



Карьеры на месторождениях  
нерудных полезных ископаемых  
в России из космоса.

Горные работы и экология  
нарушенных земель



УДК 622.36.012.3:504.61:528.7

ББК 33.22-4+28.081

К278

К о л л е к т и в а в т о р о в :

И. В. Зеньков (руководитель проекта), А. А. Лукьянова, Ю. П. Юронен,  
Ю. А. Анищенко, А. С. Морин, Е. В. Логинова, М. В. Сафронов, Г. А. Карачёва,  
Б. Н. Нефедов

Р е ц е н з е н т ы :

Л. Д. Павлова, доктор технических наук, директор Института информационных технологий и автоматизированных систем, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики Сибирского государственного индустриального университета (г. Новокузнецк);

А. А. Батоева, доктор технических наук, заведующий лабораторией инженерной экологии Байкальского института природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (г. Улан-Удэ)

К278

**Карьеры на месторождениях нерудных полезных ископаемых в России из космоса. Горные работы и экология нарушенных земель : монография / И. В. Зеньков (руководитель проекта), А. А. Лукьянова, Ю. П. Юронен [и др.] – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. – 652 с.**  
ISBN 978-5-7638-4351-4

Представлены новые результаты исследования карьеров на месторождениях металлургических флюсов, цементного сырья, асбеста, магнетита, янтара, кварцевых песков и пьезокварца на территории РФ – от Ленинградской области до Приморского края, находящихся в открытой разработке, в стадии доработки запасов, а также отработанных в ближайшие годы. Раскрыта сущность технологий, систем разработки месторождений, являющихся минерально-сырьевой базой для производящего сектора экономики России, открытым способом с использованием спутниковых снимков высокого разрешения в свободном доступе. Представлена информация о парке горнотранспортного оборудования, в частности об экскаваторах, установленных в карьерах, на расходных складах полезного ископаемого, породных отвалах. Отражены результаты экологического мониторинга нарушенных земель под горными работами и восстановления экосистем на горнопромышленных ландшафтах, сформированных в ходе разработки месторождений нерудных полезных ископаемых. Информация, изложенная в монографии, может быть использована в разработке стратегической программы развития горнодобывающей отрасли российской экономики.

Предназначена для специалистов, изучающих научно-практическое направление «Дистанционное зондирование Земли», работников сектора государственного управления в области экологии и природопользования, собственников и менеджмента горнодобывающих предприятий, руководителей и специалистов крупных предприятий горного машиностроения, преподавателей и учащихся вузов по направлениям подготовки «Горное дело», «Техносферная безопасность», «Геоэкология», «Экология и природопользование», «Экономика и управление народным хозяйством».

Электронный вариант издания см.:  
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 622.36.012.3:504.61:528.7  
ББК 33.22-4+28.081

ISBN 978-5-7638-4351-4

© Сибирский государственный университет науки  
и технологий имени М. Ф. Решетнёва, 2020  
© Сибирский федеральный университет, 2020  
© Федеральный исследовательский центр информационных  
и вычислительных технологий, 2020

---

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
Глава 1. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕРУДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	10
1.1. Характеристика горных пород при использовании в металлургической промышленности в виде флюсовых добавок .....	10
1.2. Характеристика горных пород при использовании в цементной промышленности.....	14
1.3. Характеристика и использование хризотил-асбеста в промышленности...	17
1.4. Характеристика и использование горных пород в производстве огнеупорных изделий и материалов.....	20
1.5. Характеристика и использование янтаря .....	21
1.6. Характеристика и применение кварцевых песков в промышленности и народном хозяйстве.....	23
1.7. Характеристика горных пород при использовании в промышленном производстве пьезокристаллов .....	26
Глава 2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НАЗЕМНОЙ ФОТОСЪЕМКИ ОБЪЕКТОВ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ С ИЗОБРАЖЕНИЯМИ НА СНИМКАХ ИЗ КОСМОСА.....	29
2.1. Идентификация изображений наземной фотосъемки горных и транспортных машин, объектов карьерной логистики с изображениями на снимках из космоса .....	29
2.2. Идентификация изображений наземной фотосъемки объектов горнопромышленных ландшафтов с изображениями на снимках из космоса .....	46
Глава 3. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ И ЭКОЛОГИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ФЛЮСОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И УРАЛА.....	56
3.1. Открытые горные работы на Данковском месторождении доломитов и экология нарушенных земель .....	56
3.2. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на участке «Ситовский» Сокольско-Ситовского месторождения флюсовых известняков на территории Липецкой области.....	74
3.3. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождениях флюсовых известняков «Петропавловское» и «Тургорякское» на территории Свердловской и Челябинской областей .....	83

3.4. Открытые горные работы на Агаповском месторождении флюсовых известняков и экология нарушенных земель.....	97
3.5. Открытые горные работы на Лисьегорском месторождении доломитов и экология нарушенных земель.....	122
3.6. Современное состояние открытых горных работ на месторождениях флюсового сырья для металлургического производства и экология нарушенных земель на территории регионов европейской части России и Урала.....	143
Г л а в а 4. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ И ЭКОЛОГИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ФЛЮСОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	146
4.1. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении кварцитов «Сопка-248» на территории Кемеровской области .....	146
4.2. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на Гурьевском, Малосалаирском и Карачкинском месторождениях флюсовых известняков в Кемеровской области.....	171
4.3. Открытые горные работы на Мазульском месторождении флюсовых известняков в Красноярском крае.....	193
4.4. Информационное обеспечение мониторинга экологии нарушенных земель при разработке Мазульского месторождения флюсовых известняков .....	198
4.5. Открытые горные работы на Кайерканском комплексном месторождении каменного угля и флюсовых песчаников в Красноярском крае.....	210
4.6. Информационное обеспечение мониторинга экологии нарушенных земель при разработке Кайерканского комплексного месторождения каменного угля и флюсовых песчаников.....	217
4.7. Характеристика горнопромышленного ландшафта и экология нарушенных земель на Вознесенском и Пограничном месторождениях флюоритов в Приморском крае .....	229
4.8. Современное состояние открытых горных работ на месторождениях флюсового сырья для металлургического производства и экология нарушенных земель в Сибири и на Дальнем Востоке .....	247
Г л а в а 5. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА И ЭКОЛОГИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕГИОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	250
5.1. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на Пикалевском месторождении известняка в Ленинградской области .....	250
5.2. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на Фокинском месторождении цементного сырья в Брянской области .....	267
5.3. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождениях цементного сырья «Серебрянское I» и «Кумовогорское» в Рязанской области.....	276

5.4. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении цементного сырья «Алексеевское» в Республике Мордовия .....	289
5.5. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на участке «Сокольский» Сокольско-Ситовского месторождения флюсовых и цементных известняков на территории Липецкой области .....	298
5.6. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождениях цементного сырья «Широковское» и «Широковское П» в Ульяновской области.....	307
5.7. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на участке «Полигон» месторождения цементного сырья «Белгородское» в Белгородской области .....	318
5.8. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении цементного сырья «Большевик» в Саратовской области .....	329
5.9. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на Себряковском месторождении цементного сырья в Волгоградской области .....	339
5.10. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на Джегутинском месторождении цементного сырья в Карачаево-Черкесской Республике .....	356
5.11. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождениях цементного сырья Новороссийской группы в Краснодарском крае.....	364
5.12. Современное состояние открытых горных работ на месторождениях цементного сырья и экология нарушенных земель в регионах европейской части России .....	390
<b>Глава 6. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА И ЭКОЛОГИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕГИОНАХ УРАЛА И В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>394</b>
6.1. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка и глинистых сланцев «Ново-Пашийское» в Пермском крае .....	394
6.2. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка «Невьянское I» в Свердловской области.....	407
6.3. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка «Кунарское» в Свердловской области .....	418
6.4. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении мергеля «Гора Груздовник» в Челябинской области.....	428
6.5. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка и глин «Шеинское» в Челябинской области .....	443
6.6. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на Аккермановском месторождении флюсовых известняков в Оренбургской области .....	454
6.7. Современное состояние открытых горных работ на месторождениях цементного сырья и экология нарушенных земель в регионах Урала и в Оренбургской области .....	469

---

Глава 7. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА И ЭКОЛОГИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕГИОНАХ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	473
7.1. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка и глинистых сланцев «Чернореченское» в Новосибирской области.....	473
7.2. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка и глин «Соломинское» в Кемеровской области .....	486
7.3. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка «Торгашинское» в Красноярском крае .....	500
7.4. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении мраморизованного известняка «Перевал» в Иркутской области .....	513
7.5. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка «Таракановское» в Республике Бурятия...524	
7.6. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка «Сасаабытское» в Республике Саха (Якутия) .....	535
7.7. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка «Теплоозерское» в Еврейской автономной области .....	546
7.8. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении известняка «Длинногорское» в Приморском крае .....	553
7.9. Современное состояние открытых горных работ на месторождениях цементного сырья и экология нарушенных земель в Сибири и на Дальнем Востоке.....	566
Глава 8. ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА, МАГНЕЗИТА, ЯНТАРЯ, КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ В РЕГИОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ, УРАЛА И ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....	569
8.1. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении хризотил-асбеста «Баженовское» на территории Свердловской области.....	569
8.2. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении хризотил-асбеста «Киембайское» на территории Оренбургской области.....	582
8.3. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождениях магнезита Саткинской группы на территории Челябинской области .....	592
8.4. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении янтаря «Приморское» на территории Калининградской области.....	602
8.5. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении кварцевых песков «Ташлинское» на территории Ульяновской области.....	613
8.6. Открытые горные работы и экология нарушенных земель на месторождении пьезокварца «Астафьевское» на территории Челябинской области .....	621

---

8.7. Современное состояние открытых горных работ на месторождениях хризотил-асбеста, магнезита, янтаря, кварцевых песков и пьезокварца в регионах европейской части России, Урала и Оренбургской области .....	631
<b>Г л а в а 9. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРКА ГОРНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАРЬЕРАХ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ, НАХОДЯЩИХСЯ В СВОБОДНОМ ДОСТУПЕ .....</b>	<b>635</b>
9.1. Количественные показатели парка горнотранспортного оборудования, задействованного при разработке и переработке нерудных полезных ископаемых на территории России .....	635
9.2. Структура земель под горными работами и сформированными экосистемами на горнопромышленных ландшафтах, образованных при разработке месторождений нерудных полезных ископаемых открытым способом на территории России .....	639
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>644</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>646</b>

## **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕРУДНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

### **1.1. Характеристика горных пород при использовании в металлургической промышленности в виде флюсовых добавок**

Флюсовое сырье – природные соединения, добавляемые при металлургическом переделе руд черных и цветных металлов с целью образования легкоплавких шлаков для более легкого удаления посторонних примесей. В качестве флюса обычно выбирают материал с химическими свойствами, противоположными химическим свойствам пустых пород в рудах. Различают флюсы кислые, основные и нейтральные.

В металлургических процессах получения черного металла (чугуна, стали) используют кислые и основные флюсы. Кислые флюсы – природные соединения, содержащие кремнезем (кварц, кварцевый песок, кварцит и др.), применяются сравнительно редко, так как большинство железных руд и почти все сорта минерального топлива (кокс, антрацит) имеют кремнистую или кремнисто-глиноземную (кислую) пустую породу. Для их флюсовки требуются обычно основные флюсы. К ним относятся соединения, содержащие оксиды кальция, магния, железа и других металлов (известняк, доломит, сода и др.). Широкое применение их в черной металлургии обусловлено тем, что для флюсовки пустой породы руд и золы кокса требуется значительное количество основных оксидов. Кроме того, большинство производственных процессов направлено на удаление вредных примесей, которые можно вывести из расплава полностью или частично при работе на основных шлаках. Для образования последних необходимы значительные добавки основного флюса. Важнейшее требование, предъявляемое к ним, – низкое содержание кремнезема, глинозема и вредных примесей (серы и фосфора).

Известняки, применяемые в качестве флюса, стандартизированы. Отраслевой стандарт ОСТ 1463–80 распространяется на известняки, используемые в доменной шихте в составе агломерата и окатышей, а также



в кусковом виде. В зависимости от назначения изготавливают флюсовые (марки 4-1, 4-2, Ч) и доломитизированные (ЧДУ-1, ЧДУ-2, ЧД-1, ЧД-2) известняки. Стандарт ОСТ 1464-80 распространяется на известняки, применяемые для получения извести, используемой в качестве флюса в сталеплавильном и ферросплавном производствах, а также в кусковом виде в шихте мартеновских печей.

Флюсовые известняки применяют в мартеновском (М-1 и М-2), конвертерном и электросталеплавильном (С-1 и С-2) и в ферросплавном (Ф-1 и Ф-2) производстве, а доломитизированные известняки (КДУ-1 и КДУ-2) – для конвертерного производства. При выплавке стали в мартеновских печах частично, а в конвертерах и электропечах всегда используется обожженная известь. Доломиты применяют в аглодоменном производстве. При коксовой доменной плавке часть известкового флюса может быть заменена доломитом.

В качестве нейтрального флюса используют материалы, содержащие глинозем и фториды кальция (глины, бокситы, плавленый шпат и др.). Плавленый шпат является наиболее эффективным флюсом в металлургии, так как значительно увеличивает жидкоплавкость шлака, что повышает активность реакции взаимодействия между шлаком и металлом. Ограниченное применение его в металлургии по сравнению с флюсовым известняком объясняется относительной дороговизной, незначительными запасами и неблагоприятной географией размещения.

Требования к качеству плавленого-шпатовых концентратов, используемых в цветной и черной металлургии, регламентирует ГОСТ 7618-83. Применяют как флюс концентраты марок ФК-95А и ФК-95Б при выплавке высоколегированных сталей и сплавов специального назначения; ФК-92 и ФГ-92 – при выплавке стали в электродуговых печах и конвертерах; ФК-85, ФГ-95, ФК-75 и ФГ-75 – при выплавке средне- и низколегированной стали; ФГМ-75, ФК-65, ФГ-65 и ФГ-55 – при выплавке обычной стали.

Основные разрабатываемые месторождения флюсового сырья (основные флюсы): Сокольско-Ситовское, Аккермановское, Гальянское и Агаповское (флюсовые известняки). Флюсовый доломит выпускает Данковский доломитный комбинат в соответствии с техническими условиями ТУ 14-16-08-84.

Обязательным компонентом доменной шихты или шихты для производства агломерата и окатышей являются флюсы. Основное назначение их заключается в снижении температур плавления оксидов пустой породы и золы кокса. Кроме того, добавкой флюсов корректируют химический состав доменного шлака, придавая ему необходимые физико-химические свойства, обеспечивающие увеличение или, наоборот, уменьшение степени перехода в чугун того или иного элемента (кремния, марганца, серы и др.), т. е. получение чугуна заданного химического состава и высокого качества.

В зависимости от состава вносимой в печь пустой породы флюсы бывают основные, кислые и глиноземистые. Для выбора флюса используют закономерность, согласно которой при добавке к данному оксиду оксида с противоположными химическими свойствами температура плавления системы (смеси) существенно снижается.

Так как в подавляющем большинстве случаев пустая порода руд представлена кислыми оксидами, главным образом кремнеземом, то наиболее распространенными являются основные флюсы, в качестве которых используют известняк (минерал кальцит –  $\text{CaCO}_3$ ) и реже – доломитизированный известняк, представляющий изоморфную смесь кальцита и доломита ( $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ ). Чистый кальцит содержит 56 %  $\text{CaO}$  и 44 %  $\text{CO}_2$ .

Вредные примеси в известняке – сера и фосфор. Содержание серы в известняках обычно низкое, и она удаляется в процессах окускования и доменной плавки. Фосфор полностью переходит в чугун и поэтому более нежелателен. Техническими условиями предельное содержание фосфора определяется в 0,01 % для обычного и 0,005 % для малофосфористого известняка. Применение доломитизированного известняка вызывается необходимостью повысить в шлаке содержание  $\text{MgO}$  до 6–8 %, что увеличивает его подвижность и устойчивость физико-химических свойств при изменении температуры и состава.

Флюсы, плавни, минеральные вещества добавляют в шихту металлургических печей для получения шлаков определенного химического состава и требуемых физических свойств. Добавка флюсов имеет своей целью как понижение, так и повышение температуры плавления шлака.

Глиноземистые флюсы применяются еще реже, чем флюсы кислые. Это происходит не только потому, что чистые глиноземистые флюсы, например бокситы, довольно редки и достаточно дороги, но и потому, что в большинстве случаев на практике естественное содержание глинозема в шлаках вполне достаточно с точки зрения их физических качеств. С химической же точки зрения содержанию глинозема в шлаках обычно не придается большого значения.

Основные флюсы играют в черной металлургии значительно более важную роль. В числе последних отметим известняк, известь и доломит. На современных металлургических заводах расходуется большой объем основного флюса (известняка и извести): на 1 т чугуна, выплавляемого в коксовых доменных печах, расходуется от 0,4 до 0,8 т известняка; на 1 т основной мартеновской стали – около 0,10–0,12 т (т. е. около 10–12 %) известняка, а на 1 т томасовской стали – 0,12–0,15 т (12–15 %) обожженной извести.

Такое широкое применение основного флюса в черной металлургии объясняется не только тем, что кремнисто-глиноземистая пустая порода руды и зола кокса требуют значительного количества основных окислов

для своей флюсовки, но и тем, что большинство производственных процессов черной металлургии имеет своей главной задачей борьбу с вредными примесями – серой и фосфором. Успешное выполнение этой задачи возможно только при условии работы на основных шлаках, для образования которых необходима добавка значительных количеств основного (известкового) флюса.

В качестве основного флюса коксовой (а иногда и древесноугольной) доменной плавки обычно применяется известняк. Он должен быть достаточно дешев и чист в отношении содержания кремнекислоты, серы, фосфора, мышьяка и других примесей (содержание  $\text{SiO}_2$  в пределах 1–3 %), свободен от примазки земли и глины, достаточно прочен. Известняк применяется в дробленном виде (куски размером до 150 мм в поперечнике) с обязательным отсевом от мелочи и мусора.

При коксовой доменной плавке часть известкового флюса может быть с успехом заменена доломитом, который применяется в таком же виде, как и известняк. Замена известкового флюса доломитом допускается на 1/4–1/5 (до содержания около 10 %  $\text{MgO}$  в доменном шлаке) и дает улучшение физических качеств шлака (увеличение жидкоплавкости при той же температуре плавления). Это значительно облегчает работу доменной печи, особенно при достаточно вязких глиноземистых шлаках. Однако применение доломита в некоторых районах затрудняется более высокими ценами (транспорт) на доломит по сравнению с известняком.

В отличие от флюса доменной плавки известняк, идущий в мартеновские печи, не должен содержать заметных количеств магнезии (не выше 2–3 %  $\text{MgO}$ ), а доломит совершенно не допускается в качестве флюса мартеновского процесса, так как содержание магнезии в основных мартеновских шлаках достаточно высоко вследствие разъедания основной (магнезитовой или доломитовой) наварки подины и откосов печи. Вместо известняка в основной мартеновской печи частично, а в электропечах и томасовском конвертере всегда применяется обожженная известь.

Наиболее эффективным флюсом основного мартеновского процесса является плавленый шпат, или фтористый кальций ( $\text{CaF}_2$ ). Применение  $\text{CaF}_2$  основано на его способности увеличивать жидкоплавкость основного мартеновского шлака, а следовательно, значительно повышать его активность и ускорять реакции взаимодействия между шлаком и металлом, например, при удалении серы в основной мартеновской печи.

Благотворное влияние плавленого шпата на удаление серы проявляется еще и в том, что фтор окончательно выводит часть серы из баланса мартеновской плавки. Расход плавленого шпата в зависимости от качества получаемой стали обычно колеблется в пределах 0,1–0,4 % от веса металлической садки. В особо трудных случаях работы с густыми шлаками (высокое содержание окислов хрома и т. д.) расход  $\text{CaF}_2$  повышается до 2 %

и более (халиловские плавки). Плавиковый шпат представляет собой реагент, достаточно удобный для хранения и обращения с ним. Плавиковый шпат должен быть чист в отношении  $\text{SiO}_2$  и не иметь включений пирита, ясно видимых невооруженным глазом.

В качестве флюса в металлургии цветных металлов применяют почти те же материалы, что и в металлургии черных металлов. Наиболее распространенными флюсами являются известняк, доломит, железные руды, марганцовые руды, кварц и алюмосиликаты; кроме того в качестве флюса употребляют плавиковый шпат, сульфиды (например, пирит), гипс и барит. Сульфиды используют с целью сульфуризации, т.е. для образования штейна, во избежание перехода в шлак ценных металлов в случае руд, содержащих мало серы. Известь в металлургии цветных металлов может оказаться полезной только в специальных условиях при высоких фрахтах на флюсы. В свинцовой плавке известь (известняк) вводится, заменяя железо в шлаках.

## **1.2. Характеристика горных пород при использовании в цементной промышленности**

Цемент считают одним из самых востребованных строительных материалов. Область применения цемента практически не ограничена. Его используют при возведении фундаментов и устройстве кровель, укладке напольных покрытий и установке сантехприборов. Основная функция цемента – скрепление конструктивных элементов возводимых зданий. Он входит в состав бетонных растворов, применяемых для изготовления строительных конструкций, с его помощью выравнивают различные поверхности. Любой, даже самый незначительный домашний ремонт не обходится без этого универсального материала.

С латинского *caementum* переводится как щебень или битый камень. Этот порошкообразный материал является искусственно созданным вяжущим, состоящим из клинкера, определенного количества гипса, минеральных добавок и различных наполнителей. При добавлении в цемент воды или других жидкостей образуется пластичная масса, способная при затвердевании превращаться в камневидное тело.

Цемент служит основой бетонного и цементно-песчаного раствора. Он обладает уникальной способностью набирать свою прочность при воздействии влаги в отличие от гипса или воздушной извести, твердеющих в сухих условиях. Интересен тот факт, что еще древние римляне к извести подмешивали вулканический пепел или дробленый камень. Это можно считать началом истории появления цемента.

От содержания минеральных составляющих во многом зависят характеристики цемента и его разновидности. Основные из них:

- портландцемент (пластифицированный, быстротвердеющий, пуццолановый) – имеет широкую область применения практически во всех строительных сферах;

- глиноземистый – незаменим при срочных аварийных работах, в зимний период времени и при возможном воздействии минерализованных вод. Он быстро схватывается, но в условиях жаркого климата не применяется;

- магнезиальный – используют при устройстве магнезиальных полов;

- белый – относится к портландцементам, но имеет свои уникальные характеристики, которые позволяют изготавливать из него скульптурные композиции и архитектурные фасадные элементы. При добавлении в состав цветного пигмента белый цемент используют в качестве декоративных покрытий;

- кислотоупорный – предназначается для изготовления бетонов и растворов с кислотоустойчивыми свойствами, но при воздействии воды и едких щелочей он теряет свою прочность;

- гидрофобный – находит применение при производстве ячеистых бетонов, обладает высокой морозостойкостью и малым водопоглощением;

- водонепроницаемый – основополагающий материал, используемый при устройстве гидроизоляции конструкций, испытывающих повышенную влажность, в том числе для заделки растрескиваний и трещин в железобетонных конструкциях, подвергающихся воздействию влаги;

- шлаковый – применяют в подземных и подводных строениях, при изготовлении автоклавных материалов.

Сфера использования различных видов цемента зависит от его марки, которая выражается в цифрах, обозначающих прочность на сжатие в  $\text{кг}/\text{см}^2$ . Наиболее распространены марки 400 и 500, без которых при возведении любого строительного сооружения обойтись просто невозможно. Более прочный цемент – М 600 – используется для военных объектов.

Способы производства вяжущих веществ были изобретены в 3–4 тысячелетия до н. э. Это происходило в процессе обжига горных пород и последующего измельчения продуктов обжига. Первые искусственно созданные вяжущие вещества – известь и строительный гипс – применялись во время строительства бетонной галереи лабиринта в Египте в 3600 г. до н. э., римского Пантеона, Великой Китайской стены, фундаментов древних домов в Мексике. Вяжущие материалы – известь, гипс и глина – обладают способностью затвердевать только на воздухе, потому они и называются воздушными. Прочность у всех воздушных вяжущих материалов довольно невысокая.

Со временем водостойкость таких известковых растворов уже умели повышать путем ввода в раствор обожженной глины мелкого помола и вулканических пород, называемых «пуццоланы» (залежи этих пород находились в Древнем Риме возле города Поццуолли). В Москве с 1584 г. действовал так называемый Каменный приказ, основной задачей которого было производство кирпича и заготовка камня для строительства, также он занимался и производством извести. На протяжении многих тысячелетий только воздушная известь и гипс были вяжущими материалами. Их большим недостатком была низкая водостойкость.

В XVIII в. связи с интенсивным развитием промышленности в России возникла необходимость в систематизации знаний о вяжущих веществах, в создании их усовершенствованных видов. В России цемент известен с 1822 г. Русский строитель Е.Челиев методом смешивания глины и извести получил материал с вяжущими свойствами. Через несколько лет он выпустил книгу, в которой описал процесс приготовления цементных материалов и бетона, а также все преимущества их использования при кладке кирпичей в строительстве набережных и зданий.

Англичанин Д. Аспинд в 1824 г. получил патент на изготовление цемента. Он предложил изготавливать его следующим образом: нужно смешать глину и известковую пыль и эту смесь подвергнуть обработке при высокой температуре. Получался серый материал (клинкер). Его необходимо было измельчить до мелкого помола и смешать с водой. При высыхании появлялся материал высокой прочности. Этот материал назвали портландцементом. В городе Портланд добывали камень, похожий своей прочностью и цветом на цемент, который был получен Д. Аспиндом.

Цемент был оценен по достоинству. Сейчас без его использования нельзя представить себе ни одно строительство или ремонт. Цемент не конкретный строительный материал. Это название обобщает группу веществ с такими физическими характеристиками, как вязкость, порошкообразность, способность образовывать вместе с водой пластичную массу, которая принимает, высыхая, камневидное состояние. Этот процесс полностью односторонний.

Если цемент затвердел, то в первоначальное состояние он не вернется никогда. Основные компоненты цемента – глинистые, мергелистые, известковые породы и добавки (шлак, бокситы и др.) В процессе высокотемпературной и высокотехнологичной обработки сырье попадает в стадию частичного либо полного плавления. При этом процессе образуются алюминаты или силикаты кальция, благодаря им цемент приобретает высокую прочность. Есть очень много видов цемента: портландцемент, глиноземистый цемент, пуццолановый и шлаковый цементы, специальные цементы, например кислотоупорный, и др.

Цементное сырье – минеральные образования, которые используют для производства цемента. Для производства 1 т цементного клинкера (полупродукта, получаемого при обжиге тонкоизмельченной смеси известняка с глиной) расходуется 1,7–2,1 т основного минерального сырья средней влажности, причем 75–82 % составляет карбонатный компонент, 18–25 % – глинистый. Все другие виды сырьевых материалов (железистые добавки, флюорит, фосфогипс, кремнефтористый натрий) применяются в значительно меньших количествах. Из природных образований в качестве добавок при помолу цемента широко применяются искусственные гидравлические добавки (доменные гранулированные шлаки, золы уноса сланцев и углей при сжигании их в топках электростанций), а также осадочные и вулканические горные породы, а для регулирования сроков схватывания цемента – гипс.

Из карбонатных пород используют известняк, мел, известняк-ракушечник, известковый туф; из карбонатно-глинистых – мергелистый известняк, мергель, из глинистых – глины, суглинки, глинистый сланец, лесс, лессовидные суглинки. В качестве добавок применяют породы осадочного (диатомит, трепелы, опоки, глиежи, спонгиолиты) и вулканического (пеплы, туфы, пемза и трасс) происхождения. В последние годы в сырьевую цементную шихту вводят техногенные продукты, шлаки, золы, заменяющие глинистую и частично карбонатную или только глинистую часть шихты. Технические условия, определяющие качество основных видов цементирования скважин для производства портландцементного клинкера, учитывают химически-минералогический состав клинкера, характеризующийся коэффициентом насыщения, силикатным и глиноземным модулями.

### **1.3. Характеристика и использование хризотил-асбеста в промышленности**

Асбестом называют группу тонковолокнистых минералов из группы силикатов, его еще именуют горным льном за белый цвет и внешнее сходство с растением. Человек применяет этот минерал с древнейших времен. В Европе его активно использовали уже в Средние века, а в России производство асбеста началось во времена Петра I. Сегодня он применяется в строительстве, автомобилестроении, авиационной и космической промышленности, а также в других отраслях.

Существует два основных вида минерала: хризотил-асбест и амфиболовый асбест. Хризотил-асбест еще называют белым асбестом, хотя он может иметь и другой цвет – желтый, зеленый и даже черный. Он имеет формулу  $3\text{MgO}_2\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$ , представляет собой слоистый силикат. Хризотил-

асбест устойчив к действию щелочей, но разлагается в кислотной среде. Этот вид асбеста распространен на территории России. Амфиболовый асбест имеет схожие с хризотил-асбестом физические свойства, но отличается от него структурно. Его волокна устойчивы в нейтральной и кислой средах. Он уступает хризотил-асбесту по эксплуатационным качествам, поэтому используется значительно реже. Кроме того, амфиболовый асбест выделяет канцерогенные вещества, в связи с этим запрещен в европейских странах. Он имеет следующие разновидности: крокидолит, амозит, тремолит, антофиллит, актинолит.

Сегодня промышленность активно применяют хризотил-асбест, который входит в состав самых разных материалов. Хризотил обладает следующими свойствами: низкая электропроводность, высокая теплостойкость, устойчивость к действию радиации, высокая адсорбционная способность. Хризотил не растворяется в воде, химически инертен, устойчив к воздействию озона и кислорода. Он отличается высокой прочностью, является высококачественным электроизоляционным и теплоизоляционным материалом. Именно эти его свойства чаще всего используются человеком.

Хризотил подразделяется на восемь сортов. Определяющим критерием является длина волокон. Первые три сорта характеризуются длинными волокнами и являются текстильными. Последние сорта, наоборот, имеют короткие волокна и применяются в строительстве. Хризотил может иметь разную текстуру и подразделяется на жесткий, полужесткий и мягкий. В жестком хризотиле преобладают иголки, в мягком – распушенное волокно.

Асбест используют в производстве самых разных материалов. На сегодня известно более трех тысяч наименований изделий, в состав которых входит этот минерал.

В строительстве используются такие свойства хризотила-асбеста, как прочность и огнеупорность. Асбестовые плиты являются популярным строительным материалом. Кроме того, асбестовые волокна входят в состав некоторых напольных покрытий и кровельных материалов. Асбестовая вата используется в качестве теплоизолятора.

В машиностроении и металлургии благодаря огнеупорным свойствам асбестовое напыление часто наносится на кабели и различные конструкции из стали и бетона. Асбестоцементные трубы применяются в канализационных, вентиляционных и трубопроводных системах промышленных предприятий и жилых домов. Такие трубы отличаются высокой прочностью, но поскольку есть вероятность попадания паров асбеста в жилое помещение, сегодня их используют все реже. Тем не менее в машиностроении и черной металлургии асбопрокладочные материалы широко применяются и в настоящее время.



В химической промышленности хризотил находит широкое применение в производстве различных пластмасс, асбесторезиновых листов, асбестобитумных и асбестосмоляных изделий. Кроме того, он используется в производстве бумаги, лаков и красок. Хризотил часто применяют при изготовлении теплоизоляционных материалов и в производстве изделий с высокой степенью устойчивости к щелочам и кислотам.

В текстильной промышленности используют асбест 0–2 групп, называющийся текстильным, так как он имеет длинные волокна. В сочетании с хлопком его используют для производства спецодежды – огнезащитных костюмов, фартуков, перчаток, шлемов, – а для изготовления тканей для турбогенераторов, приводных ремней, тормозных лент и уплотняющих прокладок.

Хризотил-асбест является основой многих современных материалов: различные картоны, асбестовые нити, шнуры, жгуты, ткани, пластики, асбестоцементные изделия. Для производства картонов используется волокно длиной до 8 мм, для производства тканей – свыше 12 мм. Изделия на основе этого минерала активно используются в России. Так, в качестве промышленных теплоизоляторов применяют асбопухшнур, асбестоизвестьковые изделия, совелит, вулканит и другие материалы.

Далее представим краткую характеристику наиболее распространенных видов изделий, произведенных с использованием асбеста. Пеноасбест получают из первых сортов хризотил-асбеста. Он является одним из самых легких среди теплоизоляционных материалов. Его плотность составляет 25–50 кг/м<sup>3</sup>. Максимальная температура использования равна 400 °С. Материал широко используется в строительстве и промышленности.

В асбокартоне содержание хризотила составляет около 98–99 %. Он производится по ГОСТ 2850–95, может выдерживать температуру до 500 °С. Толщина листа варьируется от 2 до 6 мм. Гарантия на материал составляет не менее десяти лет с момента производства.

Асбестовая ткань – текстиль на основе хризотил-асбеста – применяется для пошива жаропрочной спецодежды, теплоизоляции нагревательных приборов и печей. Максимальная эксплуатационная температура 500 °С.

Предельная температура эксплуатации асбестового шнура составляет 400 °С. Он применяется в самых разных промышленных агрегатах, где наблюдаются высокие рабочие температуры. Может применяться в разных средах: газе, паре, воде.

Асбест сухой используется для теплоизоляции на различных производствах черной металлургии, химической промышленности и строительстве.

Сфера применения различных материалов на основе хризотил-асбеста достаточно широка. Приблизительно 60 % выпускаемого в России

асбеста идет на производство асбестоцементных изделий, прежде всего труб и кровельного материала. Остальной объем используется в текстильной промышленности.

На смену хризотил-асбесту постепенно приходят более современные и безопасные материалы, однако до сих пор он пользуется большой популярностью. Востребованность минерала объясняется его доступностью и низкой ценой. Поэтому объемы его производства еще долго будут оставаться на достаточно высоком уровне. В настоящее время Россия является ведущей страной по добыче и производству асбестосодержащих изделий. В долгосрочной перспективе на смену асбесту придут новые материалы, однако пока дешевых заменителей, превосходящих его по физико-химическим свойствам, не создано.

## **1.4. Характеристика и использование горных пород в производстве огнеупорных изделий и материалов**

Магнезит – довольно распространенный минерал. Это отличное сырье для получения магнезия, широко применяется в промышленности для получения огнеупорных материалов. В ювелирном деле минерал используется не так часто. Внешне магнезит напоминает мрамор, но иногда встречаются прозрачные блестящие кристаллы с легкими оттенками желтого, коричневого цветов или прозрачные. Именно такие самородки представляют интерес для тех, кому нравятся редкие украшения из натуральных самоцветов.

Родина магнезитов – Греция. Именно там, в провинции Магнасия, были найдены первые образцы самоцвета, который стали называть магнезитом. В Греции и сегодня сконцентрированы большие залежи магнезиевой руды. Месторождения активно разрабатывают не только в Греции, но и в других странах. Крупные залежи магнезита найдены и в России: на Урале в районе г. Златоуста, на Дальнем Востоке. Савинское месторождение, расположенное в Иркутской области, является самым крупным в мире. На Урале добывают знаменитый каракульчатый магнезит, имеющий ценные декоративные свойства.

По химическому составу магнезит на 47,6 % состоит из оксида марганца, на 52,4 % – из углекислого газа и в чистом виде имеет белый или серый цвет. Оттенки возникают в результате присутствия примесей железа, марганца или калия. Кристаллы камня отличаются повышенной плотностью, разной зернистостью, являются хрупкими и очень чувствительными к нагреву. Минерал имеет гидротермальное происхождение. Обработывают магнезитовую руду при помощи высокой температуры. Нагревая породу до 750–1 000 °С, получают порошок магнезию. При температуре от 1 500 до 2 000 °С из породы окончательно выпаривается

углекислый газ и образуется кристаллическая огнеупорная магнезия. В электропечах при температуре 3 000 °С получают особо чистый плавильный периклаз.

Наиболее широко применяется огнеупорная магнезия: ее используют в металлургической промышленности. Каустическая магнезия задействуется в химической промышленности для производства красок, синтетического каучука и удобрений, для производства цемента, в целлюлозно-бумажной промышленности. Также ее используют для изготовления очистительных фильтров для газа и воды. Магнезит очень эффективно очищает воду, выводя из нее тяжелые металлы. Минерал широко применяется в пищевой промышленности и в виноделии, в стекольной промышленности и производстве керамики, для изготовления огнеупорного кирпича, при переработке урана и в производстве антикоррозийных добавок. Применение магнезита в строительстве продиктовано внедрением новых технологий. Минерал научились использовать для изготовления строительных плит нового поколения. Плиты обладают массой полезных свойств: высокой звукоизоляцией, теплоизоляцией, влагоустойчивостью, морозоустойчивостью и экологичностью.

Магнезитовые плиты очень просты в обработке, они легко гнутся, режутся, что позволяет применять их при отделке внутренних поверхностей зданий и сооружений. К новым технологиям в строительстве относятся и теплые бесшовные полы, выполняющиеся на основе магнезитового цемента.

## 1.5. Характеристика и использование янтаря

Вопросом о происхождении необыкновенного солнечно-оранжевого «камня» заинтересовался еще Плиний Старший почти две тысячи лет назад. После внимательного изучения древнеримский писатель пришел к выводу, что янтарь – это древесная смола. В середине XVIII в. М. В. Ломоносов привел доказательство того, что янтарь – полностью органический продукт.

Привычное нам название камня появилось в XVI в.: вначале в форме старославянского *gentator*, затем *gintaras* на литовском, превратившись далее в «янтарь». На немецком же янтарь в XIII в. носил название «горящий камень»: для использования целебных свойств камня его поджигали и вдыхали дым.

Несмотря на то что разнообразные включения в виде насекомых могут показаться недостатком янтаря, именно такие экземпляры имеют большую ценность среди коллекционеров.

Янтарь представляет собой окаменевшую смолу – в основном хвойных пород деревьев. Средний возраст янтаря составляет 40–50 млн лет,

а расцветка варьируется от почти белой и бледно-желтой до бурой, особую ценность имеют экземпляры зеленых оттенков. Самым же редким и дорогим является голубой янтарь.

Твердость уникального камня совсем невелика – от 2 до 2,5 по шкале Мооса. Плотность также очень небольшая и колеблется от 1,05 до 1,09 г/см<sup>3</sup>, в самых редких случаях может достигать 1,3 г/см<sup>3</sup>. Янтарь часто имеет посторонние включения и примеси, в том числе в виде железа, азота, алюминия, серы. Основной химический состав янтара представляет собой смесь из углерода, кислорода и водорода, формула C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O.

Янтарь легко воспламеняется при контакте с открытым огнем и издает при этом характерный хвойный запах. Кроме того, он электризуется при интенсивном трении. И несмотря на то что этот камень очень нежный и легкоповреждаемый, существует особая его разновидность, которая даже подвергается огранке, – бирманский янтарь.

Самым большим и известным месторождением янтара является Приморское вблизи пос. Янтарный, в Калининградской области.

В небольших объемах янтарь находят и за границей: в США, Канаде, Мексике, в Румынии и Доминиканской Республике, где добывается в том числе редчайший голубой янтарь. Также три месторождения действуют на территории Украины.

Камень содержит в себе большое количество примесей. В их числе алюминий, железо, кальций, кремний и др. Относится к непрозрачным или полупрозрачным минералам. Может наблюдаться нескольких видов блеска – стеклянный, матовый или жирный. Обработка и создание украшений не занимает много времени. Количество примесей – непосредственная причина получаемого оттенка самоцвета. Чем их больше, тем насыщеннее цвет камня. Окрасок янтара насчитывают более трехсот видов, и каждый из представителей отличается друг от друга.

Органический камень может быть красным, светло-медовым, коричневым с черным, светло-желтым, золотым, зеленым, молочно-бежевым или цвета слоновой кости. Это один из немногих самоцветов, гамма которого меняется от бесцветного до ярко-темного.

Самая популярная сфера использования – это ювелирное искусство. Из янтара изготавливают браслеты, броши, серьги, а также бусы и кулоны. Оправой может выступать недрагоценный металл, серебро или золото. От этого будет зависеть конечная стоимость ювелирного украшения. Особой популярностью пользуются бусы и браслеты с растениями или насекомыми внутри камня. Часто можно увидеть и такие необычные перстни. Можно встретить уникальные сувенирные шедевры из этого самоцвета, такие как шкатулки, брелки, посуда, часы и фигуры в настольных играх. Они не только красиво смотрятся, но и приносят в дом изобилие и удачу.

Часто можно встретить янтарь в качестве украшений икон или картин. Для этого берут камни небольшого размера, которые остаются после создания украшений, красивы картины на тему природы, потому что там преобладают камни золотого цвета, которые переливаются на солнце. Янтарный лак используют для покрытия музыкальных инструментов.

Самым масштабным и дорогим изделием из янтаря считается Янтарная комната. Этот знаменитый шедевр, относящийся к XVIII в., является наглядным примером применения янтаря.

Комната изначально была создана в виде кабинета для прусского короля Фридриха I, на его изготовление ушло 10 лет начиная с 1701 г. Отделкой кабинета являлись янтарные панно, панели и единичные украшения. После того как кабинет был подарен Петру I, он был дополнен зеркальными пилястрами. Причина такой «доделки» банальна – помещение, в котором был выставлен кабинет, по своим размерам значительно превышало его габариты. Окончательно в Янтарную комнату кабинет трансформировался к 1770 г. Благодаря стараниям Б. Ф. Растрелли по указанию Елизаветы Петровны в отделке появились мозаичные картины из агата и яшмы, золоченая резьба. Комната стала роскошнее и еще больше.

Располагалась комната в Екатерининском дворце в Царском Селе, который в годы Великой Отечественной войны оказался на оккупированной территории. В ходе военных действий комната исчезла, причем доподлинно не известно, при каких обстоятельствах это произошло и где сейчас находится основная масса первоначальной отделки.

## **1.6. Характеристика и применение кварцевых песков в промышленности и народном хозяйстве**

Кварцевый песок представляет собой зернистый материал минерального происхождения. Образуется в результате разрушения кварцсодержащих пород. Распространение в земной коре очень широкое. Размер фракций песка варьируется в пределах 0,1–6 мм. В составе кварцевых пород часто содержатся различные примеси в виде глинистых карбонатов, оксидов железа, полевых шпатов и других горных пород. Они придают кварцу (от природы прозрачному или белому) различные оттенки. Меняется цветовая гамма – от желтого до красно-бурого и даже черного. Чистые кварцевые пески имеют минимум инертных примесей: до 99 % состава занимает кремнезем. Химическая формула  $\text{SiO}_2$ . Цвет кварцевого песка без примесей молочный.

Кварцевый песок подразделяют на две разновидности: материал природного и искусственного происхождения. Первый встречается в виде

обогащенного кварцевого песка разных фракций, и его добывают на месторождениях механическим способом. Второй также имеет естественное происхождение: сырьем служит кварц жильный дробленый – горная порода – чистый кварц. Для добычи применяют буровзрывной способ, а затем полученный материал дробится для дальнейшего использования.

Кварцевый песок подразделяется на несколько категорий по происхождению. Речной, горный и погребной песок добывается соответственно на побережьях рек, в местах выхода скальных пород и под почвой на некоторой глубине. Речная разновидность содержит минимальное количество загрязняющих примесей.

Песок кварцевый разделяют также по форме крупинок – на окатанный и дробленый. Окатанный имеет вид округлых зерен, дробленый выглядит как неровные колотые крупинки. Добытый песок проходит ряд технологических процессов: промывку от грязевых отложений и очистку от примесей механическим методом. Данный процесс называют обогатительным, он служит для получения песка необходимого качества. В результате увеличивается содержание кварцевой породы и получается чистейший материал, который после сушки на специальных установках проходит через ряд сит и распределяется на фракции. Полученную продукцию называют фракционированным кварцевым песком.

Особенность кварцевого песка, отличающая его от других видов песка, состоит в том, что материал этот является мономинеральным, т. е. состоящим только из одного минерала – кварца. Эта однородность делает его ценным промышленным сырьем. Малая доля примесей позволяет получить из сырья стекло с высокой степенью прозрачности. Еще одна особенность – межзерновая пористость. По сравнению с другими материалами кварцевый песок обеспечивает наибольшую грязеемкость. К этому свойству добавляется малая степень износа песчинок – и кварцевый песок отлично проявляет себя уже как фильтрующий материал.

Кристаллическая структура кварца придает ему и полученному из него песку исключительные характеристики прочности и устойчивости к действию щелочных и кислотных материалов. Очень высокая твердость, тугоплавкость и химический состав кварцевого песка обуславливают его повышенную огнеупорность и пожаробезопасность. Материал по своим свойствам соответствует диэлектрику и инертен к широкому ряду химических веществ.

Истираемость, дробимость и твердость кварцевого песка – косвенные показатели его прочности. Для определения значений проводят испытания зерен на вращающемся истирающемся круге из металла, сжатие массы фракций механическим способом и царапание зерном эталона и, наоборот, эталоном зерна. Весь кварцевый песок подразделяется на пылевидный – менее 0,1 мм, мелкозернистый – 0,1–0,8 мм, среднезернистый –

0,8–1,6 мм, крупнозернистый – 1,6–6,0 мм. Кварцевый песок пылевидный и мелкозернистый применяют в составе разных строительных материалов, таких как строительные смеси, шпатлевки, затирки, абразивные материалы, тонкие штукатурки и краски.

Кварцевый песок средней зернистости используют для фильтрации и очистки жидкостей, пескоструйных работ, строительных смесей, фасадных и интерьерных штукатурок, наливных полов, бетонных растворов, в ландшафтном дизайне, для засыпки спортивных площадок.

Материал крупных фракций применяют для изготовления тротуарной плитки, бетонных блоков, декорирования ландшафта, а также для фильтрации.

Песок всех фракций находит применение в стекольной, литейной и химической промышленности.

Химические и физические свойства кварцевого песка обуславливают идеальные качества для использования его в качестве фильтра для воды. Питьевая или технического назначения вода, в том числе и в бассейнах, может быть качественно и легко очищена от механических примесей с одновременным снижением содержания железа, фторидов, хлоридов, сульфатов, солей тяжелых металлов и других вредных примесей.

Кварцевый песок для фильтров используется в первой ступени многоступенчатых бытовых и промышленных фильтров для предварительной механической очистки.

Один из наиболее эффективных приемов очистки поверхностей – пескоструйная обработка. На поверхность (стекло, металл, камень, дерево), которую необходимо очистить, с помощью сжатой струи воздуха или воды распыляется кварцевый песок или другой абразив. Сегодня имеется широкое разнообразие абразивных материалов, но сухой кварцевый песок остается наиболее востребованным для пескоструйных работ.

Кварцевый песок используют в обустройстве полимерных полов. Применение кварцевого песка является эффективным способом удешевления традиционных наливных полов. Чаще всего полимерные полы необходимы в помещениях с существенными абразивными нагрузками на бетонную поверхность. Наливные полы в данном случае используют как финишное декоративное покрытие. Оно имеет гладкую и привлекательную поверхность, отлично сопротивляется нагрузкам. Для такого пола характерна малая истираемость, так как полимер в данном случае хорош как связующее, а основную функциональную нагрузку, связанную с износом, несет наполнитель из кварца, истираемость которого крайне низка.

Формовочный кварцевый песок применяют в металлургической промышленности для изготовления форм для литья и стержней. Качество литья в разовые формы непосредственно связано с характеристиками формовочного песка. Точность отливки, качество ее поверхности, структура

и свойства литейных сплавов, вероятность развития дефектов и необходимость в сложных финишных операциях в большой степени зависят от характеристик песка. Формовочные кварцевые пески имеют коэффициент однородности от 72 до 80 % и отличаются повышенной прочностью и огнеупорностью.

Стекольная промышленность состоит в группе основных потребителей кварцевого песка. Стекольный кварцевый песок, предназначенный для изготовления стекла, должен соответствовать особым требованиям. В материале доля оксида кремния должна быть не менее 95 %, глинистые примеси составлять не более 1 %, оксид железа – не более 1 %. В высоких марках содержание оксида кремния достигает 99,8 %. Влага в просушенном песке должна составлять не более 0,5 %. Доля примесей в песке напрямую влияет на прозрачность изготовленного из него стекла. Кварцевый песок – основа для изготовления всех видов стекла. Из него изготавливают: обычное оконное, медицинское стекло, стекловолокно, лабораторное стекло, стекло для электронных изделий и др.

## **1.7. Характеристика горных пород при использовании в промышленном производстве пьезокристаллов**

В качестве сырья для пьезооптической и оптической отраслей промышленности используются кристаллы  $\beta$ -кварца, кристаллизующегося в тригональной сингонии. К разновидностям  $\beta$ -кварца относятся прозрачный бесцветный горный хрусталь, золотисто-желтый цитрин, фиолетовый аметист, смоляно-черный морион, дымчатый раухтопаз, розовый кварц.

Твердость  $\beta$ -кварца по шкале Мооса составляет 7; плотность 2,65–2,66 г/см<sup>3</sup>; он хорошо пропускает ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, термостоек, плохо проводит электрический ток, химически стоек (но хорошо растворяется в плавиковой кислоте). Кристаллы кварца способны изменять плоскость поляризации.

У кварца высокая прочность: для разрыва кристалла, поперечное сечение которого 1 см<sup>2</sup>, необходима сила около 1 000 кг, а для того чтобы раздавить кварцевый кубик объемом 1 см<sup>3</sup>, требуется груз массой несколько тонн.

Пьезоэлектрические свойства кристаллов  $\beta$ -кварца были открыты французскими физиками Пьером и Жаком Кюри еще в 1880 г. Пьезоэффект проявляется при сжимании или растягивании пластинок, изготовленных из кристаллов кварца. Усилие прилагают в направлении двойной оси; при этом возникают электрические заряды с противоположными знаками



на разных концах пластинки. Если же к пластинке кварца, помещенной между двумя металлическими электродами, подключить электрический ток, то пластинка будет сжиматься или растягиваться в зависимости от направления тока; при переменном токе пластинка перейдет в состояние упругого колебания. Пьезоэффект не проявляется в направлении оси третьего порядка.

Благодаря пьезоэффекту кристаллы  $\beta$ -кварца применяются в радиотехнике, ультразвуковой гидроакустике, дефектоскопии, а также при изучении свойств газов, жидкостей и твердых тел, при исследовании вибраций, в пьезометрии для измерения давления, вибраций, вибрации мостов и т. п., для изготовления линз и пластинок с целью получения ультразвуковых волн. Кварцевые пластинки применяют при изготовлении пьезоэлектрических резонаторов и фильтров радиочастот, в пьезометрических звукоснимателях, пьезоэлектрических микрофонах, громкоговорителях, акселерографах, монометрах.

Оптический кварц применяют для призм спектрографов, окошек и линз, пропускающих ультрафиолетовые лучи, пластинок и клиньев для поляризационных микроскопов, призм Френеля, светофильтров, в поляриметрах, сахариметрах и других изделиях.

Горный хрусталь и окрашенные разности  $\beta$ -кварца находят применение в гранильно-ювелирном деле.

Кристаллы кварца с высокой химической чистотой используют для плавки и варки весьма ценных оптических стекол. Плавка и варка оптических стекол в последние годы получили исключительно широкое развитие. Частичной заменой кристаллов  $\beta$ -кварца для этих целей является чистый жильный кварц, нередко предварительно проходящий стадию обогащения, в том числе от части газовой-жидких включений, а также синтетические кремниевые продукты.

Согласно отраслевому стандарту, пьезокварцевое природное сырье может быть представлено кристаллами кварца, их обломками и галькой. При оценке этого сырья и классификации по сортам учитывают размер бездефектной области (монообласти), ее выход и наличие допустимых дефектов в монообласти. Минимальные размеры монообласти должны обеспечивать как минимум выход одной заготовки пьезокварцевой пластины размером  $12 \times 12 \times 1,5$  мм.

К дефектам пьезокварца относят твердые и газовой-жидкие включения, видимые невооруженным глазом, а также трещины, свили, бразильские и дофинейские двойники. Дефектами оптического кварца считают твердые и газовой-жидкие включения с размером в поперечнике свыше  $0,1$  мм при концентрации их более одного включения на  $1 \text{ см}^3$ , а также трещины, свили, окрашенность, голубые и темные нити (возможно, связанные с наличием мельчайших включений), бразильские двойники.