

Ю.И. ГОНЧАРОВ

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ СИЛИКАТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Ю.И. Гончаров

**СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
СИЛИКАТНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



Москва, 2009

Издательство Ассоциации строительных вузов

УДК 549 (07) + 552 (07)
ББК 26.31я + 26.34я7 М 65

Рецензенты: *Ю.Д. Чистов*, доктор технических наук, профессор,
Московский государственный строительный университет;
В.Д. Барбанягрэ, доктор технических наук, профессор,
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г.Шухова.

Ю.И. Гончаров

Сырьевые материалы силикатной промышленности: Учебное пособие. – М.:
Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 128 с.

ISBN 978-5-93093-569-1

В учебном пособии приводится классификация нерудного сырья, излагаются основные способы обогащения, подробно описываются свойства сырьевых материалов, их распространение в природе, области применения. Особое внимание уделено глинистому сырью, его минералогическому и химическому составу, физико-химическим свойствам. Приводятся характеристики месторождений глин России и Украины. Отдельный раздел посвящен техногенному силикатному сырью – доменным шлакам.

Учебное пособие предназначено для студентов строительных вузов и технических университетов по специальностям 05.23.05, 250800, 290600.

Может служить справочным пособием для аспирантов, докторантов и специалистов в области технологии строительных материалов и изделий.

ISBN 978-5-93093-569-1

© Издательство АСВ, 2009
© Гончаров Ю.И., 2009

ВВЕДЕНИЕ

Фундаментом успеха промышленности строительных материалов, как и других отраслей промышленности, является сырьевая база. Мировые запасы неметаллов, которые используются в строительной индустрии, превосходят запасы металлических руд, если учесть также ресурсы, скрытые в морях и океанах. Галит, эпсомит, карналлит, бромиды, сульфаты магния все эти соли образуются при испарении морской воды. Континентальные шельфы покрыты отложениями песков, фосфоритов. В глубоководных участках океанов находятся залежи глин, которые в будущем могут стать источником алюминия.

В настоящее время по объему производства неметаллические полезные ископаемые занимают первое место в мире среди всех минеральных ресурсов. Ежегодная мировая стоимость продукции неметаллов превышает 80 миллиардов долларов.

И тем не менее в нашей стране, например, ощущается острый дефицит некоторых видов сырьевых материалов, в том числе высококачественных глин, основные запасы которых сосредоточены на Украине. В мире ежегодно добывается 40 млн т каолиновых глин, причем в основном используются обогащенные разности. Для сравнения: в России в 1999 г. было добыто 505 тыс. т каолиновых глин, из них обогащенных всего 30 тыс. т. Остро стоит проблема пегматитового и цирконового концентратов, борсодержащего сырья, отсутствуют качественные пигменты, ограничены запасы высококачественных песков. В связи с этим перед сырьевой отраслью ставится целый ряд проблем, в том числе:

- разработка эффективных методов обогащения нерудных полезных ископаемых с учетом их минералогического состава, условий залегания и требований промышленности строительных материалов;

- освоение новых источников сырья, в том числе побочных техногенных продуктов.

Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Итак, сырьем называют природные материалы, используемые в производстве промышленных продуктов. Сырье – один из основных элементов технологического процесса, который определяет в значительной степени его экономичность, технику производства и качество продукта.

Сырье чрезвычайно разнообразно по своему составу и происхождению. По происхождению его делят на *минеральное, растительное и животное*. По агрегатному состоянию различают сырье *твердое, жидкое* (нефть, рассолы) и *газообразное* (воздух, природный газ). По составу сырье подразделяется на *органическое и неорганическое*.

Среди природных минеральных продуктов, используемых в химической технологии, выделяют: 1) *неметаллические полезные ископаемые* (минералы и горные породы); 2) *металлические* (руды черных и цветных металлов); 3) *каустобиолиты* (уголь, нефть, природный газ).

Неметаллические полезные ископаемые являются основой строительной индустрии, ее основным сырьем. В настоящее время известно более 130 промышленных видов этих полезных ископаемых.

В отличие от металлических и горючих полезных ископаемых, где ценность сырья определяется содержанием полезных компонентов, при изучении неметаллических полезных ископаемых качество сырья оценивается в зависимости от физических и физико-химических свойств, особенностей минерального состава, а также возможностей получения различных материалов и продуктов. Как правило, рассматриваемые полезные ископаемые представляют собой сырье многоцелевого назначения.

Под названием «неметаллические полезные ископаемые» подразумеваются несколько типов сырья:

1) минеральное сырье, которое используется в промышленности в виде отдельных минералов (тальк, асбест, алмаз) или горных пород (опока, известняк, глина);

2) минеральное сырье, которое служит источником элементов металлов (пирит как источник серы, флюорит – фтора, апатит – фосфора) или их простых соединений (бораты как источник H_3BO_3 и B_2O_3);

3) минеральное сырье неметаллического типа, которое является источником металлов, а также соединений, используемых в металлургической и огнеупорной промышленности (берилл как источник BeO , магнезит – MgO , боксит – Al_2O_3);

4) строительные материалы (например, гранит, гравий, песок).

В основу одной из наиболее распространенных промышленных классификаций неметаллических полезных ископаемых положен характер природных продуктов, способы и глубина их технического передела в промышленные продукты, независимо от того, минералы это, их агрегаты или горные породы, кристаллические, скрытокристаллические или аморфные

вещества. В табл. 1 представлена несколько модернизированная классификация нерудных полезных ископаемых [27].

Таблица 1

**СХЕМА
систематизации неметаллических полезных ископаемых**

Каменные материалы		Минеральное сырье	
Технические материалы	Строительные каменные материалы	Горнотехническое сырье (термохимическое)	Горнохимическое сырье
1	2	3	4
<p>Ограночные (драгоценные) камни: алмаз, изумруд, сапфир, рубин, лейкосапфир, аметист, гранаты, хризолит, александрит и др.</p> <p>Подделочные (цветные) камни: минералы: агат, нефрит, родонит, малахит, мраморный оникс, чароит, амазонит, лазурит, сердолик и др.; горные породы: лабрадорит, серпентинит, яшмы.</p> <p>Абразивные минералы: алмаз, корунд, кварц; горные породы: кварцит.</p> <p>Изоляционные материалы: хризотилковый асбест, амфиболовые асбесты, опока, диатомит, трепел, вермикулит, перлит.</p>	<p>Облицовочные: гранит, диорит, лабрадорит, базальт, доломит, известняк, мрамор, серпентинит, кварцит.</p> <p>Колотый и тесаный камень для фундаментов, гидротехнических сооружений: габбро, базальт, кварцит.</p> <p>Дробленый каменный материал на бут и наполнители для бетонов: магматические горные породы, щебень, галька, гравий, дресва, пески.</p>	<p>Огнеупорное: каолины и каолиновые глины, кварц, кварцит, бокситы, кианит, графит, шпинель, силлиманит, дистен, хромит, брусит, тальк, пирофиллит, форстерит, дунит, магnezит.</p> <p>Керамическое: легкоплавкие глины, полевые шпаты, волластонит, известняк, доломит, мел, кварцевый песок, гранулированный доменный шлак.</p> <p>Стекольное: кварцевый песок, сода, поташ, карбонатные породы.</p> <p>Цементное: глины, известняк, мергель, флюорит, диатомит, опока, трепел, вулканический туф, маршаллит.</p>	<p>Агрохимическое: апатит, фосфориты, калийные соли, мел, известняк.</p> <p>Химическое: минералы: берилл, барит, борсиликаты, реальгар, арсенопирит, целестин, пирит, сера, поваренная (галит) и калийные соли, флюорит, нефелин и др.; горные породы: доломит, известняк, бокситы, магnezит.</p> <p>Минеральные пегменты: лазурит, охра, гематит, малахит, вивианит, глауконит.</p>

1	2	3	4
<p>Кислото- и щелочестойкие материалы: минералы: корунд, диопсид, тальк; горные породы: базальт, андезит.</p> <p>Формовочные материалы: кварцевый песок, глина.</p> <p>Фильтровальные материалы, сорбенты, катализаторы, активные добавки: трепел, диатомит, опока, бентонитовые глины, пемза, кварцевые пески.</p>		<p>Сырье для пористых наполнителей: легкоплавкие глины, глинистые и шунгитовые сланцы, вулканическое стекло, опаловидные породы, продукты нефтепереработки.</p> <p>Петролургическое сырье (каменное литье): базальт, андезит.</p> <p>Флюсы и плавни: минералы: полевые шпаты; нефелин, флюорит, кальцит, доломит; горные породы: нефелиновые сиениты, известняк, мел, доломит, перлит.</p>	

В соответствии с этим все минералы и горные породы, являющиеся неметаллическими полезными ископаемыми, делятся на две серии: *природные каменные материалы* и *природное минеральное сырье*.

Основную ценность серии природных каменных материалов (минералов и горных пород) представляют их физические свойства (прочностные, декоративные и др.). Используются эти минералы и горные породы обычно в природном виде после простой механической обработки (распиловка, раскол, огранка, шлифовка, дробление, рассев). В *серию природного минерального сырья* объединены такие минералы и горные породы, основную практическую ценность которых составляет их химический состав. Используются они для получения промышленных продуктов или извлечения полезных компонентов путем термической (плавление, обжиг) или химической (разложение) переработки (термохимическое и химическое сырье соответственно) с полным изменением природного состава и свойств.

Каждая из названных серий по характеру технологического передела и отраслям использования делится на две группы. В серии каменные материалы выделяются: группа технических каменных материалов и группа строительных каменных материалов. В серии минерального сырья – группа горнотехнического (термотехнического) сырья и группа горнохимического сырья. В каждой группе по сферам практического использования выделяются подгруппы минералов и горных пород.

Глава 2. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ СЫРЬЯ

Нерудные полезные ископаемые представляют собой, за некоторым исключением, горные породы, содержащие наряду с полезными компонентами и бесполезные, а иногда и вредные в технологическом процессе примеси, так называемую «пустую породу». В большинстве случаев содержание пустой породы настолько велико, что сырье требует обогащения. Применение обогащенного концентрированного сырья улучшает качество продукции, позволяет уменьшить затраты топлива. Обогащение необходимо также потому, что запасы высококачественного сырья в природе постепенно истощаются и промышленность вынуждена отделять полезные компоненты бедного сырья от большого количества пустой породы, которая зачастую не используется.

Методы обогащения существенно отличаются для твердых материалов, жидкостей и газов. Для обогащения твердая горная порода измельчается таким образом, чтобы нарушалась связь между зернами различных минералов, которые затем разделяют различными способами. Фракция, обогащенная одним из различных полезных компонентов, называется концентратом. Пустые породы, идущие в отвалы, называются хвостами. Для твердых материалов обычно применяются механические способы обогащения: грохочение (рассеивание), гравитационное разделение, электромагнитная и электростатическая сепарация, флотация. Часто на обогатительных фабриках используется последовательно несколько упомянутых способов обогащения.

Грохочение, или обогащение по крупности, заключается в пропуске минерального сырья через грохоты-сита различных систем. Так, например, при обогащении фосфоритовых руд фосфорит как более крупный материал задерживается грохотами, а пустая порода проходит через отверстия сит. Если руду необходимо разделить по крупности более чем на два сита, ее пропускают через несколько последовательно установленных грохотов, с уменьшающимися размерами отверстий в ситах.

Различают грохочение *сухое* и *мокрое*. В последнем случае грохот орошается водой, увлекающей пустую породу, благодаря чему одновременно происходит ее отделение от руды.

Разновидностью грохочения является обогащение, основанное на различии формы частиц полезных минералов и пустой породы.

Гравитационное обогащение также бывает мокрое и сухое. Этот способ обогащения основан на различной скорости падения частиц различной плотности и крупности в потоке жидкости или газа или под действием центробежных сил. Для сухого обогащения нужен более мелкий помол, чем для мокрого. Сухое обогащение обычно проводят в потоке воздуха, реже – в потоке инертного газа.

Для мокрого обогащения применяются различные гидравлические классификаторы. Такой классификатор представляет собой большой ящик, нижняя часть которого разделена вертикальными перегородками на отдельные ячейки. В ящик в горизонтальном направлении поступает взвесь руды в воде. Вследст-

вие разной скорости осаждения в первых по ходу жидкости ячейках осаждаются наиболее крупные частицы, а в последних наиболее мелкие. В зависимости от скорости движения воды, глубины ящика, расстояния между перегородками, их высоты и количества можно получить разное число фракций, отличающихся по размеру частиц. Для облегчения выгрузки осажденных частиц руды ящику придают сужающуюся к низу форму.

Применяют и более сложные гидравлические классификаторы (гидроциклоны), в которых поток воды движется зигзагообразно по серии каналов, образуя восходящие и нисходящие струи, что дает возможность регулировать скорость осаждения частиц.

Воздушное обогащение основано на различных скоростях падения твердых частиц в воздушном потоке в зависимости от их размеров и плотности. Этот способ применяется для обогащения сырья, состоящего из частиц размером не более 1,5 мм. Аппараты, в которых производится воздушное обогащение, называются сепараторами.

Воздушный сепаратор представляет собой аппарат, в котором отделение легких частиц от более тяжелых производится при помощи струи воздуха. Процесс разделения частиц регулируют изменением скорости воздушных струй, что достигается различным комбинированием количества и размеров лопастей вентилятора и скорости их вращения.

Флотационное обогащение – один из наиболее распространенных способов обогащения. Основано на различной смачиваемости минералов водой и способности несмачиваемых или плохо смачиваемых частиц всплывать в виде пены с пузырьками специально подаваемого воздуха.

Основным показателем смачиваемости минералов служит величина краевого угла смачивания, образующегося на твердой поверхности вдоль периметра смачивания, т.е. вдоль линейной границы раздела твердое тело – жидкость – воздух.

Жидкость образует с несмачиваемой частицей тупой краевой угол, а со смачиваемой – острый. Силы поверхностного натяжения стремятся выровнять уровень жидкости, в результате этого несмачиваемая (гидрофобная) частица выталкивается из жидкости (всплывает), а смачиваемая (гидрофильная) погружается в жидкость. Чем мельче частицы, тем больше отношение их поверхности к объему (и массе) и тем сильнее сказывается эффект смачивания. Поэтому предшествующая флотации обработка сырья включает тонкое измельчение минералов до 0,1–0,3 мм. При флотации нередко всплывают более тяжелые гидрофобные частицы полезного минерала, а более легкие частицы пустой породы тонут. В этом случае пену направляют в специальный отстойник, где из нее оседают извлеченные минералы.

Для увеличения стойкости воздушных пузырьков и образования из них стабильной пены в жидкость вводят пенообразователи – поверхностно-активные вещества, образующие адсорбционные пленки на поверхности пузырьков.

Для повышения гидрофобности частиц отдельных минералов в пульпу вводят *коллекторы* (собиратели), т.е. вещества адсорбируются на

одних минералах, покрывая их поверхность гидрофобной пленкой, и не адсорбируются на других. В результате гидрофобные частицы собираются на поверхности пузырьков и всплывают.

Для увеличения гидрофильности других минералов, входящих в состав разделяемой породы, к пульпе добавляют *п о д а в и т е л и*, которые подавляют возможность всплывания (известь, цианистые соли, серная кислота).

Общая схема флотационного обогащения включает следующие технологические операции:

- 1) дробление и тонкое измельчение сырья;
- 2) смешение с водой и флотационными реагентами;
- 3) обработка пульпы воздухом в специальной флотационной машине.

При этом нефлотируемые минералы оседают на дно и удаляются из машины в виде шлама.

Магнитное и электромагнитное обогащение основано на различии проницаемости минералов, входящих в состав сырья. Размолотую руду пропускают через магнитное поле, создаваемое магнитами или электромагнитами. Магнитная фракция отклоняется от своего первоначального пути. Аппараты, применяемые для такого обогащения, называются магнитными или электромагнитными сепараторами.

Глава 3. КРЕМНЕЗЕМ

Кремнезем – один из наиболее распространенных компонентов земной коры. По средним оценкам, в ней содержится 58,3 масс. % SiO_2 , причем в виде самостоятельных материалов (кварца, опала, халцедона) – 12,6 масс. %. Строительные и другие материалы, создаваемые на основе кремнезема (бетоны, тонкая керамика, огнеупоры, стекло, эмали), имеют огромное значение в жизни человека и по масштабам производства стоят на первом месте, превосходя продукцию металлургической и топливной промышленности.

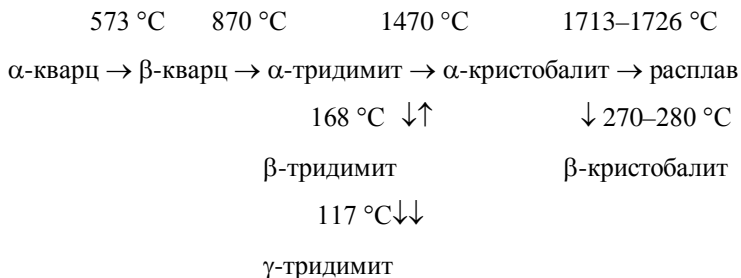
Формы кремнезема чрезвычайно разнообразны. Горный хрусталь, фиолетовый аметист, медово-желтый цитрин, опал, опока и трепел, состоящие из остатков морских организмов, строящих свои раковины и скелет на основе кремнезема, содержащегося в морской воде, яшмы и агаты – все это разнообразные формы кремнезема. Некоторые полиморфные модификации кремнезема являются спутниками алмазов и образуются при высоких температурах и давлениях в 10 тыс. атмосфер. Кремнезем в виде минерала кварца входит в состав многих горных пород: гранита, песков и песчаников, кварцитов, являясь сырьем для многих видов силикатных материалов. Кварц – наиболее распространенная форма кремнезема. Однако существует много других разновидностей природного и искусственного происхождения.

Все формы кремнезема можно разделить на три условные группы:

- кристаллический кремнезем;
- скрытокристаллические разновидности кремнезема;
- аморфный кремнезем.

3.1. Кристаллический кремнезем

Минералы, входящие в эту группу, представляют собой ряд полиморфных модификаций кремнезема. Всего их насчитывается около 10. Среди них наиболее известны: кварц, тридимит, кристобалит, коэзит, стишовит, китит. Существует следующий классический ряд полиморфных превращений кремнезема:



Некоторые исследователи подвергают сомнению правомерность приведенной схемы, считая, что образование тридимита идет через промежуточную фазу – высокотемпературный неупорядоченный кристобалит, образованию которого предшествует возникновение аморфной фазы.

Эти превращения можно отразить следующей схемой:

870–1470 °С

β -кварц \rightarrow переходная фаза \rightarrow неупорядоченный кристобалит \rightarrow тридимит
(аморфная)

При этом отмечается, что непосредственный переход кварца в тридимит может осуществляться только в присутствии некоторых примесей, играющих роль минерализаторов, которые являются стабилизаторами тридимитовой структуры. В частности, образованию тридимита обычно способствуют натрий и калий. В этой связи необходимо отметить, что в фарфоро-фаянсовых керамических массах при температуре 1200 °С, т.е. в интервале стабильности тридимита, часто образуется кристобалит непосредственно за счет превращений кварца. Очевидно, что именно в этом случае кристобалит представляет собой промежуточную фазу в процессе превращения кварца в тридимит.

Кварц – α -SiO₂. Наиболее устойчивая полиморфная модификация кремнезема, широко распространенная в природе. Разновидности: горный хрусталь (прозрачные кристаллы), молочный кварц (белые зернистые агрегаты), аметист (фиолетовый), цитрин (золотисто-желтый), морион (черный), халцедон (скрытокристаллические разновидности).

Встречается в виде зернистых и скрытокристаллических агрегатов, секретий (агат), часто образует друзы. Облик кристаллов призматический.

При быстром нагревании кварц и тридимит могут быть расплавлены при 1600–1670 °С. Высокотемпературная полиморфная модификация кварца α -кристобалит плавится при 1713 °С. Избирательно пропускает ультрафиолетовые лучи, пьезоэлектрик. КТЛ – $5 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. Оптически активен, вращает плоскость поляризации.

Кварц устойчив к воздействию обогащенных железом шлаков. В кислотных и щелочных растворах не растворяется, растворяется только в HF. Радиационнопрозрачен.

α -тридимит. Редкий в природе минерал. Встречается в пустотах кислых излившихся горных пород в виде псевдогексагональных пластинок. Сингония гексагональная. Имеет две низкотемпературные полиморфные модификации. Пл. – 2,26 (у кварца – 2,65). Характерный минерал, образующийся при обжиге диоксида кремния и фарфоро-фаянсовых масс.

α -кристобалит. Встречается вместе с тридимитом в излившихся горных породах. Кристаллизуется в кубической сингонии. Легко образуется при раскристаллизации кварцевых стекол. Входит в состав фарфора, фаянса и диоксидных огнеупоров. Имеет очень низкий коэффициент линейного термиче-

ского расширения – $2,08 \cdot 10^5$ град⁻¹. Пл. – 2,33. Переход α -формы в β -кристаллит (180...280 °С), сопровождается изменением объема на 4,9%. Причем линейное расширение по оси «с» в четыре раза больше, чем по оси «а».

У всех трех главных полиморфных модификаций кремнезема при температуре инверсии обнаруживается заметное изменение коэффициента термического расширения. Особенно велико такое изменение у кварца и кристаллита, что часто обуславливает растрескивание кремнеземсодержащих изделий в процессе обжига.

3.1.1. Распространение кварца в природе

Будучи широко распространен в природе, кварц входит в состав самых разнообразных по своему происхождению горных пород: кварцевых песков и песчаников (сцементированный кварцевый песок), кварцитов, гранита и пегматитов, часто встречается в виде кварцевых жил.

Кварцевый песок – рыхлая среднеобломочная осадочная горная порода с размером частиц 0,1–2,0 мм (по другой классификации 0,05–1 мм). По размеру зерен выделяются мелкозернистые пески (0,1–0,25 мм), среднезернистые (0,25–0,5 мм) и крупнозернистые (0,5–2 мм). Кроме кварца в песках могут присутствовать в качестве примеси: полевой шпат, слюды, глинистые минералы, минералы железа и титана.

Большую роль в образовании кварцевых песков играет климатический фактор. Его роль велика как в процессе разрушения горных пород (химическое, физическое выветривание и др. факторы), так и при переотложении продуктов выветривания. Существенное влияние на формирование и распределение месторождений кварцевого песка оказывает состав пород, слагающих питающие провинции. Наиболее благоприятна обстановка, когда кора выветривания питающей провинции развивается на кислых породах. Так, например, сложенные на 55–65% гранитами Балтийский и Украинский щиты послужили источником многочисленных залежей чистых кварцевых песков. Вторичные перемыв и переотложение продуктов выветривания ведут к формированию обогащенных залежей кварцевых песков с высоким содержанием кремнезема. В связи с этим залежи кварцевого песка, образовавшиеся морским путем, более высокого качества, чем континентальные образования.

Основная масса кварцевых песков используется в литейном производстве (около 75%) и стекольной промышленности (до 18%). Остальная часть идет для производства фарфора и фаянса, диносовых огнеупоров, карбида кремния, абразивных материалов. Кварцевые пески низкого качества используются в качестве заполнителей. Термин «стекольный песок» применяется для сырья, которое в природном виде или после обработки удовлетворяет требованиям стекольной промышленности. Кварцевый песок составляет 60–80% стекольной массы, его качество определяет технологию производства и качество продукции. Важное значение имеет гранулометрический состав песка, который влияет на характер плавления (оптимальный размер

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	4
Глава 2. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ СЫРЬЯ	8
Глава 3. КРЕМНЕЗЕМ	11
3.1. Кристаллический кремнезем	11
<i>3.1.1. Распространение кварца в природе</i>	13
3.2. Скрытокристаллические разновидности кремнезема	16
3.3. Аморфный кремнезем	17
<i>3.3.1. Распространение опаловидного кремнезема в природе и области его применения</i>	17
3.4. Коллоидный кремнезем	22
Глава 4. ГЛИНОЗЕМ	25
4.1. Корунд	25
4.2. Бокситы	26
<i>4.2.1. Генетические типы бокситов</i>	27
<i>4.2.2. Минералогия бокситов</i>	27
<i>4.2.3. Месторождения бокситов</i>	29
<i>4.2.4. Технические требования к бокситам. Методы переработки и получения различных форм глинозема</i>	30
4.3. Нефелин – $N_3K[AlSiO_4]_4$	32
<i>4.3.1. Нефелиновые шламы</i>	33
4.4. Области применения глинозема	33
Глава 5. СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ СИЛИКАТНОГО СОСТАВА	35
5.1. Горные породы	35
5.1.1. Глины	35
<i>Минералогия глин</i>	36
<i>Химический состав глин. Влияние химического состава на окраску керамических изделий</i>	43
<i>Зерновой состав глин. Классификация глин по гранулометрическому составу</i>	51
<i>Физико-химические свойства глин</i>	53
<i>Поведение глин при нагревании. Спекание глин</i>	62
<i>Глины в производстве строительных материалов</i>	63
<i>Месторождения глин</i>	66

5.1.2. Пегматиты	77
<i>Минералогический состав керамических пегматитов</i>	78
<i>Основные месторождения пегматитов</i>	79
5.1.3. Заменители пегматитов	81
5.2. Минералы	83
<i>Подкласс «островные силикаты»</i>	83
<i>Подкласс «цепочечные силикаты»</i>	87
<i>Подкласс «слоистые силикаты»</i>	90
5.3. Силикатное сырье техногенного происхождения	93
5.3.1. Доменные шлаки	93
<i>Химический состав доменных шлаков. Шлаки как физико-химические системы</i>	95
<i>Классификация шлаков</i>	96
<i>Переработка доменных шлаков</i>	98
<i>Области применения доменных шлаков</i>	99
 Глава 6. КАРБОНАТНОЕ СЫРЬЕ	11
	1
 Алфавитный указатель минералов, горных пород и технических продуктов	11
	8
 ЛИТЕРАТУРА	12
	0

Учебное пособие

Юрий Иванович Гончаров

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ СИЛИКАТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Компьютерная верстка: *О.В. Лютова*

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*

Дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Подписано к печати 01.02.09. Формат 60x90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 8 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 348 (КМК)
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>