

*Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.,
Шановалов Н.Н., аспирант,
Шадский Е.Е., магистрант,
Юракова Т.Г., канд. техн. наук, доц.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ*

alfimovan@mail.ru

В настоящее время в отрасли строительных материалов приоритетными считаются исследования, связанные с энергосбережением, рациональным природопользованием, разработкой новых полифункциональных модификаторов и композиционных вяжущих, а также поиском сырьевых ресурсов, позволяющих использовать энергию геологических процессов, направленную на их образование. С этой позиции особый интерес представляют собой продукты вулканической деятельности. Актуальность использования, которых в строительном материаловедении заключается также и в том, что на данный момент их скопления по всему миру исчисляются миллиардами тонн. На территории Российской Федерации самая перспективная сырьевая база продуктов вулканической деятельности расположена на Камчатском полуострове.

Проведено комплексное исследование продуктов вулканической деятельности, которое позволило сделать вывод, что исследуемые вулканогенно-осадочные породы имеют предпосылки к использованию их как в качестве тонкомолотой минеральной добавки к цементам, так и в качестве компонента композиционного вяжущего.

Ключевые слова: *вулканогенно-осадочные породы, минеральная добавка, композиционные вяжущие.*

Введение. В настоящее время одной из основных тенденций развития отрасли строительных материалов в мире, является создание бетонов с пониженным расходом цемента. Применение композиционных вяжущих (КВ) и минеральных добавок, способствующих снижению расхода клинкерной составляющей, являются одним из перспективных направлений, которое может лечь в основу создания таких высокоэффективных бетонов [1...12].

На базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова имеется целый ряд работ направленных на разработку композиционных вяжущих и минеральных добавок на основе как природного, так и техногенного сырья и спектр их постоянно расширяется [13...20].

Продукты вулканической деятельности характеризуется высокой концентрацией энергии геологических процессов и являются перспективными с позиции использования их в качестве энергосберегающего сырья при производстве строительных материалов и в частности композиционных вяжущих и тонкодисперсных минеральных добавок [21...24].

На территории Российской Федерации наибольшее количество вулканов расположено на Камчатском полуострове. Определить точное их количество крайне затруднительно. По различным источникам оно колеблется от нескольких сотен до тысяч. В настоящее время порядка

31 вулкана являются действующими, остальные относятся к древним, не проявляющим активность. Все они формировались в различные геологические эпохи и для них характерно разнообразия форм и размеров.

Начало четвертичного периода на Камчатке ознаменовалось возобновлением современного этапа вулканической деятельности. По сравнению с ранними этапами интенсивность его снизилась, но продолжается и по сей день. В восточной полосе, где сосредоточена современная вулканическая деятельность, на каждые 7 км приходится действующий вулкан, в результате чего более 40 % поверхности полуострова покрыто продуктами вулканической деятельности. В некоторых регионах Камчатки обломочные лавины и горящие пиропластические потоки способствовали интенсивному таянию снежного покрова и сходу лахаров – мощных грязевых потоков, движение которых сопровождалось разрушением дорог, а толщина скопления продуктов вулканической деятельности составляет порядка 10 м, это наносит существенный вред региону и ухудшает экологическую обстановку.

В связи с чем, актуальным является поиск новых областей использования данного сырья и, в первую очередь, при производстве строительных материалов.

Методология. Помол сырья производился в вибрационной лабораторной мельнице. 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. Данная методика позволяет оценить пригодность породы как компонента композиционных вяжущих веществ и проранжировать их по эффективности путем определения их качества. Удельная поверхность дисперсных материалов измерялась с помощью прибора СОРБИ-М путем сравнения объемов газа-адсорбата, сорбируемого исследуемым образцом и стандартным образцом материала с известной удельной поверхностью. В качестве газа-адсорбата используется азот. Измерение удельной поверхности проводится по 4-х точечному методу БЭТ. Активность породообразующих минералов по отношению к гидроксиду кальция определяли по методу Запорожца. Анализ морфологии поверхности частиц проводился с помощью сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU, включающий энергодисперсный спектрометр X-MAX 50 Oxford Instruments NanoAnalysis.

Основная часть. С целью повышения эффективности использования природного сырья Камчатки, а также расширения сырьевой базы строительных материалов были исследованы

состав и свойства продуктов вулканической деятельности вулкана Жировской и проведено их сравнение по основным показателям с сырьем других месторождений, которое в настоящее время применяется при производстве строительных материалов.

Жировской вулкан, расположенный на юго-востоке Камчатки, является одной из самых древних вулканических построек, сохранившихся до наших времен, в связи с чем продукты его извержений сильно подвержены изменению от действия различных природных факторов.

Исследуемое сырье визуально представляет собой песок светло-серого цвета с насыпной плотностью 1150 кг/м^3 и модулем крупности 3,62. Согласно результатам анализа вещественного состава породообразующими минералами продуктов вулканической деятельности являются: альбит, кристобалит и глинистые минералы, а основными соединениями – оксиды кремния и алюминия.

Рассев исследуемого сырья с последующим более детальным исследованием микроструктуры позволил установить, что все фракции представлены частицами двух видов, отличающимися друг от друга текстурно-структурными характеристиками поверхности и морфологией зерен.

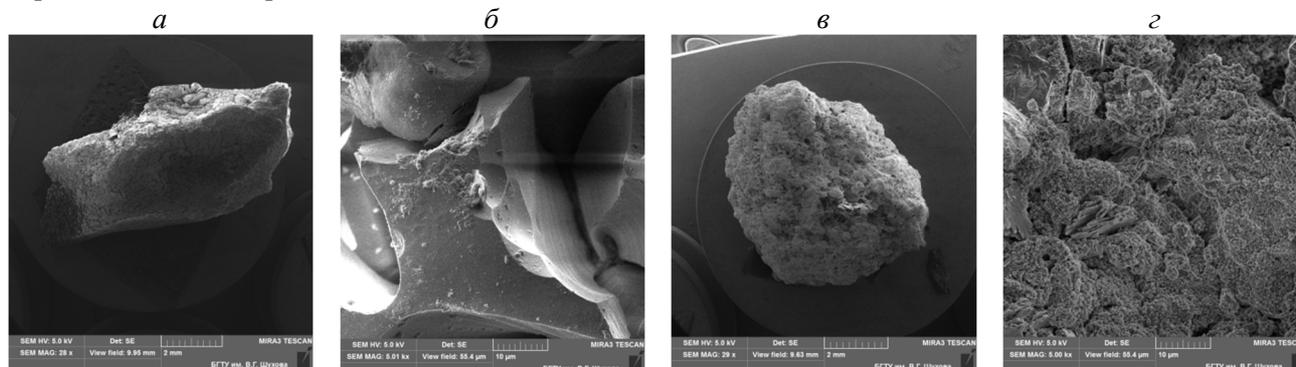


Рис. 1. Общий вид (*а, в*) и микроструктура поверхности (*б, з*) частиц фракция 5:
а, б – частиц первого вида; *в, з* – частица второго вида

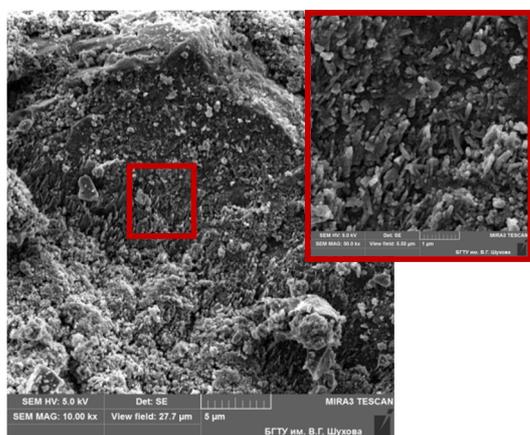


Рис. 2. Морфология поверхности частицы второго вида из фракции 0,16

Первый вид частиц (рис. 1, *а*) имеет угловатую форму, плотную структуру с большим количеством «полостей» на поверхности, частично заполненных продуктами разрушения.

Частицы второго вида – рыхлые с землистой поверхностью и имеют окатанную форму (рис. 1, *б*). Основная масса представлена ультрамикрoагрегатами пластинчатой и листообразной формы размером порядка $0,1 \text{ мкм}$ (рис. 2). Микроструктурные особенности данных частиц явно объясняются процессами выветривания.

Специфика формы и морфология поверхности, а также результаты анализа вещественного

состава позволили сделать вывод, что исследуемое сырье относится к породам вулканогенно-осадочного происхождения.

Многочисленными исследованиями установлено, что микроструктура и, как следствие, эксплуатационные свойства цементного камня с тонкомолотыми минеральными добавками зависят от ряда факторов: состава цемента и его активности, вещественного состава минеральных добавок, их дисперсности, способа введения и т.д. Так, максимальная активность цементного камня может достигаться при определенной величине общей удельной поверхности добавки, и в тоже время, при одном и том же значении данного показателя наибольший прирост прочности должен обеспечиваться добавкой, которая не способствует увеличению водопотребности вяжущего и характеризуется достаточно высокой гидравлической активностью. Кроме перечисленных факторов, влияющих на структурообразование цементного камня, необходимо учитывать также активность поверхности добавок, их гранулометрический состав, а также их дозировку. Оптимальное сочетание данных факторов путем их варьирования может позволить повысить эффективность использования минеральных добавок в цементе и бетоне.

В связи с чем, были проведены исследования изменения характеристик ВОП (активной удельной поверхности, гранулометрии, формы и морфологии частиц и т.д.) в зависимости от их дисперсности, которые позволили установить, что с ростом удельной поверхности от 300 до 500 м²/кг уменьшается объем пор с радиусом менее 94,6 нм. С позиции гранулометрии – увеличивается количество мелких частиц, однако характер их распределения не меняется. При этом зерна вулканогенно-осадочных пород с удельной поверхности 300 м²/кг имеют окатанную форму в отличие с зернами кварцевым песком (взятым для сравнения) с идентичной тонной помола, но с ростом дисперсности, наблюдается нарастание угловатости и изометричности зерен как крупной, так и мелкой фракции.

Изучение сорбционной способности ВОП позволило установить, что при использовании исследуемого сырья в качестве минеральной добавки, наиболее целесообразным является его домол до удельной поверхности 400 м²/кг, дальнейшее увеличение дисперсности будет вести к более высоким затратам электроэнергии и увеличивать водопотребность смеси.

Оценка коэффициента качества вулканогенно-осадочных пород как компонента композиционного вяжущего, а также сравнения с другими песками показали, что данное сырье обла-

дает K_k равным 0,96. Снижение коэффициента качества относительно природного песка и продуктов вулканической деятельности других месторождений обусловлено, в первую очередь, минеральным составом исследуемого сырья и, в частности, наличием глинистых минералов.

Так как значительный вклад в себестоимость КВ вносит размолоспособность компонентов, используемых для их изготовления, были проведены исследования по определению кинетики помола ВОП и природного кварцевого песка. Который позволил установить, что исследуемое сырье обладает более высокими показателями размолоспособности, при этом время, затрачиваемое на достижение заданной удельной поверхности, сокращается примерно в 3 раза, что будет способствовать значительному снижению энергозатрат при изготовлении композиционных вяжущих. Лучшая размолоспособность ВОП объясняется меньшей твердостью входящих в их состав минералов, в сравнении с кварцем – основным минералом природного песка. А также тем, что прочность зоны контакта между минералами, образующими исследуемое сырье, которое по своему составу полиминерально, значительно меньше прочности самих минералов.

Выводы. Таким образом, результаты комплексного исследования вулканогенно-осадочных пород Камчатки дают основание сделать вывод о возможности использования данного сырья как в качестве минеральной добавки, так и в качестве компонента композиционного вяжущего. При этом стоит предположить, что благодаря воздействию природных факторов, частично выполнивших работу по преобразованию пород, использование их в указанных областях будет способствовать энергосбережению и оказывать комплексное влияние на процессы структурообразования в цементной матрице.

**Работа выполнена в рамках РФФИ: договор № 14-41-08002. «Теоретические основы проектирования и создания интеллектуальных композитов с заданными свойствами».*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны бетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия вузов. Строительство. 2012. №3. С. 10–20.
2. 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.
3. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны

на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород, 2011. 150 с.

4. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В., Гаранин В.К. Ячеистые бетоны с использованием попутнодобываемых пород Архангельской алмазонасной провинции // Известия вузов. Строительство. 2007. №2. С. 13–18.

5. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Жуков Р.В. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 10. С. 79–79.

6. Володченко А.Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности // Сборник научных трудов Sword. 2012. Т 47. №4. С. 29–32.

7. Клюев С.В., Клюев А.В. Техногенное сырье – эффективный наполнитель для фибробетонов // Успехи современной науки. 2015. № 1. С. 33 – 35.

8. Тяжелонагруженные полы на основе мелкозернистых фибробетонов / С.В. Клюев, А.В. Клюев, Д.М. Сопин, А.В. Нетребенко, С.А. Казлитин // Инженерно-строительный журнал. 2013. №3. С. 7–14.

9. Клюев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих с использованием нанодисперсного порошка // Бетон и железобетон. 2014. №4. С. 14–16.

10. Клюев С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11. С. 38–39.

11. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства: автореф. ... канд. техн. наук. Белгород, 2011. 25 с.

12. Клюев С.В., Лесовик Р.В., Клюев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.

13. Клюев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. К вопросу применения техногенных песков для производства мелкозернистого фибробетона // Сборник научных трудов Sword. 2014. Т 19. №1. С. 32–34.

14. Кара К.А., Шорстов Р.А., Сулейманов К.А. Реология газобетонных смесей на композиционных вяжущих с использованием техногенных песков // Сб. докл. «Наукоемкие технологии инновации» XXI научные чтения. Белго-

род: Изд-во БГТУ, 2014.

15. Клюев С.В. Разработка дисперсно-армированного мелкозернистого бетона на основе техногенного песка и композиционного вяжущего // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. Т. 11. Ч.2. С. 27–29.

16. Клюев С.В., Клюев А.В. Исследование физико-механических свойств композиционных вяжущих // Успехи современной науки. 2015. № 1. С. 21 – 24.

17. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbruken. Изд-во LAP LAMBERT. 2013. 129 с.

18. Пат. 2385301 Российская Федерация, МПК С 04В 7/02 С. Композиционное вяжущее / Лесовик В.С., Хархардин А.Н., Вишневская Я.Ю., Алфимова Н.И., Шейченко М.С., Трунов П.В. // заявитель и патентообладатель Белг. гос. тех. универ. им. В.Г. Шухова – № 2009109034/03; заявл. 11.03.2009; опубл. 27.03.10, Бюл. №9 (П.ч.). 4 с.

19. Володченко А.Н. Нетрадиционное сырье для автоклавных силикатных материалов // Технические науки – от теории к практике. 2013. №20. С. 82–88.

20. Володченко А.Н. Вяжущие на основе магнезиальных глин для автоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sword. 2012. Т 30. №3. С. 38–41.

21. 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.

22. 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. Т. 24. №10. С. 1286–1290.

23. Алфимова Н.И., Строкова В.В., Наваретте Велос Ф.А. Мелкозернистые бетоны на основе вулканического сырья: монография. Германия: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2014. 94 с.

24. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Влияние сырья вулканического происхождения и режимов твердения на активность композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 52–55.

Alfimova N.I., Shapovalov N.N., Shadsky E.E., Yurakova T.G.
IMPROVED UTILIZATION PRODUCTS VOLCANIC ACTIVITY

Currently, the building materials industry are considered priority research related to energy conservation, environmental management, development of new multifunctional composite binders and modifiers, as well as search for raw materials, allowing to use the energy of geological processes aimed at their education. From this point of particular interest are the products of volcanic activity. The relevance of the use of which in building materials is also in the fact that at the moment of their accumulation around the world billions of tons. On the territory of the Russian Federation is the most promising source of raw materials products of volcanic activity located on the Kamchatka Peninsula.

A comprehensive study of the products of volcanic activity, which make it possible-it possible to conclude that the studied volcanic-sedimentary rocks are the prerequisites to use them both as from fine mineral cement additive and as a component of the composite binder.

Key words: *volcanic-sedimentary rocks, mineral supplement, cementitious composites.*