

УДК 691.421.001.5 (470.40)

Ю. В. Грачева, М. В. Глухова

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИН ПЕНЗЕНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ (ЧАСТЬ 1)

Рассмотрена возможность использования глин пензенского месторождения в производстве стеновых керамических материалов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: глина, минеральный состав, макроскопическое описание, предел пластичности.

Use possibility of use of agrilla of Penza deposit in manufacture of wall ceramic materials is considered.

К е у w o r d s: agrilla, mineral structure, macroscopical description, plasticity limit.

Одним из самых распространенных материалов, традиционно используемым при возведении зданий и сооружений, является кирпич. Более чем тысячелетняя практика применения кирпича позволяет однозначно отнести его к категории наиболее долговечных строительных материалов. Наряду с этим технология кирпичной кладки предоставляет архитекторам и дизайнерам неограниченные возможности для воплощения творческих замыслов. Обеспечивая надежную защиту от воздействия внешних факторов, обладая высокой огнестойкостью и сравнительно низкой теплопроводностью, кирпич предопределяет высокий уровень безопасности и комфорта как жилых, так и промышленных зданий и сооружений.

Строительный керамический кирпич позволяет экономить при строительстве дефицитные металлы, цемент, а также транспортные средства, исключить оштукатуривание зданий и улучшить их архитектурный вид.

В данный момент в производстве строительного керамического кирпича особое внимание уделяется совершенствованию технологии, улучшению качества выпускаемой продукции и расширению ассортимента.

Улучшение качества продукции вызывает необходимость повышения культуры производства, более строгого соблюдения технологических параметров по всем переделам, улучшения обработки, рациональной шихтовки путем ввода различных добавок, в том числе расширения сырьевой базы.

Целью данной работы было исследование пригодности глинистого сырья пензенских месторождений для производства керамического кирпича.

От правильности отбора средней пробы в значительной мере зависит точность оценки качества глинистого сырья. Отбор средней пробы для физико-механических и керамических исследований производили квартованием [1]. Для этого глину расстилали тонким слоем на площади в 1 м², крупные комья разбивали деревянным молотком, после чего глину делили двумя диагоналями на четыре равных треугольника. Отбирали пробу из двух противоположных треугольников, тщательно перемешивали, расстилали тонким слоем и снова делили диагоналями на четыре треугольника. Операцию квартования повторяли несколько раз до получения средней пробы сырья в

количестве, требуемом для физико-механических исследований. Оставшаяся глина считалась также усредненной.

В данной работе использованы следующие виды глин: блиновская и махалинская.

Махалинское месторождение расположено в Кузнецком районе, на юго-восточной окраине с. Махалино. Ближайшая железнодорожная станция Сюзюм находится в 6 км севернее с. Махалино.

Блиновское месторождение расположено на окраине села Блиновка Пензенской области.

Определение минерального состава глины Блиновского месторождения Пензенской области проводили на дифрактометре D8Advance фирмы Bruker, ДРОН4-07 г. Казань. Минералогический состав приведен в табл. 1.

Таблица 1

Минеральный состав глины Блиновского месторождения Пензенской области

№ п/п	Наименование месторождения	Минеральный состав, содержание, % масс.					
		Монтмориллонит	Слюда	Каолинит + хлорит	Кварц	Полевой шпат	Другие минералы
1	Блиновское скважина № 1 (1,5...8,6 м)	30	5	2	58±6	5±1	—
2	Блиновское скважина № 1 (8,7...14,1 м)	40	7	2	48±6	3±1	—
3	Блиновское скважина № 3 (1,2...8,7 м)	47	7	5	33±5		Кальцит 3±1
4	Блиновское скважина № 3 (8,7...15,1 м)	43	5	2	46±6	4±1	—

Внешний вид глин Пензенских месторождений показан на рис. 1.

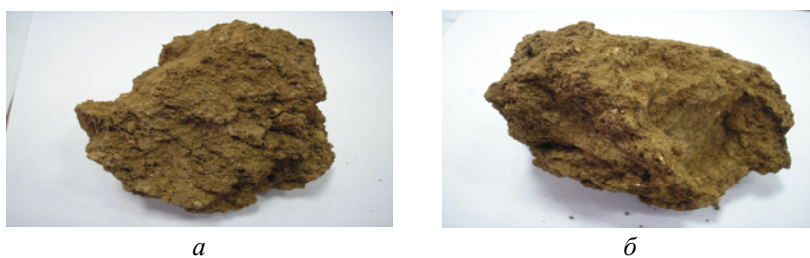


Рис. 1. Внешний вид глин Пензенских месторождений: *а* — блиновская; *б* — махалинская глина

Для макроскопического описания глинистого сырья было представлено три пробы, отобранных из разной глубины участка карьера. Все пробы смешивали перелопачиванием, и из усредненной пробы отбирали среднюю пробу для макроскопического осмотра и оценки структуры и текстуры. Макроскопическая оценка производилась на основании осмотра образцов средней

пробы глины с помощью лупы. Цвет глины в сухом состоянии для каждой пробы глины различный (табл. 2).

Таблица 2

Макроскопическое описание глинистого сырья

№ пробы	Наименование исследуемого сырья	Цвет в сухом состоянии	Структура	Наличие известняка и его распределение (проба 10%-й HCl)	Содержание других примесей
1	Блиновская глина, скважина № 1	Бурый	Комковая	Слабо Вскипает (+)	MnO, Fe ₂ O ₃
2	Блиновская глина, скважина № 3	Бурый	Комковая	Бурное Вскипание (++)	MnO, Fe ₂ O ₃
3	Махалинская глина	Бурый	Комковая	Бурное Вскипание (++)	MnO, Fe ₂ O ₃ ,

Глина Блиновского месторождения скважин № 1 и 3 имеет такой же цвет, как и Махалинская глина — бурый.

Исследование глины на наличие в них известняковых включений при воздействии на влажную глину 10%-го раствора соляной кислоты показало, что глины содержат небольшое количество тонкораспределенного карбоната кальция, что подтверждается незначительным выделением углекислого газа во время реакции (см. табл. 2).

Блиновская глина: запесоченное сырье скважины № 1 — с высоким и средним содержанием крупных включений, а скважина № 3 — с низким содержанием (менее 1 %). Включения, в основном, в виде кварца и каменистые, карбонатные.

По засоренности природными включениями (менее 1 %) сырье Махалинского месторождения относится к группе с мелкими кварцевыми, карбонатными и железистыми разностями.

Далее определялось содержание песчаных частиц. Результаты анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3

Определение гранулометрического состава глины по Рутковскому

Наименование исследуемого сырья	Тип глины по диаграмме Охотина
Блиновская глина, скважина № 1	Суглинок
Блиновская глина, скважина № 3	Глина
Махалинская глина	Глина

По гранулометрическому составу блиновская глина по количеству песчаных, глинистых и пылеватых частиц в пробе скважины № 1 по диаграмме Охотина относится к суглинку (количество песчаных фракций — 33 %, пылеватых — 53,7 %, глинистых — 13,6 %); глина скважины № 3 относится к глине (количество песчаных фракций — 0,5 %, пылеватых — 1 %, глинистых — 98,5 %).

По диаграмме Охотина махалинская глина относится к глинам (песчаные фракции — 0,58 %, пылеватые — 1 %, глинистые — 98,42 %).

Определение пластичности глинистого сырья определялось в соответствии с [2] по разности между верхним и нижним пределами пластичного глиняного состояния, оцениваемых влажностью.

Определение верхнего предела пластичности определялось методом балансирующего конуса.

Для этого было приготовлено глиняное тесто с несколько большей влажностью, чем нормальная формовочная влажность. Тесто клали в круглую цилиндрическую форму диаметром 4 и высотой 2 см. Поверхность массы заглаживали шпателем вровень с краями. После этого форма устанавливалась на подставку. Конус, предварительно слегка смазанный вазелином, подносили к поверхности массы, он под влиянием собственного веса погружался. Когда консистенция массы достигла искомой границы, из чашки отобрали пробу для определения влажности глины в состоянии верхнего предела пластичности W_1 .

Определение нижнего предела пластичности определялось по границе раскатывания. Для этого глиняную массу, которая осталась после определения верхнего предела пластичности, перенесли на плоское стекло и вручную раскатывали в жгуты диаметром около 3 мм. Раскатывание вели до тех пор, пока жгуты начали рассыпаться на отдельные, не соединяющиеся между собой кусочки длиной 3...10 мм. Образовавшиеся при этом комочки глины собрали в бюкс для определения влажности глины, %, в состоянии нижнего предела пластичности W_2 .

Результаты определения пластичности глин показаны в табл. 4.

Таблица 4

*Основные показатели для определения пластичности глин
Пензенских месторождений*

Показатели	Значения
Блиновская глина, скважина № 1	
Верхний предел пластичности ϕ_1 , %	23,1
Нижний предел пластичности ϕ_2 , %	12,7
Пластичность П	10,4
Классификация глины по числу пластичности	Умеренно пластичная
Блиновская глина, скважина № 3	
Верхний предел пластичности ϕ_1 , %	29,8
Нижний предел пластичности ϕ_2 , %	16,3
Пластичность П	13,5
Классификация глины по числу пластичности	Умеренно пластичная
Махалинская глина	
Верхний предел пластичности ϕ_1 , %	26,7
Нижний предел пластичности ϕ_2 , %	17,4
Пластичность П	9,3
Классификация глины по числу пластичности	Умеренно пластичная

Испытания по определению пластичности глинистого сырья показали (см. табл. 4), что все исследуемые глины по числу пластичности 10,4, 13,5 и 9,3 относятся к умеренно пластичным глинам.

Следующий этап работы был посвящен исследованию связующей способности глинистого сырья, которая выражается пределом прочности при сжатии образцов, отформованных пластическим способом в виде кубиков и высушенных в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

Для определения связующей способности из теста нормальной влажности пластическим способом формовали кубики размерами 50×50×50 мм и высушивали при нормальных комнатных условиях с досушкой в сушильном шкафу при температуре 105...110 °С. Затем кубики испытывали на лабораторном гидравлическом прессе и определяли их предел прочности при сжатии и растяжении, МПа.

Данные испытаний по определению связующей способности глин приведены в табл. 5.

Таблица 5

Определение связующей способности глинистого сырья

Наименование сырья	Размеры высушенного образца, см		Площадь S , см ²	Нагрузка по показанию манометра гидравлического пресса, кгс	Прочность на осевое сжатие, МПа
	h	d			
Блиновская глина, скважина № 1	2,64	2,34	4,31	151	4,5
Блиновская глина, скважина № 3	2,65	2,28	4,07	235	5,8
Махалинская глина	2,67	2,27	4,05	155	3,8

Результаты испытания показали, что связующая способность глинистого сырья на глинах Блиновского (скважины № 1, 3), Махалинского месторождения составляет 4,5, 5,8 и 3,8 МПа соответственно (см. табл. 5).

Дальнейшее исследование было направлено на определение чувствительности глин к сушке по методу А. Ф. Чихского.

Из теста нормальной густоты, хорошо перемешанного после вылеживания, формуют три плитки размерами 100×100×100 мм. На свежесформованные плитки острыми ножками штангенциркуля наносят метки по диагоналям через 100 мм для измерения воздушной усадки. Узкие грани плиток смазывают машинным маслом для предотвращения появления краевых и средних трещин в период сушки.

Образцы взвешивают на технических весах с точностью до 0,5 г и укладывают на стекло. В процессе сушки на воздухе при 20°С через каждые 3...4 ч плитки взвешивают и штангенциркулем измеряют расстояние между метками с точностью до 0,1 мм. Величину усадки, мм, берут как среднее из двух измерений. Высушивание образцов сопровождается изменением линейных размеров — усадкой, происходящей до определенного момента, соответствующего потере воды при усадке. Влажность образца, при которой прекращается усадка, является критической влажностью.

Результаты по определению чувствительности глин к сушке по методу А. Ф. Чижского приведены в табл. 6.

Таблица 6

Определение чувствительности глин к сушке по методу А. Ф. Чижского

№ п/п	Наименование глины	Формовочная влажность, % абс.	Классификация по чувствительности к сушке
1	Блиновская, скважина № 1	16,08	Малочувствительная
2	Блиновская, скважина № 3	24,10	Малочувствительная
3	Махалинская	25	Высокочувствительная

Следующий этап — определение воздушной усадки образцов из глин Пензенского месторождения.

Воздушную линейную усадку определяли по изменениям линейных размеров образцов из глины после сушки. Определение усадки производили на плиточках размером 50×50×5 мм при пластической формовке. Для производства замера на отформованных образцах по двум диагоналям нанесли метки. Результаты испытаний занесены в табл. 7.

Таблица 7

Определение линейной усадки

№ пробы	Наименование сырья	Влажность смеси, %	Линейная усадка, %, после сушки при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$
1	Блиновская глина, скважина № 1	16	6,2
2	Блиновская глина, скважина № 3	21	7,3
3	Махалинская глина	25	7,8

Результаты эксперимента показали (см. табл. 7), что значение линейной усадки после сушки при температуре 105 °С у глин Блиновского месторождения 6,2 и 7,3 %, у махалинской глины 7,8 %.

Обжиг является завершающей операцией в технологии производства керамических изделий. Обжиг изделий строительной керамики осуществляется при температурах 900...1000 °С для легкоплавких глин и при 1000...1250 °С в окислительной или нейтральной среде для тугоплавких и огнеупорных глин.

При обжиге в керамическом материале происходят следующие физико-химические процессы:

1. При нагревании полуфабриката керамических изделий до 200 °С выделяется свободная гигроскопическая влага из глины. Этот процесс характеризуется поглощением теплоты. При этом образуется водяной пар, который при слишком быстром подъеме температуры может разорвать изделие.

2. При 300...900 °С разлагаются и выгорают из глины органические и карбонатные примеси. При быстром подъеме температур часть примесей в изделии может остаться невыгоревшей, что обнаруживается на изломе изде-

лия в виде темной сердцевины. Этот период обжига характеризуется также эндотермическим эффектом.

3. По мере повышения температуры скорость выгорания углерода увеличивается. При температуре 450...600 °С глинистые минералы дегидратируют. Этот процесс сопровождается небольшой усадкой материала. При температуре 700...1000 °С начинает образовываться жидкая стеклофаза, появление которой содействует растворению некоторых минеральных компонентов глины и новому минералообразованию.

В результате физико-химических процессов, протекающих в керамическом материале при обжиге, черепок спекается, т. е. керамическая масса уплотняется и отдельные зерна сливаются в монолит, в результате чего черепок приобретает прочность и водостойкость. Спекание может происходить за счет образования жидкой фазы, реакций в твердой фазе и срастания новообразующихся кристаллических форм, а также за счет рекристаллизации первичных соединений.

При обжиге изделий строительной керамики в основном происходит жидкостное спекание. С образованием стеклофазы в ней начинают действовать силы поверхностного натяжения, в результате чего зерна массы сближаются, обуславливая усадку изделия. При увеличении количества стеклофазы керамическая масса размягчается, но не теряет способности сохранять форму изделия, переходя в пиропластическое состояние. Дальнейшее повышение температуры и увеличение расплава приводят к деформации изделий (пережогу), а затем к вспучиванию в результате газообразования в замкнутых порах.

Изменения, происходящие в глинообразующих минералах при нагревании, рассмотрим на примере преобразований каолинита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В результате дегидратации каолинита образуется метакоалинит Al_2O_3 , который при дальнейшем повышении температуры до 800...850 °С распадается на первичные оксиды с образованием аморфных глинозема Al_2O_3 и кремнезема SiO_2 . При температуре свыше 920...980 °С начинает образовываться муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. С подъемом температуры содержание его возрастает и выделяется свободный кремнезем. Муллит придает обожженному керамическому материалу прочность и термостойкость. Повышение температуры до 1200...1240 °С сопровождается наиболее интенсивной усадкой материала с небольшим экзотермическим эффектом. При этом из аморфного кремнезема, оставшегося после образования муллита, кристаллизуется кристобалит.

Весь процесс обжига подразделяют на три периода: нагрев до конечной температуры обжига, выдержка при этой температуре и охлаждение.

Длительность обжига — один из важнейших факторов, определяющих качество изделий и производительность печного агрегата. В лабораторных условиях обжиг обычно ведут в течение 6...7 ч. В первый период подъем температуры до 200 °С для всех глин, независимо от минералогического типа сырья, должен быть одинаково осторожным (не более 2 °С в минуту), т. к. этот период является наиболее опасным.

Во второй период (температура 200...800 °С) скорость подъема температуры колеблется с учетом данных дилатометрической кривой от 4 до 6 °С в минуту, а в период образования новых кристаллических фаз — с 800 °С до максимальной температуры — скорость подъема температуры

должна быть не более 1,5 °С в минуту. Выдержка при конечной температуре рекомендуется не менее 1 часа.

В связи с этим нами был принят следующий режим обжига при трех различных температурах изотермической выдержки: первый — 950 °С, второй — 1000 °С, третий — 1050 °С.

Определение спекаемости глин Пензенского месторождения проводили на плиточках 50×50×5 мм, обожженных при заданных температурах. Насыщение водой происходило в течение 48 ч при уровне воды выше верха образцов не менее чем на 2 см. Образцы, насыщенные водой, перед взвешиванием обтирали влажной тканью. Результаты определения спекаемости глин Пензенской области приведены в табл. 8.

Таблица 8

Определение спекаемости глин

Наименование сырья	Наименование показателей	Температура обжига, °С			Классификации сырья по степени спекания
		950	1000	1050	
Блиновская глина, скважина № 1	Водопоглощение, %	9,60	9,54	9,53	Неспекающееся
	Плотность, г/см ³	2,206	2,207	2,214	
Блиновская глина, скважина № 3	Водопоглощение, %	10,19	9,73	8,93	Неспекающееся
	Плотность, г/см ³	2,196	2,198	2,201	
	Плотность, г/см ³	1,87	1,89	1,96	
Махалинская глина	Водопоглощение, %	11,59	10,13	9,56	Неспекающееся
	Плотность, г/см ³	1,88	1,9	1,93	
	Плотность, г/см ³	2,15	2,14	2,132	

Как видно из результатов испытаний глин на спекаемость (см. табл. 8), все глины по степени спекания относятся к неспекающимся.

Огневую линейную усадку определяли по изменениям линейных размеров образцов после обжига на плиточках размером 50×50×5 мм (на тех же, что и для воздушной усадки) с усадочными метками по диагоналям образца (табл. 9).

Таблица 9

Определение общей усадки глин Пензенской области

Наименование сырья	Влажность смеси	Полная усадка, %, при t , °С:		
		950	1000	1050
Блиновская глина, скважина № 1	16	5,5	5,97	6,2
Блиновская глина, скважина № 3	21	9,5	10,2	Образцы треснули
Махалинская глина	25	9,38	10,1	10,3

Анализ табличных данных свидетельствует, что самая маленькая полная усадка отмечена у блиновской глины скважины № 1 (6,2 % при температуре обжига 1050 °С), самая большая полная усадка — у образцов махалинской

глины (10,3 %), а образцы блиновской глины скважины № 3 при этой же температуре обжига сильно треснули.

Все исследуемые нами глины Пензенской области являются легкоплавкими, что полностью удовлетворяет требованиям ГОСТа по глинам для производства керамического кирпича.

Таким образом, примененный комплексный подход к исследованию глин Махалинского и Блиновского месторождений Пензенской области с детальной их оценкой по различным физико-химическим параметрам показал, что исследуемое глинистое сырье пригодно для получения качественных эффективных стеновых материалов на основе местных сырьевых источников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21216.0—93. Сырье глинистое. Общие требования к методам анализа. Минск : МССМС, 1995.
2. ГОСТ 21216.1—93. Сырье глинистое. Метод определения пластичности. Минск : МССМС, 1995.

1. GOST 21216.0—93. Syre glinistoe. Obshchie trebovaniya k metodam analiza. Minsk : MSSMS, 1995.

2. GOST 21216.1—93. Syre glinistoe. Metod opredeleniya plastichnosti. Minsk : MSSMS, 1995.

© Грачева Ю. В., Глухова М. В., 2012

*Поступила в редакцию
в июне 2012 г.*

Ссылка для цитирования:

Грачева Ю. В., Глухова М. В. Результаты исследования возможности использования глин пензенских месторождений в производстве стеновых керамических материалов (Часть 1) // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 2 (22).