

Черватова А.В., д-р техн. наук, проф.,  
Кожухова Н.И., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.  
Осадчая М.С., аспирант  
Жерновский И.В., канд. геол.-мин. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОСОБЕННОСТИ РЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО АЛЮМОСИЛИКАТНОГО ВЯЖУЩЕГО В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ\*

cherry\_611@mail.ru

В результате проведенного комплекса исследований, установлена возможность направленного регулирования реотехнологических свойств наноструктурированного алюмосиликатного вяжущего комплексными модификаторами различной природы. Доказана высокая эффективность дефлокулянта на основе полиакрилата Na«ReotanL» для данного типа вяжущего.

**Ключевые слова:** наноструктурированное вяжущее, дефлокуляция, реотехнологические свойства.

В настоящее время особенности общественно-экономического развития нашей страны определяют направление современного строительства и диктуют потребность в высокоэффективных строительных материалах с принципиально новыми свойствами и определенной заранее заданной структурой [1–5].

Одним из путей решения этих непростых задач является широкое применение в строительстве новых видов доступных высококачественных вяжущих материалов.

Получение высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения сегодня сопровождается использованием сложных составов и компонентов. Создание таких вяжущих возможно только на базе современных высоких технологий, основанных на научных методиках.

В связи с этим необходимо применение современных технологических подходов, позволяющих управлять структурообразованием на микро- и наноразмерном уровне для создания эффективных бесцементных вяжущих и материалов на их основе.

В особой степени это относится к разработке атермальных технологий создания новых типов силикатных и алюмосиликатных вяжущих<sup>1</sup>, что, по мнению авторов, является одним из наиболее перспективных направлений поисковых исследований современного строительного материаловедения [6].

В настоящее время вопросами синтеза бесцементных вяжущих на основе алюмосиликатного сырья природного и техногенного происхождения активно занимаются достаточно

большое количество как отечественных, так и зарубежных ученых [7–14].

К перспективным материалам нового поколения относятся наноструктурированные вяжущие негидратационного типа твердения (НВ), которые могут применяться для производства композитов строительного и специального назначения.

Наноструктурированное вяжущее – это вяжущее, содержащее прото- и (или) сингенетические наносистемы, приводящие к формированию эпигенетических наносистем, обеспечивающих прочностные свойства материала в твердом состоянии [15].

Специфика наноструктурированных безклинкерных вяжущих негидратационного типа твердения, позволяет использовать в качестве основного сырьевого компонента широкий спектр кремнеземсодержащих и алюмосиликатных пород, что дает возможность адаптировать технологию к различным регионам, с учетом локализации месторождений.

Комплексом ранее проведенных исследований доказана возможность получения алюмосиликатных наноструктурированных вяжущих на основе интрузивных пород кислого состава (гранитов). Установлено, что при механохимической активации алюмосиликатного сырья в водной среде происходит формирование исходных реакционных компонентов для образования геополлимерных вяжущих без внешней щелочной активации [16].

Полученное алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья представляет собой высококонцентрированную водную минеральную суспензию с влажностью 20,5% и относительной плотно-

<sup>1</sup> Под атермальным (низкотемпературным) синтезом неорганических вяжущих веществ, следует понимать технологии, в которых отсутствуют этапы направленного высокотемпературного преобразования отдельных, или всех, сырьевых компонентов.

стью:  $2080 \text{ кг/м}^3$ , с ярко выраженным тиксотропным характером течения [16].

Разработанный вид вяжущего в перспективе имеет широкую практическую область применения и может быть использован как в качестве основного компонента вяжущей системы, так и в качестве эффективного минерального модифицирующего компонента в композиционных вяжущих. Но высокая степень тиксотропии и быстрая загустеваемость данной вяжущей системы вносят определенные сложности и затрудняют ее применение в первоначальном (немодифицированном) виде.

В связи с вышеизложенным, цель настоящих исследований заключалась в определении возможности направленного регулирования реологических свойств наноструктурированного алюмосиликатного вяжущего комплексными модификаторами (дефлоккулянтами) различной природы.

В качестве дефлоккулянтов были рассмотрены следующие:

Fluidax «FX130», «Reotan L», – модификаторы (дефлоккулянты) на основе полиакрилата Na, производства итальянской компании «Lamberti». А так же, разработанный в БГТУ им. В.Г. Шухова комплексный дефлоккулянт на основе резорцин-фурфурольных олигомеров «СБ-5 + триполифосфат Na».

Данные виды дефлоккулянтов в настоящее время широко применяются в промышленности для разжижения керамических литейных систем.

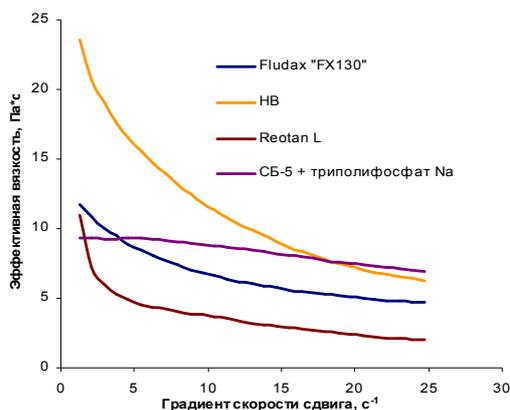


Рис. 1. Изменение эффективной вязкости вяжущей системы от градиента скорости сдвига в условиях оптимального интервала концентраций различных модификаторов

Результаты эксперимента показали, что наиболее эффективным дефлоккулянтом для алюмосиликатного вяжущего на основе гранитного сырья является «Reotan L». При введении его в систему эффективная вязкость значительно снижается с переходом в ньютоновскую область. То есть гидрофильность твердой фазы увеличивается, а сама система стабилизируется.

Реологические характеристики вяжущего были исследованы с помощью измерений, полученных на ротационном вискозиметре Rheotest RN4.1.

На первом этапе исследований определялись оптимальные концентрации для каждого из дефлоккулянтов (модификаторов).

На основании полученных расчетов были построены зависимость эффективной вязкости от концентрации модификаторов различной природы и зависимость напряжения сдвига от градиента скорости сдвига системы.

Анализируя их, можно сказать, что при введении модификатора «Reotan L» в алюмосиликатное вяжущее на основе гранитного сырья, наблюдается наиболее значительный эффект разжижения, то есть гидрофильность твердой фазы вяжущей системы повышается.

В результате установлен оптимальный интервал концентраций для каждого из модификаторов. Так для Fluidax «FX130» он составил 0,021 – 0,024 %, для «Reotan L»: 0,011 – 0,013 %, для комплекса «СБ-5 + триполифосфат Na»: 0,042 – 0,047 %.

Далее были рассмотрены особенности реологических характеристик изучаемых систем и проведен их сопоставительный анализ в условиях оптимального интервала концентраций модификаторов (рис. 1, 2).

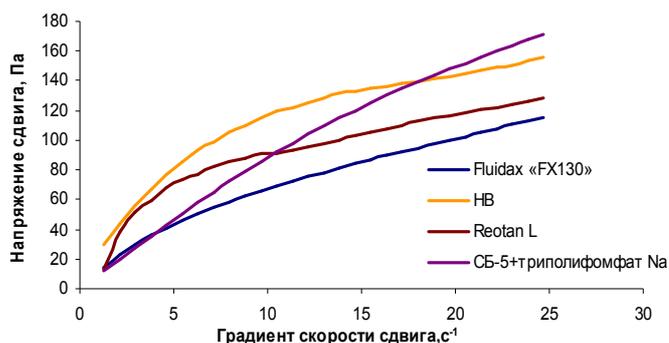


Рис. 2. Изменение напряжения сдвига от градиента скорости сдвига в условиях оптимального интервала концентраций различных модификаторов

Следующим этапом экспериментальной части исследований было исследование особенности характера микроструктурных изменений в изучаемых системах на стадии разжижения.

Была проведена микровидеосъемка процесса разжижения вяжущей системы в первые его 100 секунд. Съемка проводилась на поляризации

онном микроскопе ПОЛАМ Р-312 при максимальном увеличении:  $\times 1140$ .

Как видно из микроснимков (рис. 3, 4), в исходной вяжущей системе преобладают вторичные агрегаты с достаточно рыхлой структу-

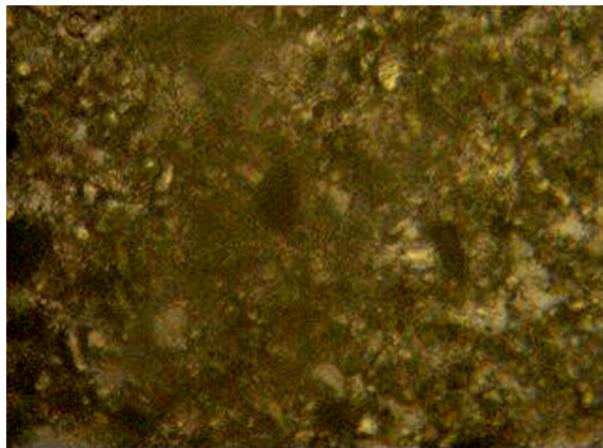


Рис. 3. Микроструктура исходной вяжущей системы

Следует отметить, что при введении в систему дефлокулянтов, возрастает содержание частиц с меньшим диаметром.

При увеличении дозировки дефлокулянтов (модификаторов), диаметр частиц уменьшается, затем становится постоянным. Выход диаметра на постоянное значение наблюдается при тех же концентрациях модификаторов, что и выход на насыщение реологических параметров. При этом следует отметить, что для изучаемых систем наименьшее значение диаметра частиц наблюдается при введении «Reotan L».

Таким образом, в результате проведенного комплекса исследований, установлена возможность направленного регулирования реотехнологических свойств наноструктурированного алюмосиликатного вяжущего комплексными модификаторами различной природы. Доказана их высокая эффективность для данного типа вяжущего.

*\*Работа выполнена в рамках служебного задания по г/б теме № А-27/15 Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы (№ 2011-ПР-146. Мероприятие 2 «Модернизация научно-исследовательского процесса и инновационной деятельности»).*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строкова В.В., Жерновский И.В., Фоменко Ю.В. О влиянии размерных параметров полиморфных модификаций кварца на его активность в композиционных

рой. При введении дефлокулянтов, размер частиц значительно уменьшается вследствие эффекта пептизации и становится более однородным.

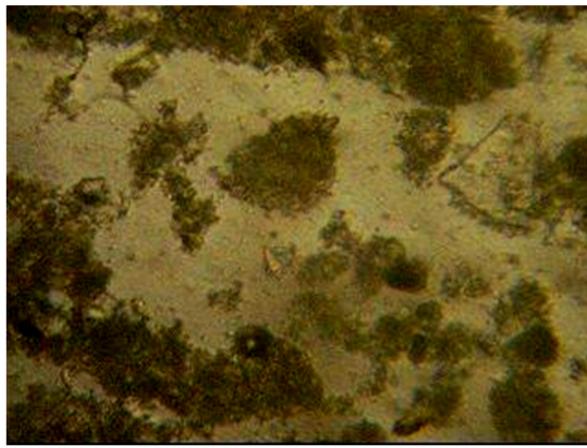


Рис. 4. Изменения в микроструктуре системы после введения модификатора «Reotan L» (первые 10 секунд)

вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. №4. С. 48–49.

2. Лесовик В.С. Геоника. Предмет и задачи. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 213 с.

3. Кожухова Н.И., Чижов Р.В., Жерновский И.В., Логанина В.И., Строкова В.В. Особенности структурообразования геополимерной вяжущей системы на основе перлита с использованием различных видов щелочного активатора // Строительные материалы. 2016. № 3. С. 61–64.

4. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. Введение в химию функциональных материалов. М.: МГУ, 2006. 125 с.

5. Юшкин Н.П. Геоматериалы, минералогическое геоматериаловедение, ресурсные и технологические проблемы // Геоматериалы для высоких технологий, алмазы, благородные металлы, самоцветы Тимано-Североуральского региона: Материалы Всероссийского минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: Геопринт, 2010. С. 7–8.

6. Строкова В.В., Жерновский И.В. Некоторые актуальные вопросы междисциплинарного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» // Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2011. С.99–105.

7. Чижов Р.В., Кожухова Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В. Алюмосиликатные

бесклинкерные вяжущие и области их использования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 6–10.

8. Калашников В.И., Хвастунов В.Л., Макридин Н.И., Карташов А.А. Новые геополлимерные материалы из горных пород, активированные малыми добавками шлака и щелочей // Строительные материалы. 2006. № 6. С. 93–95.

9. Евтушенко Е.И., Зуев А.С., Морева И.Ю., Дороганов В.А. Искусственные керамические вяжущие на основе термоактивированного высокоглиноземистого сырья // Огнеупоры и техническая керамика. 2009. № 10. С. 8–13.

10. Зуев А.С., Евтушенко Е.И., Дороганов В.А. Применение искусственных керамических вяжущих на основе термоактивированного высокоглиноземистого сырья в технологии полусухого формования // Новые огнеупоры. 2012. № 4. С. 17–20.

11. Онищук В.И., Месяц М.В., Евтушенко Е.И., Дороганов В.А. Особенности высококонцентрированных вяжущих суспензий на основе керамических материалов и силикат-

ных стекол // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. № 10. С. 11–14.

12. Luis Miguel Ordonez (2009) Universal hydraulic binder based of fly ash type F. US Patent 0217844.

13. Строкова В.В., Сумин А.В., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А. Модифицированное вяжущее с использованием наноструктурированного минерального компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 36–39.

14. Davidovits J. Geopolymers - Inorganic polymeric new materials // Journal of Thermal Analysis. 1991. 37(8). P. 1633–1656.

15. Череватова А.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения. техногенного сырья. Saarbrucken. Изд-во: LAP LAMBERT, 2011. 170 с.

16. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В.. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья. //Строительные материалы. № 1-2. 2014. С.53–56.

---

**Cherevatova A.V., Kozhukhova N.I., Osadchaya M.S., Zhernovsky I.V.**

**FEATURES OF RHEOTECHNOLOGICAL PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED ALUMINOSILICATE BINDER CONTAINING COMPLEX MODIFIERS OF DIFFERENT ORIGIN**

*On the base of complex study the possibility of directed control of rheotechnological properties of nanostructured aluminosilicate binder containing complex modifiers of different origin is determined. The high efficiency of polyacrylate based deflocculating agent Na«ReotanL» for this binder type is confirmed*

**Key words:** nanostructured binder, deflocculating effect, rheotechnological properties

---

**Череватова Алла Васильевна**, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и технологии материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: cherry\_611@mail.ru

**Кожухова Наталья Ивановна**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры материаловедения и технологии материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: kozhuhovanata@yandex.ru

**Осадчая Майя Сергеевна**, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mус87@mail.ru

**Жерновский Игорь Владимирович**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: zhernovsky.igor@mail.ru