

Шапвалов Н.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

shapovalov.nick@mail.ru

В строительной индустрии при разработке новых материалов и изделий нередко затрагиваются вопросы ресурсо- и энергосбережения, а также доступности и экономичности сырья. Вследствие этого представляется уместным использование продуктов вулканической деятельности в качестве компонента композиционных вяжущих, что также будет способствовать улучшению экологической обстановки в регионах их распространения. Полученные результаты химико-минерального состава, формы и морфологии зерен, размолоспособности, а также сопоставление результатов с ранее исследуемыми техногенными песками, предполагают целесообразность разработки композиционного вяжущего с применением вулканогенно-осадочных пород.

Ключевые слова: композиционные вяжущие, техногенное сырье, продукты вулканической деятельности.

Введение. Вулканическая деятельность сама по себе уникальна, под действием температуры и давления происходит процесс реструктуризации исходных природных материалов и преобразование их в новые. Такой цикл природной обработки заменяет и экономит тонны энергии для будущих производств. Структура данного сырья является перспективной для дальнейшего использования в промышленности строительных материалов, в особенности при получении композиционных вяжущих [1–6].

Камчатский полуостров является территорией с наибольшим количеством вулканов в нашей стране, точное количество которых определить достаточно тяжело. По некоторым данным на территории полуострова находится 27 действующих вулканов. Большая часть активных вулканов растянулась через всю восточную часть полуострова. В результате такого скопления, почти половина территории Камчатки покрыта продуктами вулканической деятельности [7]. Оседание вулканического пепла в купе с пирокластическими потоками наносят существенный вред экосистеме Камчатского края [8]. На основании вышеизложенного, весьма актуальным является вопрос использования продуктов вулканической деятельности, в первую очередь, в качестве сырьевых компонентов для строительных материалов [9–14].

Методология. Помол вулканогенных осадочных пород (ВОП) осуществлялся в планетарной мельнице. Химический анализ проводился с помощью флуоресцентного метода на спектрометре серии ARL 9900 WorkStation. Анализ формы и морфологии поверхности зерен проводился с помощью сканирующего элек-

тронного микроскопа TESCAN MIRA 3 LMU. Коэффициент качества пород как компонента композиционного вяжущего (Кк) определялся с помощью методики, разработанной на кафедре СМИиК БГТУ им. В.Г. Шухова [15].

Основная часть. На сегодняшний день перспективность потребления техногенных отходов при разработке высокоэффективных композиционных вяжущих подтверждена многочисленными исследованиями. Эти вяжущие нашли особое применение при разработке различных видов бетона [16–27].

В интересах расширения сырьевой базы многокомпонентных вяжущих для исследований были отобраны два вида сырья. Первая проба (KL 1405) была отобрана у подножия вулкана Ключевской, нижний водопад реки Крутенькая, вторая проба (Т 1401) – пирокластика Толбачинского извержения 2013–2014 гг. Образцы ВОП (рис. 1) представляют собой песок черного цвета с насыпной плотностью 1510 кг/м³ и 1020 кг/м³ соответственно.

Согласно полученным результатам ситового анализа модуль крупности Т 1401 составляет 3,08, преимущественной является фракция 0,63, модуль крупности KL 1405 – 0,74, при этом преимущественная фракция – 0,14 (табл. 1).

Отличительной чертой, определяющей особенность использования песков, является их химико-минеральный состав. Анализ минерального состава представленных песков показал, что Т 1401 преимущественно представлены альбитом, форстеритом и анортотоклазом, KL 1405 – форстеритом и андезином (рис. 2).

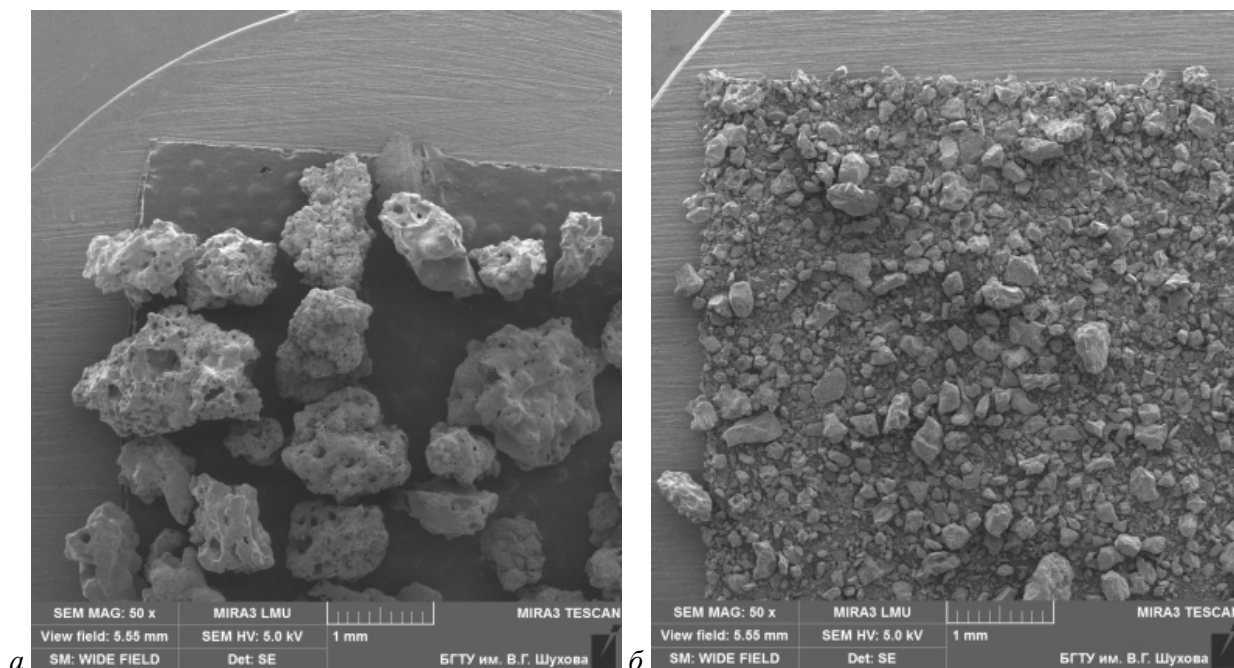


Рис. 1. Общий вид частиц: а – Т 1401; б – KL 1405

Таблица 1

Результаты определения зернового состава песка

Показатели	Диаметр отверстий сит, мм						Проход сквозь сито № 0,14
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Т 1401							
Остатки на ситах, г	34,72	157,91	166,25	308,08	198,16	82,10	47,38
Частные, %	3,49	15,87	16,72	30,97	19,93	8,26	4,76
Полные, %	3,49	19,36	36,08	67,05	86,98	95,24	100
Модуль крупности	$M_{кр} = 3,08$						
KL 1405							
Остатки на ситах, г	–	3,58	7,41	36,25	142,36	301,28	508,7
Частные, %	–	0,36	0,75	3,67	14,4	30,3	30,3
Полные, %	–	0,36	1,11	4,78	19,18	49,48	100
Модуль крупности	$M_{кр} = 0,74$						

Полученные результаты химического анализа показывают, что основным соединением исследуемых материалов является оксид кремния и оксид алюминия (табл. 2).

Согласно данным растровой электронной микроскопии, Т 1401 и KL 1405 представляют собой полидисперсный материал, размер частиц которых варьируется в пределах 1–300 мкм.

Как видно из снимков (рис. 3, 4), зерна отличаются различной формой и имеют шероховатую поверхность, что обеспечивает достаточно высокую удельную поверхность. При большем увеличении становится очевидной неоднородность поверхности частиц. В общей массе присутствуют зерна, обладающие гладкой поверхностью, но на самих частицах ярко выражены полости, являющиеся последствием транспортировки и воздействия ветровой нагрузки. Эти

полости заполнены высокодисперсными минералами и продуктами разрушения более крупных пород. Также примечательным является покрытие крупных частиц мелкодисперсными продуктами с ярко выраженными следами агрегации.

На основании того, что прочность контактной зоны между частицами имеет не большое значение, закономерен вывод, что размолоспособность отобранных видов сырья будет достаточно высокой. В связи с чем, целесообразным является проведение исследований по определению кинетики помола ВОП. В качестве объекта для сравнения был выбран природный кварцевый песок, в качестве контрольных точек выступали удельные поверхности 300, 400 и 500 м²/кг (табл. 3)

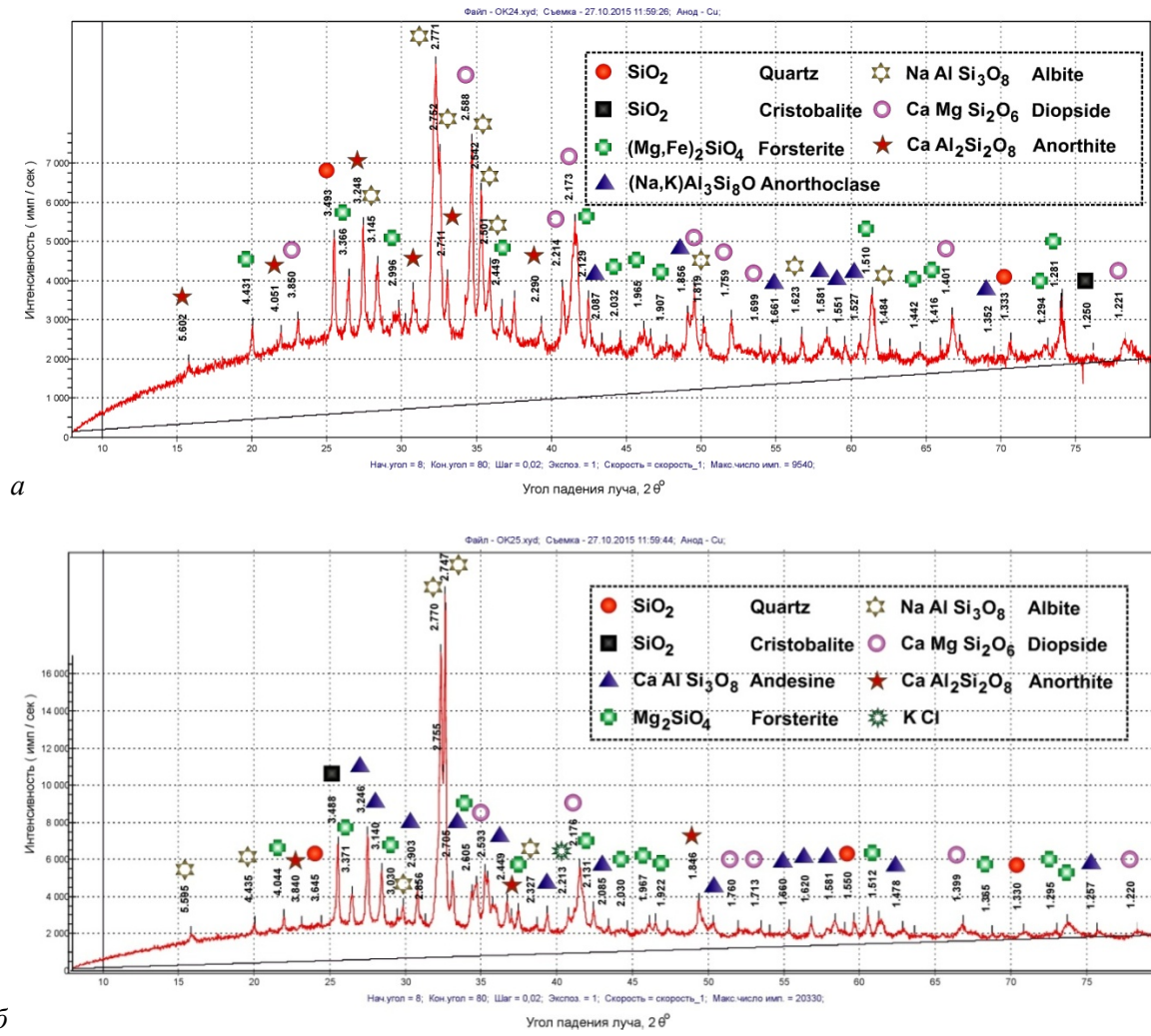


Рис. 2. Рентгенограммы песка: а – Т 1401; б – KL 1405

Таблица 2

Химический состав продуктов вулканической деятельности

Содержание по массе, (%)							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂	п.п.п.
Т 1401							
44,58	16,55	9,94	9,73	7,62	2,98	0,78	1,17
KL 1405							
46,81	20,42	5,31	7,21	6,45	4,18	0,74	1,22

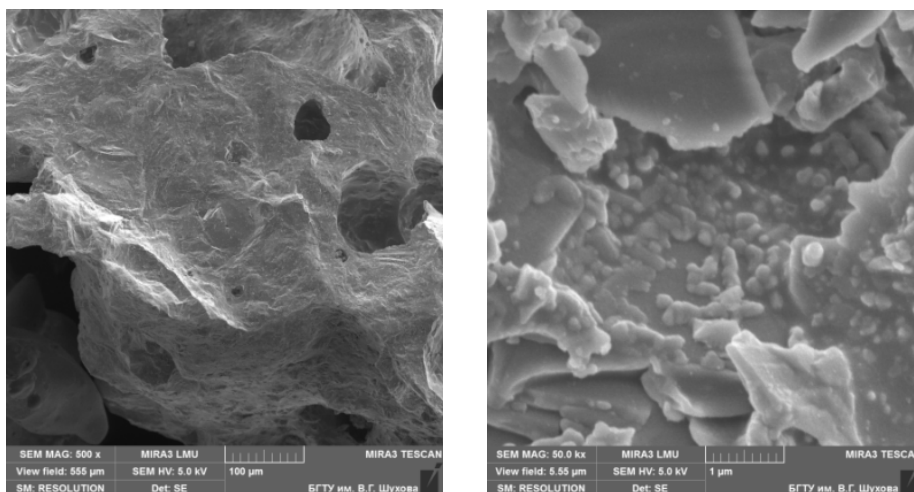


Рис. 3. Структура поверхности частиц Т 1401

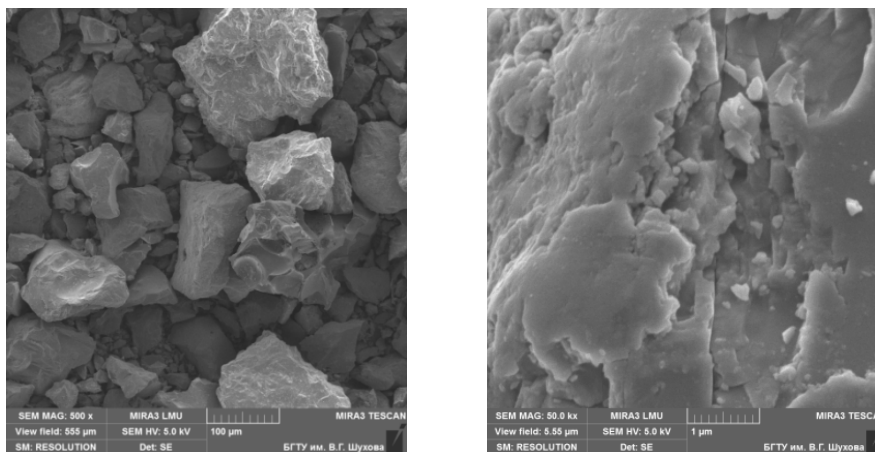


Рис. 4. Структура поверхности частиц KL 1405

Из приведенных результатов видно, что KL 1405 обладает более высокими показателями размолоспособности, при этом время, затрачиваемое на достижение удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$, сокращается примерно в 1,6 раза. Т 1401 относительно кварцевого песка также обладает лучшими показателями размолоспо-

собности, а время, затрачиваемое на помол, сокращается в 1,2 раза. Лучшая размолоспособность ВОП объясняется меньшей твердостью входящих в их состав минералов в сравнении с кварцем, который является основным минералом природного песка.

Таблица 3

Кинетика помола ВОП

Вид кремнеземистого компонента	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$		
	Время помола, мин		
Т 1401	<u>310,6</u>	<u>404,3</u>	<u>507,7</u>
	40	53	71
KL 1405	<u>307,8</u>	<u>409,5</u>	<u>507,9</u>
	25	35	53
Кварцевый песок	<u>308,3</u>	<u>396,7</u>	<u>498,0</u>
	43	60	82

Коэффициент качества исследуемых ВОП как компонента композиционных вяжущих составляет для Т 1401 – 1,27, для KL 1405 – 1,26. Сопоставление результатов с другими техноген-

ными песками различного месторождения представлено в таблице 4. Данная таблица построена на ранее полученных результатах исследований на кафедре СМИиК БГТУ им. В.Г. Шухова.

Таблица 4

Показатели коэффициента качества пород различного генезиса как компонента композиционного вяжущего*

№, п/п	Наименование компонента ТМЦ	Коэффициент качества
1	Отсев дробления кварцитопесчаника, фракции 0,315-5	1,29
2	Вулканический пепел аморфизированный (Республика Эквадор)	1,29
3	Вулканогенно-осадочные породы (вулкан Ключевской)	1,27
4	Вулканогенно-осадочные породы (вулкан Толбачик)	1,26
5	Вулканический песок (Республика Эквадор)	1,25
6	Вулканический пепел кристаллический (Республика Эквадор)	1,05
7	Вулканический туф (Остров Сицилия)	1,05
8	Песок Стодеревского карьера	1,02
9	Отходы мокрой магнитной сепарации Лебединского месторождения	1,02
10	Песок Вольского месторождения	1
11	Вулканогенно-осадочные породы (вулкан Жировской)	0,96
12	Отсев дробления кварцитопесчаника	0,96
13	Песок Нижне-Ольшанского месторождения	0,95
14	Отходы мокрой магнитной сепарации Ковдорского месторождения	0,92
15	Отсев Солдато-Александровского карьера	0,77
16	Отходы алмазообогащения (ЮАР)	0,40
17	Отходы алмазообогащения Архангельской алмазонасной провинции	0,31

* Сравнительные данные взяты на основании ранее полученных результатов на кафедре СМИиК [15]

Выводы. Предварительный анализ вулканогенно-осадочных пород показал возможность их применения при разработке эффективных композиционных материалов. Использование данного сырья для изготовления многокомпонентных вяжущих позволит не только снизить энергоемкость производства, но и сократить расходы природных сырьевых ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 206 с.
2. Лесовик В.С. Геоника. Предмет и задачи: монография. Белгород: Издательство: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2012. 219 с.
3. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья: монография. Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT, 2015. 132 с.
4. Алфимова Н.И., Строкова В.В., Наваретте В.Ф.А. Мелкозернистые бетоны на основе вулканического сырья: монография. Германия: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2014. 94 с.
5. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте Велос Ф.А., Шейченко М.С. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 32–33.
6. Алфимова Н.И., Трунов П.В. Продукты вулканической деятельности как сырье для производства композиционных вяжущих // Сухие строительные смеси. 2012. № 1. С. 37.
7. Веселовский Л.В., Платэ А.Н. Вулканическая активность полуострова Камчатка // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2010. № 5. С. 104–107.
8. Никитин Ю.В. Экологические последствия вулканических извержений // Интернет-журнал СахГУ: Наука, образование, общество. 2010. Т. 2010–11. № 2. С. 82.
9. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: монография. М.: Изд-во АСВ, 2006. 525 с.
10. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1994. № 7–8. С. 96–100.
11. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шаповалов Н.Н. Оценка эффективности использования вулканического сырья Камчатки при производстве строительных материалов // «Восточное партнерство – 2013»: Междунар. науч.-конф., Перемышль, 11–15 сентября 2013 г. Перемышль, Польша, 2013. С. 56–59.
12. Трунов П.В. Перспективы использования вулканического туфа Камчатки в качестве кремнеземистого компонента композиционных вяжущих // Фундаментальные исследования. 2014. № 3–3. С. 490–494.
13. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н., Шадский Е.Е., Юракова Т.Г. Повышение эффективности использования продуктов вулканической деятельности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 11–15.
14. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) и проблемы строительного материаловедения // Научные технологии и инновации: Юбилейная Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 224–229.
15. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках: дис.... докт. техн. наук. Белгород, 2009. 463 с.
16. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Степень гидратации композиционных вяжущих как фактор коррозии арматуры в бетоне // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 1 (649). С. 28–33.
17. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетона из композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. № 7. С. 56–58.
18. 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.
19. 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. Т. 9. № 11. С. 745–748.
20. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С., Ковалева И.А., Баженова О.Г., Новиков К.Ю. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов на композиционных вяжущих // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докладов Междунар. науч.-технич. конф. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 384–390.
21. Вишневская Я.Ю., Трунов П.В., Кала-

този В.В., Бондаренко Д.О. Перспективы повышения эффективности фибробетонов за счет применения композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 35–37.

22. Лесовик В.С., Муртазаев С.А.Ю., Сайдумов М.С., Исмаилова З.Х. Утилизация отсевов дробления бетонного лома для получения многокомпонентных вяжущих и мелкозернистых бетонов // Актуальные проблемы защиты окружающей среды и техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях. Белые ночи-2014: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. 2014. С. 577–583.

23. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrücken. Изд-во: LAP LAMBERT, 2015. 75 с.

24. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов* // Региональная архитектура и строительство. 2008. № 2. С. 10–15.

25. Лесовик Р.В. К выбору техногенных песков для получения композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов // Технологии бетонов. 2015. № 1–2. С. 60–63.

26. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 3. С. 10–20.

27. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые камни из мелкозернистого бетона на основе техногенного сырья // Известия вузов. Строительство. 2007. № 11. С. 46–49.

Shapovalov N.N.

**RESEARCH OF KINETICS OF DEHYDRATION OF ALUMINOUS CEMENT
IN THE CONDITIONS OF NOT ISOTHERMAL HEATING**

In the construction industry in the development of new materials and products often raises issues of resource and energy conservation, as well as the availability of raw materials and profitability. Because of this, it seems appropriate to use the products of volcanic activity as a component of composite binders that will contribute to improving the environmental situation in the regions of their distribution. The results of chemical and mineral composition, shape and morphology of the grains, and grinding, as well as the comparison of the results with the previously studied man-made sand, suggest the desirability of developing composite binder with volcanogenic-sedimentary rocks.

Key words: composite binders, technogenic raw materials, products of volcanic activity.

Шаповалов Николай Николаевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: shapovalov.nick@mail.ru