

*Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,
Кобзев В.А., аспирант,
Сивальнева М.Н., аспирант,
Подгорный И.И., аспирант,
Пальшина Ю.В., аспирант*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНЕЗИСА СЫРЬЯ*

309991@mail.ru

В статье описаны особенности наноструктурированного вяжущего в зависимости от состава сырьевых компонентов. Показана целесообразность использования пород алюмосиликатного состава кристаллической и аморфной структуры для получения наноструктурированного вяжущего. Приведены физико-механические свойства вяжущих в зависимости от генезиса исходных материалов.

Ключевые слова: *наноструктурированное вяжущее, модификатор, реология, генезис, алюмосиликатное, силикатное*

Производство большинства представителей материалов строительного назначения связано с использованием портландцемента в качестве основного связующего компонента. Однако, производство данного материала связано с высокими энергозатратами, а также существенным прессингом на экосферу планеты. Для снижения указанных негативных факторов необходима существенная корректировка технологии получения цемента, либо разработка принципиально новых видов вяжущих с атермальной историей. К числу таких материалов относятся наноструктурированные вяжущие (НВ) полимеризационно-поликонденсационного типа твердения, разработанные коллективом ИНО и ОПЦ НКМ БГТУ им. В.Г. Шухова. Технология получения вяжущего заключается в постадийном помеле сырья по мокрому способу с последующей модификацией [1].

Особенностью НВ служат полимеризационно-поликонденсационный тип твердения, наличие наноразмерной составляющей и определенные реологические характеристики. Указанная специфичность наноструктурированного вяжущего позволяет рекомендовать его для строительных материалов различной функциональной направленности, в частности ячеистых бетонов, силикатных материалов, композиционных вяжущих веществ. НВ возможно использовать в качестве основного вяжущего компонента или модификатора. В связи с этим возникает необходимость расширения ресурсной базы для получения вяжущего.

Традиционным минеральным сырьем для получения наноструктурированного вяжущего является кварцевый песок – продукт процессов выветривания кислых магматогенно-интрузивных пород и представляет собой кристаллическое кремнеземсодержащее сырье весьма выдержанного фазового и химического

состава. Однако, сырьем для получения НВ могут также служить алюмосиликатные породы, содержание кварца в которых составляет не менее 40 %. В частности, одним из наиболее распространенных алюмосиликатных природных материалов полной кристаллической структуры является гранит, скрытокристаллической – перлит.

Наличие нежелательных примесей в составе алюмосиликатных пород (свободной и связанной воды в случае перлита, слюдистых пород в случае гранита) требует тщательного изучения фазового состава сырьевых материалов, так как возможно негативное влияние указанных примесных компонентов в процессе получения наноструктурированного вяжущего.

Попытки применения обычных методов определения фазового состава вещества со строением, аналогичным перлиту, с помощью рентгенофазового анализа (РФА) не могут быть реализованы ввиду отсутствия на рентгенограммах селективных отражений от кристаллических фаз. Описание фазово-структурного состояния рентгеноаморфных (наноструктурированных) веществ вполне непротиворечиво может быть проведено на основе кристаллических «структур-аппроксимантов». При этом кривая рассеяния рентгеновских лучей от аморфного вещества может быть смоделирована как результат рассеяния на наноразмерной совокупности кристаллитов. Размерные эффекты (наномасштабность кристаллитов) будет проявляться в существенном уширении рентгеновских отражений. Применяя такой подход можно получить не только концентрационные параметры наноразмерных фаз, но определить размеры их кристаллитов в изотропном приближении, т.е. провести рентгеновский микроструктурный анализ.

В качестве исходной модельной композиции перлита были выбраны кристобалит, триди-

мит и α -кварц. Полнопрофильные расчеты с применением программы FullProf проводились с применением стратегии уточнения масштабных (концентрационных) и микроструктурных пара-

метров (размеров кристаллитов в изотропном приближении). Расчеты по этой методике показали отсутствие тридимитового минерального компонента в исследуемом перлите.

Таблица 1

Количественные концентрационные фазовые параметры кремнеземистого сырья

Материал	Минерал, %					
	α -кварц	β -кварц	Кристобалит	Альбит	Анортит	Биотит
90	10	–	–	–	–	–
77	–	23	–	–	–	–
56	–	–	7,8	24	3,2	–

Как видно из приведенных данных, достаточное содержание кварца в исходных материалах будет способствовать не только наработке необходимого количества нанодисперсной составляющей, а также формированию в процессе синтеза вяжущих свойств конечных материалов.

В настоящее время авторами предложены рациональные области использования нано-

структурированного вяжущего различного состава. Известно, что свойства строительных композитов напрямую зависят от характеристик материалов, применяемых для их получения. В случае НВ важнейшими характеристиками являются дисперсность, плотность, прочность, а также реологические свойства (табл. 2, рис. 1, 2).

Таблица 2

Физико-механические характеристики наноструктурированного вяжущего в зависимости от состава (по [2–4])

Тип системы	Сырье	Плотность, кг/м ³	Концентрация твердой фазы	Пористость, %	Предел прочности отливков при изгибе, МПа
Силикатная	Песок	2150	0,75	14–16	5,5–6
Алюмосиликатная	Перлит	1880	0,68	16–18	3,5–4
	Гранит	2080	0,79	13–15	6,5–7

Как видно из приведенных данных, все виды вяжущих обладают сходными свойствами. Тем не менее, максимальной прочностью характеризуется вяжущее на основе гранита, что делает его перспективным в качестве основного связующего компонента для получения широкого спектра строительных материалов различной структуры.

Представленные компоненты отличаются существенной полидисперсностью. Наличие наноразмерной составляющей и близкое нахождение частиц в измерительной шкале может свидетельствовать о целесообразности применения данных материалов в качестве сырья для производства НВ. Из представленных графиков видно, что гранулометрический состав гранита более однороден по сравнению с кварцевым песком и перлитом, большая часть частиц ($\approx 9\%$) имеет размер 900–1100 нм. Гранулометрические составы песка и перлита имеют заметные пики – 22% и 12% при более широком диапазоне распределения частиц. Стоит отметить, что согласно приведенным данным, максимальной дисперсностью (минимальным размером частиц) обладает НВ на основе кварцевого песка. Это обусловлено высокой размолоспособностью исходного сырья. Максимальный размер частиц отмечен на гранитном НВ, что объясняется наличием слюдистых компонентов в составе исходной породы, выступающей в качестве ме-

ханической смазки на кварцевых частицах гранита в процессе получения вяжущего. Все это в совокупности существенно затрудняет процессы механоактивации, и, как следствие, непосредственное измельчение кварцевой составляющей.

К числу важнейших характеристик вяжущих относятся реологические особенности. Так, с технологической точки зрения необходимо достижения тиксотропных свойств материалов. Известно, что для достижения указанных свойств наноструктурированных вяжущих, как правило, необходима их модификация пластифицирующими и разжижающими добавками или их комплексом. В связи с этим анализировались реотехнологические характеристики вяжущих различного состава (рис. 2).

Как видно из рисунка, все вяжущие характеризуются типичным тиксотропным типом течения: при увеличении градиента скорости сдвига наблюдается плавное понижение вязкости системы до ее минимального значения. Однако, стоит отметить, что минимальным значением начальной вязкости характеризуется НВ на основе кварцевого песка. Это обусловлено его невысокой способностью формировать пространственные коагуляционные структуры. В случае гранитного НВ в области малых значений градиента скорости сдвига ($\dot{\epsilon} = 2\text{--}5 \text{ c}^{-1}$) течение вяжущего происходит с неразрушенной коагуляционной структурой, обладающей мак-

симальной пластической вязкостью. При дальнейшем увеличении градиента скорости сдвига ($\dot{\epsilon} = 10\text{--}25 \text{ c}^{-1}$) наблюдается разрушение коагуляционной структуры системы, сопровождаю-

щееся снижением пластической вязкости, и далее течение происходит при полностью разрушенной структуре с практически постоянной минимальной вязкостью.

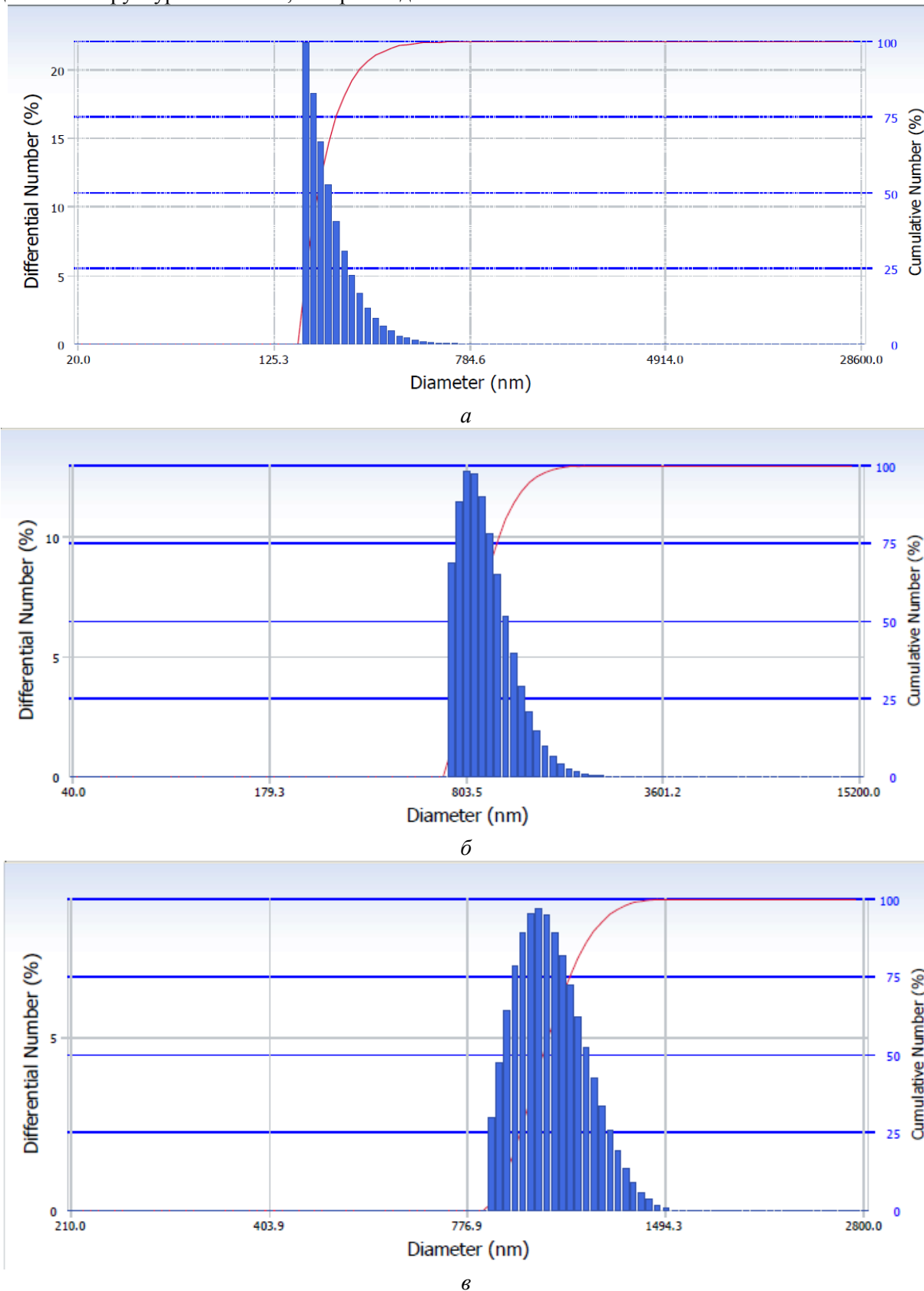


Рис. 1. Гранулометрический состав наноструктурированных вяжущих на основе: а) кварцевого песка; б) перлита; в) гранита

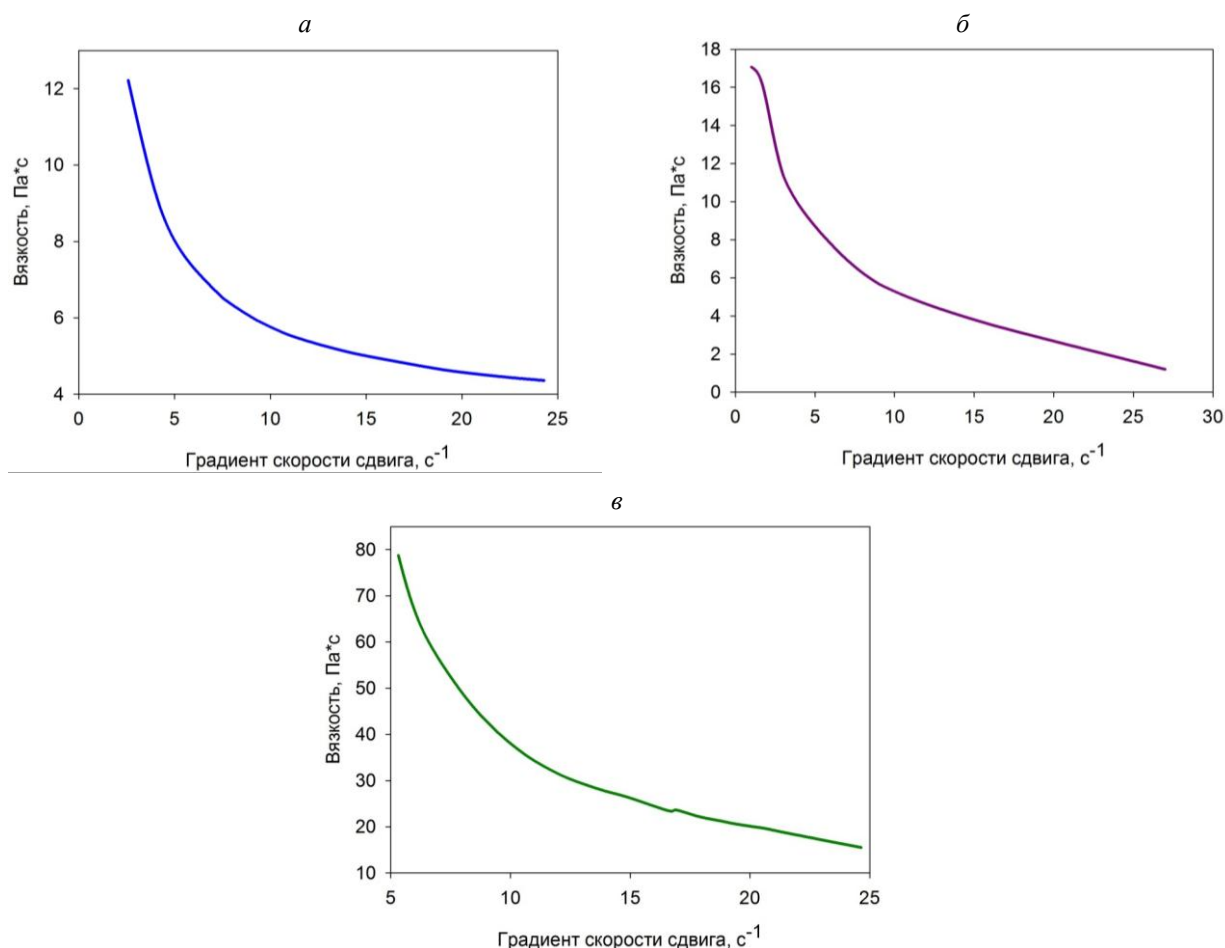


Рис. 2. Зависимости вязкости наноструктурированного вяжущего от вида сырья:

a – кварцевый песок; *б* – перлит; *в* – гранит

В настоящее время разработан ряд материалов с использованием наноструктурированного вяжущего. В частности, предложены составы силикатных автоклавных прессованных материалов, теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов, а также композиционных вяжущих. При этом материалы на основе наноструктурированного перлитового вяжущего показали особую эффективность, так как благодаря особому строению алюмосиликатного сырья, процесс производства материала был существенно сокращен, что приводит к снижению конечной стоимости готового продукта.

Таким образом, алюмосиликатные породы являются перспективным и эффективным сырьем для синтеза наноструктурированных вяжущих. Предварительными исследованиями доказана возможность получения НВ на основе гранита. При этом процесс производства возможно проводить одностадийно, а также без использования дополнительных интенсификаторов и стабилизаторов помола, что подчеркивает также экономическую эффективность данного сырья.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания, проект №9.7.9, а также РФФИ, договор № 14-33-50399/14.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Череватова А.В. Оптимизация структуры наносистем на примере ВКВС // Строительные материалы. 2006. №9. С. 12–13.
2. Мирошников Е.В., Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В. Наноструктурированное перлитовое вяжущее и пенобетон на его основе // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 105–106.
3. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // Строительные материалы. 2014. №1–2. С. 38–41.
4. Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В., Мирошников Е.В., Шаповалов Н.А. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 48–51.