

## Сухие строительные смеси с применением местных материалов Пензенского региона

*Д.т.н., профессор В.И. Логанина\*;  
аспирант Э.Р. Акжигитова;  
доцент Г.Д. Фадеева,*

*ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

**Ключевые слова:** глина; обжиг; прочность известкового композита

В связи с интенсивным развитием производства и расширением ассортимента сухих строительных смесей (ССС) актуальным является использование в их рецептуре местных сырьевых материалов. На территории Пензенской области имеются значительные запасы глин, которые могли бы быть компонентами ССС [1-4].

Одним из способов получения активных минеральных добавок является обжиг каолиновых глин при температуре 600–800°C [5-9]. Основанием применения такой добавки является то, что из всех известных сегодня минералов наиболее реакционно-активным по отношению к извести является метакаолинит. Недостатками данного метода получения активной минеральной добавки из глин являются существенные энергос затраты на обжиг.

В работах [10,11] показана эффективность применения термообработанной каолиновой и монтмориллонитовой глин при изготовлении известково-алюмосиликатного вяжущего. По мнению автора, образовавшийся после удаления части гидратной воды одноводный каолинит  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$  является реакционно-активным по отношению к извести.

Глины Пензенского региона по своему минералогическому составу являются смешанными. В связи с этим разработка технологии получения активной добавки на основе смешаннослойных глин для известковых ССС представляет практический и теоретический интерес.

В работе применяли глину Воробьевского, Камешкирского, Иссинского месторождений, а также каолинит. В качестве вяжущего использовали известь 2-го сорта с активностью 84%. Были изготовлены образцы состава известь:песок=1:4 с водоизвестковым соотношением В/И, равным 1,4. В качестве мелкого заполнителя применяли ухтинский кварцевый песок. При определении оптимального зернового состава песка исходили из наименьшей межзерновой пустотности [12,13]. Установлено, что наименьшей пустотностью обладает песок фракции 0,63-0,315 мм и 0,315-0,14 мм в соотношении 80%:20%. Плотность песка составляла  $\rho_{нас} = 1527 \text{ кг/м}^3$ .

При оценке возможности применения глин Пензенского региона в рецептуре ССС в качестве структурирующей добавки была применена следующая технология их подготовки. Часть глины обжигалась при различной температуре, другая часть обжигалась в присутствии влаги в среде насыщенного пара, так как, по мнению некоторых исследователей [10, 11], монтмориллонитовые глины более эффективно обжигать в присутствии влаги.

Нами был проведен дифференциально-термический анализ глин, представленный на рис. 1,2.

При анализе термограммы каолиновой глины (Украина – Глуховское месторождение) установлено, что при температуре 103,5°C наблюдается экзотермический эффект, сопровождающийся удалением свободной воды. При температуре от 384,7°C до 726,4°C происходит выделение конституционной воды с разрушением кристаллической решетки [14, 15]. При температуре 380-455,5°C наблюдается удаление части гидратной воды, что сопровождается резким пиком экзотермического эффекта. Образующееся при этом соединение  $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot H_2O$  придает глине более высокую реакционную активность по отношению к извести. В интервале температур (455,5-520)°C происходит удаление оставшегося количества гидратной воды до образования метакаолинита  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ , протекающее с уменьшением массы на 7,3%. Это сопровождается резким пиком эндотермического эффекта. С увеличением температуры от 520°C до 726,4°C продолжается разрушение кристаллической решетки. При этом потеря массы составляет 5%.

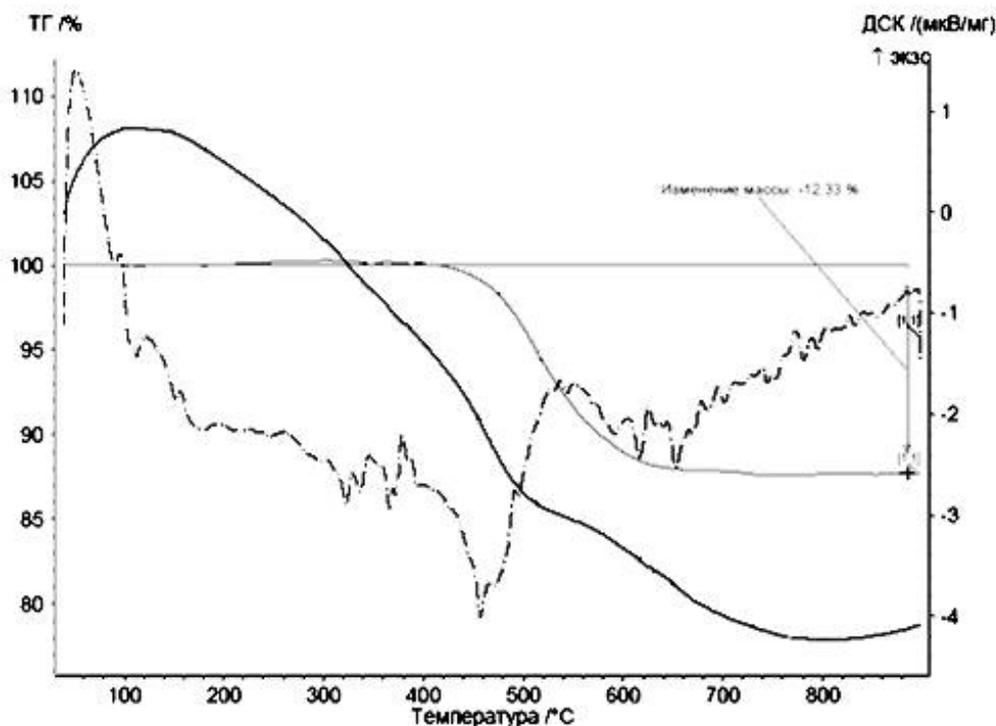


Рисунок 1. Дифференциально-термический анализ каолиновой глины

При анализе термограмм Иссинской, Камешкирской и Воробьевской глин установлено, что у Иссинской глины начальное удаление гидратной воды начинается при температуре 438°C (экзотермический эффект) и заканчивается при 487°C (эндотермический эффект), у Камешкирской глины – 442°C (экзотермический эффект) и 467,2°C (эндотермический эффект), у Воробьевской глины соответственно 580°C (эндотермический эффект) (рис. 2).

Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что введение глины в количестве 10% от массы извести способствует повышению прочности при сжатии, которое составляет 17,85-63% в зависимости от технологии, температуры обжига и вида глины. Наибольшей прочностью обладают композиты с добавкой Воробьевской и Камешкирской глин, обожженных в присутствии влаги при температурах соответственно 500°C и 400°C. Именно в этих интервалах температур, по результатам дифференциально-термического анализа, происходит образование одноводного каолинита, обладающего более высокой реакционной активностью по отношению к извести. Максимальной прочностью обладают составы с применением Воробьевской глины, обожженной при температуре 450-500°C, – увеличение прочности составляет 63%. Прочность при сжатии в возрасте 28 суток твердения контрольных составов составляет  $R_{сж} = 0,84$  МПа; с добавкой необожженной Камешкирской глины – 1,04 МПа; глины, обожженной при температуре 400°C, – 1,29 МПа; обожженной при температуре 400°C в присутствии влаги – 1,41 МПа.

Дополнительно оценивалась активность термообработанной глины как гидравлической добавки по величине растворимости в 20%-м растворе КОН [16]. Так, установлено, что активность Камешкирской глины (необожженной) составляет 145 мг/г, а активность глины, обожженной при температуре 400°C, – 165 мг/г. Более высокая гидравлическая активность глины, обожженной при температуре 400°C, способствует увеличению количества связанной извести в известковом композите.

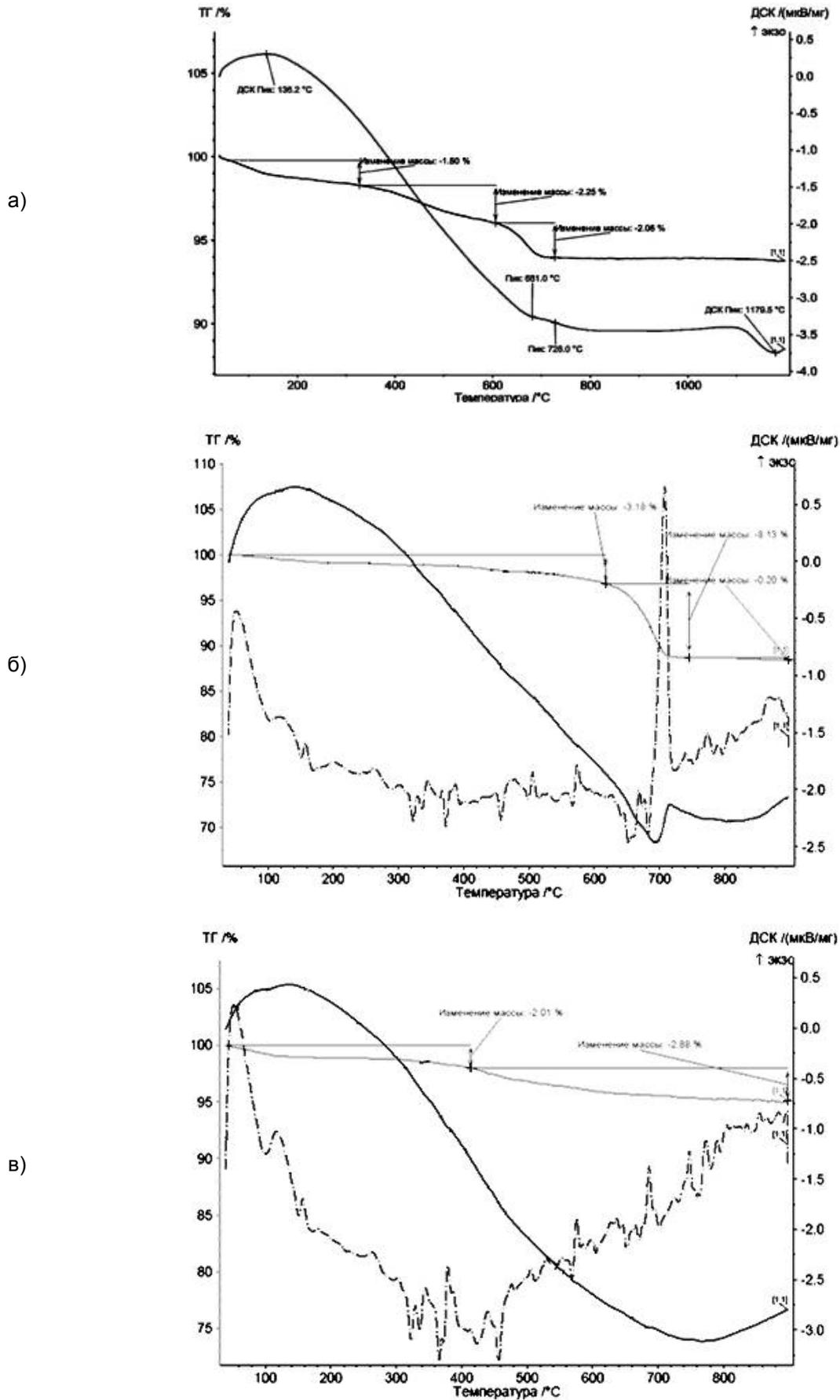
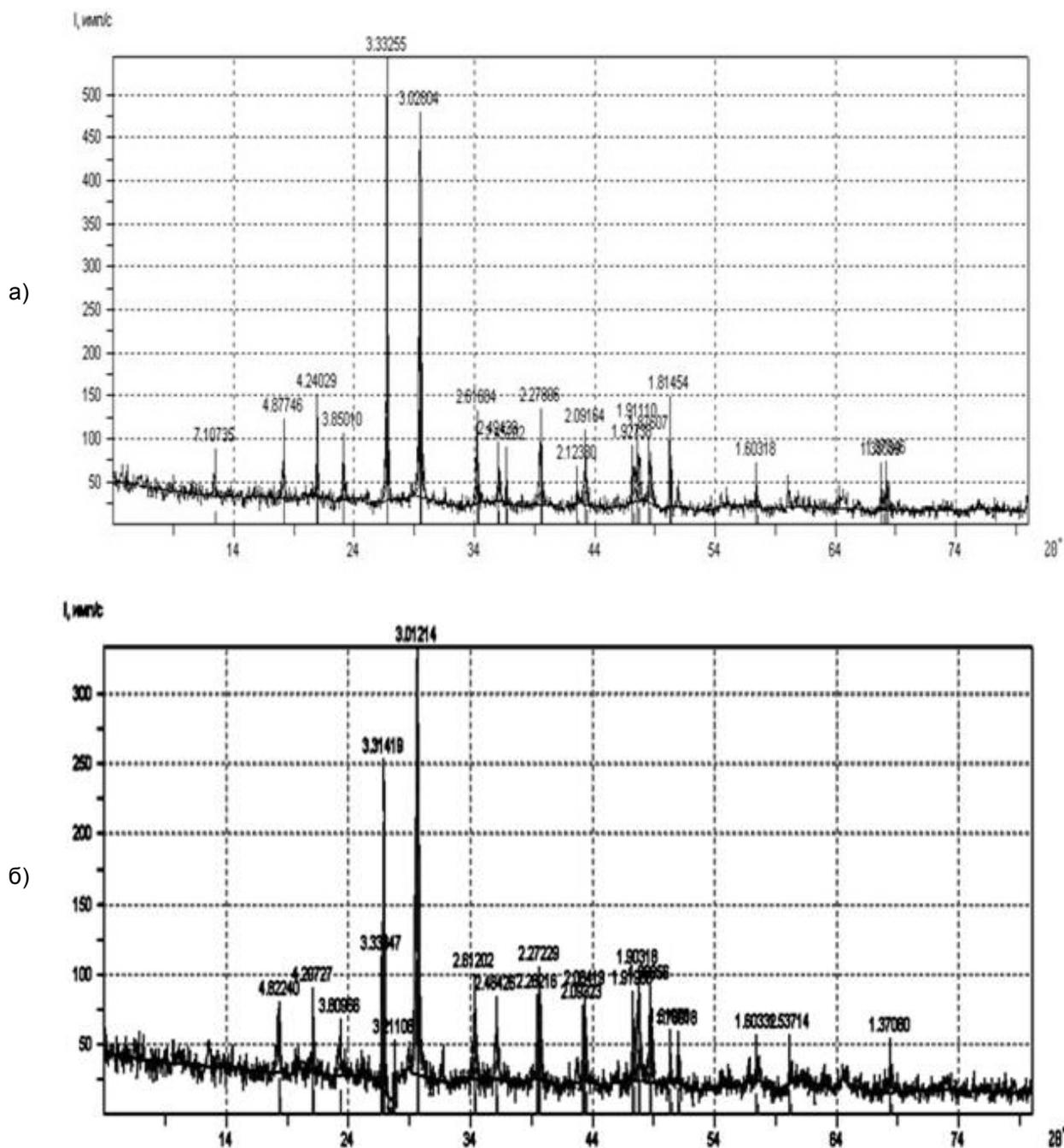


Рисунок 2. Дифференциально-термический анализ глин месторождений:  
а) Воробьевское; б) Иссинское; в) Камешкирское

Логанина В.И., Ажигитова Э.Р., Фадеева Г.Д. Сухие строительные смеси с применением местных материалов Пензенского региона



**Рисунок 3. Рентгенограммы известково-песчаных составов:**  
 а) глина обожжена при температуре 600°C; б) глина обожжена при температуре 500°C

Структура известково-песчаных образцов изучалась методами РФА [17-19]. Анализ рентгенограммы известково-песчаного образца с добавкой Воробьевской глины, обожженной при температуре 500°C, приведен на рис. 3б и свидетельствует о большем содержании цеолитов ( $\text{Ca}_6\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48} \cdot 28 \text{H}_2\text{O}$ ) по сравнению с образцами, содержащими глину, обожженную при температуре 600°C. Интенсивность линий (2,6120 Å; 2,4843 Å; 2,0932 Å; 2,0842 Å), относящихся к цеолитам, на рентгенограмме рис. 3б выше, чем на рентгенограмме рис. 3а.

Большее содержание цеолитов в структуре образца с глиной, обожженной при температуре 500°C, обеспечивает большую прочность образцов.

Таким образом, проведенные исследования доказали целесообразность применения в известковых композитах в качестве структурирующей добавки смешанослойных глин Пензенского региона, обожженных при температуре 450-500°C. Разработаны составы ССС, содержащие известь, кварцевый песок, модифицирующие добавки, в том числе минеральные добавки на основе смешанослойных глин Пензенского региона. Жизнеспособность отделочного состава составляет 3-4 часа, водоудерживающая способность 96 – 97 %. Прочность при сжатии покрытий на основе предлагаемой ССС составляет 2,8-3,1 МПа, прочность сцепления – 0,6-0,8 МПа.

*Работа выполнялась в рамках госконтракта с Министерством образования и науки РФ № 13.G25.31.0092.*

### Литература

1. Сенаторов П. П. [и др.] Минерально-производственный комплекс Пензенской области. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2002. 128 с.
2. Логанина В. И., Петухова Н.А., Ажигитова Э. Р. Разработка органоминеральной добавки для сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2011. №3. С. 8-12.
3. Большаков Э. Л. Сухие смеси для отделочных работ // Строительные материалы. 1997. №7. С. 8-9.
4. Телешов А. В. Новые заводы по производству сухих смесей // Строительные материалы. 2003. №11. С. 12-15.
5. Волженский А. В., Буров Ю. С. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1979. 476 с.
6. Fortes-Revilla C., Martínez-Ramírez S., Blanco-Varela M.T. Modelling of slaked lime–metakaolin mortar engineering characteristics in terms of process variables // Cement and Concrete Composites. 2006. Vol. 28. Issue 5. Pp. 458-467.
7. Sepulcre-Aguilar A., Hernández-Olivares F. Assessment of phase formation in lime-based mortars with added metakaolin, Portland cement and sepiolite, for grouting of historic masonry // Cement and Concrete Research. 2010. Vol. 40. Issue 1. Pp. 66-76.
8. Cachim P., Velosa A.L., Rocha F. Effect of Portuguese metakaolin on hydraulic lime concrete using different curing conditions // Construction and Building Materials. 2010. Vol. 24. Issue 1. Pp. 71-78.
9. Konan K.L., Peyratout C., Smith A. Comparison of surface properties between kaolin and metakaolin in concentrated lime solutions // Journal of Colloid and Interface Science. 2009. Vol. 339. Issue 1. Pp. 103-109.
10. Шумков А. И. Бесклинкерное известково-алюмосиликатное гидравлическое вяжущее естественного твердения // Сухие строительные смеси. 2011. №3. С. 20-21.
11. Шумков А. И. Местные вяжущие, получаемые по энергосберегающим технологиям // Известия вузов. Строительство. 1993. №11-12. С. 26-30.
12. Дергунов С. А., Рубцова В. Н. Проектирование составов сухих строительных смесей. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. 97 с.
13. Зоткин А. Г. Применение наполнителей в строительных смесях // Сухие строительные смеси. 2009. №3. С. 66-68.
14. Бабушкин В.И., Матвеев М.Г., Мчедлов-Петросян О.П.. Термодинамика силикатов. М.: Изд-во литературы по строительству. 1972. 352 с.
15. Danielle S Klimesch, Abhi Ray. DTA–TGA of unstirred autoclaved metakaolin–lime–quartz slurries. The formation of hydrogarnet // Thermochimica Acta. 1998. Vol. 316. Issue 2. Pp. 149-154.
16. Волженский А. В., Стамбулко В. И., Ферронская А. В. Гипсоцементно-пущолоановые вяжущие, бетоны и изделия. М.: Стройиздат, 1971. 318 с.
17. Шангина Н. Н., Харитонов А. М. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектуры // Сухие строительные смеси. 2011. №4. С. 16-19.
18. Горшков В. С., Тимашев В. В., Савельев В. Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.
19. Frías M., Cabrera J. Influence of MK on the reaction kinetics in MK/lime and MK-blended cement systems at 20°C // Cement and Concrete Research. 2001. Vol. 31. Issue 4. Pp. 519-527.

*\*Валентина Ивановна Логанина, Пенза, Россия  
Тел. раб.: 8(8412)92-94-78, эл. почта: loganin@mail.ru*

© Логанина В.И., Ажигитова Э.Р., Фадеева Г.Д., 2012

Логанина В.И., Ажигитова Э.Р., Фадеева Г.Д. Сухие строительные смеси с применением местных материалов Пензенского региона

doi: 10.5862/MCE.34.5

## Dry mixes containing local materials of Penza region

V.I. Loganina;  
E.R. Akzhigitova;  
G.D. Fadeev

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia,  
8(8412)929478; e-mail: loganin@mail.ru

### Key words

clay; roasting; durability of a lime composite

### Abstract

One of the ways to get the active mineral admixtures for dry mixes is kaolin clay baking at temperature of 600-800°C. The reason for application such an additive is that among all modern minerals the most reaction-active towards a lime is metakaolinite.

Possibility of application of mixed-layer clays of the Penza region as a structuring additive in lime dry mixes is considered. Differential-thermal analysis of kaolinite clays from various deposits was carried out. The structure of sand-lime specimens was being studied by method of X-ray phase analysis.

Efficiency of application of clay that was baked at temperature of 400-500°C is shown. It is indicated that introduction of the clay burned at temperature of 400-550°C in number 10% from mass of a lime promotes durability increase in compression that is 17,85-63%, as a function of technology, temperature of baking and a type of clay

### References

1. Senatorov P. P. et al. *Mineralno-proizvodstvennyy kompleks Penzenskoy oblasti* [Mineral Complex of Penza region]. Kazan: Izd-vo Kazansk. un-ta, 2002. 128 p. (rus)
2. Loganina V.I., Petukhova N.A., Akzhigitova E.R. *Vestnik BGTU im. V.G.Shukhova*. 2011. No. 3. Pp. 8-12. (rus)
3. Bolshakov E.L. *Stroitelnyye materialy*. 1997. No. 7. Pp. 8-9. (rus)
4. Teleshov A. V. *Stroitelnyye materialy*. 2003. No. 11. Pp.12-15. (rus)
5. Volzhensky A. V., Burov Y.S. *Mineralnyye vyazhushchiye veshchestva* [Mineral binders]. Moscow: Stroiizdat. 1979. 476 p. (rus)
6. Fortes-Revilla C., Martínez-Ramírez S., Teresa Blanco-Varela M. Modelling of slaked lime-metakaolin mortar engineering characteristics in terms of process variables. *Cement and Concrete Composites*. 2006. Vol. 28. Issue 5. Pp. 458-467.
7. Sepulcre-Aguilar A., Hernández-Olivares F. Assessment of phase formation in lime-based mortars with added metakaolin, Portland cement and sepiolite, for grouting of historic masonry. *Cement and Concrete Research*. 2010. Vol.40. Issue 1. Pp. 66-76.
8. Cachim P., Velosa A.L., Rocha F. Effect of Portuguese metakaolin on hydraulic lime concrete using different curing conditions. *Construction and Building Materials*. 2010. Vol.24. Issue Pp. 71-78.
9. Konan K.L., Peyratout C., Smith A. Comparison of surface properties between kaolin and metakaolin in concentrated lime solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2009. Vol. 339. Issue 1. Pp. 103-109.
10. Shumkov A.I. *Sukhiye stroitelnyye smesi*. 2011. No. 3. Pp. 20-21. (rus)
11. Shumkov A.I. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo* 1993. № 11-12. Pp.26-30. (rus)
12. Dergunov S.A, Rubtsova V.N. *Proyektirovaniye sostavov sukhikh stroitelnykh smesey* [Design of dry mortar formulations]. Orenburg: IPK GOU OGU. 2008. 97 p. (rus)
13. Zotkin A.G. *Sukhiye stroitelnyye smesi*. 2009. No. 3. Pp.66-68. (rus)
14. Babushkin V.I, Matveev M.G, Mchedlov-Petrosyan O. P. *Termodinamika silikatov* [Thermodynamics of silicates]. Moscow: Izd-vo literatury po stroitelstvu. 1972. 352 p. (rus)
15. Danielle S Klimesch, Abhi Ray. DTA-TGA of unstirred autoclaved metakaolin-lime-quartz slurries. The formation of hydrogarnet. *Thermochimica Acta*. 1998. Vol. 316. Issue 2. Pp. 149-154.

16. Volzhensky A.V., Stambulko V.I., Ferronskaya A.V. *Gipsotsementno-putstsolanovyye vyazhushchiye, betony i izdeliya* [Calseal pozzolanic binders, concrete and products]. Moscow: Stroizdat, 1971. 318 p. (rus)
17. Shangina N.N., Kharitonov A.M. *Sukhiye stroitelnyye smesi*. 2011. No. 4. Pp.16-19. (rus)
18. Gorshkov V.S., Timashev V.V., Savelyev V.G. *Metody fiziko-khimicheskogo analiza vyazhushchikh veshchestv* [Methods of physicochemical analysis of binders]. ] Moscow: Vysshaya shkola, 1981. 335 p. (rus)
19. Frias M., Cabrera J. Influence of MK on the reaction kinetics in MK / lime and MK-blended cement systems at 20 ° C. *Cement and Concrete Research*. 2001. Vol. 31. Issue 4. Pp. 519-527.

**Full text of this article in Russian: pp. 37-41**