

УДК 691.5

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ТУФА КАМЧАТКИ В КАЧЕСТВЕ КРЕМНЕЗЕМИСТОГО КОМПОНЕНТА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

Трунов П.В.

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,  
Белгород, e-mail: [alfimovan@mail.ru](mailto:alfimovan@mail.ru)

Композиционные вяжущие в настоящее время являются одним из эффективных материалов, их использование позволяет существенно экономить материально-сырьевые ресурсы за счет использования техногенного сырья, а также получать изделия с уникальными свойствами. В связи с чем была рассмотрена возможность использования вулканического сырья Камчатки в качестве кремнеземосодержащего компонента композиционных вяжущих. Для достижения поставленной цели был проведен комплексный анализ исследуемого сырья. Полученные результаты: минеральный, химический состав, анализ формы и морфологии зерен туфа, характер адгезии к цементному камню, а также сравнение с другими техногенными песками, ранее исследуемыми дали возможность судить о целесообразности применения данного сырья в качестве компонента композиционных вяжущих и изделий на их основе.

**Ключевые слова:** вулканический туф, композиционные вяжущие, техногенное сырье, активность

## THE PROSPECTS OF USE OF A VOLCANIC TUFFA OF KAMCHATKA AS A SILICIC COMPONENT OF THE COMPOSITE ASTRINGENTS

Trunov P.V.

Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shoukhov, Belgorod, e-mail: [alfimovan@mail.ru](mailto:alfimovan@mail.ru)

Composite astringents now are one of effective materials, their use allows to save raw material resources, due to use of technogenic raw materials, and also to receive products with unique properties. That's why possibility of use of volcanic raw materials of Kamchatka as a silicic component of the composite astringents was considered. For achievement of a goal the complex analysis of studied raw materials was carried out. The received results – a mineral, chemical composition, the analysis of a form and morphology of grains of a tuffa, nature of adhesion to a cement stone, and also comparison with other technogenic sand which are earlier investigated, gave the chance to judge expediency of use of these raw materials as a component composite astringents and products on their basis.

**Keywords:** tuff, composite binders, technogenic raw materials, activity

Наибольшее количество вулканов на территории РФ находится на востоке, на Камчатском полуострове. Строго определить точное их количество затруднительно. В различных источниках упоминается от нескольких сотен до более тысячи вулканов. Для вулканов Камчатки характерно большое разнообразие форм и размеров, они формировались в различные геологические эпохи и в настоящее время проявляют активность в различной степени. Большинство из них относится к древним вулканам, не проявляющим активности в настоящее время, однако некоторые вулканы являются действующими.

Ежегодные объемы продуктов вулканической деятельности исчисляются сотнями миллионов тонн и, как результат, это приводит к нарушению экологической обстановки в регионах их распространения. Данное сырье в большинстве случаев складывается на поверхности, образуя техногенные месторождения, которые в свою очередь пылят, занимают значительные площади и т.д. [13, 4]. Исходя из вышеизложенного представляется целесообразным использование продуктов вулканической деятельности при производстве строительных материалов.

В настоящее время на базе Белгородского государственного технологического уни-

верситета имеется целый ряд работ, направленных на утилизацию техногенного сырья в качестве компонентов композиционных вяжущих [8, 19] и бетонной смеси для производства широкой номенклатуры изделий из ячеистого [16, 17, 20 и др.], силикатного [3, 14 и др.], мелкозернистого [1, 9, 12], высококачественного бетонов [5], фибробетона [6, 7, 10] и т.д. [2, 11, 15, 18, и др.]. Это позволяет решать не только экологическую проблему, связанную с накоплением вторичных ресурсов, но также снизить себестоимость конечных изделий без снижения их свойств.

В связи с чем целью данной работы явилось исследование возможности использования вулканического туфа Камчатки в качестве компонента композиционного вяжущего.

**Методология.** Коэффициент качества кремнеземистых компонентов ( $K_k$ ) как компонента композиционных вяжущих определялся по методике, разработанной на кафедре строительного материаловедения изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова [11]. Данная методика позволяет оценить пригодность породы как компонента композиционных вяжущих веществ и про ранжировать их по эффективности путем определения их качества.

Сущность методики заключается в определении активности ТМЦ, приготовленных на различных песках, и сопоставлении ее с активностью контрольного ТМЦ, приготовленного с использованием песка Вольского месторождения. Для испытаний приготавливались ТМЦ-50 с удельной поверхностью  $\approx 500 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Коэффициент качества как компонента рассчитывается по следующей формуле:

$$K_k = \frac{R_a^{\text{п}}}{R_a^{\text{в.п}}}$$

где  $R_a^{\text{п}}$  – активность ТМЦ на изучаемом песке, МПа;  $R_a^{\text{в.п}}$  – активность ТМЦ на песке Вольского месторождения, МПа.

**Основная часть.** Исследуемый вулканический туф визуально представляет собой техногенный песок светло-серого цвета с насыпной плотностью  $1150 \text{ кг/м}^3$  и модулем крупности 3,62, при этом наиболее представительной является фракция 2,5.

Анализ минерального состава исследуемого сырья, полученный путем обработки РФА методом полнопрофильного количественного анализа, показал, что он представлен в основном альбитом и каолинитом (рис. 1).

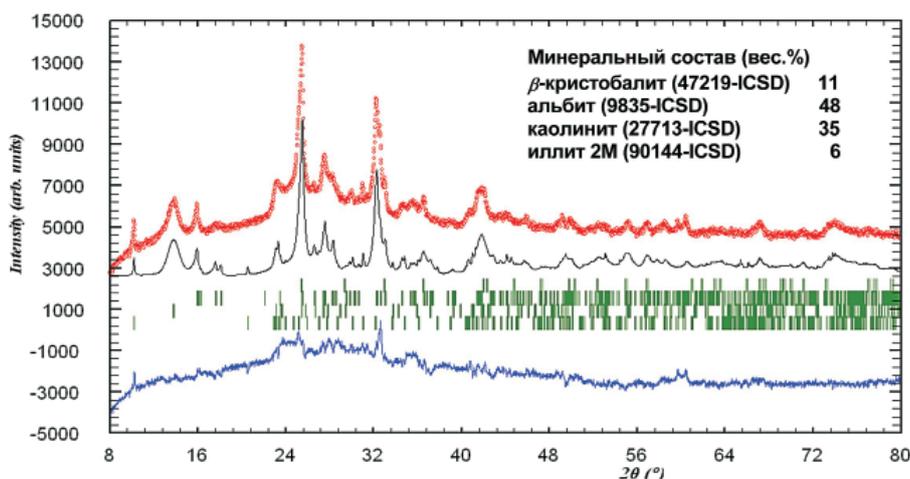


Рис. 1. Минеральный состав вулканического туфа

Согласно данным химического анализа основным соединением вулканического

туфа является оксид кремния и оксид алюминия (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав вулканического туфа

Содержание, % по массе					
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	п.п.п.
66,03	25,95	2,51	0,97	1,24	3,3

Специфика формы и морфологии поверхности исследуемого сырья связана с особенностями процесса его формирования. Для вулканического туфа характерно полидисперсное распределение частиц с варьированием размеров примерно от 1 до 350 мкм по данным сканирующей электронной микроскопии (рис. 2).

Зерна имеют различную форму и достаточно развитую шероховатую поверхность, что обеспечивает достаточно высокую удельную поверхность. Стоит отметить, что имеет место некоторая агрегация вещества – мелкодисперсные частицы покрывают значительно более крупные зерна. Учитывая, что прочность контактной зоны

между ними невелика, размолоспособность такого сырья и дисперсность молотого материала будут достаточно высокими.

При большем увеличении отчетливо проявляется неоднородность поверхности частиц туфа (рис. 2). В общей массе имеются как зерна с достаточно гладкой поверхностью, практически не подверженной коррозии. Однако на самих частицах имеются сколы такого же характера и следы «ноздреватости». Эти «полости» в большинстве своем заполнены обломочным материалом – продуктами разрушения более крупных зерен, частицами вулканического пепла, и другими высокодисперсными минералами. Другим характерным видом поверхности

являются покрытые этими же мелкодисперсными продуктами крупные частицы с явными следами агрегации. Агрегативные

процессы являются следствием высокой дисперсности и значительной активности поверхностных граней этих образований.

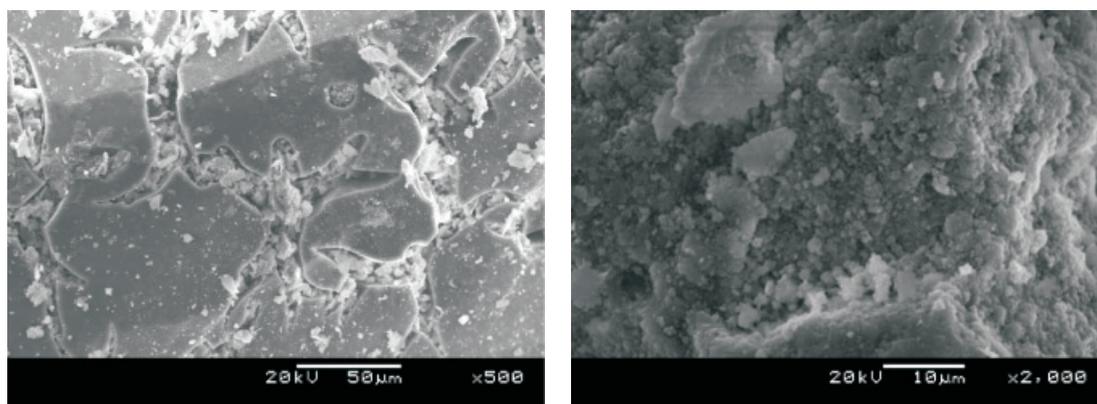


Рис. 2. Структура поверхности частиц вулканического туфа

Отмеченное обстоятельство будет способствовать тому, что этот высокорреакционный материал может выступать в качестве активного компонента композиционных вяжущих, в частности, в силу своего преимущественно алюмосиликатного состава эти частицы могут взаимодействовать с гидроксидом кальция, формируя при этом дополнительное число цементирующего вещества. Более крупные частицы в вяжущем могут выполнять роль каркасной части наполнителя и выступать в качестве подложки для роста новообразований.

Оценка коэффициента качества вулканического туфа как компонента композиционного вяжущего, а также сравнения с другими песками техногенного месторождения показала, что данное сырье обладает  $K_q$  равным 0,96 (табл. 2). Снижение коэффициента качества относительно природного песка и вулканического сырья других месторождений обусловлено в первую очередь минеральным составом исследуемого сырья и, в частности, наличием в его составе 35% каолинита (рис. 1).

Таблица 2

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	Вулканический песок (Республика Эквадор)	1,25
4	Вулканический пепел кристаллический (Республика Эквадор)	1,05
5	Вулканический туф (Остров Сицилия)	1,05
6	Песок Стодеревского карьера	1,02
7	Отходы мокрой магнитной сепарации Лебединского месторождения	1,02
<b>8</b>	<b>Песок Вольского месторождения</b>	<b>1</b>
<b>9</b>	<b>Вулканический туф</b>	<b>0,96</b>
10	Отсев дробления кварцитопесчаника	0,96
11	Песок Нижне-Ольшанского месторождения	0,95
12	Отходы ММС Ковдорского месторождения	0,92
13	Отсев Солдато-Александровского карьера	0,77
14	Отходы алмазообогащения (ЮАР)	0,40
15	ОАО Архангельской алмазоносной провинции	0,31

Примечание. \* Сводная таблица построена на основании ранее полученных на кафедре СМИиК результатов исследований техногенных песков различных месторождений.

Сравнительный анализ микроструктуры контактной зоны цементного камня с активированным в процессе помола вулканическим туфом (рис. 3, б) и песком Вольского месторождения, взятым в каче-

стве эталона (рис. 3, а), дает возможность предположить, что исследуемое сырье обладает неплохой адгезией и может быть использовано в качестве компонента композиционного вяжущего.

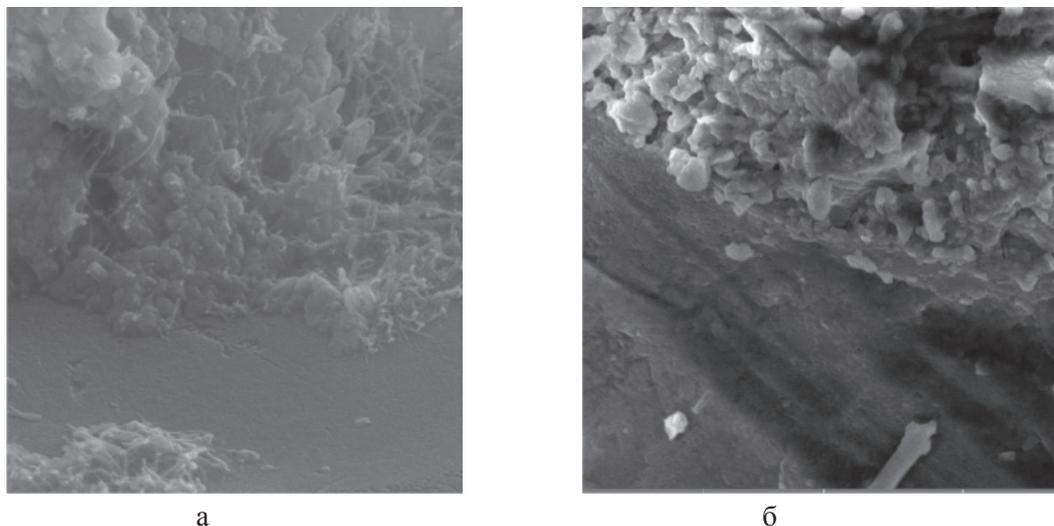


Рис. 3. Контактная зона цементного камня с кремнеземистым компонентом: а – вольский песок; б – вулканический туф

Так как себестоимость производства КВ во многом определяется размолоспособностью компонентов, используемых для их производства, были проведены исследования по определению кинетики помола вулканического туфа и природного кварцевого песка. Помол производился в лабораторной вибрационной мельнице, в качестве контрольных точек выступали удельные поверхности 300, 400 и 500 м<sup>3</sup>/кг.

Из приведенных результатов (табл. 3) видно, что исследуемое сырье обладает более высокими показателями размолоспособности, при этом время, необходимое для достижения заданной удельной по-

верхности, сокращается примерно в 3 раза, что будет способствовать значительному снижению энергозатрат при изготовлении композиционных вяжущих. Лучшая размолоспособность вулканического туфа объясняется, меньшей твердостью алъбита и каолинита, входящих в его состав (см. рис. 1), в сравнении с кварцем – основным минералом природного песка. А также тем, что предел прочности контактной зоны между породообразующими минералами исследуемого техногенного сырья, который по своему составу полиминерален, значительно меньше прочности самих минералов.

Таблица 3

Кинетика помола кремнеземсодержащих компонентов

Вид кремнеземсодержащего компонента	Удельная поверхность, м <sup>3</sup> /кг		
	Время помола, мин		
Кварцевый песок	327,8	422,5	528,8
	28	39	58
Вулканический туф	332,9	420,2	526,6
	10	13	20

**Выводы**

Таким образом, исходя из результатов проведенных исследований, имеются все основания сделать вывод о целесообразности использования вулканического туфа Камчатки в качестве кремнеземистого компонента композиционных вяжущих и изде-

лий на их основе, при этом его применение будет способствовать существенному снижению энергозатрат на помол, а также решению экологической проблемы и расширению сырьевой базы региона.

*Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 гг.*

### Список литературы

1. Алфимова Н.И. Повышение эффективности стеновых камней за счет использования техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 56–59.
2. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 3. – С. 21–24.
3. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алумосиликатного сырья // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6 (ч. 3). – С. 525–529.
4. Влияние генезиса минерального наполнителя на свойства композиционных вяжущих / Н.И. Алфимова, И.В. Жерновский, Е.А. Яковлев, Т.Г. Юракова, Г.А. Лесовик // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 1. – С. 91–94.
5. Высококачественные бетоны на техногенном сырье для ответственных изделий и конструкций / Л.А. Сулейманова, Р.В. Лесовик, Е.С. Глаголев, Д.М. Сопин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2008. – № 4. – С. 34–37.
6. Использование композиционных вяжущих для повышения долговечности брусчатки / В.С. Лесовик, М.С. Агеева, Ю.В. Денисова, А.В. Иванов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 4. – С. 52–54.
7. Клюев С.В., Авилова Е.Н. Мелкозернистый фибробетон с использованием полипропиленового волокна для покрытия автомобильных дорог // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 1. – С. 37–40.
8. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 29–32.
9. 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.
10. Лесовик Р.В., Клюев С.В. Фибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках Курской магнитной аномалии для изгибаемых конструкций // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – Т. 29. – № 3. – С. 41–47.
11. Лесовик Р.В., Ковтун М.Н., Алфимова Н.И. Комплексное использование отходов обогащения ЮАР // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 8. – С. 30–31.
12. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов / Р.В. Лесовик, Н.И. Алфимова, М.Н. Ковтун, А.Н. Ластовецкий // Региональная архитектура и строительство. – 2008. – № 2. – С. 10–15.
13. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов / В.В. Строкова, Н.И. Алфимова, Ф.А. Наваретте Белос, М.С. Шейченко // Строительные материалы. – 2009. – № 2. – С. 32–33.
14. Прессованные 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.
15. Рациональные области использования сырья угольных разрезов / Е.И. Ходыкин, Е.В. Фомина, М.А. Николаенко, М.С. Лебедев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2009. – № 3. – С. 125–128.
16. Сулейманов Л.А., Жерновский И.В., Шамшураев А.В. Специальное композиционное вяжущее для газобетонных неавтоклавного твердения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 1. – С. 39–45.
17. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Оптимизация состава неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 2. – С. 28–30.
18. Фомина Е.В., Кожухова М.И., Кожухова Н.И. Оценка эффективности применения алумосиликатной породы в составе композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 31–35.
19. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнетных отходов Ковдорского месторождения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 1. – С. 10–14.
20. Yacheistyie betonyis ispolzovaniem poputnodobyivaemyih porod Arhangel'skoy almazonosnoy provintsii / A.N. Volodchenko,

V.S. Lesovik, S.I. Alfimov, R.V. Zhukov, V.K. Garanin // Izvestie vuzov. Stroitelstvo, 2007, no. 2. pp. 13–18.

### References

1. Alfimova N.I. Povyishenie effektivnosti stenovykh kamney za schet ispolzovaniya tehnogennogo syrya // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2011, no. 2. pp. 56–59.
2. Alfimova N.I., Cherkasov V.S. Perspektivy ispol'zovaniya otdobov proizvodstva keramzita v stroitel'nom materialovedenii // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2010, no. 3, pp. 21–24.
3. Alfimova N.I., Shapovalov N.N. Materialy avtoklavnogo tverdeniya s ispolzovaniem tehnogennogo alymosilikatnogo syrya // Fundamentalnyie issledovaniya, 2013, no. 6 (ch. 3). pp. 525–529.
4. Vliyaniy genезisa mineralnogo napolnitelya na svoystva kompozitsionnykh vyazhushchih / N.I. Alfimova, I.V. Zhernovskiy, E.A. Yakovlev, T.G. Yurakova, G.A. Lesovik // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2010, no. 1. pp. 91–94.
5. Vysokokachestvennyie betonyi na tehnogennom syire dlya otvetstvennykh izdeliy i konstruktsiy / L.A. Suleymanova, R.V. Lesovik, E.S. Glagolev, D.M. Sopin // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2008, no. 4. pp. 34–37.
6. Ispolzovanie kompozitsionnykh vyazhushchih dlya povyisheniya dolgovechnosti bruschatki / V.S. Lesovik, M.S. Ageeva, Yu.V. Denisova, A.V. Ivanov // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2011, no. pp. 52–54.
7. Klyuev S.V., Avilova E.N. Melkozernistyiy fibrobeton s ispolzovaniem polipropilennogo volokna dlya pokryitiya avtomobilnykh dorog // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2013, no. 1. pp. 37–40.
8. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Ivanov A.V. Granulirovannyye shlaki v proizvodstve kompozitsionnykh vyazhushchih // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2011, no. 3. S. 29–32.
9. Lesovik R.V., Alfimova N.I., Kovtun M.N. Stenovyye kamni iz melkozernistogo betona na osnove tehnogennogo syrya // Izvestie vuzov. Stroitelstvo, 2007, no. 11. pp. 46–49.
10. Lesovik R.V., Klyuev S.V. Fibrobeton na kompozitsionnykh vyazhushchih i tehnogennykh peskah Kurskoy magnitnoy anomalii dlya izgibaemykh konstruktsiy // Inzhenerno-stroitelnyiy zhurnal, 2012. T29, no. 3. pp. 41–47.
11. Lesovik R.V., Kovtun M.N., Alfimova N.I. Kompleksnoe ispolzovanie otdobov obogasheniya YuAR // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstv, 2007, no. 8, pp. 30–31.
12. O vozmozhnosti ispolzovaniya tehnogennykh peskov v kachestve syrya dlya proizvodstva stroitelnykh materialov\* / R. V. Lesovik, N.I. Alfimova, M.N. Kovtun, A.N. Lastovetskiy // Regionalnaya arhitektura i stroitelstvo, 2008, no. 2. pp. 10–15.
13. Perspektivy ispolzovaniya vulkanicheskogo peska Ekvadora dlya proizvodstva melkozernistykh betonov / V.V. Strokovaya, N.I. Alfimova, F.A. Navarette Velos, M.S. Sheychenko // Stroitelnyie materialy, 2009, no. 2. pp. 32–33.
14. Pressovannyye materialy avtoklavnogo tverdeniya s ispolzovaniem otdobov proizvodstva keramzita / V.V. Strokovaya, N.I. Alfimova, V.S. Cherkasov, N.N. Shapovalov // Stroitelnyie materialy, 2012, no. 3. pp. 14–15.
15. Ratsionalnyie oblasti ispolzovaniya syrya ugolnykh razrezov / E.I. Hodykin, E.V. Fomina, M.A. Nikolaenko, M. S. Lebedev // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2009, no. 3, pp. 125–128.
16. Suleymanov L.A., Zhernovskiy I.V., Shamshurov A.V. Spetsialnoe kompozitsionnoe vyazhushchee dlya gazobetonov neavtoklavno go tverdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2012, no. 1. pp. 39–45.
17. Suleymanova L.A., Kara K.A. Optimizatsiya sostava neavtoklavno go gazobetona na kompozitsionnom vyazhushchem // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhov, 2012, no. 2. S. 28–30.
18. Fomina E.V., Kozhuhova M.I., Kozhuhova N.I. Otsenka effektivnosti primeneniya alymosilikatnoy porodiy v sostave kompozitsionnykh vyazhushchih // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2013, no. 5, pp. 31–35.
19. Sheychenko M.S., Lesovik V.S., Alfimova N.I. Kompozitsionnyie vyazhushchie s ispolzovaniem vyisokomagnezialnykh otdobov Kovdorskogo mestorozhdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2011, no. 1. pp. 10–14.
20. Yacheistyie betonyis ispolzovaniem poputnodobyivaemyih porod Arhangel'skoy almazonosnoy provintsii / A.N. Volodchenko, V.S. Lesovik, S.I. Alfimov, R.V. Zhukov, V.K. Garanin // Izvestie vuzov. Stroitelstvo, 2007, no. 2. pp. 13–18.

### Рецензенты:

Логанина В.И., д.т.н., профессор кафедры «Стандартизация, сертификация и аудит качества», ФГБОУ ВПО ПГАСУ, г. Пенза;

Евтушенко Е.И., д.т.н., профессор, проректор по научной работе, ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 11.02.2014.