

# ГИПС В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ



НАУКА - ПРОИЗВОДСТВУ

А. В. Ферронская, В. Ф. Коровяков,  
И. М. Баранов, А. Ф. Бурьянов, Ю. Г. Лосев,  
В. В. Поплавский, А. В. Шишин

# ГИПС В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Под общей редакцией профессора,  
доктора технических наук А. В. Ферронской



Издательство Ассоциации строительных вузов  
Москва  
2008

Рецензенты:

доктор техн. наук, профессор Е. Д. Белоусов;  
доктор техн. наук, профессор В. С. Лесовик.

**Ферронская А. В., Коровяков В. Ф., Баранов И. М., Бурьянов А. Ф., Лосев Ю. Г., Поплавский В. В., Шишин А. В.**

Гипс в малоэтажном строительстве / Под общей ред. А. В. Ферронской.  
– М.: Изд-во АСВ, 240 с., с илл.

ISBN 978-5-93093-615-5

Монография содержит основные сведения о гипсовой промышленности от добычи и переработки сырья до производства и применения гипсовых материалов и изделий. Даются основные технико-экономические и экологические аспекты применения гипсовых вяжущих (неводостойких и водостойких), материалов и изделий на их основе в жилищном строительстве, особенно в малоэтажном. Особое внимание уделено бетонам и растворам на основе гипсовых вяжущих и сухим гипсовым смесям, их составам, свойствам, областям применения в строительстве; строительным системам с использованием гипсовых материалов и изделий. Приводятся примеры проектных решений малоэтажных зданий и их технико-экономической и экологической эффективности.

Монография предназначена для инженерно-технических работников предприятий по производству гипсовых материалов и изделий, специалистов строительных, проектных, научно-исследовательских организаций, предпринимателей среднего и малого бизнеса, а также для преподавателей, студентов, аспирантов вузов и средних специальных учебных заведений.

ISBN 978-5-93093-615-5

© Коллектив авторов, 2008  
© Издательство АСВ, 2008

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших направлений социально-экономической политики в РФ сегодня является увеличение объемов жилищного строительства в соответствии с ФЦП «Жилище» и НП «Доступное и комфортное жилье – гражданам России».

И это не случайно. Около 70% россиян нуждаются в улучшении жилищных условий, а 4,5 млн семей стоят в очереди на получение жилья по 15...20 лет.

В связи с этим общая потребность населения РФ в жилье составляет около 1,57 млрд м<sup>2</sup>.

В соответствии с планом реализации НП «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» планируется ввод более 80 млн м<sup>2</sup> жилья к 2010 г.

Для большинства граждан России слово «жилье» ассоциируется, как правило, с квартирой или с индивидуальным домом.

И не случайно в ФЦП «Жилище» основным направлением в жилищной сфере является постепенный переход на преимущественный рост малоэтажного строительства. Вот почему в общем объеме жилищного строительства будет расти объем малоэтажного строительства, особенно в регионах, которое составит к 2010 г. более 40% от всего жилищного строительства.

Все это обуславливает переход строительного комплекса на новые строительные системы как для многоэтажных, так и малоэтажных зданий.

Для осуществления жилищного строительства в указанных направлениях потребуется увеличение производства строительных материалов и изделий в 1,5...2 раза.

Следовательно, одной из важнейших задач промышленности строительных материалов (ПСМ) является развитие отечественного производства эффективных, современных по дизайну строительных материалов и изделий. А это значит, что производство их должно быть в различных регионах РФ экономически обосновано с учетом спроса на рынке, оптимального использования имеющегося сырья, преимущественно местного или техногенного, максимальной экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов и, конечно, с учетом экологической безопасности как самих материалов и изделий, так и их производства и применения.

При этом материалы и изделия должны обеспечивать наметившиеся тенденции в строительстве, а именно:

- снижение массы возводимых зданий;
- обеспечение энергосбережения при эксплуатации зданий;
- обеспечение комплексной безопасности, включая и экологическую безопасность;
- обеспечение комфортности жилья;
- снижение его стоимости.

Одним из путей успешного решения этих непростых задач является расширение производства гипсовых материалов и изделий и применения их в жилищном, особенно малоэтажном строительстве, в т.ч. и индивидуальном.

Обусловлено это повсеместным распространением природного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов; простотой и экологичностью их переработки в гипсовые вяжущие, а последних – в гипсовые материалы и изделия с более низкими по сравнению с аналогичными материалами и изделиями на других минеральных вяжущих расходами топлива и энергии (соответственно в 4 и 5 раз меньше); низкими удельными капиталовложениями и металлоемкостью оборудования гипсовых предприятий по сравнению с цементными (соответственно в 2 и 3 раза меньше), что особенно важно при организации производства на предприятиях средней и малой мощности.

По химическому составу гипс не токсичен, при его переработке не выделяется в окружающую природную среду  $\text{CO}_2$ . Производимые на его основе материалы и изделия имеют высокие показатели свойств (легкость, малую тепло- и звукопроводность, высокие огне- и пожаростойкость, а также декоративность). Нельзя не отметить и то, что гипсовые материалы и изделия создают благоприятный микроклимат в помещениях за счет способности поглощать избыточную влагу и отдавать ее, когда в помещении «сухо».

Несмотря на эти несомненные преимущества, гипсовые материалы и изделия имеют ограниченное применение в строительстве, не соответствующее их потенциальным возможностям.

Одной из причин такого положения является недостаточная осведомленность, и прежде всего строителей, об опыте производства и применения материалов и изделий из гипсовых вяжущих, особенно водостойких в строительстве.

Поэтому в предлагаемой монографии целенаправленно приводятся основные и необходимые сведения о сырье для гипсовых вяжущих (природном и техногенном); технико-экономических и экологических аспектах применения гипса в жилищном строительстве, особенно малоэтажном; гипсовых вяжущих (неводостойких и водостойких) и бетонах, растворах на их основе; о проектировании составов гипсовых бетонов и растворов; о физико-механических, физических, теплофизических и коррозионных свойствах; об основных положениях проектирования изделий и конструкций из гипсовых бетонов (растворов); о гипсовых материалах и изделиях и их производстве; об опыте применения гипсовых материалов и изделий в строительстве (отечественном и зарубежном); о строительных системах с использованием гипсовых материалов и изделий и их технико-экономической и экологической эффективности.

Авторы надеются, что приведенные в монографии доступные для читателя сведения помогут производителям и строителям шире использовать гипсовые материалы и изделия в малоэтажном строительстве, особенно, индивидуальном.

Ввиду малого объема монографии после каждой главы приводится библиографический список технической литературы для более углубленного рассмотрения приведенных в главе сведений.

Главы 1, 2, 5, 8, введение написаны А.В. Ферронской (Московский государственный строительный университет); главы 3, 4 – В.Ф. Коровяковым (ГУП «НИИМосстрой») и А.В. Ферронской; глава 6 – В.Ф. Коровяковым; глава 7 – В.Ф. Коровяковым и А.Ф. Бурьяновым (ОАО «ВНИИСтром им. П.П. Будникова»); глава 9 – А.В. Ферронской, А.В. Шишиным (Государственный университет по землеустройству), Ю.Г. Лосевым (Старооскольский технологический институт), В.В. Поплавским (ООО «КНАУФ ГИПС», г. Дзержинск), И.М. Барановым (ООО «НТЦ ЭМИТ»).

В подготовке монографии принимали участие В.Г. Бортников (ООО «КНАУФ ГИПС», Россия), К.Ю. Лосев, С.А. Шишин, С.П. Маракулина, С.Б. Кожиев.

Авторы благодарны рецензентам д.т.н., профессору Е.Д. Белоусову и д.т.н., профессору В.С. Лесовику за ценные замечания по содержанию монографии.

Авторы благодарят ООО «КНАУФ ГИПС» (Россия) за финансовую поддержку в издании этой монографии.

*А. Ферронская*

# Глава 1. ГИПС И ГИПСОСОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ – ШИРОКО РАСПРОСТРАНЕННОЕ МЕСТНОЕ СЫРЬЕ

Основным источником сырья для производства гипсовых материалов и изделий являются природные месторождения гипса и ангидрита, а также в небольшой степени месторождения гипсосодержащих пород. Кроме того, в качестве перспективного сырья для получения гипсовых вяжущих материалов следует рассматривать гипсосодержащие отходы ряда производств (фосфогипс, фторангидрит, титаногипс, витаминный гипс, борогипс и др.).

## 1.1. Природное гипсовое сырье

Природные гипс и ангидрит являются практически мономинеральными горными породами, каждая из которых состоит из одноименного минерала (гипса или ангидрита), как правило, с некоторой примесью кварца, карбонатов, глинистого материала, реже битуминозных веществ, пирита и др. Обычно в земной коре залежи гипса и ангидрита встречаются совместно.

**Гипс** относится к классу сульфатов и представляет собой двуводный сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Химический состав чистого гипса, % по массе:  $\text{CaO}$  – 32,6;  $\text{SO}_3$  – 46,5;  $\text{H}_2\text{O}$  – 20,9. Кроме кристаллизационной воды гипс имеет гигроскопическую влагу, находящуюся на поверхности гипсового камня и в его порах. Кристаллизуется гипс в моноклинной сингонии, кристаллы пластинчатые, столбчатые, игольчатые и волокнистые. Кристаллы обладают весьма совершенной спайностью по плоскости симметрии, по которой они раскалываются на гладкие блестящие пластинки, в других направлениях спайность менее совершенная.

Строение кристаллической решетки гипса слоистое (рис. 1.1) и характеризуется строго закономерным расположением атомов. Две анионные

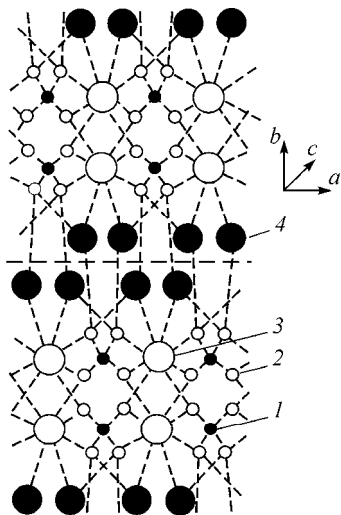


Рис. 1.1. Кристаллическая структура гипса:

1 –  $\text{S}^{6+}$ ; 2 –  $\text{O}^{2-}$ ; 3 –  $\text{Ca}^{2+}$ ; 4 –  $\text{H}_2\text{O}$

группы  $\text{SO}_4^{2-}$ , тесно связанные с ионами  $\text{Ca}^{2+}$ , образуют двойные слои, между которыми располагаются молекулы воды. Ионы кальция окружены шестью ионами кислорода группы  $\text{SO}_4$  и двумя молекулами воды. Каждая молекула воды связывает ион кальция с одним ионом кислорода того же двойного слоя и с одним ионом кислорода соседнего двойного слоя.

Чистый гипс – бесцветный и прозрачный, но в связи с наличием примесей имеет серую, желтоватую, розоватую, бурю иногда черную окраску. Блеск стеклянный, излом занозистый. Растворяется в  $\text{HCl}$  и частично в воде. Растворимость гипса в воде зависит от температуры и составляет при температуре 0, 18, 40 и 100 °С соответственно 1,7; 2,0; 2,1 и 1,7 г/л.

В зависимости от структуры различают:

- зернистый плотный гипс с сахаровидным изломом, иногда называемый алебастром;
- пластинчатый гипс, залегающий в виде плоских прозрачных кристаллов, называемый гипсовым шпатом;
- тонковолокнистый гипс с шелковистым блеском, сложенный из правильно расположенных нитевидных кристаллов, называемый селенитом.

**Ангидрит** относится к классу сульфатов и представляет собой безводный сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ). Химический состав чистого ангидрита, % по массе:  $\text{CaO}$  – 41,2;  $\text{SO}_3$  – 58,8. Кристаллизуется ангидрит в ромбической сингонии обычно в виде мелких кристаллов толстотаблитчатой, призматической или кубообразной формы; обладает совершенной спайностью по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Обычно встречается в виде землистых, реже волокнистых агрегатов. Строение кристаллической решетки ангидрита показано на рис. 1.2.

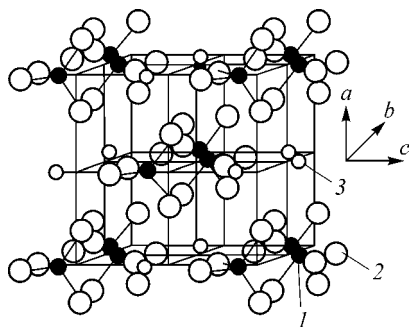


Рис. 1.2. Строение кристаллической решетки ангидрита:

1 –  $\text{S}^{6+}$ ; 2 –  $\text{O}^{2-}$ ; 3 –  $\text{Ca}^{2+}$

Цвет белый, сероватый, реже голубой, розоватый или темно-серый. Блеск стеклянный, излом неровный. Растворяется в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , частично в  $\text{HCl}$  и очень слабо в воде. Во влажной среде медленно поглощает воду и переходит в гипс.

Некоторые физико-технические свойства гипса и ангидрита приведены в табл. 1.1.

**Гипсосодержащие породы** являются смесью мельчайших кристаллов гипса с глинистопесчаным и карбонатным материалом. Эти породы известны под разными названиями: глиногипс, гипс землистый, гаж, ганч и др. По своей структуре все эти породы представляют тонкодисперсную механическую смесь или рыхлые, слабосцементированные образования серого, жел-



товатого или бурого цветов. Свыше 80% материала представлено частицами размером менее 0,01 мм. Истинная плотность материала около 2 г/см<sup>3</sup>, твердость по шкале Мооса менее 1.

Таблица 1.1

**Физико-технические свойства гипса и ангидрита**

Свойства	Гипс	Ангидрит
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	2,32	2,89
Твердость по шкале Мооса	1,5...2,0	3,0...3,5
Предел прочности, МПа: при сжатии при растяжении	17 2	80 7
Коэффициент хрупкости	8,5	11,0
Температура плавления	1450	1450
Удельная магнитная восприимчивость	-0,44·10 <sup>-3</sup>	-0,37·10 <sup>-3</sup>
Диэлектрическая проницаемость	5,2...6,2	5,7...7,0

Химический состав гипсовых, ангидритовых и гипсосодержащих пород некоторых месторождений приведен в табл. 1.2.

**1.2. Запасы и месторождения природного гипсового сырья и гипсосодержащих пород**

Мировые разведанные запасы гипса составляют более 7500 млн т. Российская Федерация располагает уникальной по мировым масштабам минерально-сырьевой базой производства гипса, разведанные запасы которой (без учета запасов, разведанных по категории С<sub>2</sub>) составляют около половины мировых разведанных запасов. Запасы гипса стран СНГ (без России) составляют около 1000 млн т (около 14% мировых запасов). Наиболее крупными запасами из них обладают Республика Украина (около 450 млн т) и Республика Казахстан (около 250 млн т).

Из стран дальнего зарубежья наибольшими запасами обладают США (около 1000 млн т), Канада (около 500 млн т), ряд европейских стран – Франция, ФРГ, Испания, Италия, Югославия, Греция; значительными запасами обладают ряд азиатских стран – Китай, Индия, Таиланд, Иран, ряд стран Африки, Австралия. Мировые ресурсы гипса во много раз превышают разведанные запасы.

Месторождения гипса и ангидрита встречаются в большинстве геологических систем – от кембрийской до четвертичной. В России промышленные гипсоносные месторождения приурочены к кембрийской, девонской, каменноугольной, пермской, юрской и четвертичной системам. Свыше половины запасов (около 55%) связаны с каменноугольной системой, примерно

третья часть (около 32%) – с пермской и примерно 10% – с девонской системой. К юрской и кембрийской системам относятся лишь около 3% запасов гипсоносных пород и к отложениям четвертичной системы – менее 0,3%.

Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации по состоянию на 1.01.2003 г. учтены 86 месторождений гипсового сырья с суммарными запасами по промышленным категориям ( $A + B + C_1$ ) 3275,9 млн т. Кроме того, на этих месторождениях имеются запасы, разведанные по категории  $C_2$  в объеме 1870,2 млн т.

Полезная толща большинства месторождений (79) сложена смесью гипса и ангидрита, обычно со значительным преобладанием первого. В учитываемых запасах категорий  $A + B + C_1$  подавляющая часть – 90,5% приходится на долю гипса, на долю ангидрита приходится лишь 9,2% от общего объема запасов. Полезная толща семи месторождений представлена глиногипсом, доля которого в общих запасах гипсового сырья ничтожна.

Большинство месторождений имеет относительно небольшие запасы. Крупными (с запасами свыше 25 млн т) являются только 19 месторождений, но на их долю приходится 90% запасов гипсового сырья России, при этом большая часть всех запасов (75%) заключена в девяти крупнейших месторождениях с запасами более 100 млн т каждое (Новомосковское, Павловское, Скуратовское, Болоховское, Плетневское, Баскунчакское, Лазинское, Порецкое и Оболенское).

Распределение месторождений и запасов гипсового сырья по федеральным округам Российской Федерации приведено в табл. 1.3. Наибольшими запасами обладает Центральный федеральный округ, и хотя месторождений здесь всего 6, но все они очень крупные и в них сосредоточено более половины всех запасов гипсового сырья России. Большими запасами располагает Приволжский федеральный округ (несколько больше четвертой части запасов России). Из остальных федеральных округов значительными запасами обладает только Южный (примерно 9% запасов России). На долю всех остальных федеральных округов приходится лишь около 8% от общих запасов гипса России.

Мировая добыча природного гипсового сырья составляет примерно 105...110 млн т. Мировая добыча гипса в зарубежных странах на конец 90-х годов составила около 100 млн т в год. Три четверти этой добычи относятся к 9 странам: США, Таиланд, Канада, Иран, Китай, Испания, Мексика, Япония и Франция; при этом около 18% приходится на долю США. Добыча гипса в России в годы максимально высокого ее уровня (в конце 80-х годов) составляла примерно 10% мировой добычи. Затем объем добычи сократился более чем вдвое, но в последние годы добыча гипса стала интенсивно возрастать. В 2002 году она достигла 5,7 млн т, что составляет примерно 5...6% мировой добычи.

Из стран СНГ до его образования наибольший объем добычи гипсового сырья имел место на Украине и в Таджикистане. В последние годы добыча в этих странах значительно сократилась, до менее чем 100 тыс. т в год в каждой из них.

**Распределение месторождений и запасов гипсового сырья  
по федеральным округам России**

Федеральный округ	Количество месторождений, штук		Запасы	
	всего	эксплуатируемые	млн т	доля от запасов России, %
Центральный	6	1	1850,7	56,5
Северо-Западный	3	–	47,1	1,4
Южный	20	6	308,6	9,4
Приволжский	38	12	851,8	26,0
Уральский	4	1	35,3	1,1
Сибирский	11	3	163,4	5,0
Дальневосточный	4	1	19,0	0,6
Россия	86	24	3275,9	100

Добыча гипса в России по территории страны распределена очень неравномерно. Почти вся добыча приходится на месторождения Центрального, Южного, Приволжского и Сибирского федеральных округов. Небольшая добыча осуществляется в Дальневосточном и Уральском федеральных округах, на территории Северо-Западного федерального округа добычи гипсового сырья в последние годы не было.

Освоенность промышленностью месторождений гипсового сырья довольно низкая. Государственным балансом запасов полезных ископаемых как разрабатываемые учитываются 24 месторождения, что составляет 28% от общего их количества. Запасы почти всех разрабатываемых месторождений представлены гипсом; балансовые запасы ангидрита имеются только на двух из них. Что касается месторождений гипсосодержащих пород, то добыча глиногипса на некоторых из них в прошлом производилась в небольших объемах, однако в настоящее время ни одно из них как разрабатываемое балансом запасов не учитывается. Основные данные о разрабатываемых месторождениях в России приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Основные данные о разрабатываемых месторождениях  
гипса и ангидрита в России**

№ п/п	Месторождение и субъект Федерации	Порода	Запасы, млн т		Содержание, % CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Добыча, тыс. т*
			A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>		
1	2	3	4	5	6	7
1	Новомосковское, Тульская обл.	гипс	846,7	–	71,0...93,1	1443

### 1.3. Добыча, усреднение и обогащение природного гипсового сырья

Добыча гипса в зависимости от горно-геологических условий осуществляется как открытым, так и подземным способами. При открытом способе разработки обеспечиваются: наибольшая производительность труда и наименьший процент потерь полезного ископаемого (по сравнению с подземным способом разработки). Создаются благоприятные условия для селективной разработки пропластков гипса различного качественного состава.

Наиболее перспективным оборудованием для разработки залежей гипса при открытом способе являются карьерные комбайны непрерывного действия. Карьерные комбайны предусмотрены для экскавации и дробления горных пород с помощью вращающегося режущего барабана. Этот барабан оборудован сегментами, закрепленными болтами, и держателями со вставленными резами (зубками), оснащенными вставками из твердого сплава. Сегменты расположены в виде шнека для подачи экскавированного материала в центр машины, где он поступает на первичный конвейер. Конструкция барабана допускает различное расположение сегментов, что в сочетании с использованием зубков различного размера и конфигурации позволяет регулировать размер загружаемых в транспорт кусков породы. В частности, возможность иметь крупность кусков не более 300 мм и обеспечивать оптимальные условия для использования конвейерного транспорта (непрерывность поступления породы и ограниченная крупность ее кусков). После прохода комбайна создается ровная поверхность отрабатываемого пласта, что благоприятствует применению и пневмоколесных видов транспорта. При применении вышеуказанных комбайнов отпадает необходимость в буровых и взрывных работах, а также в первичном дроблении.

Преимуществами описанной технологии являются: лучшее использование месторождения, экономия затрат на транспортирование за счет непосредственной отсыпки в отвал пустых пород, снижение эксплуатационных расходов (чистый материал не требует обогащения) и отсутствие необходимости в первичном дроблении. Впервые в СССР карьерные комбайны (фирмы «Wirtgen») при добыче гипса были применены на карьере Сауриешы (Латвия).

Большинство месторождений гипсовых и ангидритовых пород России (18 из 24) разрабатываются открытым способом, однако более половины всего объема гипса и ангидрита, добываемых в России, дают 6 месторождений, разрабатываемых подземным способом. При подземной разработке гипса в России применяется в основном камерно-столбовая система добычи. Такая система разработки используется на крупнейшем в России Новомосковском месторождении. При камерно-столбовой системе разработки гипс извлекается отдельными камерами с оставлением между камерами целиков из полезного ископаемого для поддержания кровли. Эта система разработки относится к высокомеханизированным. Для очистных работ используются колонковые перфораторы, станки глубокого бурения, скреперные лебедки, экскаваторы, бульдозеры, самоходные вагонетки и автосамо-

свалы. Часто выработанное пространство используется как хранилище для различных материалов ввиду хороших условий для их хранения.

Кроме Новомосковского наиболее крупными по объему запасов и добычи месторождениями, разрабатываемыми подземным способом, являются Горазубовское, Бебяевское и Камско-Устьинское.

Обычно полезная толща гипсовых месторождений является неоднородной по качеству и сложена слоями гипса разного сорта, часто содержащими то или иное количество посторонних примесей. Чаще всего посторонними примесями являются песчаные, глинистые и карбонатные породы. При валовой добыче гипсового камня различной сортности требуется его обогащение в процессе разработки, что прежде всего относится к добыче гипса подземным способом, а также открытым способом с использованием обычного экскавационного оборудования.

За рубежом в целях доведения состава гипсового камня до требуемых кондиций его обогащают в специальных установках. Принцип действия таких установок основан или на ступенчатом отмучивании глинистых и илистых частиц проточной водой, или на удалении примесей из дробленого гипсового камня сепарацией в «тяжелой жидкости».

Возможно обогащение гипсового сырья с использованием селективного измельчения, основанного на различной степени измельчения слабых и прочных компонентов, составляющих гипсовое сырье. Процесс селективного измельчения с наибольшей эффективностью осуществляется в дробилках и мельницах ударного действия. Это обусловлено тем, что указанные машины обеспечивают максимальную разницу между затратами энергии на дробление прочных и слабых минеральных компонентов измельченного материала.

Основным параметром, определяющим процесс избирательного дробления, является окружная скорость рабочего органа (ротора). Процесс избирательного дробления гипсового камня может быть реализован в роторных дробилках, серийно выпускающихся Выксунским заводом ДРО и широко применяющихся в промышленности нерудных строительных материалов.

Экспериментальными исследованиями ФГУП «ВНИПИИстромсырье» подтверждена возможность обогащения гипсового камня селективным измельчением, обеспечивающим существенное повышение содержания двухводного сульфата кальция в концентрате обогащения.

Применение технологии обогащения гипсового камня на горнодобывающих предприятиях России позволит повысить прочность получаемого гипсового камня, сократить объемы перевозок и импорта гипса. Наиболее перспективными первоочередными объектами для реализации технологии обогащения являются Заларинское (Иркутская область) и Ергачинское (Пермская область) месторождения.

При невозможности или нецелесообразности организации обогащения сырья в ряде случаев значительное улучшение качества сырья достигается тщательным усреднением его состава путем интенсивного перемешивания в процессе его складирования. Схема одного из типов склада-усреднителя приведена на рис. 1.3, а схема организации его работы на рис. 1.4.

В настоящее время насчитывается примерно 50 видов гипсосодержащих отходов. Название гипсосодержащего отхода, как правило, отражает его происхождение, химический и фазовый составы. Наиболее распространенные из них приведены ниже:

- фосфогипс и фосфополугидрат – отход сернокислого производства минеральных удобрений (примерно 20...22 млн т ежегодно); в зависимости от химического и фазового состава различают апатитовый и фосфоритовый фосфогипсы;
- борогипс – значительный по объему отход (более 0,5 млн т/год) сернокислого производства борной кислоты; различают доломитовый и ашаритобороцитовый борогипсы;
- гидролизный гипс – значительный по объему (более 0,2 млн т/год) отход технологической обработки целлюлозы; обычно содержащий примеси сернистой кислоты, декстрина, ксилана и другие примеси;
- фторогипс – отход сернокислотного производства плавиковой кислоты из полевого шпата; в состав этого отхода входят до 70% растворимого ангидрита, 20% двугидрата и полугидрата сульфата кальция; 2...6% плавикового шпата;
- хлорогипс – отход сернокислотной обработки рассолов, в основном бишофита (его называют часто магнегипс, рапной гипс); содержание хлор-ионов в нем примерно 2...3%;
- феррогипс – продукт, получаемый из раствора железного купороса обработкой его известковым тестом; нередко это шламовые отходы раствора железного купороса, содержащие до 40% дигидрата сульфата кальция, 6...7% оксида кремния (поэтому его называют кремнегипсом);
- сульфогипс – отход очистки специальными методами промышленных газов, содержащих  $SO_2$ ;
- титаногипс – отход сернокислотной переработки титанового сырья, в основном ильменита; он нередко содержит в качестве примесей не только титановые материалы, но и оксиды алюминия, железа и соли сульфата аммония;
- цитрогипс – отход биохимического производства лимонной кислоты, объем которого ежегодно составляет 0,03...0,04 млн т;
- тартратогипс – отход (примерно 0,015 млн т/год) производства винной кислоты;
- витаминный гипс – отход производства витамина А, содержащий примеси (мас., %): метанола – 2,2...2,6; ацетона – 2,8...3,9;  $\alpha$ - и  $\alpha$ -иона – 5,6...8,8.

В состав гипсосодержащих отходов входят различные сульфаты кальция, по содержанию которых отходы можно подразделить на две группы:

- мономинеральные, в состав которых входит не более одного сульфата кальция (гипс, полугидрат или ангидрит), например, цитрогипс, гидролизный гипс и др.;
- полиминеральные, содержащие более одного сульфата кальция, например фосфополугидрат, борогипс, фторангидрит и др.

Другие виды гипсосодержащих отходов можно отнести к попутным продуктам получения монокарбонных и дикарбонных кислот.

Важной характеристикой гипсосодержащих отходов является их зерновой состав и форма зерен сульфатов кальция, которые определяют не только их качество как промышленного сырья, но и условия технологического процесса, в первую очередь, скорость фильтрации при разделении твердой и жидкой фаз.

Фирма «Рон-Пуленк» предложила классификацию попутных продуктов промышленности в зависимости от формы и размеров кристаллов сульфатов кальция, а именно:

- ромбоэдрические игольчатые (удлиненные) кристаллы:  $l - 8...500$  мкм,  $b - 20...100$  мкм;  $\zeta - 5...10$  мкм, отношение  $l/b = 5...10$ ;
- мромбоэдрические тонкие короткие кристаллы:  $l - 40...200$  мкм,  $b - 30...150$  мкм,  $\zeta - 5...10$  мкм; отношение  $l/b = 1,5...3,0$ ;
- мромбоэдрические утолщенные короткие кристаллы:  $l$  и  $b$  – те же,  $\zeta$  – несколько десятков мкм;
- поликристаллические агрегаты  $d \leq 100$  мкм, состоящие из мелких кристаллов.

На практике имеет место смешанная кристаллизация, зависящая от природы и концентрации примесей.

Химический состав и свойства некоторых видов гипсов, а для сравнения – природного гипса, приведены в табл. 1.6.

Они показывают, что, несмотря на имеющиеся в ряде случаев отличия свойств гипсов из гипсосодержащих отходов от свойств природного гипсового сырья, их следует рассматривать как важную сырьевую базу, прежде всего при производстве ряда строительных материалов в тех регионах, где отсутствует природное гипсовое сырье.

При этом следует учитывать следующее:

- гипсосодержащие отходы различных производств имеют в своем составе минеральные и органические примеси, в том числе содержащиеся в кристаллической решетке гипсов, растворимые и малорастворимые в воде, часто токсичные и в той или иной мере могущие влиять на качество отходов как сырья, а также быть экологически опасными. В связи с этим в ряде случаев необходима предварительная очистка отходов от этих примесей;
- гипсосодержащие отходы, как правило, получают в виде шлама с влажностью 15...60 и более % и имеют высокую дисперсность; это требует производить его предварительную сушку и разрабатывать новые технологии производства гипсовых вяжущих, материалов и изделий, отличные от применяемых для аналогичных производств с использованием природного гипсового сырья.

В целом, использование гипсосодержащих отходов, ежегодный объем которых во много раз превышает добычу природного гипсового сырья, позволит экономить природное гипсовое минеральное сырье и одновременно решать вопросы охраны окружающей среды.

## 1.5. Требования гипсовой промышленности к качеству природного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов

Требования к качеству гипсового сырья регламентируются соответствующими стандартами.

Чаще всего ими предусматриваются требования по содержанию  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SO}_3$ , а также ограничивается содержание примесей.

Согласно ГОСТ 4013-82 для производства гипсовых вяжущих веществ гипсовый и гипсоангидритовый камень должны иметь суммарное содержание гипса и ангидрита в пересчете на гипс, как указано в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Сорта гипсового и гипсоангидритового камня по ГОСТ 4013

Сорт	Содержание в гипсовом камне, %, не менее		Содержание в гипсоангидритовом камне, %, не менее	
	гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	кристаллизационной воды	гипса и гипсоангидрита в пересчете на $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	серного ангидрита ( $\text{SO}_3$ )
1	95	19,88	95	44,18
2	90	18,83	90	41,85
3	80	16,74	80	37,20
4	70	14,64	—	—

Для производства гипсовых вяжущих веществ должен поставляться только гипсовый камень, а для производства цемента – гипсовый и ангидритовый камень. При этом в гипсоангидритовом камне должно быть не менее 30% гипса. Для производства гипсовых вяжущих веществ, применяемых в фарфоро-фаянсовой, керамической и медицинской промышленности, а также белого, декоративного и гипсоглиноземистого расширяющегося цемента должен применяться только гипсовый камень 1-го сорта.

Гипсовый и гипсоангидритовый камень должен поставляться потребителю в кусках при производстве гипсовых вяжущих веществ фракций 60...300 мм, а цемента – фракций 0...60 мм.

Для фракции 60...300 мм содержание камня размером менее 60 мм не должно превышать 5%, а более 300 мм – 15%, при этом максимальный размер камня не должен превышать 350 мм. Фракция размером 0...60 мм не должна содержать камня размером 0...5 мм более 30%. В отдельных случаях по согласованию с потребителем доля содержания фракции размером 0...5 мм допускается более 30%, но не должна превышать 40%.

Для производства эстрих-гипса желательно минимальное содержание примесей карбонатов, в частности  $\text{CaCO}_3$ , и равномерное их распределение в сырье.



# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<b>Глава 1. ГИПС И ГИПСОСодЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ – ШИРОКО РАСПРОСТРАНЕННОЕ МЕСТНОЕ СЫРЬЕ</b> .....	6
1.1. Природное гипсовое сырье.....	6
1.2. Запасы и месторождения природного гипсового сырья и гипсосодержащих пород.....	8
1.3. Добыча, усреднение и обогащение природного гипсового сырья.....	15
1.4. Гипсосодержащие отходы, их виды и запасы.....	17
1.5. Требования гипсовой промышленности к качеству природного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов.....	21
1.6. Требования к транспортированию и хранению природного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов.....	22
Библиографический список.....	22
<b>Глава 2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ</b> .....	23
2.1. Техничко-экономические аспекты производства и применения гипсовых вяжущих, материалов и изделий в строительстве.....	23
2.2. Экологические аспекты производства и применения гипсовых вяжущих, материалов и изделий в строительстве.....	25
Библиографический список.....	27
<b>Глава 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВАХ</b> .....	28
3.1. Гипсовые вяжущие вещества и области их применения в малозэтажном строительстве.....	28
3.2. Свойства гипсовых вяжущих.....	30
3.3. Строительно-технические свойства гипсовых вяжущих.....	33
3.3.1. Гипсовые вяжущие по ГОСТ 125-79.....	33
3.3.2. Ангидритовые вяжущие.....	34
3.3.3. Водостойкие гипсовые вяжущие.....	36
3.3.4. Принципиальные отличия неводостойких от водостойких гипсовых вяжущих.....	39
Библиографический список.....	41
<b>Глава 4. БЕТОНЫ И РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ</b> .....	42
4.1. Основные сведения о бетонах и растворах на основе гипсовых вяжущих.....	42
4.2. Проектирование составов бетонов на неводостойких и водостойких гипсовых вяжущих.....	44
4.2.1. Материалы для гипсобетона.....	44
4.2.2. Проектирование состава бетонов на неводостойких гипсовых вяжущих.....	46
4.2.3. Проектирование состава бетонов на водостойких гипсовых вяжущих.....	56

4.3. Основные свойства бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих .....	62
4.3.1. Прочность .....	62
4.3.2. Деформативные свойства .....	65
4.3.3. Физические свойства .....	67
4.3.4. Коррозионная стойкость .....	70
4.4. Способы улучшения технических свойств гипсовых вяжущих, бетонов и растворов .....	70
Библиографический список .....	75
<b>Глава 5. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ .....</b>	<b>76</b>
5.1. Общие положения .....	76
5.2. Нормативные и расчетные характеристики бетона и арматуры .....	77
5.3. Основные расчетные положения .....	82
Библиографический список .....	83
<b>Глава 6. МАТЕРИАЛЫ, ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ИЗ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ И БЕТОНОВ .....</b>	<b>84</b>
6.1. Виды гипсовых материалов, изделий и конструкций .....	84
6.2. Основные технические характеристики гипсовых материалов и изделий .....	84
6.2.1. Стеновые и перегородочные изделия .....	84
6.2.2. Конструкционные изделия .....	91
6.3. Отделочные, декоративные и акустические гипсовые материалы и изделия .....	92
6.4. Теплоизоляционные материалы и изделия .....	95
6.5. Сухие гипсовые смеси .....	95
6.5.1. Штукатурные гипсовые смеси .....	96
6.5.2. Шпатлевочные гипсовые смеси .....	97
6.5.3. Сухие гипсовые смеси – монтажные .....	97
6.5.4. Сухие гипсовые смеси напольные (выравнивающие для пола) .....	98
6.5.5. Сырьевые материалы для производства СГС .....	99
6.6. Улучшение потребительских свойств гипсовых материалов и изделий .....	102
Библиографический список .....	110
<b>Глава 7. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ .....</b>	<b>112</b>
7.1. Транспортирование, подача и складирование исходных материалов .....	112
7.2. Дозирование и перемешивание .....	113
7.3. Формование .....	115
7.4. Тепловая обработка (сушка) .....	117
7.5. Основы производства стеновых и перегородочных изделий .....	119
Библиографический список .....	124
<b>Глава 8. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....</b>	<b>125</b>
8.1. Обобщение опыта применения гипсовых материалов и изделий в строительстве .....	125
8.1.1. Отечественный опыт .....	125
8.1.2. Зарубежный опыт .....	143

8.2. Обобщение опыта эксплуатации различных объектов из гипсовых материалов и изделий.....	150
8.2.1. Общие сведения об обследованных объектах.....	150
8.2.2. Результаты обследования и натурных исследований состояния изделий из бетонов на основе неводостойких гипсовых вяжущих.....	151
8.2.3. Результаты обследования и натурных исследований состояния изделий из бетонов на основе водостойких гипсовых вяжущих.....	157
Библиографический список.....	164
<b>Глава 9. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА</b> .....	<b>165</b>
9.1. Особенности строительных систем для малоэтажного строительства в современных условиях.....	165
9.2. Строительные системы для малоэтажного строительства с использованием гипсовых материалов и изделий.....	169
9.2.1. Индустриальная строительная система «Экологичный дом».....	169
9.2.2. Строительно-технологическая система «Гитор».....	178
9.2.3. Строительная система «Лего» с применением замковых блоков.....	186
9.2.4. Строительная система «Гипсостен».....	195
9.2.5. Современная отделка малоэтажных зданий комплектными системами («сухая», «мокрая»).....	198
9.2.6. Современная отделка малоэтажных зданий комплектными системами с использованием комплексных полимерных гипсовых материалов («сухая», «мокрая»).....	233
Библиографический список.....	235

Монография

**Анна Викторовна Ферронская**  
**Василий Федорович Коровяков**  
**Иван Митрофанович Баранов**  
**Александр Федорович Бурьянов**  
**Юрий Григорьевич Лосев**  
**Виктор Владимирович Поплавский**  
**Аркадий Владимирович Шишин**

# ГИПС В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Редактор: *В. Ш. Мерзлякова*  
Компьютерная верстка: *В. Ю. Алексеев*  
Компьют. дизайн обложки: *Н. С. Романова*

Диапозитивы предоставлены издательством

Подписано в печать 20.08.2008. Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бум. офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.  
Усл. 15 печ.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, оф. 706 (отдел реализации: оф. 511)  
**тел., факс: (495) 183-56-83**  
**<http://www.iasv.ru>, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru)**