

Фомина Е. В., канд. техн. наук, доц.,
Кожухова М. И., аспирант,
Кожухова Н. И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ПОРОДЫ В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ*

fomina.katerina@mail.ru

В работе рассмотрены некоторые факторы эффективности применения алюмосиликатной породы (перлита) в высокощелочных вяжущих автоклавного твердения и естественного твердения (геополимерах). Установлено, что особенность фазово-размерной гетерогенности алюмосиликатной породы неразрывно связана с активностью, которая отражается на активности получаемого композиционного вяжущего. Применение алюмосиликатной породы в составе вяжущих оказывает влияние на структурно-фазовые трансформации при гидратации и твердении с улучшением качества и повышением эффективности их производства.

Ключевые слова: композиционное вяжущее, алюмосиликаты, геополимеры, силикатные автоклавные материалы, перлит.

Основная задача строительной индустрии – это создание высокоэффективных строительных материалов и изделий, которые намного превосходили бы по своим свойствам уже известные аналоги. Решить эту сложную в теоретическом и практическом плане задачи с помощью традиционных видов вяжущих не удастся. Поэтому для получения высокоэффективных строительных изделий необходимо создание композиционных вяжущих на основе нетрадиционных видов минерального сырья.

Значительный интерес вызывают алюмосиликатные материалы природного и антропогенного происхождения [1–6], которые в силу генетических особенностей содержат в своем составе наноразмерную (ультрадисперсную) составляющую. Одним из таких материалов является алюмосиликатная порода – перлит, которая относится к наногетерогенным минеральным компонентам природного происхождения [7].

Алюмосиликаты имеют неупорядоченную структуру, поэтому нестабильны при воздействии щелочного раствора, что является

основой их пуццолановых свойств. Пуццолановая активность послужила основным критерием выбора этой породы в данной работе для создания высокоэффективных композиционных вяжущих автоклавного твердения (на основе извести) и алюмосиликатных вяжущих (вяжущих щелочной активации – геополимеры). Одним из факторов эффективности применения алюмосиликатной породы в высокощелочных вяжущих являются структурно-фазовые трансформации при гидратации и твердении с возможностью образования в конечном продукте натриевых и калиевых цеолитов – аналогов породообразующих минералов земной коры, отличающихся длительной долговечностью [8].

В работе исследования проводили на перлите Мухор-Талинского месторождения, для сравнения использовался кварцевый песок Нижне-Ольшанского месторождения (табл. 1).

Перлит представляет собой породу вулканического происхождения с содержанием 98% стеклофазы и является рентгеноаморфным компонентом (рис. 1).

Таблица 1

Химический состав минералов, масс. %

Минерал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	SO ₃	ппп
Перлит	75,5	13,6	1,0	1,0	0,3	0,1	4,8	3,8	5,3	-	-
Кварцевый песок	92,4	2,36	0,77	1,88	0,2	-	-	-	-	0,05	1,95

*Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках гранта Президента РФ № МК-6170.2013.8; при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт 16.740.11.0770, государственное задание 3.4601.2011, Министерства образования и науки Российской Федерации: программа стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова, государственное задание 3.4601.2011

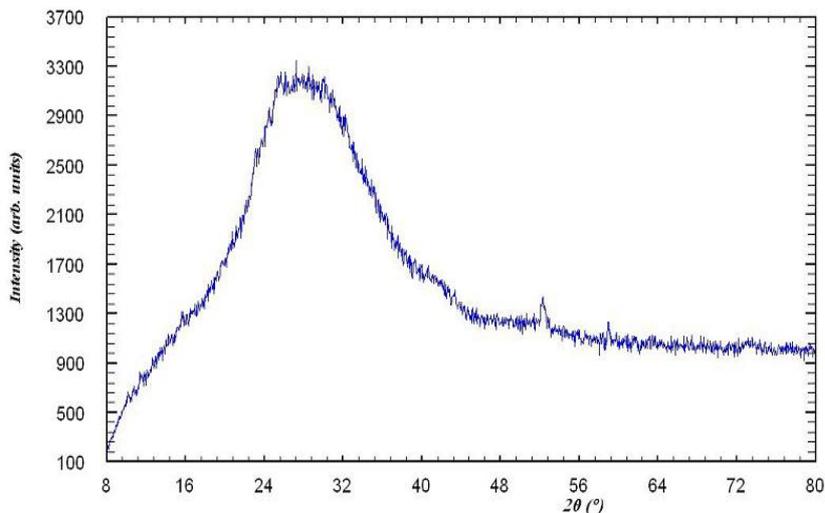


Рис. 1. Рентгенограмма перлита Мухор-Талинского месторождения

Высокая активационная способность перлита заключается в особенностях типоморфизма. Образование кремнеземсодержащих пород в условиях различного генезиса предопределяет их активность. В процессе магматогенно-интрузивного формирования минерала кварца кристаллизуются крупные правильные кристаллы с невысокой химической активностью. В результате магматогенно-эффузивного генезиса стеклофазы перлита формируются достаточно мелкие кристаллиты, в некоторых случаях кристаллизация не происходит, и образуется аморфный минерал.

Показателями реакционной активности кремнеземсодержащих пород можно оценить по

соотношению модификаций кремнезема, кристаллиты которых находятся в различных размерных пределах. В данной работе определение концентрационных показателей осуществлялось компьютерной обработкой данных рентгенофазового анализа с помощью программы Full-Prof. Фазовый состав исследуемой породы перлита представлена высокотемпературными полиморфными модификациями кварца кристобалитом и тридимитом с размерами кристаллитов 1–1,6 нм (табл. 1), следовательно, он интенсивнее будет вступать во взаимодействие с компонентами вяжущего.

Таблица 2

Фазовый состав пород

Наименование	Содержание компонентов(вес, %)		Размер кристаллитов, нм
Перлит	тридимит	3	1,6
	кристобалит	97	1
Кварцевый песок	α-кварц	84	67
	β-кварц	16	20

Оценка эффективности применения алюмосиликатной породы природного происхождения велась также по кинетике механоактивационной диспергации. Измельчение производилось в лабораторной планетарной мельнице в течение

2, 4, 6 часов. Выходными параметрами являлись удельная поверхность и размер частиц. Анализ распределения частиц по размерам осуществлялся методом лазерной гранулометрии.

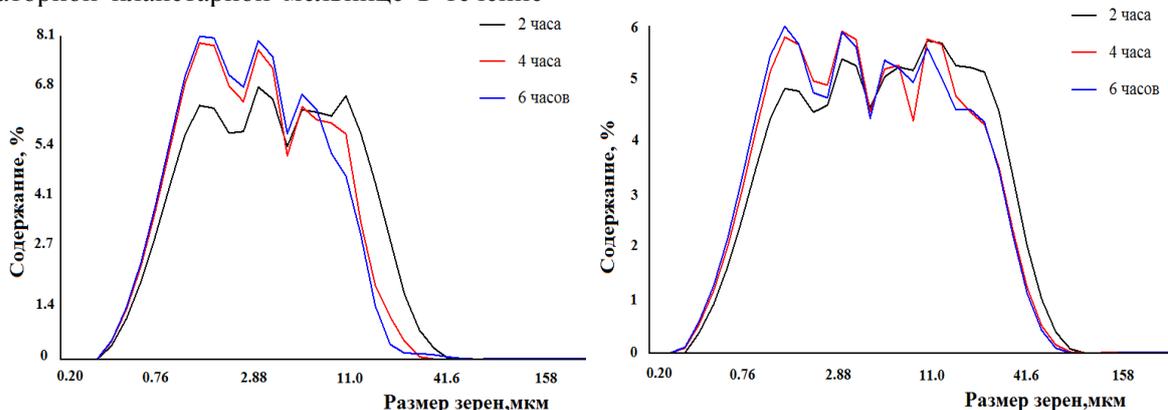


Рис. 2. Гранулометрический анализ кремнеземсодержащих пород

Характер развития кривых распределения частиц в рассматриваемых пробах кварца и перлита отличается размерной гетерогенностью. Зерновой состав пробы кварца через 2 часа помола находится в интервале от 0,40 до 40 мкм, причем с увеличением времени помола до 6 часов отмечается два максимальных пика с разме-

ром частиц от 0,9 до 3 мкм. Кривая распределения частиц пробы перлита с увеличением времени помола изменяется незначительно, концентрация частиц наблюдается в широком диапазоне от 0,25 до 100 мкм, что свидетельствует о постоянстве полидисперсности материала.

Таблица 3

Изменение удельной поверхности при помоле минералов

Минерал	Удельная поверхность, м ² /кг при времени помола, час.		
	2	4	6
Перлит	7220	7430	7980
Кварцевый песок	3540	4170	5200

Положительным фактором является высокая размолоспособность перлита (табл. 3). Это позволяет прогнозировать повышение эффективности производства за счет сокращения времени помола кремнеземсодержащего сырья.

С целью исследования влияния на свойства композиционных вяжущих автоклавного твердения формовались образцы-кубики с размером 2×2×2 см составов приведенных в таблице 4.

Исходя из технологических особенностей производства силикатных материалов автоклавного твердения, с учетом замены кварцевого компонента перлитом, в составе вяжущего использовался перлит после 2 часов диспергации. Испытания на прочность исследуемых в работе образцов проводили в соответствии с ГОСТ 8462–85.

Таблица 4

Составы силикатных смесей композиционного вяжущего

№ состава	известь, %	кв. песок, %	перлит, %	вода, мл
1	50	50	–	15
2	50	45	5	15,2
3	50	40	10	15,4
4	50	35	15	15,6
5	50	30	20	15,8

Гидротермальная обработка проводилась в лабораторном автоклаве при давлении насыщенного пара 8 атм. по режиму: подъем давления пара – 1,5 ч, изотермическая выдержка – 5–6

ч, сброс давления пара – 1,5 ч. По результатам испытаний были построены зависимости прочности образцов от количества введенной добавки перлита при замене кварцевого песка (рис. 3).

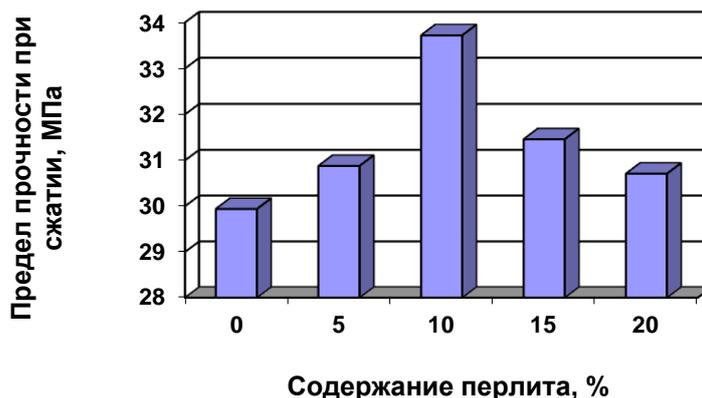


Рис. 3. Прочностные характеристики автоклавированного композиционного вяжущего

На диаграммах автоклавированных образцов вяжущего максимальное повышение прочности на 20% отмечается при введении в состав сырьевой смеси 10% перлита. По результатам предварительной оценки активности кремнезема в исходных породах, можно установить, что обладая высокой пуццолановой активностью, пер-

лит интенсивно вступает в реакцию взаимодействия с известью на начальных этапах твердения, что имеет важное значение с учетом уменьшения растворимости Ca(OH)₂ при повышении температуры. В процессе термообработки аморфная составляющая перлита переходит в растворимые модификации, активизируя в жид-

кой фазе процессы взаимодействия всех компонентов вяжущего и энергетически облегчая механизмы фазообразования цементирующего вещества. По результатам РФА добавление в состав силикатных смесей автоклавного твердения нанокристаллического перлита способствует образованию ленточного низкоосновного гидросиликата кальция – 11Å -тоберморита, уменьшению концентрации, высокоосновной ортосиликатной фазы $\alpha\text{-C}_2\text{SH}$ и образованию фазы типа цеолит L – $K_{11.7}(Al_{1.8}Si_{34.2}O_{72})$ [9], что в комплексе

способствует формированию высоких прочностных свойств материала.

С целью исследования возможности получения геополимерных вяжущих на основе перлита, а также влияние дисперсности перлита на прочностные характеристики формовались образцы щелочного вяжущего с перлитом. Предварительное измельчение перлита производилось в более широком временном диапазоне (табл. 5). Образцы композиционного вяжущего подвергались тепловой обработке в течение 12 часов при температуре 80°C .

Таблица 5

Составы геополимерного вяжущего

№ состава	Время помола, ч	Дисперсность, $\text{см}^2/\text{г}$	Перлит, %	Вода, %	Щелочной компонент, %
1	1	3620	75,3	21,55	3,1
2	1,5	4570	75,3	21,55	3,1
3	2	5670	75,3	21,55	3,1
4	2,5	5730	75,3	21,55	3,1
5	3	6220	75,3	21,55	3,1

По полученным результатам исходная дисперсность перлитового компонента оказывает

существенное влияние на прочность получаемого композиционного вяжущего (рис. 4).



Рис. 4. Прочностные характеристики геополимерного вяжущего

Динамика возрастания прочности наблюдается с увеличением времени диспергации перлита от 1 до 2 часов. Прочность вяжущего возрастает почти в 4 раза. Увеличение времени диспергации до 2,5 ч. приводит к снижению прочности на 6%, при дальнейшей диспергации прочность остается постоянной.

По результатам РФА образца геополимерного вяжущего с максимальной прочностью, структурообразующей связкой в нем служат кристаллические цеолитоподобные новообразования в основном типа анальцима $Na_2(AlSi_2O_6) \cdot 2H_2O$.

Таким образом, установлено, что применение алюмосиликатной породы в составе высокощелочных вяжущих автоклавного твердения оказывает влияние на фазо- и структурообразо-

вание с улучшением качества и повышением эффективности их производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природных перлитов в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2009. № 6. С. 84–87.
2. Прессованные силикатные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита / В.В. Строкова, Н.И. Алфимова, В.С. Черкасов, Н.Н. Шаповалов // Строительные материалы. 2012. № 3. С. 14–15.
3. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Абросимова О. С. Эксплуатационные характеристики силикатного кирпича, изготовленного с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Вестник Белгородского государственного

технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 11–14.

4. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Фундаментальные исследования. 2013. № 6–3. С. 525–529.

5. Анализ микроструктуры алюмосиликатного сырья с позиции применения его в дорожном строительстве / Т.В. Дмитриева, А.О. Лютенко, В.В. Строкова, М.С. Лебедев, М.А. Николаенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 33–38.

6. Урханова Л.А., Балханова Л.А. Получение композиционных алюмосиликатных вяжу-

щих на основе вулканических пород // Строительные материалы. 2006. №5. С.51–53.

7. Жерновский И.В., Строкова В.В. Некоторые возможности применения полнопрофильного РФА в задачах строительного материаловедения // Строительные материалы. Наука. 2010. № 3. С. 102–105.

8. Глуховский В.Д. Грунтоцементы // Тез. докл. 3-й Всесоюзн. научн.-практ. конф., (Киев, окт. 1989), Киев: Изд. КИСИ, 1989. Т.1. – С. 23–25.

9. Фомина Е.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Особенности фазообразования силикатных ячеистых изделий автоклавного твердения с алюмосиликатным сырьем // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 38–40.