в состав всех видов вяжущих, кроме гипсовых.

Для известняков характерно большое разнообразие окрасок. Чистые известняки, не содержащие красящих веществ, имеют белый цвет. Присутствие примесей, как правило, обуславливает появление окраски. Серый и черный цвета с коричневым оттенком обязаны наличию углисто-го вещества и битумов, черный с синеватым оттенком — тонкорассеянного пирита в смеси с органическим веществом. Зеленоватые оттенки, наблюдаемые иногда в известняках, вызываются оксидными соединениями железа, глауконитом или хлоритом, желтые, бурые, красные и коричневые цвета — оксидами железа и марганца.

Плотность известняков варьирует от 2,5 до 2,8 г/см³, а объемная масса в зависимости от пористости и структуры известняков может сильно меняться от 1,0 г/см³ (у сильно пористых ракушечников) до 2,6 г/см³ (у плотных известняков, содержащих включения тяжелых минералов). Пористость известняков также непостоянна: от десятых долей процента (у плотных разновидностей известняков) до 60 % (у ракушечников). Водопоглощение также изменяется от долей процента до 50 % от массы породы.

Известняки всегда содержат то или иное количество различных примесей, из которых наиболее распространенными являются глинистые и другие терригенные вещества. В некоторых известняках в замет-

ных количествах присутствует глауконит, органическое, углистое и битуминозное вещество, сульфиды железа и тяжелых металлов. Глинистые компоненты известняка обычно представлены минералами группы гидрослюд или монтмориллонита. Иногда отмечаются новообразования полевых шпатов.

Важнейшими пороодообразующими организмами биогенных известняков являются фораминиферы, мшанки, кораллы, криноидеи, моллюски, остракоды и известковые водоросли.

Для известняков характерны обломочные структуры, которые по размеру зерен (в мм) делятся: на псефитовые (> 1) и пелитовые (1–0,5); органогенные (цельнораковинные и детритовые); органо-генно-обломочные; мелкозернистые (0,05–0,005), микрозернистые ($< 0,005$); кристаллические; зернистые ($> 0,05$). Текстуры известняков тонко- и толстослоистые, пятнистые, комковатые, конгломератовидные, стилолитовые и массивные (в перекристаллизованных известняках).

По химическому составу известняки состоят в основном из углекислого кальция с примесью переменных количеств оксида магния и других оксидов (табл. 28). В зависимости от условий образования различают обломочные, биогенные и хемогенные известняки. Обломочные состоят из обломков известняков и известковых организмов. По форме и размеру обломков выделяют конгломератовидные, брекчиевидные (размер обломков > 1 мм) известняки и известковистые песчаники (1–0,05 мм). Обломочные известняки могут состоять из обломков известняков, реже из известняков и раковин или одних раковин. Обломки несут следы механической обработки и сцементированы пелитоморфным или зернистым кальцитом. Раковинные известняки могут содержать обломки раковин одного какого-либо рода фораминифер, криноидей, пелеципод и др. Окраска и свойства обломочных известняков очень различны. Обломочные известняки образуются за счет разрушения и перемива ранее сформировавшихся известняков, а также в результате механической обработки известковых скелетов морских организмов. В полосе прилива, в зоне волнения и приливно-отливных течений обломки известняков и различных раковин подвергаются интенсивной механической обработке, приводящей к их окатыванию и измельчению. Немалую роль в измельчении раковин играют также и некоторые морские организмы.

Значительное количество мелководных карбонатных осадков современных морей формируется таким же образом. Эти же процессы в прошлые геологические эпохи привели к формированию обломочных известняков. Биогенные известняки являются наиболее распространенной разновидностью таких пород. Они состоят из целых раковин или раковинного детрита, не подвергшихся механической обработке. В зависимости от видов организмов, слагающих известняки, а также

Химический состав известняков, %. По Н.В. Логвиненко
с изменениями

Порода	CaO	MgO	CO ₂	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O + Na ₂ O	П.п.п.
Известняк (Донбасс):											
обломочный	56,63	1,65	43,01	0,88	—	0,26	0,20	0,05	—	—	—
фораминиферовый	46,33	0,46	39,83	13,38	5,89	2,27	4,30	—	0,57	—	—
оолитовый	52,25	0,86	—	6,09	4,80	0,39	0,85	0,08	—	—	41,58
Мел белый (г. Белгород)	55,5	0,2	—	—	0,7	0,2	0,1	—	—	—	42,6
Мергель (г. Новороссийск)	30,32	0,75	—	—	21,32	4,14	1,64	—	0,75	—	32,62

степени сохранности раковин различают цельнораковинные (фораминиферовые, пелелиподовые, брахиоподовые, криноидные и др.) и органо-генно-детритовые разновидности, состоящие из раковинного детрита — обломков раковин тех же организмов. Встречаются также известняки смешанного состава.

К особой разновидности биогенных известняков относятся рифовые и биогермные, характеризующиеся обилием прикрепленных организмов, кораллов и мшанок, нередко нацело сложенных их постройками. Рифовые тела известняков иногда достигают очень больших размеров, измеряемых кубическими километрами.

Среди биогенных известняков по условиям образования различают биогермы — прижизненные скопления прикрепленных организмов, находящихся в положении роста, и биоценозы — прижизненные скопления морских организмов, обитавших совместно на два бассейна. Группа биогерм включает рифовые известняки: коралловые, мшанковые водорослевые, строматолитовые и др.

Более разнообразны биоценозы, к которым относятся устричные банки, фораминиферо-водорослевые, фораминиферо-водорослево-криноидные и др. Известняки, образовавшиеся в результате совместного захоронения раковин различных морских животных (брахиоподы, пелелиподы, криноидеи, фораминиферы и др.), называют танато- и тафоценозными.

К биогенным известнякам по составу принадлежит и белый пишущий мел — мягкая высокопористая порода, прочная в сухом состоянии. Он состоит из остатков известковых водорослей — кокколитофорид и их фрагментов (70–85 %), мелких фораминифер, мельчайших зерен пелитоморфного кальцита и остатков крупных раковин иноцерармов, морских ежей, брахиопод, червей. Для мела характерно отсутствие слоистости вследствие жизнедеятельности илюядных организмов (илюедов), почти полностью уничтоживших следы слоистости и превративших породу в своего рода фекальные образования. Рыхлость мела является его первичным свойством, сохранившимся со времени образования.

В верхнемеловых отложениях геосинклинальных областей встречаются чисто белые микрозернистые, очень крепкие известняки с раковистым изломом, микроскопически не отличимые от обычного мела. Первоначально они представляли собой рыхлый мел, затвердевший под воздействием давления, возникшего в тектонических областях. Наряду с чистым мелом существуют разновидности мела, обогащенные глинистой компонентой. На основе минералого-петрографических исследований среди меловых пород выделены следующие разновидности:

1. Мел белый пишущий — рыхлая легкая пачкающая тонкопористая порода белого цвета. Ее характерная особенность — высокое содержание карбоната кальция и способность писать или пачкать при соприкосновении с любой поверхностью.

2. Мергелистый мел, отличающийся от белого мела большей плотностью и меньшей белизной, наличием сероватого или желтоватого оттенков, что обусловлено присутствием глинистого вещества и других примесей, цементирующих породу и придающих ей тот или иной оттенок.

3. Мелоподобный известняк, представляющий собой переходную разность от мела к известняку. В отличие от мела он характеризуется более прочной цементацией частиц.

В зависимости от присутствия определенных количеств карбоната кальция и глинистой компоненты мел-мергельные породы классифицируются следующим образом (табл. 29).

Характерная особенность мел-мергельных пород — наличие скрытых текстур, проявляющихся только после специальной обработки — пропитывания образца жидким маслом (трансформаторное или др.). Возможность проявления текстур на поверхности образца обусловлена неоднородным распределением пористости в объеме породы, поэтому на различных участках пропитка маслом происходит с разной интенсивностью. Этим объясняется, что высокопористые поверхности оказываются наиболее темными, а другие — более светлыми. Проявленные таким способом скрытые текстуры имеют различную природу. В одних случаях в породе обнаруживается микрослоистость, в других — фекальные зерна и ходы илюядов, в третьих — трещиноватость или мельчайшие прожилки. Микрослоистость вызвана чередованием светлых

Классификация мел-мергельных пород. По Г.И. Бушинскому

Порода	Содержание, %	
	карбоната каль- ция	глинистой ком- поненты
Мел:		
чистый	95	5
глинистый	90-95	5-10
Мергель:		
мелоподобный	80-90	10-20
слабоглинистый (натурал)	75-80	20-25
слабоглинистый (романчик)	65-75	25-35
сильноглинистый	30-65	35-70
Глина известковая	5-30	70-95

и темных полосок толщиной в доли миллиметра и, видимо, отражает сезонные изменения в условиях осадкообразования (седиментогенеза). Осадки, накапливающиеся летом и осенью, насыщены органическим веществом; этим объясняется их темная окраска. Гораздо более сложны и многообразны текстура и структура, отражающие следы жизнедеятельности илоядов. При пропитывании породы жидким маслом на поверхности образца выступают темные и светлые пятна, полоски и кольца с отростками. Полосы являются ходами илоядных червей, а круглые формы — или сечением этих ходов, или фекальными зернами. Светлые полосы и зерна содержат карбоната кальция на 2-3% больше, чем темные.

Ходы илоядов обычно распространены по всей толще мел-мергельных отложений, причем по вертикали нередко наблюдается смена одних ходов илоядов другими. Это дает возможность расчленять палеонтологически "немые толщи" на зоны и подзоны, отличающиеся по химическому составу, без предварительного анализа. Такого рода детальное стратиграфическое расчленение палеонтологически "немых", внешне совершенно однородных мергелевых толщ было произведено М.Г. Немировской в Амвросиевском районе по р. Лугани [5].

К третьей группе известняков относятся хемогенные породы, возникшие в процессах седиментогенеза и раннего диагенеза. При этом формируются пелитоморфные и оолитовые известняки. Образование хемогенных известняков происходит и в современных водоемах, в областях с аридным климатом, а также из иловых вод в современных морских и озерных водоемах хемогенной садки, но в значительно меньших масштабах по сравнению с прошлыми геологическими периодами.

Процесс хемогенной садки известняков происходит следующим образом. В морях и океанах низких широт в области мелководья, а

также в водоемах суши аридной зоны содержание углекислого кальция в воде весьма значительно и близко к насыщению. При избытке в воде этого соединения, обладающего низкой растворимостью, оно переходит в высокорастворимый бикарбонат — $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Существующее в природных водах подвижное равновесие нарушается при выделении избытка CO_2 в атмосферу. Это может происходить при прогревании воды, за счет деятельности организмов (водоросли) и волнений, заставляющих микроскопические кристаллики кальцита при взмучивании ила переходить во взвесь. Карбонат кальция выпадает в виде мельчайших зерен или комков геля. Выпадение CaCO_3 продолжается и во время диagenетических изменений самого осадка из концентрированных растворов иловых вод. В осаждении кальцита наблюдается периодичность, вызванная изменениями состава воды и термодинамических условий, связанных с временами года. При этом образуются зональные кристаллы, оолиты и др.

К группе хемогенных осадочных пород относятся и травертины, отлагающиеся в результате выпадения углекислого кальция из минерализованных вод источников. Эти породы отличаются высокой чистотой химического состава и пористым строением. Их скопления иногда достигают значительных размеров. Используются они в качестве облицовочного камня, а при крупных запасах как цементное сырье. Цементным сырьем служат иногда и известковые туфы, образовавшиеся на дне пресноводных озер; отложения таких туфов могут достигать больших размеров.

Формирование известняка как горной породы из рыхлого химического или биогенно-химического осадка происходит путем его литификации. Это приводит к преобразованию как отдельных его зерен, так и осадка в целом. Процесс химического изменения минеральных зерен заключается в выносе магния из первоначально отложившегося высокомагнезиального кальцита и преобразовании арагонита в кальцит. Кристаллы карбоната кальция, полевого шпата, кварца и других минералов, встречающихся в известковых осадках, обычно покрыты концентрической оболочкой из углекислого кальция. Она состоит или из чередующихся слоев, представленных неориентированными частицами крипстокристаллического арагонита и ориентированными иглоподобными арагонитовыми кристаллами зонального или радиально-лучистого строения, или одновременно из арагонита обоих типов. К процессам, вызывающим литификацию самого осадка, относится селективное растворение, увеличивающее пористость породы.

Среди хемогенных известняков различают несколько разновидностей: микрозернистые, пелитоморфные, оолитовые и псевдооолитовые. Пелитоморфные известняки обычно сложены зернами неправильной (лапчатой) формы размером меньше 0,005 мм.

В известняках могут происходить эпигенетические и метаморфические процессы, значительно изменяющие их свойства, а также строение образованных ими месторождений. Так, процессы перекристаллизации преобразовывают их в плотные кристаллические и мраморовидные известняки и мрамора. Мраморовидные известняки имеют микрокристаллическое строение и часто содержат остатки фауны. В мраморах процесс изменения носит более глубокий характер, поэтому для них характерны кристаллическая структура и отсутствие фаунистических остатков. Мраморизация известняков может происходить и под влиянием регионального и контактового метаморфизма, гидротермальных процессов и др.

Уплотнение и перекристаллизация известняков, залегающих среди осадочных толщ, осуществляется за счет давления, нарастающего пропорционально мощности накапливающихся перекрывающих пород, а также может быть вызвана воздействием грунтовых вод. В известняках нередко наблюдается вторичный процесс доломитизации, обусловленный гидрохимическим воздействием магниезальных растворов на известняки, а также в связи с внедрением в них основных пород. Наложённая доломитизация обычно протекает неравномерно, захватывая сначала часть пласта, и только при благоприятных условиях распространяется дальше. Этот процесс может быть приурочен к трещинам, образовывать пятна, штоки неправильной формы, линзы и пластовые залежи.

По-видимому, накопление большинства доломитизированных известняков связано не с вторичными процессами, а с диагенетическим перерождением известкового шла в условиях усыхающего морского бассейна с повышенной концентрацией солей. В известняках часто отмечается или общее окремнение, или наличие отдельных кремнистых желваков и прослоев. Конкреции в известняках приурочены к определенным пластам или горизонтам. Окремнение известняков происходит в результате миграции, концентрации и перекристаллизации рассеянного в породе сингенетического аморфного кремнезема. Сплошное или локальное окремнение может быть вызвано и воздействием грунтовых вод, содержащих кремнекислоту. Присутствие ее в известняках может быть обусловлено не только вторичными процессами, но и примесью тонкого кварцевого песка в карбонатном осадке или химическим выпадением кремнезема в период формирования осадка. Форма вхождения кремнекислоты в известняке имеет большое практическое значение для оценки степени его пригодности в цементном производстве. Небольшое равномерное окремнение известняка не вызывает особых осложнений, а кремневые желваки или крупные зерна кварца не участвуют в химических реакциях и поэтому затрудняют процесс размола клинкера.

На многих месторождениях карбонатных пород значительно развит карст, особенно там, где карбонатные породы содержат примесь глинистой компоненты, которая препятствует растворению карбоната кальция. Около 40 % разведанных месторождений цементного сырья, сложенных чистыми известняками и мелом, в различной степени закарстованы. Карст затрудняет производство геологоразведочных работ, осложняет эксплуатацию месторождения и вызывает значительные потери сырья, достигающие 20 %. Слабое изучение закарстованности пород при геологоразведочных работах приводит к недоучету значения и, как следствие этого, к значительным расхождениям процента закарстованности между данными разведки и эксплуатации.

По структурно-тектоническому признаку и условиям залегания месторождения карбонатных пород могут быть подразделены на две большие группы.

1. Месторождения платформенных областей с широким площадным распространением, горизонтальным и слабонаклонным залеганием пластов, незначительной мощностью и слабой метаморфизацией пород.

2. Месторождения горно-складчатых областей, отличающиеся крутым падением пластов, значительной их мощностью, сильной дислоцированностью и метаморфизацией.

Степень закарстованности месторождений первой группы может изменяться в пределах 0–10 % и более, а второй — от 0 до 15 % и более. В платформенных областях карст месторождений карбонатных пород проявлен довольно широко, но степень закарстованности ниже, чем в складчатых. Наибольшая закарстованность отмечается на месторождениях, приуроченных к известнякам позднего девона Воронежской антеклизы, известнякам раннего карбона и меловым породам туронского и коньякского веков позднего мела. Карбонатные породы представлены здесь преимущественно органогенными тонкослоистыми скрытокристаллическими известняками с высоким содержанием карбоната кальция и чистым мелом. В складчатых областях сильно закарстованные месторождения тяготеют преимущественно к зонам палеозойской складчатости с многочисленными разрывными нарушениями, раздробленностью и трещиноватостью. Глубина закарстованности в месторождениях этой группы может достигать 100 м.

В размещении месторождений карбонатных пород на территории СССР имеется закономерная приуроченность к определенным структурным элементам. Так, на древних кристаллических щитах, сложенных глубокометаморфизованными и интрузивными породами, почти не отмечено месторождений качественного карбонатного сырья. Имеющиеся на Кольском п-ове карбонатиты характеризуются повышенными содержаниями фосфора и магнетита и поэтому для производства вяжущих непригодны. Значительно более продуктивны другие типы структур. Так, на европейской части СССР к антеклизам и сводам приурочено

свыше 40 % разведанных запасов цементного сырья. Второе место по запасам (около 30 %) принадлежит месторождениям, разведанным в площадях синеклиз. Наибольшее количество запасов приходится на месторождения Московской, Прибалтийской и Ульяновско-Саратовской синеклиз. Суммарные запасы месторождений краевых прогибов европейской части СССР составляют около 14 %. Примерно такой же процент запасов падает на антиклинальные зоны, причем преобладающее их количество относится к Уральскому и Крымско-Кавказскому складчатым поясам.

На Русской платформе развиты карбонатные породы как палеозойского, так и мезозойского возрастов. Наиболее древними являются ордовикские известняки, развитые в Эстонии и в Ленинградской области, среди которых присутствуют доломитизированные и окремененные разности. В отложениях силура платформы отмечены доломитизированные и чистые известняки. Эти породы обнажены на дневной поверхности в Эстонии, в юго-западной части Украины (долина Днестра). Однако промышленных месторождений среди карбонатных пород силура неизвестно.

Девонские карбонатные породы известны на западе европейской части СССР и южной окраине Подмосковной котловины. В разрезе нижнего и среднего девона чистых карбонатных пород не зафиксировано, здесь развиты песчано-глинистые и доломитизированные карбонатные толщи. Более богат известняками поздний девон, где в разрезе франского яруса Центрального девонского поля присутствует пачка слабомagneзиальных известняков с содержанием MgO 0,22–1,16 %, мощность которой оценивается в 35 м. Довольно чистые известняки позднего девона известны также в районе Тимано-Печорского поднятия.

В пределах платформы значительно распространены каменноугольные отложения всех трех отделов мощностью более 400 м. Они развиты в центральной части Подмосковной котловины и в разрезе Окско-Цнинского вала (Владимирская область). Здесь в разрезе нижнего карбона известняки окского надгоризонта слагаются алексинским, михайловским и венёвским горизонтами. Известняки этих горизонтов разрабатываются многочисленными карьерами для нужд цементных, металлургических, химических и других заводов. В разрезе серпуховского подгоризонта также установлены довольно чистые известняки.

Породы среднего карбона широко развиты в Московской синеклизе и представлены глинами, доломитами и известняками, относящимися к подольскому и мячковскому горизонтам. Эти породы являются сырьевой базой для ряда цементных заводов Подмосковья. Верхнекаменноугольные отложения на Русской платформе распространены незначительно и слагаются известняками, доломитами и мергелями.

Отложения пермской системы развиты в северо-восточной части

Русской платформы и представлены главным образом доломитами, пестроцветными песчано-глинистыми породами, глинами, в меньшей степени — известняками. Маломагнезиальные известняки отмечены в верхнепермских отложениях казанского яруса в Прибалтике и разрабатываются цементными заводами. Чистые рифовые известняки низов казанского яруса известны в Кировской области. Отложения триаса и юры на Русской платформе слагаются преимущественно песчано-глинистыми породами, в меньшей степени — известняками. Породы меловой системы имеются в южной части платформы. Нижнемеловые толщи в виде терригенных песчано-глинистых образований не содержат известняков. Позднемеловые отложения, напротив, представлены в основном карбонатными породами (мел, мергель) и относятся к высокосортному сырью для цементной промышленности. Наиболее чистые разности мела приурочены к туронским отложениям, развитым в южных районах платформы. В северной и западной частях платформы разрезы турона сложены мергелями и их мелоподобными разностями (Белоруссия, Курская область). Среди отложений сантонского, коньякского, кампанского, маастрихтского веков также известны меловые породы, иногда мергелистые с низким содержанием оксидов магния (до 1 %) и кремния (1–4 %).

В южной части платформы (Заволжье) значительно развиты третичные отложения. Палеоген на юго-западе сложен терригенными песчано-глинистыми породами, а в разрезе неогена этого района значительное место занимают карбонатные породы, особенно в среднем сармате. Кроме того, в разрезе понтического яруса присутствуют известняки-ракушечники.

На платформе карбонатные породы представлены четвертичными известковыми туфами, отложившимися в послеледниковых озерах. Месторождения таких образований достигают значительных размеров и, как уже указывалось, разрабатываются для производства вяжущих.

На огромной территории развития палеозойской складчатости Западной Сибири и Казахстана наиболее распространены кембрийские и девонские известняки, причем первые преобладают в Восточном Саяне, Абаканском хребте, Кузнецком Алатау, Западном Саяне и Салаирском кряже, а вторые слагают обрамления Кузнецкой котловины и северо-западного отрога Алтая. С раннекембрийскими отложениями связаны крупные месторождения маломагнезиальных известняков. Среднедевонские отложения Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау также включают толщи маломагнезиальных известняков. В Центральном и Южном Казахстане известны многочисленные месторождения известняков, приуроченных к отложениям ордовика, силура и карбона.

На Сибирской платформе наиболее древними толщами, содержащими маломагнезиальные известняки, являются докембрийские, из-

вестные в Прибайкалье и Забайкалье. На Дальнем Востоке карбонатные породы относятся к палеозойским. В Восточном Забайкалье, Читинской и Амурской областях развиты кембрийские известняки, разрабатываемые для получения вяжущих. Позднепалеозойские известняки выявлены в Приморском крае и на о. Сахалин.

В области мезо-кайнозойской складчатости юга страны, включающей Восточные Карпаты, Горный Крым, Предкавказье, Закавказье и Копет-Даг, карбонатные породы главным образом связаны с меловыми и третичными отложениями. В районе г. Новороссийска широко развиты верхнемеловые мергели-натуралы, разрабатываемые группой цементных заводов. Палеогеновые отложения склонов Кавказского хребта и северных отрогов Крымских гор содержат мергели, представленные чередованием высоких и низких разностей. В разрезе неогена известняки встречаются на юге Украины, в Крыму и на Северном Кавказе. В связи с различным распределением карбонатных пород в отложениях разных возрастов добыча известняков из этих толщ соответственно различается (табл. 30).

Приведенные особенности в возрастном распределении ресурсов известняков связаны с изменением условий накопления осадков во времени. Так, начальные и конечные стадии герцинского и альпийского этапов характеризовались преимущественным накоплением терригенного материала. На среднюю часть этапов приходился максимальный размах трансгрессии палеозойских и мезозойских морей и соответственно наибольшие толщи карбонатных осадков.

Изменения в условиях накопления карбоната кальция в течение геологической истории Земли связаны с постепенным развитием известкововыделяющих организмов и эволюцией растительности, снижением содержания углекислоты в атмосфере и воде, что привело к последовательному химическому осаждению карбоната кальция из морской воды. Значительное осаждение почти чистого карбоната кальция в конце мелового периода обусловлено пышным развитием кокколитофоридов и планктонных фораминифер, скопления скелетов которых привело к образованию мощных толщ белого пясчег мела.

С.С. Виноградовым по морфолого-генетическим признакам среди карбонатных пород выделены два типа месторождений:

Тип I. Пластовые и пластообразные месторождения обломочного, органогенного и химического происхождения, сформировавшиеся в озерных и морских бассейнах, а также в континентальных условиях.

Месторождения первого типа характеризуются широким распространением и большими размерами. Породы этих месторождений используются для производства вяжущих. По условиям залегания среди месторождений первого типа выделяются три подтипа: 1) с горизонтальным залеганием или пологим падением пластов (рис. 3); 2) с наклонным или крутым залеганием пластов; 3) сильно дислоцированные.

Добыча карбонатных пород для цементной промышленности,
тыс. т. По Б.Н. Виноградову

Регион	Протерозой	Палеозой					
		Є	О	S	D	C ₁	C ₂ + C ₃
Русская платформа	—	—	2417	—	670	4078	5910
	—	—	—	—	—	368	—
Уральский складчатый пояс	—	370	—	3172	1628	2797	495
Пояса палеозойской складчатости Казахстана и Сибири	—	1682	550	—	4165	5535	—
Сибирская платформа	1654	—	—	—	—	—	95
Мезо-кайнозойский складчатый пояс:							
юга СССР	—	—	—	—	—	—	—
Дальнего Востока	—	2390	—	—	—	—	101
<i>Всего</i>	1654	4442	2967	3172	6463	12778	6601

Продолжение табл. 30

Регион	Палеозой		Мезозой		Кайнозой		
	F ₁	P ₂	K ₁	K ₂	P	N	Q
Русская платформа	—	2425	—	24563	—	1408	—
	—	—	—	4739	—	—	—
Уральский складчатый пояс	1005	—	—	—	—	—	—
Пояс палеозойской складчатости Казахстана и Сибири	—	—	807	—	1440	—	—
Сибирская платформа	—	—	—	—	—	—	—
Мезо-кайнозойский складчатый пояс:							
юга СССР	—	—	261	4457	575	2786	1131
Дальнего Востока	—	—	—	—	—	—	—
<i>Всего</i>	1005	2425	1068	33759	2015	4194	1131

Большинство месторождений первого типа связано с толщами палеозоя (силур, девон, карбон) и мезозоя (третичные). Значительно реже они встречаются в пермских и четвертичных отложениях. Пластовые месторождения главным образом расположены в экономически

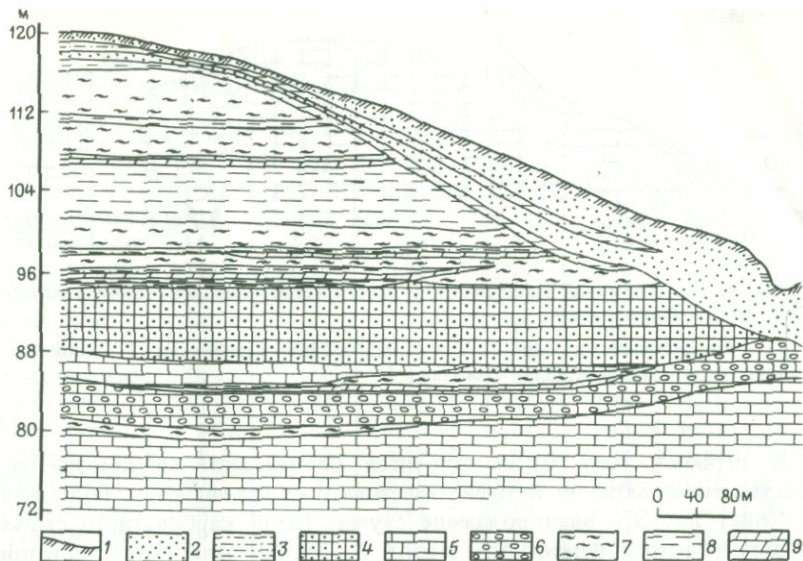


Рис. 3. Схематический геологический разрез Жерновогорского месторождения известняков. По П. Ф. Кроткову.

1 - почвенный слой; 2 - пески; 3 - суглинки; 4-8 - отложения верхней перми: 4 - песчаный; 5 - известняк; 6 - известняк оолитовый; 7 - мергель; 8 - глина; 9 - доломит

освоенных районах, что и определяет их большое экономическое значение.

К этому типу можно отнести Амвросиевское месторождение цементных мергелей кампанского века (поздний мел). Среди мергелей этого месторождения выделяются две зоны ("веточковая" и "цепочковая"), отличные по литологическим признакам и ходам илоядов, химическому, минеральному составам и физическим свойствам. Название зон дано по различным рисункам, которые образуют ходы илоядов. "Цепочки" состоят из отдельных мелких кружков, образующих изогнутые цепи. "Веточки" имеют удлинённую неправильную форму, напоминающую ветки растений. "Цепочковая" зона слагает нижнюю часть разреза мергелевой толщи и характеризуется выдержанным содержанием CaCO_3 - 76-78 %, редко снижающимся до 74,5 % или, наоборот, возрастающим до 82 %. В мергелях этой зоны присутствуют мелкие зерна барита, халцедона и опала, заполняющие мелкие раковины. Мергели "веточковой" зоны обладают переменным химическим составом. Содержание в них CaCO_3 варьирует от 53 до 80 %. В качестве акцессорного минерала в мергелях этой зоны присутствует хлорит.

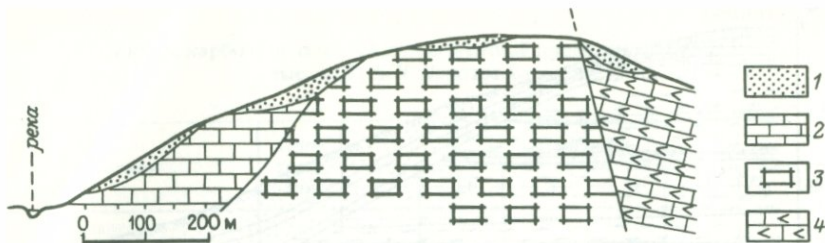


Рис. 4. Схематический геологический разрез месторождения рифовых известняков. По С.С. Виноградову.

1 — четвертичные отложения; 2—4 — мезозойские известняки: 2 — слоистые, 3 — рифовые, 4 — перекристаллизованные

К первому типу также относится Безмеинское месторождение, представленное мощной толщей известняковых галечников у подножья хр. Копет-Даг. Это месторождение служит базой карбонатного сырья для Безмеинского цементного завода. Галечники отличаются чистотой и выдержанностью химического состава. Средний состав полезной толщи характеризуется следующими значениями важнейших оксидов (в %): SiO_2 5,17; Al_2O_3 1,53; Fe_2O_3 0,45; CaO 50—60; MgO 0,99; SO_3 0,02; п.п.п. 40,55.

К этому же типу следует отнести месторождения, сложенные как мощной толщей известняков (Веневское, Хомяковское и др.) каменноугольного возраста, так и маломощными пластами среди отложений нижнего карбона, девона и перми (Жирновское и др.).

Тип II. Месторождения, представленные большими массивами и крупными отторженцами. Сюда входят месторождения, сложенные рифовыми известняками, крупными скоплениями травертинов и отторженцами ледникового и оползневого происхождения. Ледниковые отторженцы известняков месторождений этого типа встречаются в северо-западных районах страны среди отложений конечных морен, иногда достигают значительных размеров и также используются промышленностью вяжущих веществ.

Среди месторождений второго типа по условиям образования выделяются два подтипа: 1) крупные массивы рифовых известняков, травертины и 2) крупные отторженцы карбонатных пород. Для крупных массивов рифовых известняков характерна мощность до нескольких сот метров и отсутствие слоистости. Иногда рифовые массивы нарушены сбросами, что придает им глыбовый характер. В некоторых случаях на площади одного месторождения наряду с рифовыми присутствуют пластовые известняки морского происхождения, непосредственно прилегающие к первым (рис. 4). Рифовые массивы располагаются

Химический состав некоторых известняков, разрабатываемых цементными заводами, %. По Б.Н. Виноградову

Завод	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	П.п.п.
Воркутинский	0,95	0,43	0,29	54,23	1,19	0,26	43,02
Ленинградский	7,14	1,90	0,94	47,25	2,24	0,31	38,94
Пикалевский	3,73	0,62	0,95	51,70	1,36	—	41,46
Волховский	1,94	0,48	0,51	52,72	1,12	—	42,7
Тихвинский	1,60	—	—	53,84	0,83	—	—
"Гигант"	3,26	1,10	0,36	52,25	1,20	—	41,88
Воскресенский	8,28	2,60	2,43	46,84	2,19	0,18	37,82
Шуровский	7,30	1,53	0,82	47,35	2,94	0,10	39,57
Подольский	5,13	1,88	1,76	49,24	1,64	0,32	39,25
"Спартак"	4,65	1,15	1,27	51,51	0,35	0,37	40,49
Косогорский	1,99	0,30	0,58	53,82	0,64	0,18	42,27
Куйбышевский	1,28	0,30	0,44	53,33	1,79	0,12	42,78
Сухоложский	10,28	1,66	0,90	46,51	2,14	0,50	38,00
Невьянский	4,52	1,34	1,30	52,11	0,50	0,46	39,74

как в виде отдельных возвышенностей, так и гряд, вытянутых в одну линию. Рифовые массивы больших размеров встречаются в отложениях различного возраста — от низов палеозоя до четвертичных. Крупные рифовые массивы ("толтры") известны в восточном Прикарпатье к северу от г. Кишинева в полосе гг. Могилев-Подольский — Хотин.

Примером этого подтипа является месторождение рифовых известняков, расположенное в районе г. Стерлитамака. Оно представлено в виде отдельных возвышенностей, хорошо выраженных в рельефе и являющихся частями древнего рифового барьера значительной протяженности. Высота отдельных рифовых возвышенностей достигает 250 м. Травертины, как правило, образуют небольшие залежи, крупные в виде куполов или покровов встречаются редко (район г. Пятигорска).

Ко второму подтипу относятся крупные отторженцы карбонатных пород, встречающиеся среди ледниковых отложений, а также оползневые отторженцы. Ледниковые отложения развиты в северо-западных районах европейской части СССР: Калининской, Псковской, Ленинградской областях, а также в Белоруссии. Отторженцы карбонатных пород представлены известняками силурского, девонского и каменноугольного возрастов, заключенными среди отложений конечных морен. К этому же подтипу относятся и оползневые отторженцы, известные среди флишевых отложений Восточных Карпат. Цементные

заводы Советского Союза разрабатывают известняки различного химического состава (табл. 31).

Вторым важным компонентом для производства вяжущих материалов (портландцемент и др.) является глина. Ее основные характеристики были приведены раньше. Здесь же дается краткое описание глин, служащих сырьем для цементной промышленности. При производстве цемента используются как морские, так и континентальные глины. На некоторых цементных заводах в качестве глинистого компонента применяют крепкие разновидности глинистых пород — глинистые сланцы, аргиллиты, а также каолины. Легкоплавкие глины являются наиболее качественным сырьем для цементного производства, тогда как тугоплавкие и особенно огнеупорные глины значительно осложняют технологический процесс за счет необходимости введения в шихту добавок (пиритные огарки, кварцевый песок).

Глины, потребляемые цементной промышленностью, относятся к полиминеральным и в основном состоят из гидрослюд и монтмориллонита. При мокром способе производства присутствие значительного количества монтмориллонита нежелательно, так как, во-первых, для получения текучего сырьевого шлама из монтмориллонитовых глин необходимо большое количество воды, во-вторых, это может вызвать загустение шлама в более холодной части вращающейся печи. Нежелательным является также большое содержание в глинах крупнозернистого песка (размер зерен больше 0,8 мм) в виде примеси или прослоек, поскольку это сильно затрудняет помол сырьевой смеси. Песчано-галечный материал изверженных и осадочных пород также осложняет технологический процесс переработки сырья. При мокром способе производства его присутствие вызывает необходимость более частой чистки болтушек, а при сухом — дополнительного измельчения. Глины, используемые цементными заводами, отличаются разнообразием химического состава (табл. 32).

Государственных стандартов на основные виды цементного сырья не существует, имеются только выработанные практикой требования к соотношению содержаний главнейших оксидов как в сырье, так и в цементном клинкере, являющимся продуктом смешения и обжига сырья. Лимитируемое соотношение содержаний важнейших оксидов дает возможность получать в процессе технологической переработки сырья клинкерные минералы — трехкальцевый силикат (алит), двухкальцевый силикат (белит), трехкальцевый алюминат и четырехкальцевый алюмоферрит.

Для получения клинкера заданного минерального состава необходимо, чтобы количественное соотношение преобладающих оксидов (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3) в клинкере и в сырьевой смеси находилось в строго определенных пределах и выражалось следующими величинами (в %): CaO 62–67; SiO_2 20–24; Al_2O_3 3–4; Fe_2O_3 2–5.

Химический состав цементных глин, %
По Б.Н. Виноградову

Месторождение	Порода, возраст	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + + TiO ₂	Fe ₂ O ₃ + + FeO	CaO	MgO
Кундасское	Глина, Е ₁	60,32	18,40	6,55	0,83	2,63
	Сланец:					
Лондоковское	кремнистый, Е ₁	76,42	11,41	3,72	0,67	1,34
Ново-Пашийское	глинистый, D ₁	62,72	18,06	6,75	1,32	2,42
Воркутинское	Аргиллит, P ₁	56,39	18,72	8,49	4,09	4,23
Саблаусское-Аль- кишкяйское	Глина, Т	51,24	13,66	6,06	9,61	4,16
Фокинское	" , J ₃	64,50	15,67	5,64	1,12	1,47
Шебелинское	" , P ₂	50,55	11,59	3,91	15,36	2,06
"	" , P ₃	64,53	15,22	6,25	2,42	2,40
Вольское	" , K ₁	63,57	16,57	4,81	2,47	2,02
Сенгилеевское	" , K ₂	66,72	12,11	4,20	5,17	2,06

Продолжение табл. 32

Месторождение	Порода, возраст	SO ₃	Na ₂ O + + K ₂ O	П.п.п.	Модуль	
					силикат- ный	глино- земис- тый
Кундасское	Глина, Е ₁	0,57	5,11	4,95	2,42	2,81
	Сланец:					
Лондоковское	кремнистый, Е ₁	0,21	1,84	4,41	5,05	3,07
Ново-Пашийское	глинистый, D ₁	0,02	5,02	4,30	2,53	2,68
Воркутинское	Аргиллит, P ₁	0,59	—	7,38	2,07	2,20
Саблаусское-Аль- кишкяйское	Глина, Т	0,20	2,59	12,15	2,60	2,25
Фокинское	" , J ₃	1,12	4,20	5,62	3,03	2,78
Шебелинское	" , P ₂	0,09	2,01	15,05	3,34	3,26
"	" , P ₃	—	—	6,81	3,01	2,53
Вольское	" , K ₁	1,72	3,12	6,57	2,97	3,45
Сенгилеевское	" , K ₂	0,43	—	7,59	4,09	2,84

Соотношения этих оксидов в указанных пределах определяются коэффициентом насыщения и двумя модулями.

Коэффициент насыщения (КН) представляет собой отношение количества оксида кальция, остающегося после полного его насыщения глиноземом, оксидами железа и серного ангидрида, к количеству, теоретически необходимому для полного связывания кремнекислоты до трехкальциевого силиката. Величина КН в портландцементе принимается равной 0,85–0,95.

Коэффициент насыщения вычисляется по следующей формуле:

$$\text{КН} = \frac{\text{CaO} - (1,65 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,35 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0,7 \text{ SO}_3)}{2,8 \text{ SiO}_2}$$

Кроме коэффициента насыщения, качество клинкера характеризуют два модуля, являющихся эмпирическим показателем величин, определяющих скорость формирования клинкера при обжиге, а также свойства цемента (время схватывания, нарастание прочности и др.), – силикатный (n) и глиноземный (p) модули, значения которых должны быть следующими:

$$n = \text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) = 1,7 - 3,5;$$

$$p = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,0 - 2,5.$$

В исходном минеральном цементном сырье в переменном количестве всегда присутствуют и другие элементы, влияющие на качество клинкера. К полезным относятся примеси с содержанием (в % от массы клинкера): MgO до 1,5, P₂O₅ до 0,5, SO₃ до 1,5, TiO₂ до 1, MnO до 2 и F до 0,4. Присутствие этих примесей обуславливает легирование минералов клинкера или оказывает минерализующее действие на процесс клинкерообразования. Их содержание сверх указанных пределов ухудшает качество клинкера, причем наиболее вредным является присутствие концентраций MgO более 4 %, а также щелочей (Na₂O и K₂O).

Наиболее ценные мергели, применяемые для производства цемента, содержат 71–78 % CaCO₃. Они носят название натуралов и представляют собой естественную смесь необходимого химического состава; поступают на обжиг без предварительной подработки. Стандартов на цементное сырье пока не разработано, но практикой выработаны требования, которыми следует руководствоваться при оценке его качества.

К карбонатному сырью предъявляются следующие требования:

1. Содержание CaO должно быть не менее 40 % в мергеле-натурале и 42,5 % в других породах при благоприятном значении силикатного и глиноземного модулей.

2. Содержание SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 в сочетании с содержанием их в глинистой компоненте должно обеспечить необходимые значения коэффициента насыщения силикатного и глиноземного модулей.

3. Содержание MgO не должно превышать 2,5 % (при концентрации MgO в глине менее 1 % допускается повышение содержания до 3,4 % в карбонатной породе). Для восточных и других районов страны, испытывающих дефицит в чистых известняках, допускается и более высокое содержание MgO (до 6 %).

4. Содержания R_2O и P_2O_5 должны быть не более 0,5 %, а SO_3 — не выше 1 %.

К глинистым породам, применяемым в цементном производстве, предъявляются следующие требования:

1. Количество SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 с учетом содержания этих компонентов в известняках должно обеспечивать необходимые значения коэффициента насыщения, силикатного и глиноземного модулей в сырьевой смеси и в клинкере. Обычно в глинистых породах значение силикатного модуля допускается в пределах 2,5–3,5, а глиноземного — от 1,5 до 2,5. Этим значениям модулей соответствуют следующие содержания в глине главных оксидов (в %): SiO_2 — 50–65; Al_2O_3 — 15–20; Fe_2O_3 — 6–10.

2. Количество MgO в сочетании с содержанием оксида магния в карбонатной компоненте должно обеспечить содержание MgO в клинкере не выше 4,5 % (в отдельных районах до 6 %).

3. Содержание R_2O более 3 % нежелательно.

4. Содержание CaO не ограничивается, и поэтому в качестве глинистой компоненты могут быть использованы "низкие" глинистые мергели.

5. Содержание SO_3 желательно не выше 1,5 %.

В связи с тем что присутствующие иногда в глинах крупные зерна минералов или мелкие обломки горных пород не вступают в химические реакции в процессе обжига, размерность этих частиц ограничивается определенными пределами, а именно:

1) остаток на сите 900 отв/см² (фракции крупнее 0,2 мм) не должен превышать 5 %;

2) остаток на сите 4900 отв/см² (фракция 0,2–0,088 мм) не должен быть более 10 %.

Химический состав карбонатных и глинистых пород редко полностью отвечает приведенным требованиям, поэтому в сырьевую смесь вводятся корректирующие добавки — кремнеземистые и железистые. В качестве кремнеземистых применяют кварцевые пески, маршаллит, опоку, трепел, диатомит, а в качестве железистых — пиритные огарки. Иногда вводится также глиноземистая добавка в виде боксита или каолина. Малые количества применяемых добавок определяют отсутствие технических требований к их качеству. Однако желательно, чтобы

содержание главных компонентов (SiO_2 , Al_2O_3 или Fe_2O_3) в соответствующих добавках было максимальное.

При помоле клинкера в него также вводятся добавки, среди которых выделяются активные и инертные. Инертные добавки не реагируют с минералами клинкера и необходимы для увеличения объема цемента. В качестве инертной добавки чаще всего используется кварцевый песок в количестве до 15 %. Согласно техническим требованиям, песок должен содержать не менее 90 % кремнезема, не более 4 % потерь при прокаливании и не более 5 % глины, ила и частиц меньше 0,05 мм, присутствие органических примесей не допускается. Активные минеральные добавки вводятся при помоле клинкера для связывания свободной извести, имеющейся в клинкере. К ним относятся породы, содержащие свободную кремнекислоту, способную вступать в реакцию с известью. В качестве таких добавок применяют как осадочные породы (опоки, диатомиты, трепела, глиежи), так и вулканогенные (пеплы, туфы, пемзы, витрофиры, трассы).

Гидравлическая активность добавок определяется количеством извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (в мг), поглощаемой из насыщенного известкового раствора 1 г добавки в течение 30 сут. Важным показателем гидравлических добавок осадочного происхождения (опоки, трепел) является величина набухания 1 г добавки в процессе поглощения извести из раствора, зависящая от характера глинистых примесей. Практикой установлено, что недопустимо большим набуханием характеризуются опоки и трепела со значительным (больше 15 %) содержанием минералов группы монтмориллонита.

Известковые воздушные и гидравлические вяжущие вещества

К известковым воздушным вяжущим веществам относится группа материалов, получаемых путем обжига известняков до удаления углекислоты и состоящих из оксида или гидроксида кальция. В эту группу входят:

1. Известь негашеная комовая — продукт обжига известняка, — состоящая из оксида кальция.
2. Известь негашеная молотая (кипелка) — продукт тонкого помола негашеной комовой извести.
3. Известь карбонатная — продукт тонкого измельчения полностью обожженных карбонатных пород или комовой извести в добавкой известняка.
4. Известь гидратная (пушонка) — порошкообразный продукт гидратации молотой негашеной извести водой или водяным паром, — состоящая в основном из извести.
5. Известковое тесто — тестообразный продукт гидратации избытком воды комовой или молотой негашеной извести, состоящий из извести и свободной воды.

В основе процесса производства воздушных вяжущих веществ лежит реакция термического разложения карбоната кальция, протекающая по следующей схеме: $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2 - 145,3 \text{ кДж}$.

Обжиг осуществляется при температуре 1100–1300 °С. Твердение воздушных вяжущих веществ происходит за счет взаимодействия оксида кальция и воды (гашение): $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 63 \text{ кДж}$ — с образованием твердого сростка кристалликов гидроксида кальция. В дальнейшем наступает кристаллизация извести из насыщенного водного раствора и карбонатизация углекислотой воздуха по реакции: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, идущей в присутствии воды.

Наряду с воздушными вяжущими веществами из карбонатных пород производят и гидравлические вяжущие вещества. Для их получения используются глинисто-карбонатные породы, которые подвергаются обжигу при температуре 1000–1300 °С, т.е. до полного удаления углекислоты. По составу и свойствам гидравлические вяжущие вещества занимают промежуточное положение между воздушными вяжущими веществами и портландцементом. Гидравлическая известь содержит как оксид кальция, так и клинкерные минералы кальция — ортосиликаты — $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$; алюминаты — $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$; $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$; а также алюмоферриты — $4\text{CuO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Твердение извести происходит по той же схеме, что и портландцемента.

Для производства известковых вяжущих веществ применяются горные породы, главным образом состоящие из карбоната кальция, — известняк, мрамор, травертин, мел. Требования к качеству карбонатных пород для производства известковых вяжущих веществ содержатся в ГОСТ 17498–72, в котором указывается необходимый химический состав CaCO_3 и глинистых примесей.

Автоклавные известковые вяжущие вещества получают в автоклавах путем совместного запаривания извести и кварцевого песка. "Кипелочная" схема производства силикатного бетона предусматривает совместное тонкое измельчение негашеной извести с частью кварцевого песка и последующее добавление в эту смесь оставшейся части песка и воды. При этом наблюдается быстрое гашение извести и образование оксида кальция. При последующем автоклавном твердении протекает реакция взаимодействия гидроксида кальция с кремнеземом.

Для производства силикатного кирпича обычно применяют несколько иную схему, так называемую "гидратную", когда измельченная негашеная известь вместе с песком естественной влажности загружается в барабан, где при температуре 130–150 °С происходит гидратация извести и реакция ее взаимодействия с кремнеземом.

При производстве автоклавных вяжущих веществ используется известь, отвечающая требованиям ГОСТ 9179–77. Вторым компонентом является кварцевый песок, который должен отвечать условиям ОСТ 21-1–72 "Песок для производства силикатного кирпича и изделий

из силикатных бетонов”, разработанным Министерством промышленности строительных материалов СССР. Указанный ОСТ определяет допустимые содержания в песке кремнезема, слюды, глинистых частиц и органического вещества. Тот же ОСТ обуславливает гранулометрический состав песка.

Месторождения гипса. Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – водный сульфат кальция следующего химического состава (в %): CaO 32,5, SO_3 46,6, H_2O 20,9. В природе встречается в виде отдельных толстотаблитчатых и призматических кристаллов, а также в некоторых горных породах как породообразующий минерал в форме листоватых кристаллов. Наиболее распространены гипсовые породы, сложенные крупно- или мелкозернистым гипсом. Этот минерал белого, желтоватого или серого цветов; слабо растворим в воде, поэтому в гипсовых толщах нередко образуются карстовые воронки и пустоты. При нагревании гипс теряет часть воды и при 107°C превращается в полугидрат кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$). При дальнейшем нагревании до 210°C теряет всю воду и переходит в ангидрит – безводный сульфат кальция (CaSO_4) следующего химического состава: CaO 41,2 %, SO_3 58,8 %. Он часто встречается совместно с гипсом. Цвет его белый, сероватый, голубоватый, иногда красноватый, менее растворим в воде, чем гипс.

Гипс и ангидрит являются породообразующими минералами, поэтому породы носят те же названия, что и формирующие их минералы. Кроме того, в этих породах в переменном количестве присутствуют глинистое и битуминозное вещества, зерна песка, пирит, сера, карбонаты и галит.

На Кавказе и в Средней Азии довольно широко распространены гипсодержащие песчано-глинистые или известково-глинистые породы, главным образом образующиеся в бессточных впадинах. Эти породы также применяются для получения вяжущих.

Среди месторождений гипса и ангидрита различается несколько генетических типов разного промышленного значения. Наибольшее значение имеют месторождения осадочного генезиса, среди которых выделяются сингенетические, эпигенетические и инфильтрационные. Гипсы сингенетических месторождений образуются одновременно с вмещающими породами путем выпадения из растворов. Эпигенетические гипсы возникли в результате гидратации ангидритов, сформировавшихся сингенетическим путем.

Процесс гидратации ангидрита происходит обычно на глубине 100–150 м при сравнительно низком давлении под воздействием грунтовых вод и сопровождается увеличением объема породы до 30 % и более. На больших глубинах высокие давления вызывают обратный процесс – дегидратацию гипса и переход его в ангидрит. Такое замещение гипса ангидритом с глубиной можно наблюдать на гипсовых разработках.

В осадочных месторождениях гипс иногда образует мощные толщи переслаивания с другими породами, главным образом с доломита-

ми. Остаточные месторождения гипса представляют собой верхнюю часть месторождений каменных и калийных солей в виде гипсовой шляпы (скопление гипса), образовавшуюся как остаточный продукт выщелачивания каменной соли. Месторождения этого типа обычно характеризуются меньшими запасами, чем осадочные.

Инфильтрационные месторождения формируются в результате растворения гипса, содержащегося в осадочных породах, переноса его грунтовыми поверхностными водами и переотложения вместе с глинистыми и песчаными частицами, главным образом, в бессточных впадинах. Эти процессы протекают в областях сухого жаркого климата.

Такие месторождения большого промышленного интереса не представляют.

Обломочные месторождения образуются в пустынных областях при разрушении гипсовых пород в процессе выветривания. Практическое значение их, как правило, небольшое. В Советском Союзе имеется значительное число месторождений гипса (табл. 33), но размещены они довольно неравномерно. Большинство из них приходится на европейскую часть СССР (Подмосковье, Архангельская область, Прибалтика, Украина, Донбасс, Северный Кавказ). Месторождения гипса известны также в Грузии, Средней Азии, Казахстане и Прибайкалье. В Восточной Сибири от Забайкалья до Дальнего Востока месторождений гипса не обнаружено.

Месторождения гипса встречаются в отложениях различных геологических систем, начиная с кембрия. Ранне- и позднекембрийские месторождения известны в Иркутской области, где они входят в состав обширной Тыреть-Балаганско-Осинской гипсоносной провинции, обладающей крупными запасами. К нижнекембрийским осадкам приурочено наиболее крупное Заларинское месторождение, представляющее собой гипсоносную толщу, падающую на юго-восток под углом 5° . Она приурочена к доломитам раннекембрийского возраста и включает два пласта гипса, разделенные пластом доломита мощностью 5 м. Мощность верхнего пласта колеблется от 4,5 до 18 м, нижнего — от 4,5 до 7 м.

В отложениях силура известно только одно разрабатываемое месторождение — Мало-Барьерное около г. Норильска. К образованиям девона приурочена гипсоносная толща, развитая на большой площади, измеряемой тысячами квадратных километров в центральных районах РСФСР (Московская, Тульская, Калужская и Рязанская области). Наиболее крупным является месторождение Новомосковское, сложенное доломитами, гипсами и известняками раннего девона. Общая мощность толщи 45 м. Промышленной считается толща чистых гипсов средней мощности 14,7 м при глубине залегания 116—130 м. Средневзвешенное содержание в породе $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 92,26 %. На базе одного из участков месторождения работает крупный гипсоперерабатывающий комбинат.

Химический состав гипса некоторых месторождений СССР, %

Месторождение	CaO	SO ₃	H ₂ O	Fe ₂ O ₃ + + Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CO ₂
Звозское	31,33–	44,49–	19,06–	0,08–	0,06–	–	–
	35,39	47,51	-20,92	0,3	0,78		
Охлебино	32,77–	45,36–	17,73–	0,1–	0,0	Сл. –	1,14–
	33,62	-46,50	-19,98	2,0		-0,63	1,54
Артемовское	32,81	46,39	19,91	0,27	0,58	0,63	–
Камско-Устьин- ское	31,84	44,0	20,58	0,07– 0,78	0,04	0,08	–
Новомосковское	31,49	42,91	21,45	0,98	1,74	0,89	–
Заларинское	31,54	41,08	22,54	0,91	1,42	2,14	–

Кроме того, в центральных районах РСФСР имеется еще ряд месторождений девонских гипсов (Лазинское, Скуратовское, Полоховское и др.). К ним относятся небольшие месторождения, расположенные в Красноярском крае (Оросительное, Арапкаевское и др.). Для этих месторождений характерно слабонаклонное залегание маломощных (0,3–2,6 м) пород, что обуславливает необходимость их обработки подземными выработками.

Наиболее широко развиты гипсоносные отложения в осадках пермского возраста: Пермские гипсы распространены на всей территории восточной части Русской платформы, месторождения их известны в Пермской, Архангельской, Кировской, Горьковской, Куйбышевской, Астраханской областях, а также в Башкирской, Татарской и Коми АССР. Глубина залегания этих пород, как правило, небольшая, что позволяет разрабатывать их открытым способом. Наибольшей мощности (60–80 м) гипсы достигают в отложениях кунгурского яруса (P₁) Архангельской области (Звозское месторождение). На западном склоне Урала в районе г. Кунгура гипсы пермского возраста характеризуются меньшей мощностью (17–18 м).

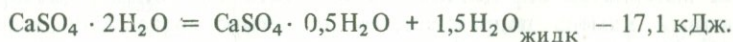
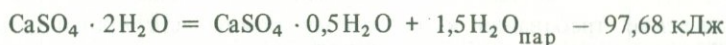
К отложениям казанского яруса перми относятся также месторождения гипса, эксплуатируемые в Поволжье (Баскунчакское, Селеуцкое, Красноглинское и др.). Здесь гипсы не образуют сплошных пачек, а переслаиваются с доломитами и известняками. Суммарная мощность гипсов достигает 50 м, а мощность отдельных пластов – 7 м. К отложениям пермского возраста относятся также месторождения гипса в Донбассе около г. Артемовска и в Латвийской ССР (Саласпилское).

Гипсоносные породы, относящиеся к мезозойским отложениям,

значительно развиты в области мезо-кайнозойской складчатости в южных районах СССР — на западной Украине, Северном Кавказе и в Средней Азии. Наиболее крупным является Шедокское месторождение на Северном Кавказе, где мощность позднеюрского гипса достигает 20 м при высоком его содержании. В УзССР разрабатываются месторождения, расположенные в Ферганской долине близ г. Исфары. Позднемеловые месторождения гипса разведаны на территории ТССР и ТаджССР.

Вяжущие вещества на основе сернокислого кальция

В эту группу входят несколько видов вяжущих веществ, получаемых в результате термической обработки двухводного сернокислого кальция. Природный гипс стабилен до температуры 97–100 °С, выше которой начинается его дегидратация. Этот процесс осуществляется при температуре 110–170 °С по следующим реакциям:



В результате первой реакции образуется полуводный гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot x0,5\text{H}_2\text{O}$ в виде рыхлой высокопористой β -формы.

Строительный и формовочный гипсы, состоящие из β -полугидрата, получают обжигом измельченного гипса во вращающихся печах или варкой гипсового порошка в варочных котлах при температуре 150–170 °С. По второй реакции образование игольчатых кристаллов полугидрата в α -форме происходит при удалении из гипса воды в виде жидкой фазы. Этот процесс протекает или в автоклаве, или при запаривании гипса при температуре 124 °С и давлении насыщенного водяного пара 0,13 МПа, или при кипячении в растворах некоторых солей при температуре 105–110 °С. Получаемый по такой технологии полуводный гипс носит название высокопрочного и включает технический и медицинский гипсы. Полуводный β -гипс, являющийся продуктом первой реакции, также представлен двумя разновидностями — строительным (алебастр) и формовочным гипсами.

Свойства α - и β -форм гипсов, несмотря на сходство строения кристаллической решетки, несколько различаются. Так, длительность гидратации для α -формы гипса составляет 17–20 мин, а для β -формы — 7–12 мин. Плотность и растворимость в воде также различны. Технологические свойства вяжущих, получаемых из α - и β -форм гипсов, отличаются водопотребностью, сроками схватывания и, что особенно важно, прочностью, которая у высокопрочного гипса достигает 50 МПа, в то время как у строительного она не превышает 15 МПа. При дальнейшем нагревании полученного ангидрита до 170–210 °С образуется

растворимый ангидрит (β - CaSO_4), сохраняющий кристаллическое строение, но теряющий молекулы воды, что резко снижает упорядоченность и стабильность решетки. Это приводит к появлению ряда отрицательных свойств — повышению водопотребности и ухудшению физико-механических свойств затвердевшего камня. Последующий нагрев вызывает перестройку кристаллической решетки и образование нерастворимого ангидрита α - CaSO_4 , соответствующего природному.

При обжиге гипсового камня до температуры 600–750 °С получают ангидритовый цемент — медленно твердеющее вяжущее вещество, в которое вводят добавки для ускорения его гидратации. Твердение гипсовых вяжущих обусловлено гидратацией полугидрата или ангидрита с переходом их в двухводный сульфат кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в виде сростков кристаллов. Эта реакция происходит по схеме



Технические требования к гипсовому камню для производства вяжущих материалов определяются ГОСТ 4013–82, согласно которому гипсовый камень подразделяется на четыре сорта. Содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в предварительно высушенном до постоянной массы веществе должно быть не менее 95 % для первого, не менее 90 % — для второго, 80 % — для третьего и 70 % — для четвертого.

Для производства технического, формовочного и медицинского гипса, а также белого, декоративного, гипсоглиноземистого и расширяющегося цементов должен применяться только гипсовый камень первого сорта. В природном гипсовом камне обычно имеется примесь карбонатного материала (известняк, доломит), которая не изменяется при низкотемпературном обжиге гипса и остается в обожженном гипсе, отрицательно влияя на его качество.

Глинистые примеси имеются в глиногипсе (гаже) и в гипсовых мергелях. Эти примеси представлены неразбухающими минералами (каолинит, гидрослюда), присутствие которых несколько улучшает качество продукта обжига — повышает пластичность теста, водостойкость изделий и увеличивает сроки схватывания. Разбухающие минералы группы монтмориллонита в небольшом количестве значительно ухудшают качество обожженного продукта, а при высоком содержании делают его непригодным для промышленного использования.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСКОВ И ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пески и песчано-гравийные материалы относятся к числу горных пород, наиболее распространенных в земной коре и, по разным данным, составляют от 12 до 40 % от их общего количества.

Классификация рыхлых обломочных пород. По Л.Б. Рухину

Группа	Класс	Обломки		Размер обломков, мм
		окатанные	угловатые	
Псефиты	I. Глыбы	Скопление глыб		> 1000
	II. Валуны: крупные средние мелкие	Скопление валунов		1000–500 500–250 250–100
	III. Галька: крупная средняя мелкая	Галечники	Щебень	100–50 50–25
	IV. Гравий: крупный средний мелкий	} Гравий Гравий (песок грубозернистый)	} Дресва Дресва (песок грубозернистый)	10–5 5–2 2–1
Псаммиты	V. Песок: крупный средний мелкий	Песок		1–0,5 0,5–0,25 0,25–0,10
Алевриты	VI. Алеврит: крупный средний мелкий	Грубый алеврит (тонкозернистый песок) Тонкий алеврит		0,10–0,05 0,05–0,025 0,025–0,010

Пески и гравий являются представителями обломочных пород и классифицируются по величине слагающих их обломков. Наиболее подробная классификация обломочных пород разработана Л.Б. Рухиным (табл. 34). Единой общепринятой классификации обломочных пород по гранулометрическому составу не существует. Согласно ГОСТ 8268–82, к гравию относят зерна размером от 5 до 70 мм с выделением среди них следующих фракций (в мм): 5–10, 10–20, 40–70. Фракции мельче 5 мм считаются песками, а крупнее 70 мм – валунами.

По форме обломков псефитовые породы делятся на неокатанные (брекчии) и окатанные (конгломераты) обломки. Брекчии встречаются редко и не образуют мощных толщ. По условиям формирования среди них выделяют:

1) брекчии, связанные с тектоническими процессами (вулканические, тектонические, сдавливания, сбросов и надвигов, соляных и грязевых куполов);

2) брекчии поверхностных механических процессов — физического выветривания, оползней, ледников, берегового прибоя и подводного волнения;

3) брекчии поверхностных химических процессов (карстовые, перекристаллизации, замещения, разложения и растворения).

Песчано-гравийные материалы

Более широко, чем брекчии, распространены песчано-гравийные скопления. По составу они бывают полимиктовые (обломки различных пород и минералов), полиминеральные (обломки различных минералов), олигомиктовые (2–3 вида пород или минералов), очень редко мономинеральные (обломки одной породы или минерала). Наиболее широким развитием пользуются полиминеральные разности.

Большая часть добываемого песка и гравия применяется в качестве заполнителей бетона, который на 70–80 % состоит из этих материалов (табл. 35). Качество заполнителей бетона главным образом зависит от их физико-механических свойств, гранулометрического состава, форм зерен и минералого-петрографического состава (табл. 36). Наряду с этими параметрами существенное значение имеет степень выветренности пород и слагающих их минералов, которая определяет их прочность.

Песчано-гравийные отложения по условиям образования делятся на следующие типы:

1) морских и озерных бассейнов;

2) продукты водных потоков: а) речные, аллювиальные, б) пролювиальные — конуса выноса.

3) ледниковые: а) флювиогляциальные, б) собственно ледниковые.

Песчано-гравийные месторождения различного генезиса встречаются среди отложений разных геологических эпох, но практическое значение в основном имеют четвертичные и современные, поскольку гравий более древних отложений сцементирован в галечник и труден для разработки.

Морские гравийно-галечные отложения образуются в водно-прибойных зонах, дельтах рек, в областях сильных донных течений. Галька и гравий морского генезиса обычно хорошо окатаны и отсортированы; их скопления встречаются в виде пластообразных тел. Озерные галечники и гравий в отличие от морских имеют незначительные площади распространения и мощности. Только в дельтах горных рек, впадающих в озера, они нередко достигают большой мощности. Речные галечники и гравий встречаются в дельтах горных рек и в реках, размываю-

Гранулометрический состав песчано-гравийных материалов, %

Месторождение	Размер фракций, мм			
	более 60	60-40	40-3	3-1
Белоярское (Красноярский край)	—	—	4,32-12,7	2,15-11,9
Чурбий-Нуринское (Карагандинская обл.)	—	—	—	41-76
Сидиминское (Приморский край)	—	—	17-71	21-45
Бахмара (Калининская обл.)	0,4-10	—	8-37	12-32
Вьползовское (Калининская обл.)	—	3,8	33	—

Продолжение табл. 35

Месторождение	Размер фракций, мм			
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	менее 0,1
Белоярское (Красноярский край)	6,6-13,4	11,6-30,3	6,7-24,7	2,4-12,8
Чурбий-Нуринское (Карагандинская обл.)	17-30	7,9-12	—	0,5-1,6
Сидиминское (Приморский край)	1,6-5,6	5,1-22,6	—	1,6-15,3
Бахмара (Калининская обл.)	2,25	9-39	—	2,9
Вьползовское (Калининская обл.)	—	—	63,2	—

щих ледниковые отложения. Залегают они в виде пластов и линз большой мощности, вытянутых вдоль речной долины, и образуют прерывистые полосы. Пролювиальные скопления гравия и гальки формируются в областях предгорий. Они характеризуются плохой сортировкой и слабой окатанностью обломков, залегают в виде пластов и линз с мощностью до сотен метров. Флювиогляциальные гравийные образования накапливаются в областях распространения ледниковых отложений в результате перемыва морен. Обычно они представлены линзами небольшой мощности и протяженности; значительно реже слагают озы и камы в виде вытянутых изгибающихся лент среди песков.

В связи с тем что на территории европейской части СССР накоп-

Минералого-петрографический состав гравия (в %) некоторых месторождений центральных районов РСФСР.
По С.С. Гордону

Состав гравия	Академическое	Дмитровское	Древнинское
Породы:			
карбонатные	51,58/—	53,11/2,36	58,30/8,64
песчаники	0,84/0,23	0,44/0,28	0,31/0,04
изверженные	19,09/4,65	17,47/1,17	7,84/0,38
метаморфические	14,60/1,06	12,93/0,34	4,01/2,51
Железисто-глинистые конкреции	—	2,73	1,23

Продолжение табл. 36

Состав гравия	Вяземское	Сычевское	Альметьевское
Породы:			
карбонатные	35,87/2,02	47,30/4,89	36,40/5,15
песчаники	1,32/0,17	2,27/0,91	6,68/3,01
изверженные	4,68/2,01	12,18/7,39	18,26/2,94
метаморфические	3,94/1,18	10,99/1,93	13,10/2,12
Железисто-глинистые конкреции	0,10	0,28	1,54

Примечание. В числителе приведены содержания крепких пород с прочностью на сжатие > 200 МПа, в знаменателе — выветрелых пород с прочностью на сжатие < 200 МПа.

ление гравийно-песчаного материала связано с деятельностью ледников, необходимо подробнее рассмотреть литологический состав и особенности размещения образований, которые возникают при сдвиге и таянии ледников. Во время движения ледника происходит разрушение и перемещение нижележащих коренных пород, что приводит к образованию морены, наибольшая мощность которой отмечается вдоль передней границы ледника — в конечной морене. Такая морена представляет собой полосу из беспорядочно ориентированных холмов и валов, повторяющую очертание фронта ледника. Конечная морена может иметь как чисто аккумулятивную, так и напорную природу. В ее составе могут присутствовать как породы, принесенные ледником, так и деформированные породы ледникового ложа. Моренные отложения представлены главным образом валунными глинами, суглинками и супеся-

ми, среди которых содержатся валуны, гравий, песок, пылеватые и глинистые частицы. Причем последние развиты в доминирующих количествах и цементируют гравий и валуны, поэтому моренные отложения промышленностью не используются.

При таянии ледника морена подвергается размыву ледниковыми водами, в результате чего происходит дифференцированное по крупности обломочного материала переотложение продуктов размыва, которые находят применение в промышленности строительных материалов. При таянии ледника огромные массы воды накапливаются на поверхности ледника, в трещинах, пустотах и во внутрiledниковых бассейнах. В самом леднике образуются реки, одновременно переносящие и дифференцирующие большое количество моренного материала. После полного стаивания ледника отложения внутри- и постледниковых потоков проектируются на поверхность ледникового ложа и отражаются в рельефе в виде узких и длинных гряд — озв. Их протяженность варьирует от первых десятков метров до десятков километров при ширине 100—150 м и высоте — 40—50 м. Обычно озы слагаются слоистыми отложениями валунно-гравийно-песчаного материала. Нижняя часть озовой толщи по сравнению с верхней нередко представлена более крупнозернистым осадком, что, возможно, объясняется изменением скорости течения ледниковой реки.

Перенос продуктов размыва моренного материала в ледниковые озера приводит к образованию камов — слоистых толщ песчано-глинистого материала с горизонтами гравия, гальки и валунов. Камы в рельефе выделяются достаточно четко в виде холмов размерами от 50 до 800 м. Обычно они образуют целые группы, расположенные на площади до нескольких десятков квадратных километров.

При таянии ледника возникают также зандры — конуса выноса внутрiledниковых потоков, выходящие за пределы ледника. Отдельные запруды иногда соединяются с соседними и образуют запрудовый шлейф, содержащий значительные запасы гравийного материала.

Крупным источником образования обломочного материала, кроме ледников, являются горные зоны, в которых интенсивно протекают процессы выветривания и эрозии. Продукты этих процессов сносятся горными реками и гравитационными оползнями. Выветренный материал, переносимый водными потоками к подножью горных склонов, называется пролювием и иногда образует очень крупные и хорошо отсортированные гравийно-галечные отложения. Продукты разрушения горных пород, переносимые вниз по склону под действием гравитации, постепенно окатываются, уменьшаются в размерах и в конечном счете образуют у подножья гор скопления материала разной крупности — глыбы, валуны, гравий и песок (коллювий). Наиболее распространены гравийно-песчаные аллювиальные месторождения, возникшие за счет размыва и переноса реками флювиогляциальных, пролювиальных и де-

Скорость речного потока и величина переносимого им обломочного материала. По В.В. Ревину

Материал	Скорость потока, м/с	Средний диаметр материала, мм
Глина во взвешенном состоянии	0,08	—
Песок:		
мелкий	0,26	0,4
среднезернистый	0,34	0,7
Гравий (мелкий)	0,46	3,2
Галька (мелкая)	0,97	27
Валун:		
мелкий	2,27	171
средний	4,87	409

лювиальных обломочных образований. Величина переносимых реками обломков зависит от скорости движения водного потока (табл. 37).

Так, в зависимости от времени года скорость равнинных рек может меняться от 0,8 до 2,5 м/с, а в горных реках — от 1 до 5 м/с. Из сопоставления этих данных видно, что весь обломочный материал, вплоть до гравия и мелких валунов, может переноситься равнинными реками, а средние и крупные валуны — только горными.

Своеобразным типом месторождений строительных песков являются месторождения морских песков, разработка которых возрастает с каждым годом. Эти месторождения локализуются в зоне шельфа на различном расстоянии от берега и запасы их нередко достигают значительных масштабов. Так, например, по данным Л.Б. Розовского, месторождение Одесская банка представляет собой затопленную нижнюю террасу пра-Днепра площадью примерно 1000 км², запасы его оцениваются в 980 млн. м³ (рис. 5). Как видно из геолого-промышленной классификации месторождений морских песков (табл. 38), поиски и разведка подобных месторождений позволит существенно прирастить запасы строительных песков.

По В.В. Ревину, среди четвертичных песчано-гравийных месторождений выделяется несколько генетических типов, размещение которых приурочено к определенным географическим зонам. Зона Восточно-Европейской равнины, неоднократно покрывавшейся ледниками, характеризуется распространением месторождений, связанных с деятельностью ледников. На территории развития верхнечетвертичных ледниковых покровов присутствуют надморенные флювиогляциальные залежи, представленные зандрами, озами, камами и древними террасами лож-



Рис. 5. Геологический разрез месторождения песков Одесская банка. По Л.Б. Розовскому.

1 — глина; 2 — песок; 3 — ил; 4 — органогенно-обломочная порода; 5 — глинистый алеврит; 6 — торф

бин стока ледниковых вод. Далее к юго-востоку, где появляются более древние ледниковые образования, надморенные флювиогляциальные отложения размывы и основное значение приобретают межморенные и древнеаллювиальные накопления, аккумуляция которых обусловлена размывом ледниковых морен. В пределах этой зоны выделяются три подзоны.

1. Преимущественного развития надморенных флювиогляциальных отложений — Мурманская, Ленинградская, Псковская, Калининская, Новгородская, Калининградская, частично Вологодская и Архангельская области, Карельская АССР и Прибалтийские республики. Месторождения этой подзоны характеризуются запасами, достигающими десятков миллионов кубических метров, и иногда высоким содержанием валунов (до 20 %);

2. Преимущественного распространения подморенных флювиогляциальных отложений, вскрытых эрозионными процессами, — Смоленская, Московская, Костромская, Ивановская, Ярославская, частично Калужская и Владимирская области. Для месторождений подзоны характерны очень крупные запасы, достигающие первых сотен миллионов кубических метров. Кроме того, в подзоне практическое значение имеют и аллювиальные месторождения.

3. Преимущественного развития аллювиальных песчано-гравийных отложений. Ее составляют два района — центральный (Тульская, Горьковская и северная часть Орловской обл.) и северный (восточные районы Вологодской и Архангельской областей и западные районы Коми АССР). Месторождения песчано-гравийного материала центрального района приурочены к пойменным и русловым отложениям рек. Запасы этих месторождений не превышают 10 млн. м³. Для северного района характерны древние и современные песчано-гравийные аллю-

Геолого-промышленная классификация месторождений морских песков.

По Л.Б. Розовскому с сокращениями

Типы	Подтипы	Размер месторождения
I. Месторождения современной береговой зоны, сформированные в условиях литодинамической связи с приурезовой полосой	<p>Подводные продолжения аккумулятивных отложений морского происхождения (косы, пересыпи, бары и др.) Аккумулятивные образования современных поперечных и продольных террас и наносов (аккумулятивные террасы, призмы возле непропусков наносов и др.) Конусы выноса и подводные продолжения дельт Реликтовые морские аккумулятивные отложения, сформированные при более низком положении уровня моря</p>	<p>Мелкое, среднее, крупное То же Мелкое Мелкое, среднее, крупное</p>
<p>II. Месторождения, залегающие в верхней части шельфа при отсутствии литодинамической связи с приурезовой полосой:</p> <p>а) на трансгрессивном шельфе</p> <p>б) на структурном (абразивном) шельфе</p> <p>в) на аккумулятивном (дельтовом) шельфе</p>	<p>Аккумулятивные толщи субаэрального происхождения (затопленные речные террасы и др.) Реликтовые аккумулятивные отложения морского происхождения на речной террасе Реликтовые аккумулятивные толщи морского происхождения на коренной основе Затопленные конуса выноса рек обвальнo-оползневые и пролювиальные образования Опущенные морские и речные террасы Аккумулятивные отложения морского и речного происхождения</p>	<p>Среднее, крупное, очень крупное То же Среднее, крупное Мелкое, среднее То же Среднее, крупное, очень крупное</p>

виальные отложения, образовавшиеся за счет переработки валунных глин флювиогляциальных надморенных образований.

На Среднем и Южном Урале крупные месторождения песчано-гравийного материала с запасами 150 млн. м³ расположены в современ-

ных русловых или пойменных участках крупных рек или в их древних террасах.

В зоне Восточных Карпат песчано-гравийные месторождения формировались в результате размыва моренных отложений и пространственно тяготеют к долинам рек, берущих начало в Карпатах. Месторождения представлены русловым или пойменным аллювием или входят в состав надпойменных террасовых образований. Запасы месторождений сравнительно невелики и обычно не превышают 5–10 млн. м³, редко достигают 40 млн. м³. В зоне Кавказа преимущественно развиты аллювиальные месторождения песчано-гравийного материала. Возможно также нахождение крупных месторождений в древних террасах Каспийского и Черного морей.

Закаспийская зона в южной части, вдоль хребта Копет-Даг, характеризуется развитием континентальных отложений пролювиального, аллювиально-пролювиального и аллювиального типов. Кроме того, в зоне выявлены прибрежно-морские террасовые толщи, намывные вдоль прежних береговых линий Каспия. Область Памира и Тянь-Шаня включает юго-восточные части Казахстана, Киргизии и Таджикистана и юго-восток Узбекистана. Здесь широко распространены мощные толщи песчано-гравийных отложений флювиогляциального, пролювиального и аллювиального генезиса. Запасы некоторых месторождений здесь превышают 100 млн. м³. Зона Казахского мелкосопочника охватывает восточные и центральные области республики. На территории зоны преимущественное развитие получили песчано-гравийные аллювиальные отложения, образованные за счет переноса и накопления обломочного материала у подножья горных возвышенностей.

Зона Западной Сибири охватывает громадную территорию Западно-Сибирской низменности. Гравийно-песчаные отложения этого региона плохо изучены и мало распространены. Районы их локализации связаны с площадями развития молодых верхнеплейстоценовых оледенений в долинах протекающих здесь рек, а также в руслах малых речек, стекающих с восточного склона Уральского хребта. В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке гравийно-песчаные месторождения приурочены к долинам рек и иногда характеризуются значительными запасами (до 70 млн. м³). В прибрежных районах скопления гравия встречаются вдоль современной и древних береговых линий.

Строительные пески

Месторождения строительного песка, в отличие от гравийных, встречаются не только среди четвертичных и современных образований, но и в более древних морских отложениях (третичные и мезозойские). Так, на Украине в качестве строительных разрабатываются пески неогена, палеогена и мела, но на большей части территории Советского Союза

основным источником их являются месторождения ледникового и аллювиального происхождения, главным образом последние.

Минеральный и химический составы песков значительно отличаются от состава материнских горных пород. Если в интрузивных породах содержится около 60 % SiO_2 и 18 % $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, то в кварцевых стекольных песках содержание SiO_2 возрастет до 99 %, а в строительных — до 90 %.

На начальной стадии выветривания кислых интрузивных пород образуются аркозовые пески, содержащие до 70 % SiO_2 и 16–17 % $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Такие пески обычно накапливаются у подножий горных хребтов, сложенных интрузивными породами. При переносе водами и потоками их минеральный состав постепенно изменяется за счет разрушения полевых шпатов и приближается к составу кварцевых песков. Разрушение основных изверженных пород приводит к формированию на первом этапе песчано-щебнистой породы, близкой к ним по составу, но при дальнейшем ее переносе и перемыве образуются пески.

В состав строительных песков входит большое число различных минералов, главнейшими из которых являются кварц, полевые шпаты, слюда, иногда кальцит, реже встречаются роговые обманки, авгит, диопсид, циркон. Минералом, наиболее устойчивым в процессах выветривания, является кварц, поэтому пески, прошедшие длительный путь переноса и переработки, состоят в основном из зерен этого минерала.

Процесс выветривания горных пород в зависимости от геологической обстановки может протекать по-разному. В платформенных условиях, где геохимическая обстановка более стабильная, происходит главным образом химическое выветривание, приводящее к разрушению большинства минералов (кроме кварца) и образованию олигомиктовых песков. В геосинклинальных условиях преобладает физическое выветривание, поэтому формируются полимиктовые пески.

Морские пески иногда в значительном количестве содержат глауконит, окрашивающий породу в зеленый цвет. На побережье моря встречаются пески, сложенные известковыми зернами, образовавшимися за счет разрушения раковин или более древних известняков — ракушечников. Согласно П.И. Фадееву, по минеральному составу пески разделяются на две группы: 1) мономинеральные и 2) полиминеральные. К первой группе относятся кварцевые, полевошпатовые, слюдистые и роговообманковые пески, которые содержат до 90 % главного минерала и до 10 % второстепенных, не определяющих название песка. Вторая группа включает кварц-полевошпатовые, кварц-слюдистые, кварц-роговообманковые, полевошпат-кварцевые, слюдисто-кварцевые и роговообманково-кварцевые пески. Содержание главных минералов для песков этой группы составляет 50–90 %, второстепенных — 10–50 %.

По условиям образования пески подразделяются на шесть групп: 1 — аллювиальные; 2 — аллювиальные с периодически намываемыми

греческий состав аллювиальных песков ряда месторождений, %
По С.С. Гордону

Район	Фракции, мм			
	5-1,25	1,2-0,6	0,6-0,15	менее 0,15
Карагандинская обл.	15	78	5,8	1,2
Кокчетавская обл.	42	33	24,6	0,4
Карельская АССР	54	38	5,3	2,7
Пермская обл.	23	10	62	5
Павлодарская обл.	31	15	52,3	1,7
Тюменская обл.	10	80	6,6	3,4
То же	58	41	—	1
Курганская обл.	21	38	31,9	9,1
Актюбинская обл.	25	22	45,8	7,2
Алтайский край	17	48	27,7	7,3
Приморский край	1	2	93,6	3,4
То же	19	31	48,9	1,1
Московская обл.	—	—	97,5	2,5
То же	—	—	97,2	2,8
"	15	18	63	4
Омская обл.	—	—	93,5	6,5
То же	—	30	50	20
"	—	20	40	40
"	—	48	46,1	5,9
Оренбургская обл.	12	26	48,6	13,4
То же	59	30	9	2

— древнеаллювиальные; 4 — морские; 5 — ледниковые;
Из этих групп наиболее распространены аллювиальные, наименее — древнеаллювиальные и ледниковые пески.
ление о гранулометрическом составе аллювиальных пес-
едующие данные (табл. 39). Сравнительный анализ грану-
го состава песков морского происхождения некоторых
ий СССР (табл. 40) указывает на их отличие от песков
рироды (табл. 41).

Гранулометрический состав морских песков, %.
По С.С. Гордону

Месторождение	Район	Фракции, мм			
		5-1,25	1,25-0,6	0,6-0,15	менее 0,15
Каменское	Тюменская обл.	76		20	4,0
Прохоровское	Донецкая обл.	39	28	25	8,0
Красновское	То же	41	40	13,2	5,8
Кувшинское	Приморский край	7	4	88,4	0,6
Приветненское	Ленинградская обл.	76	21	1,9	1,1
Геническое	Херсонская обл.	44	15	37,9	3,1
Джебельское	Красноводская обл.	19	15	42,0	24,0

Таблица 41

Гранулометрический состав ледниковых песков, %.
По С.С. Гордону

Месторождение	Район	Фракции, мм			
		5-1,25	1,25-0,6	0,6-0,15	менее 0,15
Любытовское	Волынская обл.	28	34	34	4
Тучковское	Московская обл.	42-70	20-7	33,4- -11,8	3,0-3,5
Семиозерское	Ленинградская обл.	44	11	40,3	4,7
Погринское	То же	39	27	30,9	3,1
Шаурецкое	Карельская АССР	49		43,8	7,2
Савинское	Архангельская обл.	4	28	64,2	3,8
Мадонское	Латвийская ССР	3,1	26	38,2	4,8
Оршанское	Витебская обл.	34	41	19,8	5,2
Скерсоболейское	Вильнюсская обл.	27	20	49	4,0

В размещении месторождений строительного песка на территории Советского Союза наблюдается определенная закономерность, выражающаяся в приуроченности месторождений различного генезиса к определенным районам. На северо-западе РСФСР, в Прибалтийских республиках и на большей части Белорусской ССР развиты главным образом флювиогляциальные и озерно-ледниковые месторождения, в значительно меньшем количестве — морские и аллювиальные.

Кроме того, в Латвии и Литве имеется несколько месторождений песка золотого происхождения. Наиболее крупными являются месторождения флювиогляциального типа, запасы которых достигают 80 млн. м³; запасы озерно-ледниковых месторождений — 20 млн. м³, а золотых — 15 млн. м³. Месторождения песков аллювиального генезиса с запасами до 30 млн. м³ выявлены в руслах и на террасах р. Волги, Мезени, Северной Двины и Днепра. Развитые в этой зоне флювиогляциальные пески по размерам зерен пригодны, главным образом, для производства силикальцитных изделий.

В центральных районах РСФСР разведены межморенные флювиогляциальные и аллювиальные месторождения строительного песка, причем наибольшее их число относится к аллювиальным и только около 20 % — к флювиогляциальным. Флювиогляциальные месторождения расположены в площади распространения донского языка Днепровского оледенения. Эти месторождения имеют небольшие запасы (1—3 млн. м³). Однако здесь гораздо более широко распространены аллювиальные месторождения, приуроченные к руслу, пойме и надпойменным террасам р. Оки, Медведицы, Дона и др. Запасы некоторых месторождений аллювиальных песков достигают 40 млн. м³. Пески этого района главным образом пригодны для силикальцитных изделий, но многие из них — и для бетона.

В юго-западном районе, включающем южную часть Белоруссии и большую часть Украины, главным образом, развиты древнеаллювиальные месторождения с запасами до 40 млн. м³. В небольшом количестве — флювиогляциальные, запасы которых иногда значительны (до 20 млн. м³).

К северному району, где преимущественно отмечены древнеаллювиальные отложения, относятся восток Вологодской области, территория Коми АССР, юго-восток и северо-восток Архангельской области. Здесь широко развиты ледниковые отложения, при перемыке которых образуются аллювиальные месторождения, локализующиеся в русле, на пойме и на надпойменных участках р. Вычегды, Сухоны и др.

За пределами развития ледниковых отложений расположена область, охватывающая горные районы Украины (Крым, Восточные Карпаты), южную часть равнинной Украины и южные области РСФСР. На этой площади из дочетвертичных песчаных толщ в Курской области преимущественно развиты меловые, а в Белгородской области — палеогеновые отложения. Месторождения четвертичных песков относятся к аллювиальным и древнеаллювиальным, частично образовавшимся за счет размыва меловых и третичных песков. На побережье Черного и Азовского морей, в районах выхода рек на морское побережье развиты террасовые и пляжные скопления песков.

Следующей крупной территорией, расположенной за пределами развития ледниковых отложений, является юго-восток европейской

части СССР, Средний и Южный Урал, Кавказ. В европейской части СССР имеются исключительно аллювиальные месторождения песков, главным образом, древнеаллювиальные, приуроченные к долинам, руслам и террасам р. Камы, Чусовой, Белой и др. Запасы некоторых месторождений достигают 50 млн. м³.

В республиках Закавказья строительные пески четвертичного возраста распространены незначительно и связаны с аллювиальными и морскими отложениями. В Грузии пески такого возраста не выявлены. В прибрежных районах имеются месторождения морских песков. Местная промышленность строительных материалов использует в этих районах пески дочетвертичного возраста, а также вулканические отложения.

В средней Азии и Казахстане развиты аллювиальные, морские (Туркмения) и золотые пески. Наиболее характерны для этой зоны два типа месторождений песка: аллювиальный (поздний плейстоцен) и золотой. Пески, относящиеся к золотому типу, являются продуктом перевертывания аллювиальных и морских песков. Кроме песков четвертичного возраста, в этих районах значительно развиты песчаные отложения неогена и палеогена, пригодные, как и золотые пески, главным образом, для производства силикальцитных изделий.

В Западной Сибири и Алтайской области в основном развиты месторождения аллювиального происхождения, приуроченные к долинам крупных рек, а местами и дочетвертичного возраста — неогеновые, палеогеновые и меловые. Эти пески в большинстве случаев мелкозернистые и пригодны только для изготовления силикальцитных изделий.

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока месторождения строительных песков преимущественно относятся к аллювиальному генетическому типу. Для приморских районов характерны месторождения морского генезиса, развитые на побережье океана, а также золотые. В районах, где отсутствуют пески четвертичного возраста, разрабатываются третичные и меловые.

Области применения гравия и строительного песка, технические требования к ним

В промышленности строительных материалов гравий и строительный песок широко применяются в качестве заполнителей бетона. Кроме того, песок используется как заполнитель в строительных растворах, а в керамической промышленности — как отощитель жирных глин и для производства силикальцитных изделий. Требования к пескам-отощителям и пескам для силикальцита были охарактеризованы ранее.

Заполнители бетона применяются в строительстве:

1) для придания бетону тех или иных технических свойств за счет соответствующего подбора заполнителей (получение бетона определенной объемной массы, теплопроводности, пористости и т.д.);

2) уменьшения усадки, происходящей при твердении вяжущих веществ, иногда в таком объеме, который исключает возможность их использования без заполнителей;

3) сокращения расхода вяжущих веществ и снижения стоимости бетона. Заполнители составляют значительную часть бетонной массы. В бетонах различных марок расход крупных заполнителей (гранит, щебень) составляет до 1200 кг, а мелких (песок) — до 500 кг на 1 м³ бетона при расходе 200—400 кг цемента.

На свойства бетона влияет гранулометрический состав как крупного заполнителя — гравия, так и мелкого — песка. Применение мелкозернистых песков, особенно с глинистой оторочкой на зернах, в качестве заполнителей приводит к снижению прочности бетона. При замене средnezернистых песков мелкими, содержащими много пылевидных частиц, морозостойкость бетона понижается. Так бетон, изготовленный на песке, содержащем 10 % частиц размером менее 60 мкм, полностью разрушается после десяти циклов заморзания и оттаивания.

При оценке качества песка необходимо учитывать удельную поверхность, величина которой определяется формой и составом зерен и рассчитывается по формуле $F_n = 16k/1000(\tilde{a} + 2\tilde{b} + 4\tilde{c} + 8\tilde{d} + 16\tilde{e} + 36\tilde{f})$ м², где a, b, c, d, e и f — остатки на ситах с диаметрами 2,5; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 мм соответственно и проход через сито 0,15 мм, %; k — коэффициент, равный величине отношения истинной поверхности песка к условной, рассчитанной для зерен шаровой формы.

Значение удельной поверхности и особенности формы зерен песка, определяя оценку его качества, характеризуют степень сцепления поверхности зерен с цементом в бетоне.

В песке часто содержатся различные примеси, отрицательно влияющие на свойства бетона. К их числу относятся: глина, ил, органическое вещество, слюды, сульфиды, гипс, некоторые соли и продукты природного или искусственного измельчения слабых зерен песка. В строительной промышленности глиной принято считать породу, состоящую из частиц мельче 5 мкм, а пылью — от 5 до 150 мкм. Глина в песке может содержаться как в виде включений, так и пленок, обволакивающих зерна песка. Комки глины ухудшают качество песка, а пленки на зернах ослабляют сцепление их поверхности с цементом, что снижает прочность бетона. При наличии в песке слюды в количестве около 15 % прочность бетона снижается на 60 %. Это вызвано значительным увеличением удельной поверхности песка, слабым сцеплением поверхности частиц слюды с цементом и недостаточным уплотнением бетонной смеси, обусловленных большим числом зерен пластинчатой формы. Примесь слюды в песках может также увеличить водопотребность бетонной смеси и снизить морозостойкость бетона.

Для оценки качества песка важное значение имеет петрографический состав, в значительной мере определяющий прочность зерен.

Наилучшими по качеству считаются пески с высоким содержанием кварца. Присутствие в песке опала и других аморфных модификаций кремнезема нежелательно, так как они вступают в реакцию с щелочами цемента, образуя разбухающие коллоидные соединения. Песок, содержащий зерна слабых пород, может оказаться недостаточно морозостойким, а это может отразиться на свойствах бетона.

Из совокупности физико-механических характеристик свойств гравия, применяемого в качестве заполнителя бетона, наиболее важными являются петрографический состав зерен, их форма и уровень содержания глины и органического вещества. Наиболее оптимальным является гравий, состоящий из округлых или угловатых зерен крепких магматических, метаморфических и осадочных пород, зерна лещадной формы (плоские) нежелательны, так как их присутствие в количествах более 15 % снижает прочностные свойства бетона. Наличие в гравии глинистой компоненты (свыше 2,5 %) в виде отдельных комков или пленки, облегающей зерна, также недопустимо, как и в песке. Гранулометрический состав гравия обуславливает подвижность бетонной смеси и количество необходимого цемента. Наиболее эффективным является такой гравий, в состав которого входят как крупные, так и мелкие зерна при общем равномерном распределении фракций по крупности, что обеспечивает наименьший объем пустот и, следовательно, минимальный расход цемента.

Общие требования к гравиям для строительных работ содержатся в ГОСТ 8268—82, который распространяется также и на гравий, получаемый рассевом гравийно-песчаных смесей. В соответствии с ГОСТом применимость гравия определяется следующими показателями: гранулометрическим составом, прочностью, количеством зерен слабых пород, пылевидных, глинистых и илистых частиц, морозостойкостью, минералого-петрографическим составом зерен, формой и характером их поверхности. По крупности зерен гравий делится на четыре фракции (в мм): 5—10; 1—20; 20—40; 40—70. Величина прочности гравия, используемого в качестве заполнителя бетона, измеряется его показателем дробимости при сжатии (раздавливании) в цилиндре, а в строительстве автомобильных дорог — истираемостью в полочном барабане.

Общие требования к гравиям и песку как заполнителям тяжелого бетона описаны в ГОСТ 10268—80 и распространяются на породы, применяемые в качестве заполнителей для сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций и деталей для промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. По этому ГОСТу морозостойкость гравия и щебня, применяемых в конструкциях, не защищенных от внешних атмосферных воздействий, должна обеспечивать получение бетона требуемой марки. Мелкий заполнитель для бетона должен отвечать требованиям ГОСТ 8736—77.

Для окончательного решения вопроса о пригодности гравия для

гидротехнического бетона производится его испытание в бетоне, при которых определяются: морозостойкость гравия; предел прочности на сжатие; степень взаимодействия реакционноспособных заполнителей (опала) с щелочами цемента.

К пескам, используемым в качестве заполнителя гидротехнического бетона, предъявляются повышенные требования, которые лимитируют их гранулометрический состав, содержания мелких частиц, органики и сернистых соединений.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО И ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

Применение в строительстве

Природный камень по значению и объему потребления наряду с цементом с полным основанием можно назвать "хлебом" строительной промышленности (табл. 42). Продукция камнедобывающей промышленности и зависимости от способа добычи и дальнейшей обработки делится на следующие группы.

1. Штучный камень, добываемый в виде блоков, используемых в строительстве непосредственно или после дальнейшей обработки. Среди штучных камней различают:

а) облицовочные (декоративные) камни, блоки которых подвергаются распиловке на плиты (доски) или другой обработке (профильные изделия);

б) камни специального назначения (кислото- и щелочеупорные, жаростойкие);

в) дорожные камни (бортовой, брусчатка и др.);

г) стеновые (пильные) камни.

2. Камень массового производства неправильной, произвольной формы. К этой группе относится большая часть вырабатываемого в нашей стране камня:

а) рваный камень, образующийся при взрывных работах на карьерах, с последующей отсортировкой мелких фракций (бутовый камень);

б) дробленый камень, получаемый дроблением оторванной породы с последующим разделением на фракции (щебень, крошка, искусственный песок).

Штучный камень

Облицовочные камни. Для получения блоков облицовочного камня разрабатываются магматические, метаморфические и осадочные породы. Из числа интрузивных пород наибольшее применение находят породы типа гранита и лабрадорита, а из метаморфических — мраморы и мраморизованные известняки, особенно белые и цветные, а также красиво окрашенные разности кварцитов (например, "шокинский порфир").

Применение различных видов природного камня
По [4]

Назначение	Вид материала и изделия	Рекомендуемая порода
Фундаменты	Бутовый, пильный и колотый камни	Все виды плотных горных пород
Стены	Стеновые (пильные) камни, крупные стеновые блоки, тесаный камень	Пористые породы — известняк-ракушечник, вулканический туф, в меньшей мере доломит, песчаник
Облицовка: наружная	Облицовочные плиты и камни, профильные элементы	Породы группы гранита, лабрадорит, габбро, базальт, вулканический туф, кварцит, мрамор, плотный известняк, песчаник
	внутренняя	Мрамор, мраморизованный известняк, травертин, гипс, вулканический туф
Наружные лестницы, площадки, парапеты и ограждения	Ступени, плиты для площадок, блоки для столбов и стенок, облицовочные плиты	Гранит, сиенит, диорит, габбро, базальт, песчаник
Внутренние лестницы и площадки, полы	Ступени, плиты для лестничных площадок и полов	Мрамор, гранит, лабрадорит
Дорожные покрытия	Камни бортовые, брусчатка, камень колотый и щебень	Гранит, диорит, габбро, базальт, песчаник, вулканический туф, плотный известняк
Гидротехнические сооружения	Камни дробленые, колотые и тесаные, валуны, щебень	Плотный известняк, доломит, песчаник, гранит, диорит, габбро, базальт и диабаз
Заполнители бетонов:	тяжелых	Отходы от добычи штучного камня — дробленый камень
	легких	То же

В связи с более низкими физико-механическими свойствами осадочные породы используются в этих целях значительно реже, и главным образом для внутренних облицовок (известняки, песчаники, доломиты, травертины и гипсы).

Основные ценные свойства облицовочных камней — высокие физико-механические показатели, погодостойкость, долговечность, декоративность — делают их незаменимым материалом при постройке общественных и государственных зданий и сооружений, рассчитанных на длительную службу.

Долговечность горных пород (в годах).
По Б.П. Беликову

Порода	Начало разрушения	Угрожающее состояние	Окончательное разрушение
Кварцит	650	Более 1460	—
Гранит, лабрадориты и др.	220–350	220–1070	Более 1625
Мрамор	20–130	33–400	100–1200

Горные породы, используемые для добычи блоков, в зависимости от прочности делятся на твердые, средней твердости и мягкие. К твердым породам относятся гранит, диорит, сиенит, лабрадорит, габбро, базальт, диабаз, андезит, кварцит и др.; к породам средней — твердости — мрамор, мраморовидный известняк и песчаник; к мягким — известняк, доломит, травертин, гипсовый камень и вулканический туф.

Наибольшей долговечностью обладают кварциты, характеризующиеся высокой стойкостью по отношению к химическому и механическому выветриванию (табл. 43). Долговечными являются также граниты и другие интрузивные породы, в минеральном составе которых кварц играет существенную роль. Значительно менее долговечны мраморы, особенно цветные, которые при службе на открытом воздухе в условиях северных широт начинают довольно быстро разрушаться. Облицовочные камни средней твердости и твердые по обрабатываемости делятся на несколько групп; этот параметр определяется свойствами самого камня и способом обработки (табл. 44).

В зависимости от применения различают облицовочные камни трех групп [3].

К первой группе относятся камни, не испытывающие каких-либо значительных механических нагрузок и идущие на изготовление плит (доски) и облицовку стен зданий (внутренних и внешних). Камни, используемые для внешней облицовки стен, должны обладать высокой погодостойкостью и продолжительным сроком службы. Для этих целей используются главным образом интрузивные (гранит, лабрадорит и др.) и метаморфические (кварцит) породы; реже — мраморы, известняки и травертины. При внутренней облицовке стен применяют породы средней твердости и мягкие, наиболее легко поддающиеся обработке (мрамор, известняк, гипс и др.). Для пород этой группы главным требованием является декоративность.

Вторую группу составляют камни, несущие большую механическую нагрузку и используемые при изготовлении плит для полов, ступеней,

Группы облицовочных камней по обрабатываемости.

По А.М. Орлову

Группа обрабатываемости		Технологическая характеристика	Пример
Теска	Шлифовка, полировка		
		Камни средней твердости	
I	II	Сильно окварцованы, трудны в инструментальной обработке, распиловке и полировке	Белогорский мрамор (Карелия)
I	II	Довольно трудно поддаются инструментальной обработке; принимают полировку высокого качества	Газганский мрамор (Узбекистан)
III	III	Неокварцованные разности хорошо поддаются обработке и полировке, окварцованные трудны в обработке и полировке	Кибик-Кордонский мрамор (Красноярский край)
IV	IV	Легко поддаются всем видам обработки	Коелгинский мрамор (Урал)
V	V	Легко поддаются всем видам обработки, но не полируются	Артикский туф (Армения)
		Твердые камни	
I	II	Очень трудны в обработке, принимают полировку высокого качества	Шокшинский кварцит (Карелия)
II	II	Трудны в ударной обработке из-за крупнокристаллического строения, трудно полируются	Коростышевский гранит (Украина)

облицовки устоев мостов и др. Камни этой группы должны обладать высокими физико-механическими показателями (низкая истираемость, сопротивление ударным воздействиям) и хорошей погодостойкостью в случае применения для внешних облицовок. При выборе камня, предназначенного для настилки полов и изготовления ступеней, учитывают степень интенсивности людского потока. В сооружениях со значительным движением (метро, театр, клуб и др.) применяют твердые породы; там, где движение людей сравнительно небольшое, пригодны породы, менее стойкие к истиранию (мрамор, плотный доломит, известняк).

К третьей группе относятся камни, используемые для сооружения памятников и некоторых архитектурных деталей (колонны, пилоны

и др.). Они должны характеризоваться высокой декоративностью. Требования к климатической стойкости и физико-механическим свойствам зависят от условий среды. К блокам камня, добываемым для этих целей, предъявляются повышенные требования в отношении размеров. Так, например, блок гранита Кудашевского месторождения (УССР), использованный для сооружения памятника Карлу Марксу в Москве, имел первоначальный размер $15 \times 15 \times 3,6$ м (270 м^3) и массу более 750 т.

Камни специального назначения объединяют в небольшую, но важную группу. В нее объединяют камни, применяемые для изготовления жаро-, щелоче- и кислотостойких изделий. К ним предъявляются специфические требования в отношении петрографического состава с учетом влияния среды на те или иные минералы, слагающие породу.

Дорожные камни составляют отдельную группу среди штучных камней, применяемых в дорожном строительстве. Сюда относятся бортовые и колотые камни, шашка, брусчатка. Бортовые камни предназначаются для отделения проезжей части улиц от тротуаров, газонов и др. Брусчатка представляет собой куски камня установленных размеров и форм и используется для устройства дорожного покрытия и полос укрепления на автомобильных дорогах I—III категорий, для мощения городских улиц, площадей и др.

Колотый камень имеет форму, близкую к моногранной призме, и используется для укрепления откосов, земляных сооружений, берегоукрепительных работ, для устройства дорожных покрытий автомобильных дорог IV и V категорий, автомобильных дорог промышленных предприятий и улиц местного значения в городах и поселках, для устройства оснований под усовершенствованные автомобильные дороги I—III категорий и других целей. В качестве дорожных камней используются магматические, метаморфические и осадочные породы.

Стеновые (пильные) камни применяют для кладки стен. Их нарезают с помощью камнерезных машин непосредственно на карьерах или получают вручную в виде блоков различного размера. В качестве стеновых камней используются легкие пористые горные породы (известняк-ракушечник, вулканический туф), имеющие объемную массу не выше 2100 кг/м^3 . Благодаря низкой теплопроводности, небольшой объемной массе, достаточно высокой прочности и погодостойкости блоки из природного легкого камня являются прекрасным стеновым материалом.

Применение в строительстве стеновых блоков, особенно крупных, является экономически высокоэффективным, так как они значительно уменьшают массу зданий и удешевляют их строительство. Масса 1 м^3 стены из блоков природного пористого камня (550 кг) значительно ниже, чем из красного (1170 кг) и силикатного кирпича (1230 кг) или керамических блоков (770 кг).

Рваный (бутовый) камень получают путем взрывания горной породы. В виде кусков неправильной формы он используется для кладки фундамента и изготовления бутобетона, а в виде крупных включений — в бетон фундамента. Кроме того, применение бутового камня допускается для кладки стен нежилых, вспомогательных и производственных зданий, промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Бутовый камень употребляется и в набросных гидротехнических сооружениях (плотины). Для получения бутового камня пригодны как магматические, так метаморфические или осадочные породы.

Дробленый камень составляет значительный объем от строительного камня массового производства и получается путем дробления добытой горной породы. Основное применение он находит в виде щебня — крупного заполнителя бетона.

Свойства горных пород и их значение для качественной оценки строительного камня

Области промышленного использования строительного камня определяются рядом его свойств, зависящих от условий образования, минерального состава и структуры. По значимости эти свойства могут подразделены на основные и дополнительные (второстепенные) [4].

Основные свойства имеют значение для всех областей промышленного применения камня, дополнительные — только для некоторых. К числу определяющих свойств строительного камня относятся: прочность (сопротивление механическим нагрузкам), пористость, плотность, объемная масса, наличие реакционноспособных минералов. Дополнительными свойствами являются: погодостойкость (в том числе морозостойкость), теплопроводность и звукопроводимость, воздухопроницаемость, декоративность (цвет, рисунок), стойкость окраски, обрабатываемость (в том числе полируемость), упругость, кислото-, щелоче-, жаро- и огнестойкость, вязкость.

Важнейшим свойством горных пород, находящих применение в качестве строительного камня, является прочность. Прочность камня — показатель, который имеет существенное значение для всех областей его применения, так как в большинстве на камень действует та или иная нагрузка. В тех случаях, когда камень практически такой нагрузки не несет (плиты для внутренней облицовки зданий), показатели прочности определяются его невыветрелостью. Прочность горной породы обуславливается особенностями распределения межминеральных связей в отличие от кристаллов, где прочность зависит от внутримолекулярных сил, строения кристаллической решетки и наличия тех или иных ее де-

фектов. Существует взаимозависимость между прочностью породы и степенью ее свежести, пористостью, минеральным составом, структурой, текстурой, трещиноватостью, объемной массой и другими свойствами. Однако во многих случаях эта зависимость выражена недостаточно четко. Все же некоторые общие закономерности могут быть отмечены. Прочность пород на сжатие в известной степени зависит от количества минералов, ослабляющих структуру, и характера связи между зернами — прослойками слюды, кальцита, гипса и др. Значительное влияние на физико-механические свойства и погодоустойкость породы оказывают ее структура и текстура. Породы с однородно-кристаллическим строением имеют наибольшую прочность на сжатие, незначительную пористость, слабо насыщаются водой и устойчивы к агентам выветривания. При афанитовой структуре свойства пород близки к однородно-кристаллическим. Присутствие в породе стекла снижает его прочность, вследствие чего она оказывается более подверженной воздействию температурных изменений.

Породы, сложенные гладкими зернами, имеют меньшую прочность по сравнению с породами, содержащими зерна неправильной, зазубренной формы. Мелкозернистые породы обладают более высокой прочностью, чем крупнозернистые. Наличие шпиров, жил, ксенолитов и участков иного минерального состава или структуры (такситовая) также отрицательно сказываются на прочностных показателях породы. В породах с порфиристыми структурами большое значение имеют строение и минеральный состав основной массы и вкрапленников. Если основная масса микрокристаллического или микролитового строения, а вкрапленники сложены прочными и погодоустойчивыми минералами, породы обладают достаточно высокой прочностью. При стекловатой основной массе и нестойких к выветриванию вкрапленниках (слюда, плагиоклаз) стойкость породы невысокая. Сферическая (шаровая) текстура также снижает прочностные свойства породы. Гнейсовидная, полосчатая и флюидальная текстуры изверженных и метаморфических пород, а для последних и гнейсовидная текстура не в меньшей степени способствуют снижению прочности, особенно если вектор напряжения направлен параллельно таким директивным плоскостям. Присутствие в породе мелких пустот, расположенных параллельно полосчатости, еще больше снижает ее прочность, так как пустоты способствуют проникновению воды по слоям. Друзовая и миароловая текстуры в интрузивных породах и миндалекаменная в эффузивных резко отражаются на их механической и климатической стойкости. Существенное влияние на прочность пород оказывает и пористость.

Параметры физико-механических свойств горной породы (за исключением теплопроводности) с увеличением пористости, как правило, снижаются. Поры в горных породах делятся на первичные, образующиеся в процессе формирования, и вторичные, возникающие в результате

преобразования первичной породы, в том числе и при метаморфизме. По величине поры подразделяются на субкапиллярные ($> 0,2$ мм), капиллярные ($0,2-0,1$ мм) и сверхкапиллярные ($< 0,1$ мм). Поры бывают открытые и закрытые. Открытые поры сообщаются как с внешней средой, так и между собой, а закрытые изолированы друг от друга. По степени пористости горные породы делятся на три группы: низкой (менее 5 %), средней (не более 20 %) и высокой (более 20 %) пористости. Наиболее высокой пористостью обладают осадочные породы и вулканы, особенно туфы. Интрузивные породы обычно низкопористые, за исключением сильно выветрелых.

Пористость (особенно в виде открытой) оказывает большое влияние на свойства пород, так как ею в значительной мере определяются их влагоемкость, водо-, газопроницаемость и прочность. Повышение прочности при уменьшении пористости объясняется тем, что увеличивается площадь контакта между зернами, слагающими породу. Так, прочность известняков возрастает от 5 до 180 МПа при уменьшении пористости от 40 до 2 %.

Для характеристики строительного камня имеет значение еще один показатель — модуль упругости. Главным фактором, влияющим на упругие свойства горных пород, является их минеральный состав; для пород одинакового минерального состава основное значение приобретают пористость и структура.

Из других свойств строительного камня следует отметить способность к расширению под влиянием влаги и при изменении температуры. Особо важно это для щебня — заполнителя бетона. Некоторые заполнители заметно расширяются при увлажнении и сжимаются при высыхании. Если эти изменения не совпадают по величине с расширением и сжатием других компонентов бетона, то возникают напряжения, ослабляющие связи между заполнителем и раствором. Глинистые известняки испытывают линейное расширение при увлажнении более чем на 0,1 %, а песчаники — до 0,08 %. Балки из бетона, содержащие такой заполнитель, при испытании быстро разрушались.

Важнейшим показателем строительного камня является его объемная масса, имеющая существенное значение при выборе вида камня для того или иного сооружения. При постройке монументальных сооружений главным образом применяются камни с большой объемной массой, что обеспечивает возможность их длительной службы. Легкие породы используются в тех случаях, когда стремятся создать конструкции, облегчающие нагрузку здания.

Плотность является функцией минералогической плотности породы и ее пористости. Минералогическая плотность породы зависит от ряда величин. Главные из них — атомная и ионная масса элементов, составляющих минералы породы; характер химических связей элементов между собой; особенности кристаллической упаковки элементов (структу-

ра минералов). Плотность магматических и метаморфических горных пород значительно колеблется, причем намечается довольно четкая зависимость изменения плотности от основности пород. Так, средняя плотность гранита (в г/см^3) — 2,57; диорита — 2,81; габбро — 2,95; перидотита — 3,27. Для метаморфических пород амфиболитовой фации средняя плотность (в г/см^3): биотитового гнейса — 2,66, гранат-биотитового гнейса — 2,80, амфиболита — 3,00 [4]. Плотность горной породы влияет на ее способность подвергаться полировке: чем выше плотность, тем лучше порода полируется.

Некоторые минералы, входящие в состав горных пород, обладают способностью вступать в химические взаимодействия с окружающей средой, в связи с чем претерпевают значительные изменения, вплоть до образования новых соединений, отрицательно влияющих на внешний вид и устойчивость камня. Наиболее неустойчивы сульфиды (пирит, марказит), окисление и гидратация которых происходит с образованием серной кислоты и гидроксидов железа. Особенно отрицательно окисление сульфидов сказывается на отполированной поверхности облицовочного камня, где появляются бурые потеки и пятна, что в конечном итоге приводит к разрушению камня. Сульфиды, присутствующие в щебне — заполнителе бетона, постепенно окисляются и гидратируются, что вызывает увеличение объема и постепенное уменьшение прочности бетона. Эти процессы особенно интенсивно протекают в теплой и влажной среде. При наличии в заполнителях бетона сульфатов возникают обменные реакции, приводящие в переходу алюминатов и силикатов цементного теста в сульфоалюминаты кальция и другие неустойчивые соединения. На прочность бетона может отрицательно сказываться наличие в заполнителе активного кремнезема в виде опала или криптокристаллических образований.

При нормальном течении процесса твердения бетона между $\text{Ca}(\text{OH})_2$ цемента и активным кремнеземом заполнителя происходит реакция с образованием гидросиликатов кальция. Присутствие в цементе щелочей меняет характер этой реакции, замедляя процесс кристаллизации гидросиликатов кальция. Кроме того, в этом случае идет активная реакция между щелочами цемента и кремнекислотой, что приводит к образованию щелочных силикагелей, которые в дальнейшем осмотически адсорбируют воду из цементного теста и окружающей среды и определяют нарастание гидростатического давления, нарушающего прочность бетона.

Реакции между щелочами цемента и кремнекислотой заполнителя приводят к расширению объема бетона и образованию в нем трещин. Это вызывает снижение прочности и упругости бетона и, как следствие, долговечности сооружения. В ряде случаев признаки разрушения бетона, наблюдавшиеся в США в различных гидротехнических сооружениях, обнаруживались только через 10 лет и более. Наибольшие напряжения

в бетоне, приводящие к его разрушению, происходят при использовании в качестве заполнителей кислых эффузивных пород (вулканические стекла), кремнистых сланцев и пород, содержащих включения опала и других аморфных разновидностей SiO_2 [4]. Реакция между активным кремнеземом заполнителей и щелочами цемента протекает только при наличии влаги. Этим объясняется, что разрушение бетона, вызванное такого рода реакциями, наблюдается в конструкциях (гидротехнические, дорожные и др.), подвергающихся постоянному воздействию влаги.

Все минералы, входящие в состав горных пород, в различной степени подвержены процессам выветривания, что имеет особенно важное значение для облицовочных камней. По степени воздействия на минералы процессов химического выветривания они подразделяются на несколько групп (табл. 45).

Для строительного камня существенное значение имеет его погодоустойкость. Процесс разрушения горной породы может явиться результатом как физического, так и химического выветривания. При физическом выветривании горной породы преобладающее значение имеет действие замерзающей воды. Степень морозостойкости горной породы условно отождествляется с оценкой ее долговечности. Основными факторами, определяющими морозостойкость породы, являются пористость, ее характер, наличие трещиноватости. По-видимому, существенное значение имеют и минеральный состав породы, ее структура, текстура и др.

Теплопроводность главным образом важна для стенового камня и в основном зависит от степени и характера пористости породы. Известняки-ракушечники обладают теплопроводностью 2–3,4 Вт/(м·К), вулканические туфы – 1,5–3,6 Вт/(м·К).

Декоративность горной породы имеет значение для облицовочного камня. Для этих целей используют камни светлых тонов (розовые, красные и серые граниты, сиениты, гранодиориты, белые и цветные мрамора) и темноокрашенные породы (диорит, базальт и черный мрамор). Следует отметить, что при грубых фактурах (скала) рисунок камня практического значения не имеет, так как главную роль в этом случае играет светотень. Цвет горной породы определяется цветом слагающих ее минералов. Среди кислых интрузивных пород наиболее частыми являются красные, розовые и серые окраски, зависящие от цвета преобладающего полевого шпата.

А.Е. Ферсманом выделено три типа окраски минералов.

1. Идиохроматическая, обусловленная хромофорами, которыми могут быть основные ионы минералов, а также примеси, называемые изоморфными. Этот тип окраски является как бы неотъемлемой особенностью самого минерала, закономерным свойством, некоторой константой, такой, как, например, твердость и др.

Относительная устойчивость минералов при химическом выветривании.
По А.И. Перельману

Весьма устойчивые	Устойчивые	Малоустойчивые	Неустойчивые
	Породообразующие		
Кварц	Мусковит, ортоклаз, микроклин, кислые плагиоклазы	Амфиболы, пироксен, геденбертит	Основные плагиоклазы, фельдшпатовиды, щелочной амфибол, биотит, авгит, оливин, глауконит, калцит, доломит, гипс
	Акцессорные		
Хромшпидель, топаз, турмалин, анатаз, лейкоксен, рутил, платина, золото, циркон, корунд, алмаз	Альмандин, гематит, магнетит, титаномагнетит, сфен, силлиманит, дистен, барит, перовскит, ксенотим, монацит, касситерит, андалузит		Пирротин, пирит, халькопирит, сфалерит, киноварь

2. Аллохроматическая, зависящая от посторонних механических примесей; часто она вызвана наличием включений окрашенных минералов, пузырьков газа и др. Такая окраска не связана с химическим составом минерала и может значительно меняться в зависимости от характера примесей.

3. Псевдохроматическая (ложная), вызываемая рассеянием белого цвета, интерференцией или дифракцией световых волн в поверхностных слоях минерала. В качестве примера можно привести лабрадор, иризирующая окраска которого связана с явлениями интерференции [4].

Для практической оценки декоративных качеств облицовочных камней наибольшее значение имеет идиохроматическая окраска. Главнейшие хромофоры — железо, титан, марганец, хром, медь, кобальт, никель, ванадий. Главная роль принадлежит железу в форме ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} , затем титану, марганцу и хрому. Гораздо реже окраска минералов связана с присутствием никеля и ванадия. Катион железа (III) является наиболее сильным хромофором, обуславливая большей частью красно-бурую окраску минералов, тогда как двухвалентное железо — более слабый хромофор и вызывает зеленую окраску. Наиболее интенсивные окраски возникают при совместном нахождении катионов

железа (II) и (III), при наличии которых может появляться синяя окраска (щелочной амфибол, синий турмалин — индиголит и др.). Марганец, присутствующий в виде иона Mn^{2+} , вызывает красную, а никель — зеленую, желтую и фиолетовую окраски. Трехвалентный ванадий окрашивает минералы в зеленый цвет, ионы меди — в зеленый или синий.

Большое значение для определения декоративных свойств камня имеет также и стойкость окраски, которая может сильно меняться. Интрузивные породы, как правило, обладают достаточно стойкой окраской, медленно поддающейся изменениям под влиянием процессов выветривания. Менее стойка окраска осадочных и метаморфических пород, иногда сравнительно быстро исчезающая на открытом воздухе.

Существенное значение для декоративности камня имеет и рисунок породы, определяемый расположением минералов и наличием различных включений и образований. В некоторых гранитогнейсах наблюдается чередование причудливо расположенных темноокрашенных полос с более светлыми, что повышает декоративность камня.

Для облицовочных камней важное значение приобретает их способность обрабатываться. Горные породы, обладающие высокой стойкостью, труднее обрабатываются. Например, наиболее стойкими к воздействию процессов выветривания являются кварциты, которые обрабатывать труднее всего в связи с их значительной твердостью. Трудность обработки камня существенно повышает себестоимость изделий из него, поэтому труднообрабатываемые камни применяются главным образом в изделиях, рассчитанных на длительный срок существования. Обработка камня в зависимости от его твердости, структуры, присутствия посторонних примесей и формы изделий производится соответствующими инструментами. Камни с крупнокристаллической структурой скальвающими инструментами обрабатываются хуже, чем мелкокристаллические, так как на их поверхности могут образовываться выколы по граням кристаллов или плоскостям спайности. Значительно затрудняется обработка камня при наличии в нем более твердых или более мягких включений.

При обработке облицовочных камней обычно применяют полировку, которая более четко выявляет рисунок и окраску породы, уменьшает осаждение пыли, копоти, ускоряет стекание влаги и повышает стойкость камня к внешним воздействиям. В том случае, когда камень предполагается использовать в качестве материала для покрытия дорог и полов, его способность легко шлифоваться имеет отрицательное значение. Природная способность породы полироваться определяется в основном структурой и плотностью. Породы, обладающие значительной пористостью (вулканический туф), вообще не полируются. В том случае, когда порода сложена крупными зернами различных минералов, отличающихся по твердости, полировка ее будет затруднена, а иногда и невозможна, так как твердые зерна будут выступать над поверхностью камня.

Вязкостью называется способность минералов, слагающих камень, сопротивляться отделению одного от другого, а для отдельного минерала — сопротивление распаду на части. Вязкость зависит от минерального состава и структуры породы. Из породообразующих минералов наиболее вязкими являются пироксены и амфиболы, а из горных пород — породы, сложенные этими минералами, особенно при наличии благоприятной структуры (офитовая, диабазовая).

Теплопроводность, звукопроводимость и воздухопроницаемость имеют большое значение при использовании камня в качестве стенового материала. Эти свойства связаны с пористостью породы, причем величина теплопроводности прямо пропорциональна звукопроводимости и обратно пропорциональна воздухопроницаемости. Породы с высокой теплопроводностью малопригодны в качестве стенового камня при строительстве жилых домов, так как в таких зданиях температура будет мало отличаться от температуры наружной среды. Высокопористые породы (туф, известняк-ракушечник) являются высокоэффективными стеновыми материалами, хорошо сохраняющими в помещениях необходимую температуру.

В химической промышленности применяются сосуды и аппараты, изготовленные из кислотоупорных камней (андезит, фельзит и др.), которые способны противостоять воздействию различных химических агентов — кислот, щелочей, едких газов как при нормальной, так и при высокой температурах (до 1000 °С).

Физико-механические свойства строительного камня

В строительной промышленности применяют различные виды природного камня — от прочных (кварцит, гранит) до мягких (гипс, опока). В зависимости от физико-механических свойств камень применяется в той или иной отрасли строительства.

Магматические породы

Интрузивные. Граниты имеют наибольшее практическое значение из пород этой группы. В строительной промышленности как нашей страны, так и за рубежом термин "гранит" применяется не только к собственно гранитам, но и к другим интрузивным породам. Р.Л. Бейтс указывает, что в США строители относят к "гранитам" следующие виды интрузивных пород: гранит, гранитогнейс, сиенит, кварцевый монзонит, гранодиорит, кварцевый диорит, диорит и так называемый "черный гранит" — габбро, диабаз, анортозит, пироксенит.

Минеральный состав собственно гранита следующий: кварц, полевые шпаты (ортоклаз, микроклин, плагиоклазы), биотит, мусковит, иногда роговая обманка. При преобладании в породе плагиоклаза

она переходит в гранодиорит или кварцевый диорит, а при уменьшении кварца (до 5 %) и постоянстве полевых шпатов — в сиенит. Второстепенные минералы гранита: гранат, апатит, турмалин, магнетит, циркон, сфен, пирит, эпидот и др. По преобладающему темноцветному минералу различают биотитовые, роговообманковые, авгитовые, турмалиновые и другие граниты.

Для гранитов типичной является равномерно-зернистая (гранитная) структура, при которой полевые шпаты образуют идиоморфные кристаллы, кварц развит в виде отдельных зерен или заполняет промежутки между другими минералами. В гранитах иногда наблюдается порфировидное строение за счет развития крупных кристаллов полевых шпатов. Размерность порфировидных выделений полевых шпатов определяет зернистость таких гранитов. Среди них выделяют (в мм): тонко-(1–2), мелко-(2–5), средне-(5–10), крупно-(10–15) и грубозернистые (выше 15).

Основной цветовой фон гранита обусловлен окраской преобладающего полевого шпата — розовой, желтой, красной, зеленой, серой и др. Светлая окраска полевых шпатов и отсутствие темноцветных минералов определяют высокую декоративность светлых гранитов. Красноватыми тонами обладают обычно калиевые полевые шпаты, а доминирование плагиоклазов придает породе серый цвет различных оттенков. Гораздо реже граниты бывают голубовато-зеленого цвета, обусловленного преобладанием амазонита (зеленая разновидность микроклина, содержащая иногда до 1,4 % Rb_2O). Встречаются также очень светлые, почти белые граниты, в которых в значительном количестве присутствует светлоокрашенный (до белого) микроклин.

Существенное влияние на цвет гранита наряду с полевыми шпатами оказывает наличие темноцветных минералов (биотит, авгит, роговая обманка и др.). Кварц в гранитах обычно прозрачен, иногда отмечается белого, желтого и фиолетового цветов, что также влияет на общую окраску породы и ее декоративность.

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

Граниты относятся к числу наиболее прочных и стойких строительных камней с высокими физико-механическими свойствами (табл. 46). Водопоглощение гранитов невысокое и обычно колеблется в пределах 0,15–0,30 %; истираемость незначительная и составляет 0,01–0,05 г/см². Пористость гранитов изменяется в довольно широких пределах — от 0,2 до 4,0 %. При выветривании пористость увеличивается до 5–9 %, соответственно с этим растет и водопоглощение.

Благодаря высоким физико-механическим показателям, граниты

Физико-механические свойства гранитов. По Б.П. Беликову

Месторождения	Характеристика гранитов	Объемная масса, г/см ³	Эффективная пористость, %	Прочность на сжатие, МПа
<i>Платформ</i> Украинский щит (докембрий)	Светло-серый с гранатом (рядом с г. Браилов)	2,63	0,50	312
	Зеленовато-серый мелкозернистый (карьер около г. Житомира)	2,65	0,69	284
	Серый (Янцевское месторождение)	2,64	0,45	338
	Серый (карьер Корнин)	2,72	0,55	199
Балтийский щит (докембрий)	Лейкократовый гнейсогранит (о. Герман)	2,69	0,66	269
	Биотитовый крупнозернистый (месторождение Карлаhti)	2,66	0,52	227
<i>Геосинклиналей</i> Средняя Азия (Pz) Кавказ (Kz)	Серый биотитовый (около г. Красноводска)	2,66	1,46	262
	Светло-серый порфириовидный кавернозный	2,58	4,53	194
	Светло-серый роговообманковый среднезернистый (р. Верхняя Гумиста)	2,65	1,59	288

широко применяются для облицовки зданий и сооружений, в том числе служат основой таких деталей-конструкций, которые подвергаются ударным и истирающим нагрузкам: полы, ледорезы и др.

Граниты, как и другие породы, обладающие красивой расцветкой, обычно полируют, так как при этом наиболее полно выявляются их цвет и рисунок. В ряде случаев гранитам, используемым для наружной облицовки, придают и другие фактуры. Значительное количество щебня для дорожных работ и как заполнителя бетонов, производят из гранита.

Диорит — глубинная зернистая порода, главным образом состоящая из среднего плагиоклаза (до 75 %) и темноцветных минералов (амфибол, пироксен или биотит). В диорите могут присутствовать кварц, небольшое количество калиевого полевого шпата, апатит и другие минералы. Окраска диоритов серая или зеленовато-серая, при преобладании темноцветных минералов переходит почти в черную. Структура зернистая, гранитная, иногда порфириовидная.

Химический состав диоритов характеризуется следующим содержанием главных оксидов (в %): SiO_2 52–66; Al_2O_3 15,10–19,8; Fe_2O_3 0,74–10,60; FeO 1,8–14,5; MgO 1,2–3,8; CaO 2,8–7,4; Na_2O 2,9–4,02; K_2O 0,51–3,72; H_2O 0,16–3,5; TiO_2 0,54–1,39. Прочность на сжатие примерно такая же, как и у гранитов и достигает 303 МПа, пористость 1 %, объемная масса 2,7–2,8 г/см³, водопоглощение 0,2–0,3 %. Диориты плохо полируются, поэтому им обычно придают рельефную фактуру и применяют для наружных облицовок. Используют их и для изготовления ступеней и покрытия полов ввиду низкой степени истирания, а также для производства щебня.

Габбронориты – кристаллические глубинные породы, главным образом состоящие из основного плагиоклаза и темноцветных минералов (пироксен, оливин, реже роговая обманка). В качестве акцессорных минералов отмечены апатит, магнетит, ильменит. Плагиоклазы отвечают основным разновидностям (от лабрадора до битовнита) и бывают окрашены в темные, иногда почти черные цвета благодаря присутствию включений ильменита.

При преобладании основного плагиоклаза (анортит), незначительном количестве пироксена и оливина порода относится к анортозиту. Породы этой группы обладают высокими физико-механическими показателями, погодоустойчивостью и хорошими декоративными качествами. Объемная масса их варьирует в пределах 2,67–3,00 г/см³, иногда за счет наличия ильменита поднимается до 3,30 г/см³, пористость равна 0,12–0,22 % и выше, водопоглощение от 0,17 до 0,30 %. Временное сопротивление сжатию обычно около 300 МПа. Для этих пород характерны гранитная и офитовая структуры с идиоморфным плагиоклазом. Кристаллы полевых шпатов обычно удлиненной формы размером 3–12 мм и больше и часто расположены ориентированно. Изредка отмечаются порфиroidные структуры.

Габбронориты характеризуются следующим химическим составом (в %): SiO_2 45–50; Al_2O_3 9,0–21; Fe_2O_3 0,40–10,7; FeO 0,4–15,6; MgO 0,9–16,6; CaO 5,9–17,2; Na_2O 0,55–0,322; K_2O 0,12–1,3; TiO_2 0,11–4,16.

Лабрадорит относится к группе габбро и характеризуется преобладанием кристаллов лабрадора, иногда дающих голубую, синюю, реже золотистую иризацию. Известны как темные, так и светлые лабродориты. Чем больше иризирующих кристаллов в породе, тем выше ее декоративные свойства. Иногда количество таких кристаллов достигает нескольких тысяч на 1 м². Объемная масса лабродоритов 2,68–2,88 г/см³, прочность на сжатие – 180–260 МПа, пористость – 0,2–0,5 %, водопоглощение 0,15–0,17 %. Декоративные качества лабродоритов наиболее полно проявляются при полировке. Эти породы являются высокоценным облицовочным камнем, использование их для других целей недопустимо.

Физико-механические свойства базальтов Армении.
По З.А. Ацагорцяну

Месторождение	Базальты	Объемная масса, г/см ³	Пористость, %	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа
Абовянское (Абовянский район)	Плотные	2,65	9,7	1,0	46,9–150,9
Аванское (район г. Еревана)	"	2,66	6,7–9,4	0,8–1,9	134,7–239,3
То же	Мелкопористые	2,42	9,6–24,0	0,9–10,2	38,4–184,1
"	Крупнопористые	2,24	10–32,7	1,4–7,3	23,7–146,2
Паракарское (Эчмиадзинский район)	Крупнозернистые	2,36	14,4–24,5	2,1–2,5	27,4–68,5
	Мелкопористые	2,63	8,6–10,8	1,1–2,2	95,6–176,1

Сиениты и щелочные сиениты – интрузивные полнокристаллические породы, состоящие существенно из щелочных полевых шпатов и одного или нескольких цветных минералов. Особенно характерен амфибол, присутствует плагиоклаз (олигоклаз, андезин), кварц встречается редко и обычно в небольшом количестве. Сиенит, содержащий щелочные амфиболы и пироксены, называется щелочным сиенитом. При наличии нефелина в качестве преобладающего фельдшпатоида порода относится к нефелиновому сиениту. Объемная масса сиенитов 2,68–2,90 г/см³, прочность 100–200 МПа. Наиболее высокие декоративные свойства присущи некоторым щелочным сиенитам (хибиниты Кольского полуострова).

Тешенит – габброид щелочного ряда, относящийся к полнокристаллическим, гипабиссальным породам. Состоит из пироксена и амфибола, в значительных количествах содержит плагиоклаз и анальцит. Порода обладает достаточно высокими физико-механическими показателями, близкими к диоритам, но малодекоративна из-за присутствия зерен темноцветных минералов на светло-сером фоне. Используется для изготовления ступеней и некоторых фасонных изделий.

Эффузивные. Породы этой группы характеризуются темной и однообразной расцветкой, поэтому в качестве облицовочного камня находят меньшее применение, чем интрузивные породы. Исключение составляют вулканические туфы, которые являются скорее стеновыми, чем облицо-

Физико-механические свойства вулканических туфов Армении.

По З.А. Ацагорцяну

Туф	Объемная масса, кг/см ³	Пористость, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Морозостойкость (число циклов)
Анийский	1328–1531	36,2–43,7	17,6–27,5	25
Артикский	1206–1863	28,6–56,6	8,1–22,0	25
Ереванский	1350–1912	24,7–46,3	4,3–51,2	25
Бюраканский	1652–1867	28,3–36,9	12,2–38,4	25
Фельзитовый	1671–2431	9,5–32,0	38,9–101,5	5–50

вочными камнями, и некоторые порфиры и порфириты. Облицовочным материалом из всей совокупности вулканических пород служат базальты, андезиты, порфиры, порфириты и вулканические туфы.

Базальты — мелкозернистые, реже средне- и крупнозернистые породы, состоящие из основного плагиоклаза и авгита. Часто присутствуют оливин, магнетит, ильменит и другие минералы. Окраска их обычно от темно-серой до черной. Химический состав базальтов следующий (в %): SiO₂ 40–50; Al₂O₃ 13–22; Fe₂O₃ 1,6–9,6; FeO 3,2–8,6; MgO 2,5–6,1; CaO 8,0–12,3; Na₂O + K₂O 4,0–8,0. Объемная масса породы 2,6–3,3 г/см³, прочность при сжатии иногда достигает очень высоких значений (до 500 МПа). Твердость высокая, полируемость хорошая, но обработке поддается с трудом. Коэффициент морозостойкости варьирует от 0,52 до 1,0. Используются для мощения мостовых, закрепления откосов, тумб, в качестве облицовочного камня, а также для получения щебня. Базальты находят широкое применение в качестве облицовочного камня в Армении. Из светло-серого базальта в г. Ереване сооружено хранилище древних армянских рукописей (Матенадаран). Диабазы применяются в тех же областях строительства, что и базальты (табл. 47).

Вулканические туфы относятся к особой группе вулканокластических образований, включающей большое число различных типов горных пород, сформировавшихся в процессе взрывного вулканизма. Вулканическим туфом называют горную породу, происхождение которой обязано цементации гидрохимическими процессами или уплотнению рыхлого вулканического материала независимо от крупности обломков и фациальных условий их накопления. В.П. Петровым к вулканическим туфам отнесены магматические породы, претерпевшие после выброса только осаждение (туфолавы, игнимбриты, спекшиеся туфы и др.).

В зависимости от характера обломочного материала различают туфы литокластические, состоящие из обломков пород; кристаллоклас-

тические — из обломков минералов; стекловатые (витрокластические) — из мелких обломков вулканического стекла. Последняя разновидность туфа находит наиболее широкое применение в качестве строительного материала.

Степень цементации, а также характер и коэффициент пористости туфов главным образом определяют их физико-механические свойства. Большое значение имеет и содержание в туфе включений обломков породы и минералов, что увеличивает его объемную массу и отрицательно влияет на прочность (табл. 48). Туфы не полируются. Высокодекоративные качества имеют вулканические туфы Армении, среди которых известны светло-желтые, кирпично-красные, розовые и другие разновидности. Благодаря легкости обработки, высокой пористости и красоте расцветки, вулканические туфы Закавказья (главным образом Армении) являются прекрасным стеновым (за исключением фельзитовых) и облицовочным материалом. Применяются туфы и в качестве заполнителей легких бетонов. Туфы Армении в основном относятся к четвертичным образованиям, исключение составляют третичные фельзитовые туфы.

Осадочные породы

Карбонатные. В качестве облицовочных материалов наиболее пригодны криптогенные плотные или мраморизованные известняки. Такие породы являются продуктом перекристаллизации известняков в процессе диагенеза или эпигенеза, при этом происходит образование более крупных кристаллов кальцита из мелких. Конечный продукт перекристаллизации известняков — мрамор, в котором следы первоначального строения полностью уничтожены. Промежуточное положение занимают мраморизованные известняки.

На платформах кристаллизация известняков происходит под влиянием гидрохимического воздействия подземных вод, а в геосинклинальных областях также и за счет повышенной температуры и давления.

Доломит — порода, состоящая в значительной степени из карбоната — $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, в котором на долю MgCO_3 приходится 45,8 %. В доломитовых породах обычно отмечают примеси оксидов железа и кальцита, последний часто цементирует кристаллы доломита, реже является продуктом вторичных изменений. Иногда в больших количествах присутствуют гипс и ангидрит в виде мелкорассеянной примеси или материала выполнения пор и пустот. В доломитах наблюдаются стяжения халцедона, кристаллы кварца. Образование доломитов возможно как сингенетическим, так и диагенетическим или эпигенетическим путем.

Химический состав известняков следующий (в %): CaO 55,5—40,6; MgO сл. — 10; SiO₂ сл. — 26; Al₂O₃ сл. — 2; SO₃ сл. — 0,5; ΣFe (в пересчете на FeO) 0,05—0,8; CO₂ (п.п.п.) 32—44,45. Значительные

вариации в химическом составе обусловлены наличием переходных разностей от чистых известняков к глинистым, кремнистым и окварцованным известнякам, к мергелям и доломитам. Доломиты имеют химический состав (в %): CaO 25,5–32,4; MgO 14,0–21,9; SiO₂ 0,5–1,5; ΣFe (в пересчете на FeO) 0,5–1,5; Al₂O₃ 0,4–2,0; п.п.п. 34–47,7.

Окраска карбонатных пород определяется одной из следующих причин: 1) окраской минералов, играющей существенную роль в составе породы; 2) цветом механических примесей в виде мельчайших частиц или пленки на зернах; 3) небольшим количеством коллоидно-дисперсной примеси красящего вещества. Черный и темно-серый цвет обычно вызывается примесью органического вещества. Желтоватые, оранжевые, красноватые и буровато-серые тона чаще всего свидетельствуют о присутствии оксида железа (III) или битумов. Зеленый цвет обусловлен примесью глауконита, редко — соединениями меди и хрома. Водопоглощение карбонатных пород, как правило, меняется от долей процента в плотных мраморизованных известняках до 15–20 % и более в пористых. Физико-механические свойства известняков-ракушечников (табл. 49) значительно отличны от известняков и доломитов (табл. 50).

Различное применение в строительстве находят известняки и доломиты. Мраморизованные известняки и доломиты используются в качестве облицовочного камня. Некоторые слабопористые разности известняков и доломитов центральных районов РСФСР (мячковский и подольский горизонты среднего карбона) ранее применялись в строительстве г. Москвы в качестве стенового камня. Высокопористые известняки-ракушечники (объемная масса менее 2,1 г/см³), развитые на юге европейской части страны, широко используются как стеновой и облицовочный камень. Однако в целом наибольшее число месторождений плотных известняков и доломитов разрабатывается на щебень в бетон и для дорожных работ.

Травертин (известковый туф) — пористая, ячеистая порода, образовавшаяся в результате осаждения карбоната кальция из горячих или холодных минерализованных источников. Часто содержит отпечатки растений. Используется как стеновой и облицовочный камень. Физико-механические свойства травертина Шахтахтинского месторождения (Азербайджан) характеризуются следующими показателями: объемная масса 2,2–2,6 г/см³, прочность при сжатии 11,2–48,0 МПа, пористость 10 % и больше.

Песчаник — литифицированная порода, состоящая из угловатых или окатанных минеральных зерен размером от 0,1 до 2 мм, сцементированных глинистым, кремнистым (кварц, халцедон, опал) или карбонатным веществом и оксидами железа. Минеральный состав зерен песчаника определяется полевыми шпатами, слюдами и другими минералами. В зависимости от степени однородности минерального состава зерен различают: мономинеральные (мономиктовые), олигомиктовые (би-

Физико-механические свойства известняков и доломитов.
По Б.П. Беликову

Месторождение	Порода	Объемная масса, г/см ³	Эффективная пористость, %	Прочность на сжатие, МПа
Мраморизованные известняки палеозоя (Армения и Грузия)				
Харибаб	Темно-серый афанитовый	2,00	1,21	121
Давалу	Черно-желтый	2,70	0,49	174
Шроша	Красный	2,69	0,78	179
Молита	Буро-красный	2,09	1,34	149
Известняки нижнего и среднего карбона (Московская синеклиза)				
Белый Брод	Кавернозный	2,10	23,40	48
Шурово	Детритусовый	2,20	19,68	60
Коробчаево	Органогенно-обломочный	2,39	11,0	95
Очакова Гора	"	2,39	—	83
Доломиты палеозоя (Эстония)				
Саарема	Известковистый	2,18	23,91	57
Кунда	"	2,62	10,74	80

минеральные) и полимиктовые (полиминеральные) песчаники. По М.С. Швецову, полимиктовые песчаники в основном встречаются в периферийных зонах геосинклинальных областей, а олигомиктовые и мономинеральные преобладают в платформенных областях, в геосинклинальных встречаются редко. Зерна мономинеральных песчаников чаще всего состоят из кварца, который и в олигомиктовых песчаниках является преобладающей минеральной фазой.

Наиболее распространенные разновидности песчаников, применяемые в качестве облицовочных материалов, — кварцевые с кремнистым цементом; к ним относятся и так называемые сливные песчаники, по структуре близкие к кварцитам. Для песчаников наиболее характерны серые, желтовато-серые или белые, реже малиново-красные цвета. Используются песчаники и для получения щебня. Песчаники обычно не полируют, а придают им колотую фактуру или шлифуют (табл. 51).

Гипсовый камень ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) окрашен в разнообразные цвета, среди которых преобладают серые и желтоватые тона. Встре-

Физико-механические свойства известняков-ракушечников.

По Б.П. Беликову

Месторождение	Возраст	Объемная масса, г/см ³	Эффективная пористость, %	Прочность на сжатие, МПа
Известняки Туркмении				
Район г. Кизыл-Арвата Окрестности г. Красноводска	Сарматский	1,66	32,26	90
	Акчагыльский	1,65	33	2,4
Известняки Северного Кавказа				
Ильское (Краснодарский край)	Неоген	1,2–1,8	13–30	0,9–2,4
Известняки Крыма				
Инкерманское Бодракское Булдымское	Датский	1,84	12,84	61
	”	1,84	12,0	10,0
	Неогеновый	1,37	24,0	1,0

чаются также почти белые разности, особенно ценной из которых является алебастр — белый просвечивающий гипс, раньше широко применявшийся в качестве статуарного камня (внутри помещения) и не уступающий по декоративным качествам лучшим сортам мрамора. Гипсовый камень обладает довольно высокой механической прочностью (табл. 52). Морозостойкость некоторых разновидностей гипса достаточно высокая. Так, изборский гипсовый камень выдерживает от 85 до 145 циклов попеременного замораживания (-15°C) и оттаивания ($+15^{\circ}\text{C}$) в воде.

Другие породы. В качестве стенового камня наряду с ракушечниками и туфами в незначительном объеме применяются горные породы, характеризующиеся небольшой объемной массой и значительной пористостью. К ним относятся, например, кремнистые опоковидные породы, развитые в районе г. Ворошиловграда. Опoki имеют объемную массу 1,1–1,4 г/см³ и прочность 12,0–16,5 МПа. В Донецкой области известны крупные месторождения трепеловидных мергельных пород с объемной массой 0,9–1,2 г/см³ и прочностью 2,5–5,0 МПа. Такие же породы отмечены и в других районах УССР и РСФСР, где они иногда разрабатываются в небольшом объеме.

Физико-механические свойства песчаников. По Б.П. Беликову

Месторождения	Песчаники	Объемная масса, г/см ³	Эффективная пористость, %	Прочность на сжатие, МПа
Донбасс:				
Усть-Быстринское	Кварцевые с гидрослюдистым цементом (С ₂)	2,67	1,34	266
Хорошевское	То же (С ₁)	2,50	6,40	127
Туркмения:				
Большой Балхан	Известковистые (К ₁)	2,52	5,14	191
в районе г. Казанджика	Светло-серые с серицитовым цементом (К ₁)	2,48	6,70	147

Таблица 52

Механическая прочность гипсового камня, МПа

Гипс	Состояние	
	сухое	водонасыщенное
Изборский:		
слоистый	32,2/25,0	12,0/11,0
крупнокристаллический	37,0/21,4	21,4/—
Саурешский:		
№ 15	19,2/28,8	—
№ 17	16,8/21,5	12,5/11,6
Саласпилский доломитизированный	40,5/—	—

Примечание. В числителе даны значения прочности на сжатие при нагрузках, направленных перпендикулярно слоям образца, в знаменателе — параллельно.

Метаморфические породы

Из пород этой группы в строительной промышленности главным образом используют мраморы и кварциты, в меньшей степени — гнейсы и кристаллические сланцы.

Мрамором называют полнокристаллическую метаморфическую породу, состоящую из зерен кальцита и доломита. Кроме того, в мраморах присутствуют другие минералы, появление которых обусловлено

Физико-механические свойства кристаллических мраморов.
По Б.П. Беликову

Месторождение	Характеристика мрамора	Объемная масса, г/см ³	Прочность на сжатие, МПа
Докембрий (Карельская АССР)			
Киви-Шурья	Доломитовый розовато-серый	2,81	272
Спасская Губа	Неравномерно-зернистый доломитовый плотный	2,78	261
Белая Гора	Доломитовый розовый	2,83	198
Нижний палеозой			
Газган (УзССР)	Мелкозернистый	2,72	158
Кибик-Кордон (Восточная Сибирь)	"	2,72	116
Требушаны (Закарпатье)	Полосчатый	2,70	114
Верхний палеозой (Урал)			
Фоминское	Полосчатый	2,70	78
Прохорово-Баландинское	Среднезернистый белый плотный	2,71	128

составом исходной породы или процессами ее метаморфизма. Структура мрамора главным образом зависит от условий его образования. Наиболее часто встречается гранобластовая структура, характеризующаяся извилистыми, угловатыми или округлыми контурами зерен. В зависимости от соотношений размеров зерен различают равномерно- и неравномерно зернистые структуры, а по размерам зерен — мелко-, средне- и крупнозернистую структуры. По характеру границ между зернами выделяют мозаичную, зубчато-мозаичную и зубчатую текстуры. Зубчатая текстура мрамора, отражающая тесную взаимосвязь зерен, определяет его погодоустойчивость. Обычно в мраморах не наблюдается ориентированного расположения зерен, но иногда оси кристаллов имеют близкое направление; это повышает декоративность камня, придавая отполированной поверхности бриллиантовый блеск.

Компактность строения свежих мраморов обуславливает иногда их низкую пористость. По данным Р.Л. Бейтса, для мраморов месторождений США пористость варьирует от 0,2 до 0,5 %. Б.П. Беликов также

Физико-механические свойства кварцитов и кварцитопесчаников.

По Б.П. Беликову

Месторождение	Кварцит	Объемная масса, г/см ³	Прочность на сжатие, МПа
	Кварциты Урала		
Гора Машак (Белорецкий район)	Сливной, розовый	2,65	357
Гора Малиновая, около г. Белорецка	Слюдистый из свиты "М" (докембрий)	2,65	385
	Кварциты Карелии		
Сегозеро	Светло-серый с слюдыстым цементом	2,67	290
Шокша	Кварцитопесчаник красный	2,06	328
	Кварциты Украины		
Толкачи	Сливной розовый	2,65	557
Карьер Белокоровичи, около г. Овруча.	Кварцитопесчаник	2,60	273

отмечает изменение величины пористости для мраморов месторождений СССР от 0,11 % (Газганское) до 1,66 % (Киви-Шурья). Мраморы с низкой пористостью более погодоустойчивы, так как имеют незначительное водопоглощение и практически не поддаются воздействию мороза. Присутствие некоторых минералов-примесей влияет на прочность мрамора, которая после его водонасыщения иногда значительно снижается. Результаты измерений физико-механических свойств мраморов месторождений СССР приведены в табл. 53.

Низкая погодоустойчивость вынуждает использовать мраморы для облицовки интерьеров зданий, особенно при строительстве в северных широтах. Отходы при разработке мрамора находят применение в качестве мраморной крошки, идущей на изготовление декоративных бетонов и других целей.

Кварцит — метаморфическая горная порода, образовавшаяся либо из кварцевого песчаника, либо за счет кислых, реже средних магматических или осадочных и метаморфических пород в результате гидротермально-метасоматических изменений. В процессе формирования кварцитов из песчаников происходит переход аморфной кремнекислоты

Физико-механические показатели биотитовых гнейсогранитов.
По Б.П. Беликову

Показатели	Месторождения	
	Кюля-Сари	около г. Сортавала (карьер Лахденкюля)
Объемная масса, г/см ³	2,87	2,65
Эффективная пористость, %	0,60	0,50
Прочность на сжатие, МПа	273	269

цемента в кристаллический кварц. Кварциты характеризуются высокой механической прочностью, погодоустойчивостью, малой пористостью, низким водопоглощением кислото- и щелочеупорностью (табл. 54). Они хорошо полируются, но из-за их высокой твердости обработка трудоемка и дорога, что ограничивает применение кварцитов в качестве декоративного камня. Зернистость кварцитов различна — встречаются разности от крупно- до тонкозернистых. Цвет кварцитов серый, реже чисто белый или красных и малиново-красных оттенков. Декоративные разности редки. Кварциты широко используются в качестве кислотоупорного материала и для получения щебня, крайне редко — как облицовочные камни.

Гнейс — метаморфическая порода, характеризующаяся отчетливо выраженной параллельной текстурой. Состоит из полевого шпата, кварца, одного или нескольких темноцветных минералов — биотита, мусковита, амфибола, пироксена и др. Различают гнейсы, возникшие в результате метаморфизма осадочных (парагнейсы) и магматических (ортогнейсы) пород. Физико-механические свойства пород этой группы значительно меняются в зависимости от состава и степени разгнейсованности. Наиболее высокими показателями обладают гнейсограниты (табл. 55).

Гнейсовые породы разрабатываются главным образом для получения щебня и бутового камня. Наиболее массивные разности со слабопроявленным гнейсовым строением идут на изготовление штучного камня.

Кристаллические сланцы — метаморфические породы самого различного состава — тальк-хлоритовые, слюдястые, андалузитовые, ставролитовые, шунгитовые и др. Некоторые из них применяются в качестве облицовочного камня (например, шунгитовые сланцы Карелии).

Генетические типы промышленных месторождений строительного камня

Месторождения строительного камня по принадлежности к различным структурным элементам земной коры можно разделить на следующие типы: I. Месторождения платформ: а) выступов древнего кристаллического фундамента (кристаллических щитов); б) осадочного чехла платформ. II. Месторождения складчатых областей. Для каждого типа характерен определенный набор месторождений, хотя многие из них встречаются не только в одном типе. В этом случае породы таких месторождений различаются по ряду признаков, например, по степени метаморфизма или физико-механическим свойствам, что обуславливается особенностями промышленного применения.

Месторождения платформ

Месторождения кристаллических щитов. Горные породы, слагающие нижний ярус древних платформ, в значительной мере относятся к метаморфизованным первично-осадочным и вулканогенным формациям геосинклинального типа, отражающим ранее существовавший здесь режим. Эти породы пронизаны многочисленными интрузиями, интенсивно дислоцированы и подвержены глубокому метаморфизму.

Месторождения метаморфических пород представлены мраморами, кварцитами и кристаллическими сланцами. Образование месторождений этих пород главным образом связано с процессами регионального метаморфизма во многих случаях при участии и контактового. Мраморы часто окварцованы, доломитизированы и будинированы, как, например, месторождения Карелии (Белогорское и др.). Месторождения кварцитов редки; их отличительные особенности—высокие физико-механические и декоративные свойства (Шокшинское в Карелии). С выступами на дневную поверхность метаморфического основания древних платформ связаны многочисленные месторождения высокопрочных интрузивных пород (главным образом гранитоидов) [4]. На Русской платформе такими районами являются Балтийский щит и Украинский кристаллический массив, на Сибирской платформе — Алданский щит и Анабарский кристаллический массив.

В этих районах граниты залегают в виде батолитов, штоков, иногда глыб среди более молодых отложений и образуют крупные месторождения, породы которых характеризуются высокими физико-механическими показателями. Наибольшее промышленное значение имеют месторождения гранитов Карелии, Ленинградской области и Украины, которые дают преобладающую часть добываемого облицовочного и высокопрочного дробленого камня. На месторождениях гранита этого типа возможно получение очень крупных блоков (до 50—100 м³ и более).

Среди интрузивных пород щитов известны также промышленные месторождения высокодекоративных щелочных пород (хибиниты Кольского полуострова) и месторождения габброноритов, среди которых наиболее ценными декоративными качествами обладают иризирующие лабрадориты Украины. Интрузивные породы, приуроченные к древним кристаллическим щитам, по сравнению с интрузивами складчатых областей, обычно имеют более высокие физико-механические показатели и меньшую трещиноватость.

Месторождения осадочного чехла платформ. К этому типу относятся месторождения осадочных пород (известняки, доломиты, гипсы, а также эффузивы). Осадочные породы по физико-механическим показателям значительно уступают породам кристаллических щитов и геосинклинальных областей, так как они не подвергались воздействию глубокого метаморфизма, и их свойства обусловлены главным образом процессами диагенеза и катагенеза. Среди пород осадочного чехла платформ высокопрочные разности встречаются редко и характеризуются изменчивыми физико-механическими показателями. Промышленное их использование в основном ограничивается переработкой на щебень как заполнителя бетона невысоких марок и частично (пористые известняки и доломиты) — как стенового камня. Некоторые разности применяются в качестве облицовочного камня.

На Сибирской платформе наряду с осадочным комплексом пород повсеместно развиты основные эффузивные породы (траппы), в основном пригодные для получения дробленого камня. В южных районах широко распространены третичные известняки-ракушечники, являющиеся высокосортным стеновым пыльным камнем из-за низкой теплопроводности.

Месторождения складчатых областей

К этому типу принадлежит большое число месторождений камня как метаморфического, так магматического и осадочного происхождения. Из метаморфических пород наибольшее практическое значение имеют месторождения мраморизованных известняков и мраморов, отличающихся большим разнообразием цветовой гаммы и рисунков. Различны также и условия залегания мраморов — в виде крупных массивов, линз и пластообразных тел. Среди мраморов этих месторождений выделяются разности, сформировавшиеся в условиях как контактного, так и регионального метаморфизма, иногда наблюдается воздействие обоих факторов. Практически вся добыча мрамора в Советском Союзе приходится на месторождения складчатых областей.

В геосинклинальных областях значительно распространены также месторождения изверженных пород, главным образом гранитов, реже — сиенитов, диоритов, змеевиков и других пород.

Физико-механические свойства пород кристаллических щитов и геосинклинальных областей неодинаковы. Граниты геосинклиналей отличаются от гранитов щитов несколько повышенной пористостью, но среди них встречаются разности, обладающие и резко пониженной прочностью. Так, цилукамские раннепалеозойские граниты при нормальной пористости имеют пониженную прочность (213 МПа). По данным В.П. Беликова, граниты щитов при тех же показателях пористости имеют прочность 260 МПа. Такое снижение прочности, видимо, связано с внутренними изменениями гранитов в процессе развития синклиналей.

В складчатых областях распространены и месторождения осадочных пород (известняки, доломиты, песчаники), разрабатываемые для получения строительного камня. Из-за более высокой степени метаморфизма этих пород по сравнению с осадочными породами чехла платформы, их физико-механические параметры значительно выше. Так, карбонатные породы геосинклиналей имеют в среднем пористость в 17 раз меньшую, чем породы платформ. С областями кайнозойской складчатости связаны многочисленные месторождения пирокластических пород (вулканические туфы), среди которых наибольшую практическую ценность представляют месторождения АрмССР, где также широко развиты основные эффузивы (базальты), представляющие собой хороший строительный и облицовочный камень.

В областях кайнозойской складчатости известны месторождения ониксовидного мрамора (АрмССР, ТССР, УзССР), видимо, гидротермального генезиса. Особенно декоративны медово-желтые, прозрачные, слоистые мраморные ониксы из карстовых пещер района Карлюка (восток ТССР). Менее декоративны белые и желтоватые ониксовидные мраморы АрмССР.

Все месторождения камня, несмотря на многообразие условий их образования, можно объединить в следующие группы.

Группа I. Крупные массивы магматических пород (батолиты, штоки, лакколлиты и др.). Эти месторождения характеризуются выдержанностью состава и качества камня как по площади, так и на глубину. Месторождения этой группы главным образом приурочены к участкам выхода на дневную поверхность кристаллического фундамента платформ и к складчатым зонам. Сложены они преимущественно интрузивными породами (граниты, диориты и др.). В породах массивов иногда наблюдаются изменения, вызванные поверхностным выветриванием, или внутренние зоны измененных пород, возникновение которых определяется тектоническими нарушениями и гидротермальным воздействием.

Группа II. Пласты и пластообразные тела, выдержанные по мощности и качеству и залегающие горизонтально или с небольшим наклоном. К этой группе относится большое число месторождений строительного

Группы пород	Структурная позиция месторождений		Распространенность	Форма залежи
	промышленных	второстепенных		
I. Магматические				
1. Интрузивные				
а) кислые и средние – граниты и гранодиориты	Кристаллические щиты, геосинклинальные области, срединные массивы		Широкая	Батолиты, штоки, массивы
сиениты и щелочные сиениты	Кристаллические щиты и срединные массивы	Геосинклинальные области	Локальная	Штоки
б) основные и ультраосновные				
габбро-нориты	Складчатые области, кристаллические щиты и массивы		Широкая	Крупные штоки, массивы
лабрадориты	Кристаллические щиты и массивы	Области древней складчатости	Ограниченная	Линзовидные тела, штоки
2. Эффузивные				
а) кислые и средние – вулканические туфы	Области молодой складчатости	Области древней складчатости и щиты	Локальная	Покровы, пластовые отложения
б) основные базальты, диабазы	Во всех структурных элементах, но наибольшее распространение в областях молодой складчатости и на Сибирской платформе (траппы)		Очень широкая	Потоки, покровы, силлы
II. Осадочные				
а) плотные с объемной массой более $2,1 \text{ т/м}^3$: известняки, доломиты	Осадочный чехол платформы и области складчатости		Широкая	Пласты, рифтовые образования
мраморизованные известняки	Области складчатости	—	„	Пласты, крупные линзы
песчаники	Осадочный чехол платформ и области складчатости		„	То же

Масштаб запасов	Блочность, %	Декоративность	Сопротивление сжатию, МПа	Погодостойкость	Область применения
Миллионы и десятки миллионов кубических метров	40-50	Высокая	120-300	Высокая	Строительство и архитектура
Миллионы кубических метров	20-30	Наиболее высокая у щелочных сиенитов (хибициты)	100-200	„	Облицовочный камень
То же	20-50	Средняя	250-360	Высокая	Облицовочный камень
Десятки тысяч кубических метров	20-30	Очень высокая	180-260	„	Облицовочный камень высшего класса
Миллионы и десятки кубических метров	20-30	Высокая	5 и больше (фельзитовый туф) 20,0 и больше	„	Стеновой и облицовочный камень
То же	30-40	Невысокая, более декоративны светлые разновидности базальтов	30-230	„	Дробленый камень и дорожный камень, частично как облицовочный
„	20-40	Невысокая, наиболее декоративные белые известняки	20-100	Невысокая	Щебень в бетон, в меньшей степени облицовочный камень
Миллионы кубических метров	20-30	Высокая	50-150	„	Внутренняя облицовка, для мраморной крошки и щебня
То же	20-30	Невысокая	30-100	Высокая	Щебень в бетон, редко как облицовочный камень

Группы пород	Структурная позиция месторождений		Распространенность	Форма залежи
	промышленных	второстепенных		
<p>гипсы</p> <p>б) пористые с объемной массой менее 2,1 т/м³: известняки-ракушечники</p> <p>травертины (известковые туфы)</p>	<p>То же</p> <p>Краевые части платформ</p> <p>Области молодой складчатости</p>	<p>—</p> <p>Осадочные чехлы платформ</p>	<p>„</p> <p>„</p> <p>Ограниченная</p>	<p>Пласты, пластообразные тела, штоки</p> <p>Пласты</p> <p>Пластообразные и неправильной формы</p>
<p>III. Метаморфические мраморы кальцитовые и доломитовые кварциты</p> <p>гнейсы и гранитогнейсы</p> <p>кристаллические породы</p>	<p>Области древней и молодой складчатости и эпипалеозойские платформы</p> <p>Кристаллические щиты древних платформ</p> <p>Кристаллические щиты и области древней складчатости</p> <p>То же</p>	<p>Кристаллические щиты и срединные массивы</p> <p>Области древней складчатости</p>	<p>Локальная</p> <p>Ограниченная</p> <p>Довольно широкая</p> <p>То же</p>	<p>Пласты, крупные линзы</p> <p>Пласты, пластообразные тела</p> <p>Массивы, пластообразные тела</p> <p>Пласты, пластообразные тела</p>
<p>IV. Гидротермальные — мраморный оникс</p>	<p>Области молодой складчатости</p>	<p>—</p>	<p>Ограниченная</p>	<p>Пластообразные тела, натечные корки, покровы</p>

*Из-за высокой твердости труден в обработке

Масштаб запасов	Блочность %	Декоративность	Сопротивление сжатию, МПа	Погодостойкость	Область применения
Миллионы и десятки кубических метров	20–30	„	10–100	Невысокая	Внутренняя облицовка
То же	20–30 (при подземной разработке значительно ниже)	„	4–40	Удовлетворительная	Стеновой камень, заполнитель легких бетонов
Десятки и сотни кубических метров	Невысокая	Средняя	10 и выше	Невысокая	Облицовочный камень (главным образом для внутренних работ)
Сотни тысяч и миллионы кубических метров	10–20	Обычно высокая	500–190	„	Внутренняя облицовка, для мраморной крошки
То же	10–20 (блоки мелкие)	Невысокая, наиболее декоративны интенсивно окрашенные разности	90–300	Очень высокая	Все виды облицовки и для архитектурных изделий*
„	Низкая	Низкая	800–2000	Невысокая	Щебень в бетон, частично облицовочный камень
Сотни тысяч кубических метров	„	Невысокая	1500–2000	Сильно уменьшается	Облицовочные плитки
Тысячи и десятки тысяч кубических метров	Невысокая	Высокая	30–80	Невысокая	Внутренняя облицовка

камня осадочного происхождения, а также вулканических пород и некоторые месторождения, сложенные метаморфическими породами (мраморы, кварциты, гнейсы).

Группа III. Пластовые и пластообразные месторождения, падающие под крутыми углами. Генетически они аналогичны месторождениям II группы, но отличаются более сложными условиями залегания и изменчивыми качеством и мощностью, что обусловлено или сменой условий накопления осадков, или постседиментационными процессами типа карстообразования. Иногда такой процесс настолько изменяет первоначальные условия залегания и строение пород, слагающих месторождение, что делает их непригодными для эксплуатации. Сводная геолого-промышленная классификация месторождений строительного камня приведена в табл. 56.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзунов В.М. Разведка и промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых. М., Недра, 1982.
2. 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., Наука, 1979, с. 63–69.
3. Григорович М.Б. Оценка месторождений облицовочного камня при поисках и разведке. М., Недра, 1976.
4. Григорович М.Б. Декоративные камни и их применение в архитектуре и искусстве. — В кн.: Драгоценные и цветные камни. М., Наука, 1980, с. 19–23.
5. Григорович М.Б., Немировская М.Г. Минеральное сырье для получения заполнителей легких бетонов. М., Недра, 1983.
6. Наседкин В.В. Основные закономерности формирования вулканических стекол и пути их промышленного использования. — В кн.: Перлит. М., Наука, 1981, с. 17–43.
7. Пекки А.С., Разоренова В.И. Месторождения полевошпатового сырья Карелии. М., Наука, 1977.
8. Петров В.П. Полевошпатовое сырье. — В кн.: Неметаллические полезные ископаемые. М., 1977, с. 72–78.
9. Петров В.П. Вулканические стекловатные ископаемые. — В кн.: Неметаллические полезные ископаемые. М., 1977, с. 44–47.
10. Петров В.П. Современное состояние и пути развития перлитовой промышленности. — В кн.: Перлит. М., Наука, 1981, с. 3–17.
11. Ревин В.В. Четвертичные пески и песчано-гравийные отложения. М., Недра, 1977.
12. Цехомский А.М. Кварцевые пески СССР (петрография, генезис, геология, эволюция в истории Земли, промышленные перспективы). Автореф. докт. дис. Л., ВСЕГЕИ, 1975.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Классификация месторождений минерального сырья для промышленности строительных материалов	6
Месторождения минерального сырья для промышленности строительных материалов	16
Месторождения сырья для керамической промышленности	16
Месторождения стекольного сырья	55
Месторождения сырья для производства вяжущих материалов	68
Месторождения песков и песчано-гравийных материалов	94
Месторождения строительного и облицовочного камня	111
Список литературы	144

60 коп.

4791

НЕДРА