

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-4>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/39TVN416.pdf>

Статья опубликована 04.08.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Пожидаев Д.А., Гуляев В.Т. Получение глазури на основе тугоплавких глин со снижением температуры обжига // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/39TVN416.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 620.22:666.295.4**

**Пожидаев Дмитрий Александрович**

ГБОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Россия, Владивосток<sup>1</sup>  
Инженерная школа  
Кафедра «Строительства и управления недвижимостью»  
Аспирант  
E-mail: [pda15@yandex.ru](mailto:pda15@yandex.ru)

**Гуляев Владимир Трофимович,**

ГБОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Россия, Владивосток  
Инженерная школа  
Кафедра «Строительства и управления недвижимостью»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [gvt51@mail.ru](mailto:gvt51@mail.ru)

## **Получение глазури на основе тугоплавких глин со снижением температуры обжига**

**Аннотация.** В данной статье описан процесс снижения максимальной температуры обжига тугоплавкой белой глины, а также образование стекловидной глазури на поверхности обожжённой керамики в процессе обжига. Данного результата удалось достичь путем введения в глину добавок. Исследования проводились на основе беложгущейся тугоплавкой глине, максимальная температура обжига которой составляет 1300-1400°C. В качестве добавок для глины были приняты тетраборат натрия, гидроокись натрия и пластификатор для бетонов на основе пластификатора СЗ. Всего было проведено две группы экспериментов, по 6 составов в каждой группе, составы в двух группах были приняты идентичными. Максимальная температура обжига для первой группы экспериментов составила 1000°C, а для второй – 1300°C. Температурный режим №1 подбирался исходя из температурных режимов, принятых для обжига строительной керамики. Температурный режим №2 был разработан на основе температурного режима №1 и рекомендаций по обжигу тугоплавких глин. В результате анализа 12 полученных образцов было выявлено, что состав №6 из белой глины с добавлением тетрабората натрия, гидроокиси натрия и пластифицирующей добавки, обжигаемый при 1000°C, претерпел структурные преобразования и обжегся до состояния керамики, покрывшись равномерным слоем глазури. Идентичный ему состав №12, обжигаемый при температуре 1300°C, также, как и состав №1 претерпел структурные преобразования и обжегся в керамику. Помимо этого состав №12 значительно увеличился в объеме за счет обширного порообразования, вызванного образованием углекислоты. По факту состав №12 представляет собой пенокерамику с замкнутыми порами.

---

<sup>1</sup> 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

**Ключевые слова:** керамика; белая глина; глазурь; температурный режим; температура обжига; пенокерамика

При производстве керамических изделий, помимо прочих, есть две важных статьи затрат:

1. доставка сырья до завода по производству керамических изделий;
2. энергозатраты при производстве керамических изделий.

Порой, для сокращения затрат на транспортировку сырья до завода изготовителя, принимают решения по использованию местного сырья для производства керамических изделий. Часто это негативно сказывается на качестве производимой продукции, так как не всегда местная сырьевая база соответствует необходимым требованиям завода изготовителя. Но порой завод изготовитель не способен работать на предполагаемом сырье, так как его оборудование не приспособлено к технологическому процессу необходимому для обработки предполагаемого сырья или этот технологический процесс значительно увеличивает расходы производства. Такая ситуация может случиться, например, когда высококачественная глина, добываемая неподалеку, является тугоплавкой и завод не способен обеспечить необходимую температуру в печи, для обжига глины или энергозатраты на обжиг тугоплавкой глины делают её применение в качестве сырья нереальным. В таком случае можно снизить температуру обжига глины путем введения в её состав добавок.

Целью данного исследования является снижение максимальной температуры обжига тугоплавкой беложгущейся глины Славянского месторождения Хасанского района в Приморском крае. В качестве дополнительной цели было принято разработать состав образца, на котором после обжига будет образовываться поверхностный декорирующий слой в виде глазури.

Для достижения поставленных целей был разработан ряд задач:

- разработать составы на основе белой глины, предполагаемая максимальная температура обжига которых не будет превышать 1000°C;
- проведение экспериментальных исследований в лабораторных условиях;
- анализ полученных данных с целью корректировки составов и их свойств.

Основной объем всех составов – это тугоплавкая беложгущаяся каменная глина, её доля в составах занимает более 50% всего состава по массе.

Химический состав белой глины представлен в таблице 1.

**Таблица 1**

**Химический состав белой глины**

Белая глина, Славянское м-е					
№ п/п	Элемент	% отношение	№ п/п	Элемент	% отношение
1	SiO <sub>2</sub>	77,12	7	CaO	0,18
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,61	8	MgO	0,11
3	TiO <sub>2</sub>	0,18	9	K <sub>2</sub> O	1
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,48	10	Na <sub>2</sub> O	0,092
5	FeO	0,077	11	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,097
6	MnO	0,009	12	Прочие примеси	5,01

Химический состав предоставлен на основании химического анализа, проведенного ОАО «Приморгеология». Протокол количественного химического анализа №685 от 28 июня 2016 г.

В качестве добавок для снижения максимальной температуры обжига были приняты бор (В), натрий (Na) и добавка суперпластификатора для бетонов на основе пластификатора СЗ. Натрий вводился в состав в виде едкого натра (NaOH) – белый порошок с кристаллами плоской формы, бор в виде технической буры ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) – белый порошок мелкой фракции, пластификатор – коричневого порошка мелкой фракции.

Каменная глина измельчалась в щековой дробилке до фракции 1-5 мм, после чего размалывалась в шаровой мельнице в течение шести часов и просеивалась через сито 0,08 мм с остатком на сите  $\leq 10\%$ .

Компоненты взвешивались на лабораторных весах с ценой деления 0,01 грамма. После взвешивания компоненты составов смешивались в эмалированной посуде, после чего в них добавлялась вода и они подвергались повторному перемешиванию.

Всего было проведено 2 серии экспериментов, в ходе которых при  $1000^\circ\text{C}$  было обожжено 6 составов и 6 составов при  $1300^\circ\text{C}$  соответственно.

Составы в двух сериях экспериментов идентичны:

Состав №1 и №7: Белая глина 90%, вода 10% – контрольный образец;

Состав №2 и №8: Белая глина 85%,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  5%, вода 10%;

Состав №3 и №9: Белая глина 85%, NaOH 5%, вода 10%;

Состав №4 и №10: Белая глина 75%,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  5%, NaOH 10%, вода 10%;

Состав №5 и №11: Белая глина 75%,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  10%, NaOH 5%, вода 10%;

Состав №6 и №12: Белая глина 72%, пластификатор 3%,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  5%, NaOH 10%, вода 10%;

Составы были разработаны полагаясь на тройную диаграмму состояния системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ . [1]

После приготовления составов они формовались и высушивались, часть составов помещалась в заранее обожженные тигли. Сушка образцов проходила при комнатной температуре ( $22^\circ\text{C}$ ) и относительной влажности воздуха 60% в течение 48 часов. [2]

На образцах, после сушки, проступило незначительное количество трещин, часть из которых затянута после обжига. Общий вид образцов удовлетворительный, без сквозных трещин, сколов и деформаций. После высыхания образцы были исследованы на однородность. В результате было выявлено, что при высыхании, так как добавки растворимы в воде, они выступают из тела глины на поверхность вслед за испаряемой влагой. Таким образом на срезе образца видно, что на поверхности концентрация добавки максимальна, а ближе к середине, концентрация добавки по градиенту снижается.

Для обжига образцов были разработаны 2 температурных режима, один для обжига при  $1000^\circ\text{C}$ , а второй при  $1300^\circ\text{C}$ . Обжиг проводился в лабораторной муфельной печи с фронтальной загрузкой, трехсторонним нагревом и максимальной температурой нагрева  $1300^\circ\text{C}$ , объем рабочей камеры – 12 литров. Температура в печи, как и время необходимое для нагрева (или охлаждения) регулируется терморегулятором с точностью до минут и градусов Цельсия.

Температурный режим №1 с обжигом при 1000°C, изображенный на рисунке 1 предполагает медленный нагрев и выдержки на участках в 80, 100, 400, 700 и 1000°C, с медленным охлаждением и выдержками на участках в 650, 500 и 400°C. Медленный нагрев и охлаждение необходимы для того, чтобы избежать резких температурных деформаций, а выдержка на основных участках температур способствует равномерному прогреву (или охлаждению) всего объема образца. После того как процесс охлаждения достиг 400°C печь выключается и остывает без регулировки скорости охлаждения. [3]



Рисунок 1. Температурный режим №1

Температурный режим №2 с обжигом при 1300°C, изображенный на рисунке 2 похож на температурный режим №1, только здесь отсутствует нагрев и выдержка при 80°C, но присутствует нагрев с 1000°C до 1300°C и выдержка при максимальной температуре. [4]



Рисунок 2. Температурный режим №2

По результатам первой серии экспериментов все составы сохранили белый цвет, деформации незначительные или вовсе отсутствуют, имеются различия по механическим характеристикам.

Состав №1, не имеющий добавок, не претерпел структурного превращения в керамику. Кромки краев образца легко обламываются и на изломе наблюдается рыхлая, шероховатая структура. Видны отдельные частицы, так же наблюдаются поры от испарившейся влаги, никаких деформаций не наблюдается. Состав №2 также, как и состав №1, не претерпел структурных превращений, и глина не обожглась, но образец оказался прочнее чем состав №1. Это связано с тем, что бура частично прореагировала с глиной и после обжига прочность связей между частицами возросла, но из-за недостаточного количества буры и низкой температуры плавление состава не произошло. По структуре состав №2 похож на состав №1.

Состав №3 так же, как и составы №4 и №5, ближе к поверхности претерпел структурное прекращение и обжегся в керамику, остальной объем немногим оказался прочнее составов №1 и №2, кроме поверхностного слоя структура образца остается рыхлой и пористой. На поверхности образца, редкими очагами, проступила глазурь. Это связано с неоднородностью образца, где концентрация добавки на его поверхности значительно выше, чем в остальном теле. На поверхности составов №4 и №5 очаги образования глазури больше чем в составе №3 из-за того, что концентрация добавки выше.

Состав №6 претерпел структурное превращение и обжегся в керамику по всему объёму. Также, вся поверхность образца покрылась равномерной стекловидной глазурью зеленоватого цвета. Прочность образца значительно выше предыдущих составов, а при простукивании слышен характерный для керамики звон. Поверхность глазури гладкая, не царапается металлическим лезвием, имеются незначительные трещины. После обжига образец претерпел незначительные деформации и слегка оплыл.

Анализируя данные, полученные после проведения второй серии экспериментов выявлено, что все образцы в процессе обжига претерпели структурные превращения в керамику, сохранили белый цвет.

Состав №7, не имеющий добавок обжегся до состояния керамического черепка белого цвета. Образец достаточно прочный, на нем не остается следов от металлического лезвия. Слегка оплавившиеся кромки образца говорят о незначительных деформациях.

Состав №8, так же, как и состав №11 претерпел структурные превращения и расплавился, а после остывания имеет вид стекла. Стекло полупрозрачное, глухого белого цвета, имеет ярко выраженный блеск. Стекло имеет гладкую поверхность без трещин или пор. Судя по тому, что образцы полностью изменили свои геометрические характеристики – имеют место значительные деформации.

Поверхность состава №9, как и состава №10, претерпела структурные изменения и обожглась в стекловидную глазурь, так как натрий при высыхании выступил на поверхность, где концентрация натрия оказалась выше. Остальной объем глины обжегся до состояния керамического черепка, поверхность вместе с образованием глазури оплавилась, что говорит о незначительных деформациях. Деформации состава №10 выражены ярче, чем у состава №9, так как больший объем поверхности обжегся до состояния глазури.

Весь объем состава №12 претерпел структурное превращение, ближе к поверхности образец можно охарактеризовать как стекловидный, полупрозрачный, чем глубже рассматриваемый слой образца, тем он менее прозрачный вплоть до полностью глухого белого керамического черепка. Образец потерял форму и значительно увеличился в объеме за счет обильного порообразования, которое было вызвано, предположительно, температурной

реакцией органической составляющей пластифицирующей добавки с выделением углекислоты. Диаметр пор в образце различный, от 1 до 10мм, поры замкнуты. [5]

После рассмотрения всех результатов можно утверждать, что:

1. достаточная максимальная температура обжига рассматриваемой каменной белой глины – 1300°C;
2. путем введения добавки удалось понизить до 1000°C максимальную температуру обжига каменной белой глины;
3. удалось получить равномерный и однородный слой стекловидной глазури на поверхности керамического черепка состав №6;
4. Обжиг каменной белой глины с добавлением добавки, при температуре 1300°C приводит к обильному порообразованию и образец становится похож на пенокерамику.



*Рисунок 3. Состав №6 после обжига при 1000°C° (составлено автором)*



*Рисунок 4. Состав №12 после обжига при 1300°C (составлено автором)*

Можно говорить о том, что пластификатор в данном случае выступает в роли катализатора, который в значительной мере влияет на понижение максимальной температуры обжига глины, так как с добавлением пластификатора, после обжига наблюдаются значительные отличия от образцов без добавления пластификатора. Результаты обжига составов №6 и №12 представлены на рисунке 3 и 4 соответственно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Торопов Н.А. и др. Диаграммы состояния силикатных систем: Справочник. Выпуск 3 / Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский, В.В. Лапин, Н.Н. Курцева, А.И. Бойкова. – Л.: Наука, 1972. – 448 с.: ил., табл.
2. Домокеев А.Г. Строительные материалы / А.Г. Домокеев. – М.: Высшая школа, 1989. – 495 с.
3. Пожидаев Д.А., Гуляев В.Т., Никифоров П.А. Исследование поверхностного слоя из цеолитсодержащих составов на керамических изделиях. Инновации и инвестиции, 2015 г., №11, 223-225.
4. Блюмен Л.М. Глазури / Л.М. Блюмен. – М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1954. – 169 с.
5. Пожидаев Д.А., Гуляев В.Т. Понижение температуры плавления тугоплавких глин с образованием поверхностной глазури. В кн.: Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на Дальнем Востоке в XXI веке: материалы междунар. научно-практической конф. Комсомольск-на-Амуре, 20-21 апреля 2016 года. С. 129-133.
6. Штейнберг Ю.Г., Тюрн Э.Ю. Стекловидные покрытия для керамики. – 2-е изд., перераб. и доп., - Л.: Стройиздат. Ленингр. отделение, 1989. – 192 с., ил. ISBN 5-274-00379-6.
7. Будников П.П., Полубояринов Д.Н. Химическая технология керамики и огнеупоров. – М.: Стройиздат, 1972. – 547 с.
8. Гузман И.Я. Химическая технология керамики. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
9. Орлов Е.И. Глазури, эмали, керамические краски и массы. Часть вторая. Изд-е третье. – М.: Ленинград. 1938. – 106 с.
10. Воронцов В.М., Немец И.И. Стекло и керамика в архитектуре. – Б.: изд-во БГТУ, 2010. – 106 с. ISBN 978-5-361-00116-3.
11. Ашмарин Г.Д., Ливада А.Н. Расширение сырьевой базы – важный фактор развития керамических стеновых материалов. Строительные материалы, 2008 г., №4, 22-23.

**Pozhidaev Dmitriy Aleksandrovich**

Far Eastern federal university, Russia, Vladivostok  
E-mail: [pda15@yandex.ru](mailto:pda15@yandex.ru)

**Gulyaev Vladimir Trofimovich**

Far Eastern federal university, Russia, Vladivostok  
E-mail: [gvt51@mail.ru](mailto:gvt51@mail.ru)

## Getting glaze based on refractory clays with reduction in calcination temperature

**Abstract.** This paper describes the process of reducing the maximum temperature of refractory white clay calcination, as well as the formation of glassy glaze baked onto the surface of ceramics in the calcination process. This result was achieved by introducing additives into the clay. The studies were conducted on the basis of white-burning refractory clay, fired at maximum temperature of 1300-1400°C. Sodium tetraborate, sodium hydroxide and a plasticizer for concrete plasticizer-based C3 were used as clay additives. There have been two groups of experiments, 6 compositions in each group, the compositions in the two groups were admitted identical. Maximum firing temperature for the first group of experiments amounted to 1000°C, and for second it was 1300°C. Temperature regime №1 was selected on the basis of temperature modes traditionally accepted in the sphere of building ceramics calcination. Temperature regime №2 was developed on the basis of Temperature regime #1 and of recommendations on refractory clay calcination. The analysis of 12 obtained samples revealed that Composition №6 of white clay with addition of sodium tetraborate, sodium hydroxide and a plasticizer, fired at 1000°C, underwent some structural changes and came to the state of ceramics, being covered with a uniform layer of glaze. An identical composition №12, fired at the temperature of 1300°C, as well as Composition №1, underwent structural transformation, and was burned into ceramics. In addition, Composition №12 was significantly increased in volume due to extensive pore formation caused by the formation of carbon dioxide. In fact, Composition №12 is foam-ceramics with closed pores.

**Keywords:** ceramics; white clay; glaze; temperature regime; firing temperature; foam-ceramics

## REFERENCES

1. Toropov N.A. i dr. Diagrammy sostoyaniya silikatnykh sistem: Spravochnik. Vypusk 3 / N.A. Toropov, V.P. Barzakovskiy, V.V. Lapin, N.N. Kurtseva, A.I. Boykova. – L.: Nauka, 1972. – 448 s.: il., tabl.
2. Domokeev A.G. Stroitel'nye materialy / A.G. Domokeev. – M.: Vysshaya shkola, 1989. – 495 s.
3. Pozhidaev D.A., Gulyaev V.T., Nikiforov P.A. Issledovanie poverkhnostnogo sloya iz tseolitsoderzhashchikh sostavov na keramicheskikh izdeliyakh. Innovatsii i investitsii, 2015 g., №11, 223-225.
4. Blyumen L.M. Glazuri / L.M. Blyumen. – M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'nym materialam, 1954. – 169 s.
5. Pozhidaev D.A., Gulyaev V.T. Ponizhenie temperatury plavleniya tugoplavkikh glin s obrazovaniem poverkhnostnoy glazuri. V kn.: Arkhitektura, stroitel'stvo, zemleustroystvo i kadastry na Dal'nem Vostoke v XXI veke: materialy mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konf. Komsomol'sk-na-Amure, 20-21 aprelya 2016 goda. S. 129-133.
6. Shteynberg Yu.G., Tyurn E.Yu. Steklovidnye pokrytiya dlya keramiki. – 2-e izd., pererab. i dop., - L.: Stroyizdat. Leningr. otделение, 1989. – 192 s., il. ISBN 5-274-00379-6.
7. Budnikov P.P., Poluboyarinov D.N. Khimicheskaya tekhnologiya keramiki i ogneuporov. – M.: Stroyizdat, 1972. – 547 s.
8. Guzman I.Ya. Khimicheskaya tekhnologiya keramiki. – M.: OOO RIF «Stroymaterialy», 2003. – 496 s.
9. Orlov E.I. Glazuri, emali, keramicheskie kraski i massy. Chast' vtoraya. Izd-e tret'e. – M.: Leningrad. 1938. – 106 s.
10. Vorontsov V.M., Nemets I.I. Steklo i keramika v arkhitekture. – B.: izd-vo BGTU, 2010. – 106 s. ISBN 978-5-361-00116-3.
11. Ashmarin G.D., Livada A.N. Rasshirenie syr'evoy bazy – vazhnyy faktor razvitiya keramicheskikh stenovykh materialov. Stroitel'nye vaterialy, 2008 g., №4, 22-23.