

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

¹Вешнякова Л.А., аспирант,

²Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,

¹Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, проф.,

²Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕМНЕЗЁМНОГО СЫРЬЯ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КАК КОМПОНЕНТА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ*

l.a.veshnyakova@gmail.com

В работе изучены фазовые и структурные особенности кремнеземных компонентов различной генетической природы. Произведена оценка влияния пластифицирующих добавок различной химической основы на реотехнологические характеристики системы «кремнезем – пластификатор – вода». Показано влияние пластификаторов на процессы механоактивации кремнеземных компонентов композиционных вяжущих. Обоснована эффективность использования кремнеземных компонентов Архангельской области для получения композиционных вяжущих раздельным способом.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, кремнезем, пластификатор, реология.

Свойства материалов напрямую зависят от характеристик сырьевых компонентов, входящих в его состав. При этом основным носителем прочностных свойств изделий являются вяжущие. Многочисленными исследованиями, в том числе ученых БГТУ им. В.Г. Шухова [1–9 и др.], доказана эффективность применения композиционных вяжущих на основе цемента, использование которых позволяет не только сократить долю клинкерной составляющей, но и существенно повысить эксплуатационные характеристики как самих вяжущих, так и материалов на их основе. Это связано с частичной аморфизацией кварца в процессе механоактивации, обуславливающей возникновение структурных связей между компонентами на границе раздела фаз и, как следствие, увеличение активности композиционного вяжущего.

Работами, выполненными ранее [10–12], была доказана эффективность раздельного помола совместно с пластификаторами различной основы при получении композиционного вяжущего. Поэтому в данной работе применяли двухстадийный помол: на первой стадии производилась диспергация кремнеземсодержащего материала до удельной поверхности 400–450 м²/кг, на второй стадии – введение цемента и совместный домол до удельной поверхности 500–550 м²/кг. Механоактивационную диспергацию проводили в планетарной мельнице.

В качестве объектов исследования были выбраны: мелкий речной полиминеральный пе-

сок («Краснофлотский-Запад» – П 1), который относится к аллювиально-морским современным четвертичным отложениям (am IV), нижний отдел, балтийская серия Кембрийской системы; песок средней крупности («Кеницы» – П 2), относится к полимиктовым аллювиальным современным четвертичным отложениям (a IV), нижний отдел Каменноугольной системы и представлен преимущественно кварцем, обломками осадочных горных пород (песчаником и алевролитом) [13]; кварцевый песчаник (вмещающая порода средней пачки трубки Архангельская месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова – КВП), относится к четвертичным полифациальным отложениям, кимберлитовый материал наблюдается в виде редких, неравномерно распределенных зерен, концентрация которых обычно не превышает 5–7 % [14].

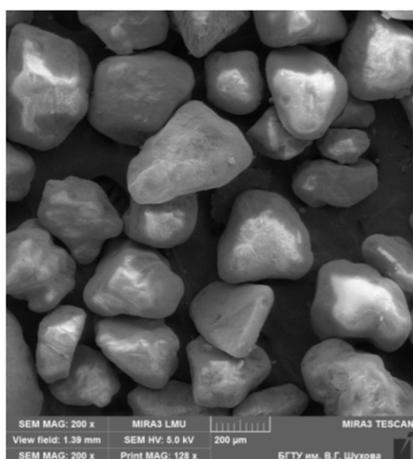
Анализ химического состава исследуемых образцов был выполнен в ЦКП БГТУ им. В.Г. Шухова. Согласно полученным данным (табл. 1), все исследуемые материалы отличаются высоким содержанием кремнезема, что будет способствовать формированию высокой активности в результате диспергационного воздействия.

Анализ микроструктурных особенностей исследуемого в работе кварцевого сырья и синтезированных на его основе материалов проводился в ЦКП БГТУ им. В.Г. Шухова на сканирующем электронном микроскопе.

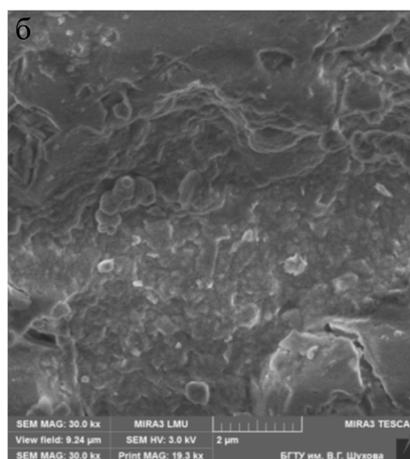
Таблица 1

Химический состав кремнеземсодержащего сырья

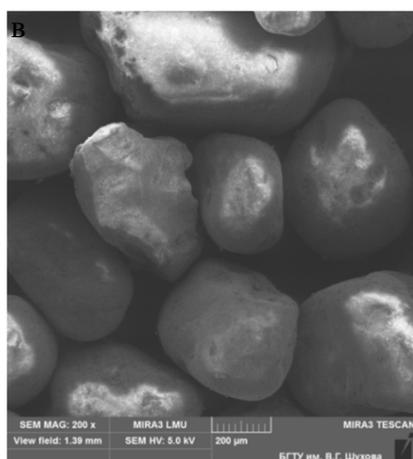
Оксид	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	п.п.п.
Песок месторождения «Краснофлотский-Запад» (П1)								
Содержание, %	91,35	-	5,06	1,37	0,65	0,26	0,36	0,95
Песок месторождения «Кеницы» (П2)								
Содержание, %	90,56	0,48	5,77	1,62	0,80	0,25	0,28	0,24
Кварцевый песчаник вмещающей породы трубки «Архангельская» (КВП)								
Содержание, %	73,93	2,05	18,62	0,10	3,33	0,06	1,19	0,72



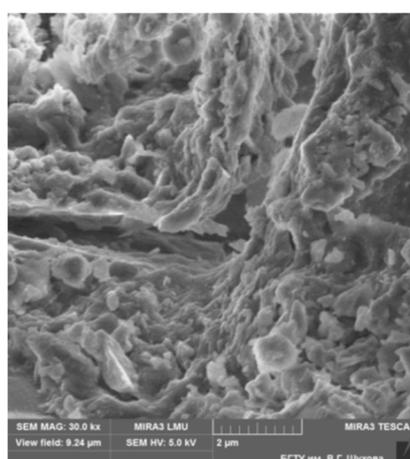
а



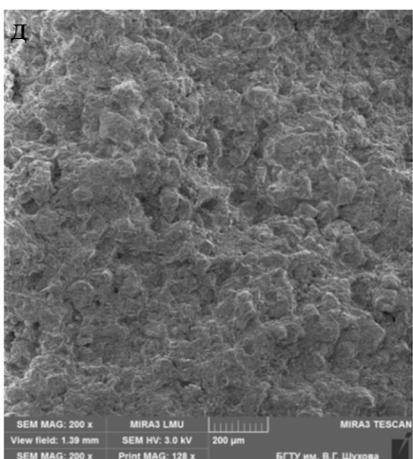
б



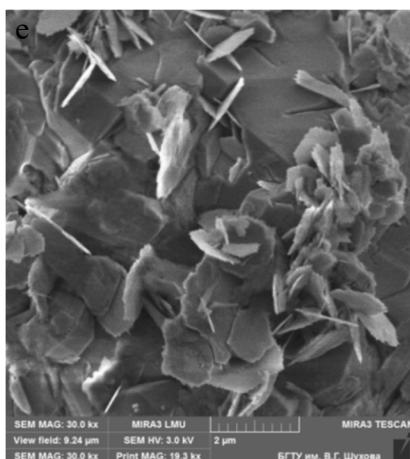
в



г



д



е

Рис. 1. Морфология частиц кварцевого сырья:
 а, б – песка месторождения «Краснофлотский-Запад» (П1);
 в, г – песка месторождения «Кеницы» (П2); д, е – кварцевого песчаника (КВП)

Частицы песков П1 и П2 имеют слабо окатанную форму (рис. 1, а, в), Кварцевый песчаник (КВП) представлен крупными рыхлыми обломками, поверхность которых по сравнению с песком сильно корродированна (рис. 1, д). Стоит отметить, что при одинаковой тонкости помола в структуре порошка на основе песка месторождения «Кеницы» преобладают крупные частицы размером до 200–400 мкм (рис. 1, в), а в порошке на основе песка месторождения «Краснофлотский- Запад» преобладают крупные частицы размером до 100–200 мкм (рис. 1, а). В результате формируется достаточно неравномерное распределение частиц. При измельчении кварцевого песчаника за счет его полиминеральности и, как следствие, наличия минералов с различной твердостью по шкале Мооса, формируется полифракционная система из частиц различного размера с максимумом порядка 40–50 мкм. За счет этого достигается большая дисперсность по сравнению с песком, а большая однородность способствует более плотной упаковке частиц и снижению пористости, как самого измельченного материала, так и вяжущего низкой водопотребности, и цементного камня на его основе. Это в конечном итоге должно положительным образом сказаться на физико-механических характеристиках конечного продукта.

Имеющиеся трещины в структуре зерен песка П2 (рис. 1, г) и слоистые образования КВП (рис. 1, е) будут способствовать интенсификации разрушения частиц при измельчении, что приведет к приросту удельной поверхности за меньшее время. Увеличение последней будет происходить также благодаря содержанию в кварцевом песчанике значительного количества мелкодисперсного (размером до 0,7–0,8 мкм) обломочного материала и второстепенных минералов (полевых шпатов, слюд). Наличие мелкодисперсного компонента придает продуктам измельчения кварцевого песчаника большую дисперсность и, соответственно, большую активность к гидратным фазам цемента. Повышению реакционной способности частиц наполнителя и адгезии к цементному камню также будет способствовать аморфизация поверхностного слоя зерен кварца, что в основном имеет место при использовании кварцевого песчаника.

Для проверки влияния вида пластификатора и стадии его введения при получении композиционных вяжущих в работе изучались кинетика помола кремнеземных компонентов и реологические особенности суспендированного механически активированного кремнезема различного генезиса в присутствии пластификаторов.

Отмечено существенное влияние вида пластификатора на кинетику измельчения компонентов (рис. 2). Кварцевый песчаник измельчается на 50 % быстрее по сравнению с кремнеземным компонентом песков обоих месторождений, что обусловлено большей дефектностью структуры исходной породы Помол кварцевого компонента в присутствии пластификатора обоих типов характеризуется устойчивой тенденцией к сокращению времени диспергации независимо от вида кварца и типа добавки. При этом совместное измельчение кремнеземного компонента и добавки сокращает время помола на 10 % для кварца песков обоих месторождений и на 20 % кварцевого песчаника с меламиноформальдегидным пластификатором и на 30 % для кварца песков обоих месторождений и кварцевого песчаника с поликарбоксилатным.

Реологические свойства композиционных вяжущих являются одними из определяющих факторов при проектировании состава бетонов. Считается, что суперпластификатор в большей степени влияет на цемент, чем на кварцевый компонент. Однако, исследованиями, проведенными в БГТУ им. В.Г. Шухова, установлена зависимость влияния генезиса кварцевого компонента и химической основы пластификатора на свойства композиционных вяжущих. Поэтому целесообразным представляется изучение реологических характеристик суспензий на основе кварцевых компонентов для оценки степени эффективности кремнеземсодержащих материалов как компонентов композиционного вяжущего.

Количество воды затворения принималось в соответствии с нормальной плотностью композиционного вяжущего. В качестве пластификаторов использовались добавки, имеющие сопоставимый пластифицирующий эффект, но на различных химических основах: на меламинаформальдегидной (Melment F10) и поликарбоксилатной (Melflux 1641 F).

Для изучения влияния генезиса кремнеземсодержащего компонента, химической основы и количества суперпластификатора на процессы помола и на реологические характеристики кремнеземсодержащих суспензий, суперпластификатор (СП) вводили двумя способами: в процессе диспергации кремнеземного компонента и путем смешения с заранее измельченным компонентом. Далее образцы были суспендированы и изучены их реологические характеристики.

Анализ реограмм суспензий кремнеземсодержащих материалов (рис. 3–5) позволяет сделать вывод о существенном влиянии стадии введения пластификатора на реологические свойства систем. Совместный помол кварцевого компонента и пластификатора приводит к по-

вышению начальной вязкости системы по сравнению с суспензиями, полученными смешением молотого кварца и суперпластификатора. Механизм действия пластификатора аналогичен для кварцевых компонентов различных генетических типов и заключается в следующем: в первую очередь пластификатор выступает в роли стабилизатора агрегативной устойчивости. При этом в процессе механоактивационного воздействия на поверхности кремнеземного компонента формируется аморфизованная обо-

лочка, что обеспечивает его высокую реакционную способность. Поэтому при адсорбции не все полярные группы ПАВ обращаются в сторону твердой фазы. Между твердыми частицами создается гидродинамическая смазка, вследствие этого, а также благодаря физической адсорбции в устьях микротрещин кремнеземсодержащего материала и сглаживания шероховатостей микрорельефа, кварцевая суспензия пластифицируется и, как следствие, увеличивается вязкость системы.

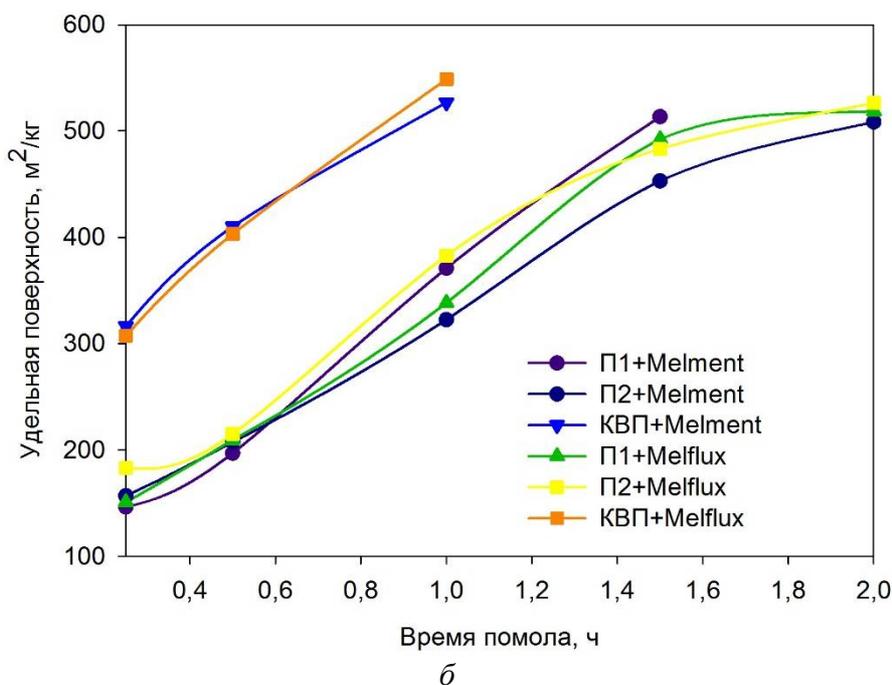
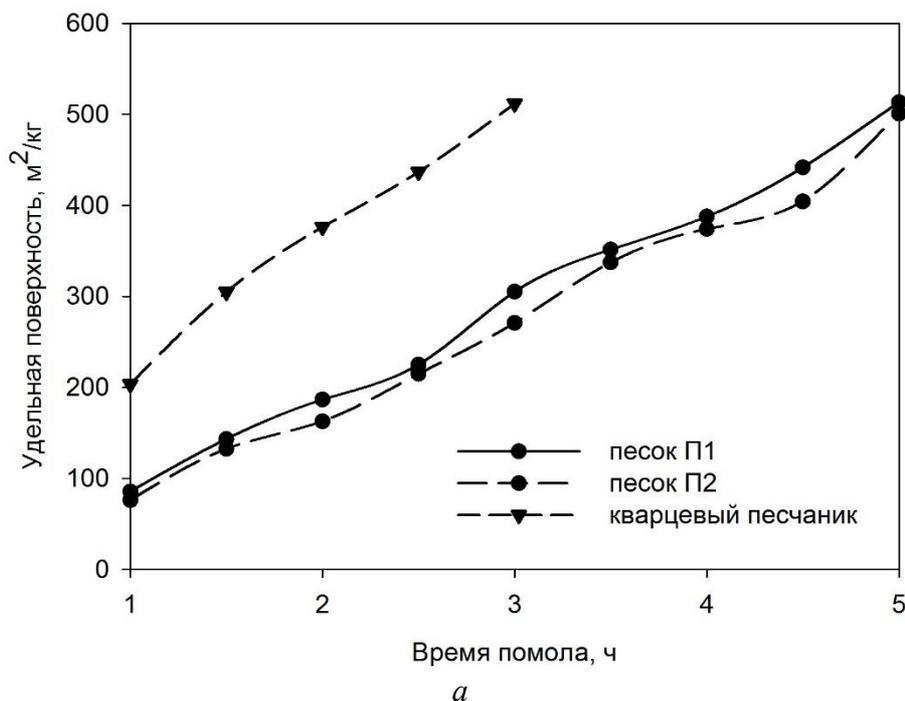


Рис. 2. Кинетика помола кремнеземных компонентов:
 а) без пластификатора; б) с пластификаторами различной химической основы

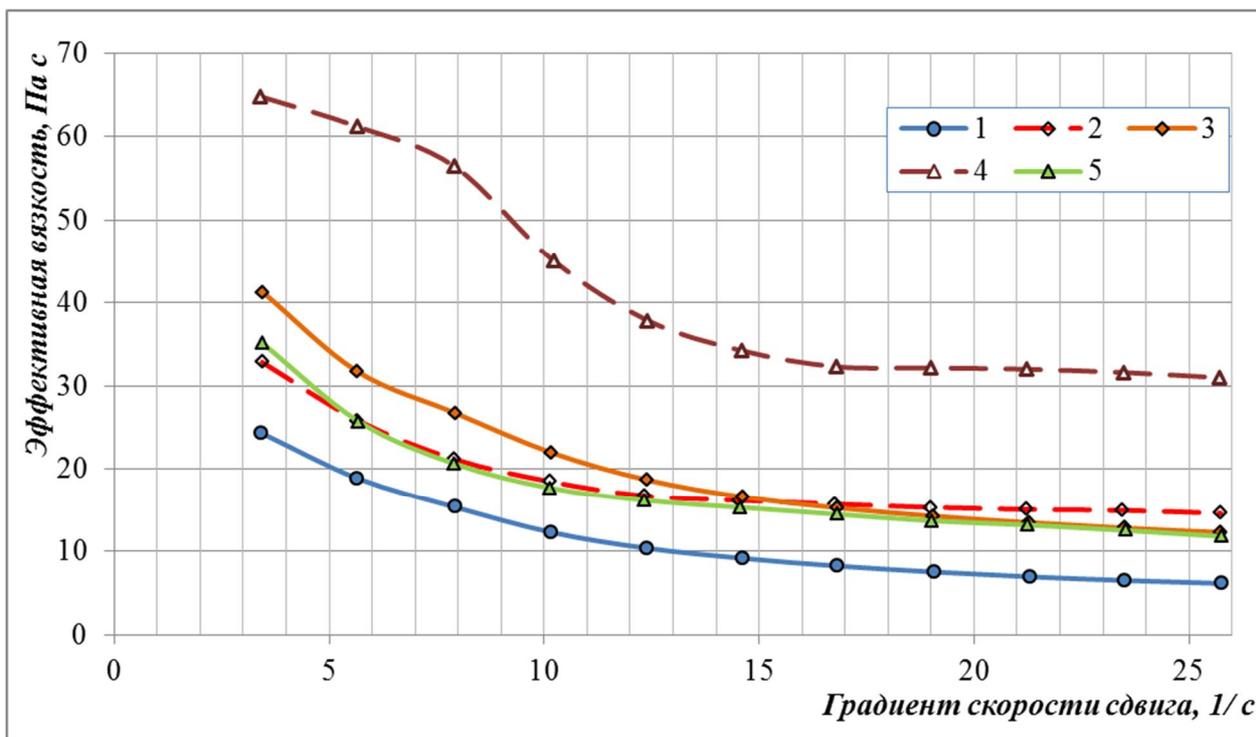


Рис. 3. Реограммы суспендированного песка 1 (П1) в зависимости от вида и способа введения пластификатора:
 1 – молотый П1; 2 – П1 молотый совместно с Melment F10;
 3 – молотый П1, перемешанный с Melment F10; 4 – П1 молотый совместно с Melflux 1641 F;
 5 – молотый П1, перемешанный с Melflux 1641 F

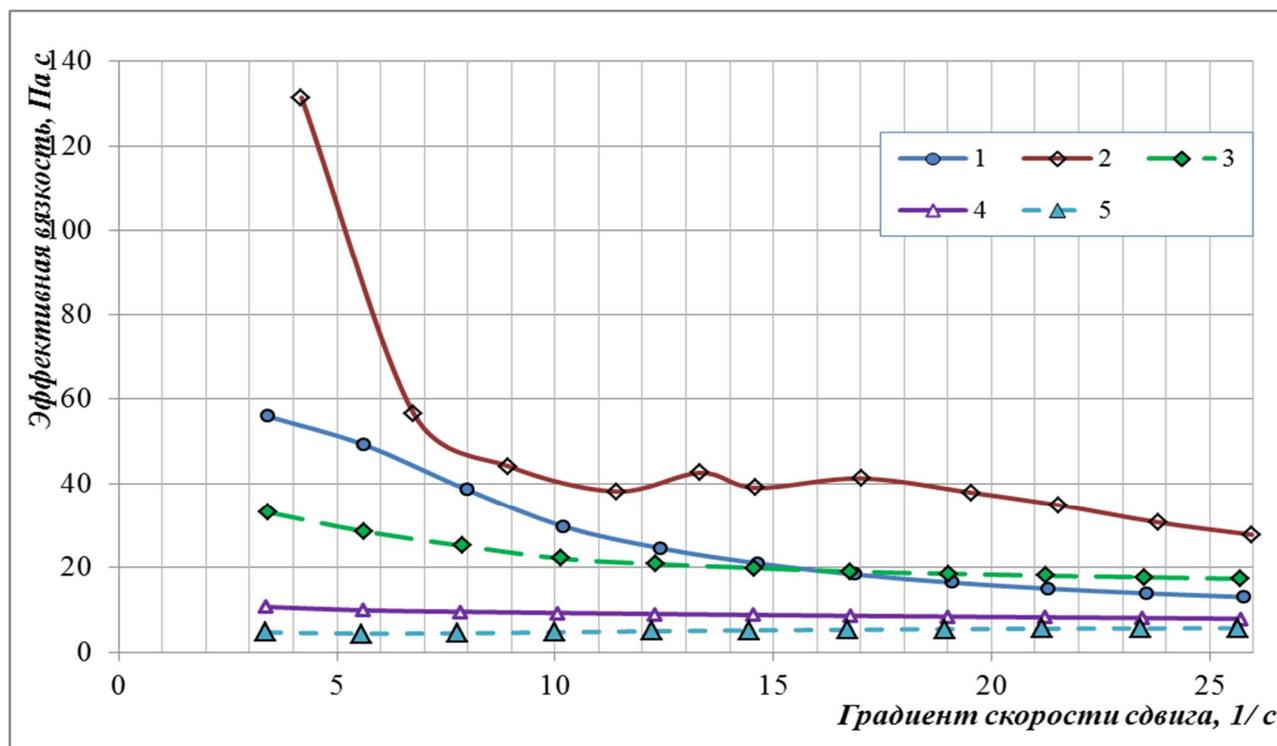


Рис. 4. Реограммы суспендированного песка 2 (П2) в зависимости от вида и способа введения пластификатора:
 1 – молотый П2; 2 – П2 молотый совместно с Melment F10;
 3 – молотый П2, перемешанный с Melment F10; 4 – П2 молотый совместно с Melflux 1641 F;
 5 – молотый П2, перемешанный с Melflux 1641 F

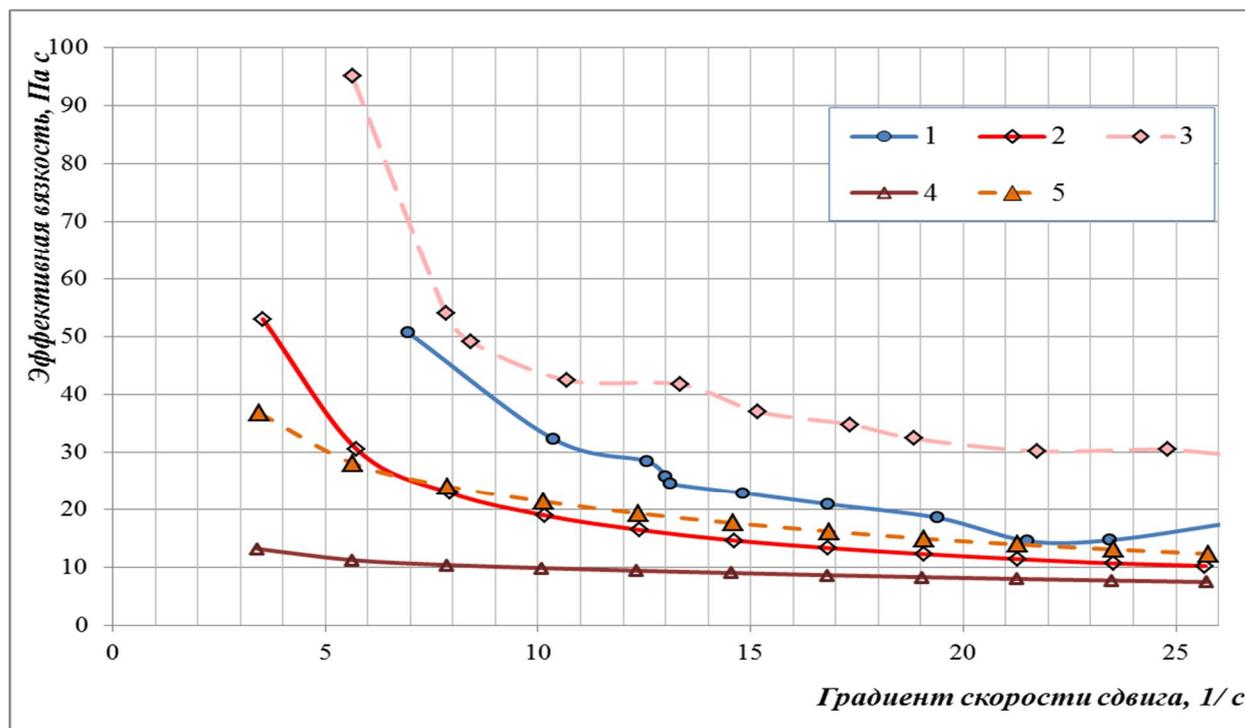


Рис. 5. Реограммы суспендированного кварцевого песчаника (КВП) в зависимости от вида и способа введения пластификатора:

- 1 – молотый КВП; 2 – КВП молотый совместно с Melment F10;
 3 – молотый КВП, перемешанный с Melment F10; 4 – КВП молотый совместно с Melflux 1641 F;
 5 – молотый КВП, перемешанный с Melflux 1641 F.

Предварительное измельчение кварца, смешение его с пластификатором и суспендирование системы приводит к формированию условий, в которых пластификатор взаимодействует с водой с образованием сольватной оболочки на поверхности частиц измельченного кварцевого компонента, разжижая систему. Таким образом, изменение реологических характеристик зависит от генезиса кварцевого компонента и оказывает влияние на структурно-механические свойства растворных смесей. Степень разжижения дисперсных систем суперпластификатором зависит от нескольких физико-химических факторов, таких как химический состав добавки и особенности строения молекул. Принцип действия пластификаторов на меламинаформальдегидной основе (полианионные поверхностно-активные вещества) – электростатическое диспергирование – основывается на сильном смещении потенциала частиц цемента в отрицательную область. Диспергирование частиц цемента происходит в самом начале гидратации, при этом, имеет место хемосорбция молекул пластификатора на поверхности частиц цемента. Действие пластификаторов на поликарбоксилатной основе основано на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффекта, который достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. За

счет этого, водоредуцирующее действие таких суперпластификаторов в несколько раз сильнее, чем обычных.

Таким образом, обоснована эффективность использования кварцевых пород Архангельской области для использования в качестве компонента композиционных вяжущих. Показано существенное влияние пластификатора на процессы получения композиционных вяжущих. Обосновано совместное измельчение кремнеземного компонента с пластификаторами различной химической основы, что способствует сокращению времени механоактивации как кварцевых компонентов, так и синтеза композиционных вяжущих с их использованием. При этом на основе анализа данных показана целесообразность использования для песков месторождений «Краснофлотский-Запад» (П1), месторождений «Ке-ницы» (П2) и для кварцевого песчаника пластификаторов на поликарбоксилатной основе.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Яковлев Е.А., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного тех-

нологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 30–33.

2. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88). С. 95–99.

3. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2014. № 5(5). P. 1586–1591.

4. Lesovik V.S., Alfimova N.I. Savin A. V., Ginzburg A. V., Shapovalov N. N. Assessment of passivating properties of composite binder relative to reinforcing steel // World Applied Sciences Journal. 2013. 24 (12). 1691–1695.

5. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbruken. Изд-во LAP. 2013. 127 с. ISBN 978-3-659-35755-8.

6. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Mahmoud Ibrahim Husni Shakarna, Allaham Yasser Seyfiddinovich, Belikov D. A. Efficient binding using composite tuffs of the Middle East // World Applied Sciences Journal. 2013. №24 (10). Pp. 1286–1290.

7. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих : монография. Германия: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2012. 97 с. ISBN 978-3-8484-1919-7.

8. Алфимова Н.И., Трунов П.В. Продукты вулканической деятельности как сырье для производства композиционных вяжущих // Сухие строительные смеси. 2012. №1. С. 37–38.

9. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С. Бетоны на композиционных вяжущих // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. 2012. № 2 (7). С. 99–101.

10. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Trunov P.V. Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9. Iss 11. P. 745–748.

11. Трунов П.В., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа помола на энергоемкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 37–39.

12. Строкова В.В., Нелубова В.В., Бондаренко А.И., Кобзев Е.В. Реотехнологические свойства суспензий механоактивированных кварцевых компонентов и композиционных вяжущих на их основе // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Архитектура и строительство. 2013. №31-2 (50). С. 179–185.

13. Атлас Архангельской области, Научно-редакционная картосоставительная часть ГУГК, Москва 1976. 72 с.

14. Фомин А.А. Геологические особенности кимберлитовой трубки Архангельской // Горный журнал, 2012. № 7. С. 26–28.

Veshnyakova L.A., Stroкова V.V., Ayzenshtadt A.M., Nelubova V.V.

EFFICIENCY ESTIMATION OF SILICEOUS RAW MATERIALS OF ARKHANGELSK REGION AS A COMPONENT OF COMPOSITE BINDERS

This research has studied the phase and structural features of silica components of different genetic nature. Evaluation of effect of plasticizers on different chemical bases on rheotehnological characteristics of the system «silica-plasticizer-water» was performed. The effect of plasticizers on mechanical activation processes of silica components composite binders was shown. The efficiency of the application of silica components of the Arkhangelsk region for manufacturing of composite binders by separated technology.

Key words: composite binders, silica, plasticizers, rheology.