

DOI: 10.12737/article\_5926a0593fffb1.48828859

*Ковальченко О.В., аспирант,  
Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.*  
*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

alfimovan@mail.ru

*В настоящее время при изготовлении строительных материалов наиболее актуальными являются вопросы, связанные с рациональным природопользованием, а также поиском способов снижения энергоёмкости процессов их производства. В связи с чем наблюдается переориентация сырьевой базы строительных материалов в пользу техногенного и ранее не используемого природного сырья.*

*В данной статье проведен анализ использования продуктов вулканической деятельности различных месторождений при производстве строительных материалов различного назначения.*

**Ключевые слова:** *продукты вулканической деятельности, туф, пепел, композиционные вяжущие, минеральные добавки, бетоны, энергоёмкость.*

**Введение.** В настоящее время создание эффективных строительных материалов на основе энерго- и ресурсосберегающих технологий является приоритетной задачей строительного материаловедения. Это связано, с одной стороны, с необходимостью расширения сырьевой базы из-за растущих потребностей строительной индустрии в качественных и недорогих материалах, с другой – с ухудшением общей экологической обстановки. При этом проблемы, связанные с охраной природы и рациональным использованием ее ресурсов требуют особого внимания со стороны современной промышленности строительных материалов.

Одним из перспективных видов сырья при производстве строительных материалов являются продукты вулканической деятельности – горные породы, сформировавшиеся на земной поверхности или близ нее в результате вулканических извержений [1]. Необходимо отметить, что сами извержения носят в большей степени отрицательный характер и негативно сказываются на состоянии биосферы. Скопление продуктов вулканизма на обширных территориях приводит к уменьшению площади сельскохозяйственных угодий, сокращению пищевой базы, сужению ареалов проживания. При этом темпы выветривания мощных слоев вулканических пород и формирование новых почв зависят от температурного режима, количества атмосферных осадков, условий стока и характера поверхности [2], и могут занимать достаточно длительное время. Кроме того, из-за пылящих фракций вулканических отходов снижается качество атмосферного воздуха, что может стать причиной падежа скота, привести к распространению инфекций и возникновению эпидемий [2–4].

Последние исследования показывают, что ежегодно постоянные геодезические изменения способствуют формированию на планете приблизительно трех новых вулканических образо-

ваний. Более 600 вулканов существующих на Земле являются активными действующими, на территории Российской Федерации их количество приближается к 200 [5]. При этом ежегодные объемы продуктов вулканизма исчисляются сотнями миллионов тонн и образуют массивные месторождения, которые требуют утилизации [6].

Промышленность строительных материалов является наиболее перспективной отраслью, способной эффективно и наиболее комплексно использовать продукты вулканической деятельности [6–29].

Анализ литературных источников показал, что одной из основных областей использования данного сырья является применение его в качестве мелкого и крупного заполнителя при производстве бетонов на различных видах вяжущих. Это обусловлено, прежде всего, большими потенциальными возможностями данного материала, а также простотой и доступностью технологий производства из него строительных изделий различного назначения.

Необходимо также отметить, что особое внимание уделяется применению вулканогенных пород в качестве тонкодисперсных минеральных добавок и компонентов композиционных вяжущих.

Анализ многих исследовательских работ [9, 13 и др.] показал, что использование вулканического туфа в различных бетонах дает большую гидравлическую активность тонких фракций, которые, вступая во взаимодействие с продуктами гидратации, положительно влияют на прочностные характеристики цементного камня.

Так, в работе [7] была исследована возможность применения пепла Куркужанского месторождения Кабардино-Балкарской республики а качестве при производстве различных видов строительных материалов: гипсовых плит, штукатурных и кладочных растворов, бетонных

камней, керамических изделий (кирпича и камня). Показано, что экспериментальные образцы, полученные на основе сырьевых смесей из гипсового вяжущего, извести, портландцемента, глины и вулканического пепла по своим техническим характеристикам удовлетворяют соответствующим требованиям ГОСТ. Кроме того, при комплексной безотходной технологии вулканического пепла могут быть получены продукты обогащения (кусовая пемза, пемзит, кварцевый песок, плотное вулканическое стекло), которые могут применяться как в природном состоянии, так и в качестве заполнителя бетона, добавок в цементе, насыпной изоляции, компонента звукоизоляционной штукатурки и др.

Использованию в качестве заполнителя перлитосодержащих вулканических пород, вулканических туфов и их отходов, вулканического пепла Северного Кавказа (Кабардино-Балкарская республика, Северная Осетия-Алания) посвящены исследования, приведенные в работе [8]. В ходе технологических испытаний авторами установлено, что полученные изделия на основе смесей из вулканических продуктов месторождений Северного Кавказа с гипсом, известью, портландцементом, глиной могут найти широкое применение в производстве строительных материалов различного назначения. К таким материалам относятся: строительные тепло- и звукоизоляционные материалы, бетоны легкие, бетоны конструктивно-теплоизоляционные (стеновые блоки пепло-известковые, пеплопенобетон, газопеплобетон, легкие штукатурные и кладочные растворы, керамический кирпич и камень).

Автором статьи [9] установлена возможность применения песка и щебня из вулканического туфа Каменского месторождения Кабардино-Балкарской республики в качестве заполнителя сырьевых смесей при производстве самоуплотняющихся бетонов пониженной плотности. При использовании туфового песка в качестве заполнителя зерна размером менее 0,08 мм (составляют около 60 % всей фракции 0 – 0,14 мм) могут заменить цементную составляющую до 30 – 35 % без потери прочности цементного камня, а зерна размером до 0,05 мм повышают прочность цементной матрицы, уплотняя структуру цементного камня. Данные положительные результаты свидетельствуют о том, что использование указанного вулканогенного сырья позволит уменьшить расход основного вяжущего компонента – портландцемента и, следовательно, снизить стоимость конечного изделия.

При исследовании возможности использования вулканического сырья Дальнего Востока для получения гранулированного искусственно-легкого заполнителя автором [10] разработана

принципиальная технологическая схема получения гранулированного поробазальта для производства в заводских условиях.

Получены положительные результаты в ряде исследований, направленных на создание материалов с улучшенными огнезащитными и жаростойкими свойствами на основе смесей с использованием вулканогенных пород. Согласно результатам, отраженным в ряде работ [11 – 13] целесообразным является применение мелкодисперсных отходов пиления вулканического туфа Заюковского месторождения Кабардино-Балкарии в качестве заполнителя в бетон и активной минеральной тонкомолотой добавки в цементный камень. По предложенным технологиям получены гипсобетонные и цементные огнезащитные композиты, теплоогнезащитные аромцементные плиты, ячеистые пенобетоны. При этом было выявлено, что использование туфа позволяет увеличить огнезащитные и жаростойкие характеристики материалов, уменьшить осадку цементного камня, а также снизить расход основного вяжущего компонента.

Также установлена возможность получения бесцементных бетонов на основе сырьевых смесей с использованием продуктов вулканической деятельности [14, 15]. В работе [14] авторами предложены составы на основе гипсового вяжущего и вулканического туфа Заюковского месторождения Кабардино-Балкарии для изготовления гипсотуфобетона и эффективного огнезащитного гипсовермикулитотуфобетона. Использование туфового песка при изготовлении гипсотуфобетона позволяет снизить расход гипсового вяжущего на 30,5–31,7% без потери прочности, благодаря способности смеси гипса и негашеной извести быть хорошим возбудителем скрытой гидравлической активности туфового песка. При этом на основе гипсотуфобетонной матрицы можно получить фиброгипсотуфобетон с повышенной водостойкостью [15]. Экспериментально доказано, что применение отходов пиления вулканического туфа в гипсовермикулитотуфобетонах повышает огнезащитные свойства, при этом материал обладает лучшими звукоизоляционными характеристиками и меньшей стоимостью по сравнению с гипсобетоном [14, 15].

Доказано, что целесообразным является введение вулканогенных пород в состав ячеистых бетонов. Использование вулканического пепла Кабардино-Балкарии позволяет получить составы фибропеногипсобетонных композитов с улучшенными физико-химическими свойствами, сократить расход гипса до 50 % без существенного снижения прочностных характеристик исходного пеногипса [16]. Применение отходов пиления вулканического туфа в качестве

заполнителя и активной минеральной добавки при изготовлении фибропенотуфобетона способствует увеличению прочности изделия при установленном снижении водотвердого отношения смеси и усадочных деформаций [17].

Как известно на территории Российской Федерации наибольшее скопление продуктов вулканической деятельности расположено на Северном Кавказе, Курильских островах и Камчатском полуострове. Данные обширные территории являются перспективными с точки зрения вовлечения их сырьевых ресурсов в оборот производства строительных материалов.

На базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова проведен комплекс исследований, направленных на изучение возможности использования продуктов вулканической деятельности вулкана Жировской (п.о. Камчатки) в качестве органоминерального модификатора и компонента композиционных вяжущих [18–20]. Установлено, что введение органоминеральной добавки в количестве 12–15 % приводит к увеличению предела прочности цементного камня на сжатие на 30–35 %. Применение данного вида сырья в качестве компонента композиционных вяжущих, при использовании раздельной технологии, способствует сокращению длительности помолы в 1,5–2 раза.

Помимо вулканического сырья месторождения Камчатки на базе БГТУ им. В.Г. Шухова был проведен ряд исследований, в ходе которых была установлена возможность расширения сырьевой базы промышленности строительных материалов Эквадора за счет рационального использования нетрадиционных для строительной индустрии пирокластических пород. Предложенная технология производства композиционных вяжущих с использованием портландцементного клинкера, суперпластификатора и вулканических пород позволяет экономить до 50 % клинкерной составляющей без снижения активности вяжущего. Доказано, что использование пирокластических пород Эквадора обеспечит не только значительный экологический, но социальный и экономический эффекты [21]. Также были проведены исследования, направленные на разработку фибробетона для ремонта и реконструкции зданий и сооружений с использованием вулканического туфа Иордании, которые позволили разработать композиционные вяжущие с использованием в качестве минерального компонента – туфа в количестве 10 % объема сырьевой смеси, имеющий в возрасте 28 сут. активность более 80 МПа [22].

Помимо вышеуказанных областей продукты вулканической деятельности могут также использоваться для изготовления строительных

материалов с улучшенными теплоизоляционными свойствами [8, 23 и др.]. В частности, в естественном монолитном состоянии вулканический туф применяется в виде обработанных стеновых блоков размерами 380×190×180 для строительства гражданских зданий. Отходы добычи туфов и вулканический пепел используются как сырье для получения керамических изделий с повышенными теплоизоляционными характеристиками, как показано в статье [23], где авторами были рассмотрены изделия на основе вулканогенных пород Куркужанского месторождения (пепел) и Заюковского месторождения (отходы добычи туфов) Кабардино-Балкарской республики.

Результаты исследований [24–25] свидетельствуют о возможности применения продуктов вулканической деятельности при изготовлении керамической черепицы. Установлено, что введение в состав сырьевых масс 20 % вулканического туфа Жетмолинского месторождения Кабардино-Балкарской республики, в котором содержится  $RO = 5,3\%$  и  $RO_2 = 6,7\%$ , способствует более интенсивному протеканию процессов кристаллизации, обеспечивающих высокие технико-эксплуатационные свойства изделий [24]. Использование 20% вулканического пепла в составе керамических масс улучшают показатели послеобжиговых свойств за счет расширения температурного интервала обжига. При этом авторы отмечают улучшение показателей плотности и прочности на изгиб и приближение к нулю показателей водопоглощения и открытой пористости [25]. Кроме того, введение добавок вулканического происхождения снижает чувствительность глинистого сырья к сушке [24–25].

На основании изучения сырьевой базы вулканических перлитов и цеолитов Чугуевского месторождения Приморского края в работе [26] сделаны выводы о пригодности данных вулканогенных пород как самостоятельного сырья, а также в качестве компонента сырьевых смесей при получении пеностекла.

Согласно аналитическим данным, приведенным в работе [27] большинство вулканических образований (базальты, трахибазальты, андезибазальты и др.) щегровитской и керносской свит Пермского края пригодны в качестве сырья для производства базальтового волокна.

Имеется ряд работ, посвященных исследованиям возможности использования вулканического сырья в дорожном строительстве. Так в статье [28] показано, что добавки вулканических туфов в смесь при производстве мелкозернистых дорожных бетонов положительно сказываются на структурообразовании и влияют на

увеличение прочности и стойкости к воздействию атмосферных факторов.

Авторами работы [29] была экспериментально доказана возможность применения вулканических туфов Хурай-Цакирского месторождения республики Бурятия в качестве минерального порошка и стабилизатора в смесях при производстве горячего асфальтобетона. Испытаниями было установлено снижение показателя стекаемости битума с поверхности зерен заполнителя и замедление старения битума в полученных сырьевых смесях.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что продукты вулканической активности находят широкое применение в области строительного материаловедения. Продукты вулканизма пригодны для производства строительных материалов различного назначения, таких как: конструкционные, конструкционно-теплоизоляционные, тепло- и звукоизоляционные, отделочные, кровельные, материалы специального назначения. При этом, стоит отметить, что свойства строительных материалов на основе смесей с использованием вулканогенных пород не только отвечают предъявляемым требованиям, но и могут превышать характеристики материалов, полученных на традиционном сырье.

Таким образом, данные научные исследования позволяют определить новые подходы и направления для решения проблем экологии, рационального использования территориальных и природных ресурсов, с целью создания строительных материалов и изделий на их основе с улучшенными или возможно уникальными свойствами по экономически эффективным технологиям. В связи с чем, дальнейшие научные изыскания и работы, направленные на вовлечение в процесс производства строительных материалов ранее не используемых для этих целей продуктов вулканической деятельности и расширение областей их использования является перспективным направлением способствующим переходу на энерго- и ресурсосберегающие технологии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романовская М.А. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования. // СПб; 1995.[Электронный ресурс] <http://www.knowledge.su>. 2015 - 2017 гг.
2. Литасов Ю.Д. Вулканизм Земли и планет земной группы // Учебное пособие для студентов геологических и смежных специальностей высших и средних профессиональных учебных заведений, изучающих курсы «Общая геология», «Вулканология», «Палеовулканология». 2011. 200 с.
3. Сторожилов И.В., Жилина В.В. Воздействие извержений вулканов на человека и окружающую среду. // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». [Электронный ресурс] <http://www.scienceforum.ru/2016/1678/23703>.
4. Никитин Ю.В. Экологические последствия вулканических извержений // Интернет-журнал Сахгу: Наука, образование, общество. 2010. №2. С. 82.
5. Поздеев И.П., Федоров С.В., Карасик В.А. Действующие вулканы России и их опасность // Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки. 2016. С. 38-40.
6. Алфимова Н.И., Трунов П.В. Продукты вулканической деятельности как сырье для производства композиционных вяжущих // Сухие строительные смеси. 2012. №1. С. 37.
7. Лузин В.П., Антонов В.А., Лузина Л.П., Беляев Е.В., Пермяков Е.Н., Самигуллин Р.Р. Эффективные строительные материалы с применением вулканического пепла // Строительные материалы. 2009. №12. С. 18–19.
8. Антонов В.А., Лузин В.П., Беляев Е.В. Вулканогенные породы Северного Кавказа как сырье для производства легких строительных материалов // Разведка и охрана недр. 2010. №1. С. 40–45.
9. Бычков М.В. Самоуплотняющиеся бетоны пониженной плотности с применением вулканического туфа // Инженерный вестник Дона. 2013. №3. С.32.
10. Вавренюк С.В. Гранулированный искусственный легкий заполнитель на основе вулканических пород Дальнего Востока // Academia. Архитектура и строительство. 2012. №1. С. 125–126.
11. Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие свойства цементных бетонов на основе вулканических горных пород. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. №28. С. 196–201.
12. Хежев Х.А., Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие композиты с применением вулканических горных пород // Инженерный вестник Дона. 2011. №4. С.552–559.
13. Хежев Т.А., Хежев Х.А. Эффективные огнезащитные композиты с применением пористых заполнителей // Технологии бетонов. 2011. №7-8. С. 30–31.
14. Хежев Т.А., Пухаренко Ю.В., Хежев Х.А. Бесцементные бетоны с применением вулканических горных пород // Вестник гражданских инженеров. 2011. №1. С 107–113.

15. Хежев Х.А., Пухаренко Ю.В., Хежев Т.А. Фиброгипсобетонные композиты с применением вулканических горных пород // Строительные материалы. 2013. №11. С. 20–24.

16. Хежев Т.А., Даов Н.А., Исмаилов А.С., Молов К.В., Кашукоев А.Ж., Чегемов Р.А. Фибропеногипсобетонные композиты с применением вулканического пепла // Инженерный вестник Дона. 2017. №1.

17. Овсяков М.Ю., Сухов А.А., Хежев Т.А. Технология фибропенобетонов с применением отходов пиления вулканического туфа // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. №1. С. 107–113.

18. 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.

19. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья. Saarbrücken. LAP LAMBERT, 2015. 132 с.

20. Алфимова Н.И., Никифорова Н.А. Оптимизация параметров изготовления композиционных вяжущих на основе вулканического сырья // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4. С. 33–39.

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

22. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Mahmoud Ibrahim Husni Shakarna, Allaham Yasser Seyfiddinovich, Belikov D. A. Efficient binding using compo-

site tuffs of the Middle East // World Applied Sciences Journal. 2013. №24 (10). Pp. 1286–1290.

23. Лузин В.П., Корнилов А.В., Николаев К.Г., Лузина Л.П. Керамические строительные материалы с улучшенными теплоизоляционными свойствами // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №8. С. 32–36.

24. Закарлюка С.Г. Технология изготовления керамической черепицы с применением природного сырья северного Кавказа // Интеграция науки и практики как механизм развития отечественных наукоемких технологий производства. 2015. С. 193–197.

25. Закарлюка С.Г., Яценко Н.Д. Ресурсосберегающая технология керамической черепицы низкотемпературного обжига с использованием легкоплавкого глинистого сырья и вулканического пепла // Инженерный вестник Дона. 2016. №3. С. 79.

26. Вавренюк С.В., Абрамов В.Е. Вулканические стекла Приморского края – сырье для получения пеностекла. // Вестник ВСГУТУ. 2012. №2. С. 6.

27. Суслов С.Б., Манькова Т.В., Блинов С.М. Комплексы основных вулканических пород потенциально пригодные для производства базальтового волокна на территории Пермского края // Современные проблемы науки и образования. 2012. №5. С. 347.

28. Салл М., Ткаченко Г.А. Введение пористого компонента в мелкозернистые дорожные бетоны // Строительные материалы. 2009. №2. С. 29–31.

29. Печерский С.А., Битуев А.В., Архинчеева Н.В., Щукина Н.Г. Использование вулканического туфа в горячих асфальтобетонах // Строительные материалы. 2010. №2. С. 23–33.

**Kovalchenko O.V., Alfimova N.I.**

## THE QUESTION OF THE APPLICATION OF PRODUCTS OF VOLCANIC ACTIVITY IN THE MATERIAL SCIENCE

*Currently, in the manufacture of building materials are the most relevant issues related to environmental management, as well as finding ways of reducing the energy intensity of manufacturing processes. In this connection, there is a reorientation of the raw material base of building materials in favor of man-made and not previously used natural raw materials. This article analyzes the use of products of the volcanic activities of various fields under the production of building materials for various purposes.*

**Key words:** *products of volcanic activity, tuff, ash, composite, knit-ing, mineral additives, concrete, energy.*

**Ковальченко Ольга Викторовна**, аспирант кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Алфимова Наталия Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail:alfimovan@mail.ru