

# ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ – ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

---

*alex-0904@mail.ru*

**Лесовик В.С.,** чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук,  
**Володченко А.А.,** ст. преподаватель, канд. техн. наук  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы создания, на основе нового трансдисциплинарного направления исследований – геоники (геомиметики), интеллектуальных материалов, способных выполнять функции по самодиагностированию и самоадаптации.

**Ключевые слова:** геоника (геомиметика), трансдисциплинарность, интеллектуальные материалы, техногенное сырье, техногенный метасоматоз, стеновые материалы

На данном этапе развития науки и техники перед учеными стоят сложные задачи по совершенствованию существующих материалов, обуславливающих существенный технический и экономический эффект благодаря уникальному сочетанию свойств, наметились тенденции создания новых материалов, способных к активному взаимодействию с внешними факторами. Такие материалы получили названия «интеллектуальных». Они способны «ощущать» свое физическое состояние, внешние воздействия и особым образом реагировать на эти «ощущения», т.е. способны осуществлять самодиагностику по возникновению и развитию дефекта, его устранение и стабилизировать свое состояние в критических зонах.

Вследствие многообразия свойств «интеллектуальных» материалов их применение позволит контролировать и прогнозировать состояние различных конструкций и сооружений в требуемый момент времени и даже на труднодоступных участках, значительно повысить ресурс систем и их надежность. Из анализа экспертных оценок специалистов следует, что в ближайшие 20 лет 90% современных материалов, применяемых в промышленности, будут заменены новыми, в частности «интеллектуальными», что позволит создать элементы конструкций, которые будут определять технический прогресс XXI века в том числе 3D аддитивные технологии.

В настоящее время мы исследуем сложные системы с использованием старых алгоритмов, но они не могут позволить получить новые прорывные результаты. Инструментарием нового подхода являются современные фундаментальные трансдисциплинарные исследования. Трансдисциплинарные исследования основываются на широкомасштабном использовании и переносе знаний, закономерностей, познавательных схем из одних дисциплин в другие, с получением эмерджентных свойств. То есть свойств, которыми не обладают отдельные звенья системы или дисциплины, но они являются следствием эффекта целостности системы [1-5].

Интенсивные научные исследования как в России так и за рубежом по изучению общих принципов, проблем и решений в разработке и применении интеллектуальных композиционных и гибридных материалов, способных выполнять функции по самодиагностированию и адаптации этих материалов, дают возможность сформулировать теоретические основы проектирования и создания конкурентоспособных высокоэффективных интеллектуальных композитов

Реализация теоретических положений и системный подход к решению сформулированных проблем решается в рамках нового научного направления геоника (геомиметика). Это позволило разработать методологические основы создания эффективных строительных композитов нового поколения. На основе вышесказанного предложено понятие «Техногенный метасоматоз» в строительном материаловедении [6-9].

В процессе эксплуатации строительных композитов, их взаимодействием с окружающей средой переносится огромное количество вещества; от этого зависит долговечность строительных материалов. «Техногенный метасоматоз» это стадия в эволюции строительных материалов, характеризующаяся приспособлением композита к изменяющимся, при эксплуатации зданий и сооружений, условиям. Это химическое взаимодействие в системе «Вяжущее-заполнитель-наполнитель-добавки-поровый-раствор-окружающая среда» с изменением химического состава, при котором растворение исходных компонентов и синтез новообразований происходит почти одновременно.

Одним из механизмов «техногенного метасоматоза» являются противоречия между вещественным составом и структурой строительных конструкций и новыми термодинамическими условиями в

которое они попадают во время строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

В основу создания новых высокоэффективных композитов положен «принцип копирования» геологических и космохимических процессов и результатов их деятельности – горных пород и минералов с целью создания новых композитов и оптимизации системы «Человек-материал-среда обитания».

При проектировании интеллектуальных строительных композитов необходимо управлять процессами структурообразования на всех уровнях, что позволит материалу реагировать на возникновение экстремальных ситуаций, при эксплуатации зданий и сооружений.

С учетом положения геоники (геомиметики) предложен «Закон сродства структур» (рис. 1). Он подразумевает проектирование слоистых композитов и ремонтных систем на нано-, микро- и макро уровне аналогичных базовой матрице, что приводит к существенному повышению адгезии и долговечности материалов [10-11].



Рисунок 1 – Закон сродства структур

Например, используется этот закон при разработке кладочных и штукатурных растворов, а также реставрационных смесей. Реализовано это направление при реставрации памятников архитектуры: ставка Колчака, ансамбль Царицыно и Великого Ростова, церковь Преображения в Пермской области, памятники в Болгарии и др. [10].

Продолжены эти исследования в диссертационных работах Загороднюк Л.Х. и Беликова Д.А.

Создавая строительные материалы, мы не можем добиться качества и свойств их природных аналогов. Например, пеностекло с плотностью 250-300 кг/м<sup>3</sup> имеет предел прочности при сжатии максимум около 1,5 МПа; а поризованные базальты, вулканические поризованные породы с такой же плотностью имеют прочность в 5-6 раз больше. То же самое можно сказать и по ячеистому бетону гидратационного твердения или, например, кирпичная кладка раствору – это такая анизотропная система, которая полностью напоминает полосчатые горные породы. Но если кладочные растворы в конструкциях имеют предел прочности на разрыв примерно 1 МПа, то полосчатые породы до 70 МПа. Именно исследования микроструктуры горных пород дало нам возможность существенно улучшить качество аналогичных материалов.

Разработаны высокоэффективные теплоизоляционно-конструкционные и акустические стеклокомпозиты нового поколения, обладающие защитно-декоративными свойствами и высокими теплоизоляционными, прочностными и эксплуатационными характеристиками на основе техногенного сырья. Природный аналог полученного материала – поровые вулканические породы, обладающие высокими физико-механическими показателями [12].

Созданы новые эффективные стеновые материалы со стабильно высокими конструкционно-теплоизоляционными характеристиками. Они имеют повышенную прочность сцепления с кладочными растворами, для строительства в сейсмоопасных регионах. Природные аналоги этих композитов являются известняки и ракушечники [13-14].

Рабочей гипотезой явилась возможность получения прочных стеновых материалов с высокой адгезией к кладочным растворам и низкой теплопроводностью за счет использования безобжиговых гранулированных порообразующих компонентов с растворяющимся ядром при автоклавной обработке и образовании замкнутых пор (рис. 2-3).

Силикаты натрия, выделяющиеся при автоклавной обработке из активных гранулированных заполнителей, пропитывают матрицу, связывают  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , выделяющейся при гидратации алита с образованием гидросиликатов кальция второй генерации, залечивают при этом микродефекты силикатного материала. Это приводит к повышению, почти в 2 раза, коэффициента конструктивного качества. Отсутствие свободного портландита благоприятно сказывается на повышении водостойкости изделий.

Стеновые материалы, полученные по данной технологии имеют существенно более развитую поверхность, чем традиционные стеновые материалы. Образующиеся на месте гранул каверны существенно повышают прочность кладки, а с учетом применения специально разработанного кладочного раствора позволяет увеличить прочность кладки на срез в 25 – 30 раз, что особенно актуально для строительства в сейсмоопасных зонах.



Рисунок 2 – Конструкционно-теплоизоляционный стеновой материал и композиционного кладочного раствора для сейсмостойкого строительства



Рисунок 3 – Характер разрушения силикатных материалов с АГЗ при использовании упрочненных кладочных растворов

Разработанная технология является алгоритмом для создания нового класса «интеллектуальных» конструкционно-теплоизоляционных силикатных автоклавных материалов.

Теоретические положения геоника (геомиметика), большое внимание уделяют созданию новых высокопрочных, интеллектуальных

композитов с упорядоченной регулируемой структурой. Формируемые новообразования обладают высокой прочностью и низкой теплопроводностью, способностью самозалечивать дефекты структуры и ликвидировать разупрочняющие дефекты.

Предлагается системы внутреннего ухода за счет использования вулканических туфов. Эти горные породы представляют собой гетеропористую систему за счет нано-капиллярной и гелевой пористости [15].

Введение частиц туфа определяет гранулометрию в сырьевой смеси и позволяет управлять процессом структурообразования бетона, особенно в условиях жаркого климата. Дает возможность оптимизировать традиционные методы ухода за бетоном, которые используются сегодня во многих странах мира (рис. 4).



Вода в породе находится в сложном взаимодействии с ее минеральным каркасом, границы и соотношения между ними условны и постоянно изменяются; пар; химически связанная вода; физически связанная вода (пленочная и капиллярно-удержанная); свободная или гравитационная вода.

В условиях жаркого климата, когда наблюдается дефицит жидкой фазы в самом бетоне, частички туфа, входящие в состав вяжущего, в процессе твердения отдают капиллярно-удержанную воду, а это приведет к активизации процессов структурообразования и синтезу более плотной однородной структуры материалов в процессе твердения и эксплуатации бетонов.

Рисунок 4 – Интеллектуальные системы

Предлагаемый подход заключается в использовании композиционных вяжущих на основе туфа, создающих наиболее благоприятные условия на ранних стадиях структурообразования и твердения системы. Это приводит к снижению напряжений в твердеющем композите и, как следствие, к уменьшению количества и размеров микротрещин, что определяет технико-экономическую эффективность применения КВ на основе туфа для получения бетонной смеси, применяемой в условиях сухого жаркого климата.

Известно, что вулканический туф является гетеропористой горной породой. Поровое пространство данной породы, является весьма сложным по своей форме и состоит из сочетания пор различных размеров. Вода в породе находится в сложном взаимодействии с ее минеральным каркасом, границы и соотношения между ними условны и постоянно изменяются: пар; химически связанная вода; физически связанная вода (пленочная и капиллярно-удержанная); свободная или гравитационная вода

Таким образом, при эксплуатации композитов при образовании микротрещин и других дефектов, частички туфа, входящие в состав вяжущего, отдают капиллярно-удержанную воду, что приводит к залечиванию дефектов за счет гидратации непрореагировавших частиц цементного клинкера.

Реализация концепции геоники (геомиметики) создать высокопрочные интеллектуальные композиты с пределом прочности при сжатии до 170 МПа. Предложить системы внутреннего ухода, которые позволяют повысить эффективность строительных композитов в сейсмоопасных условиях эксплуатации.

Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении – это самый сложный механизм перекристаллизации, диффузии, и дегидратация; это кристаллохимические превращения, трансформация в кристаллических решетках минералов, аутогенез (выделение твердой фазы и растворы); это комплекс сложнейших физико-химических превращений. Учет этих явлений при проектировании позволит создать саморегулирующую систему, которая, реагируя на внешнее воздействие, сможет самозалечивать дефекты, образующиеся при эксплуатации, восстанавливать свои первоначальные характеристики.

Таким образом, новое трансдисциплинарное направление геоника (геомиметика) являющееся фундаментальной теоретической базой строительного материаловедения, позволяет проектировать интеллектуальные композиты для стройиндустрии будущего, в том числе и для 3D аддитивных технологий.

Теоретические исследования позволяют разработать методологию геонического подхода к проектированию и получению интеллектуальных композитов нового поколения на основе сырьевых ресурсов Белгородской области. Исследовать процессы структурообразования интеллектуальных композитов и управления ими на всех уровнях, позволяющие материалу реагировать на возникновение экстремальных ситуаций при эксплуатации зданий и сооружений.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта №14-41-08002 «р\_офи\_м», с использованием оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.*

#### **Список литературы:**

1. Строительные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях / А.М. Гридчин, Ю.М. Баженов, В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.С. Пушкаренко, А.В. Василенко. Москва. 2008 г.
2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований. // Высшее образование в России. 2014. №3. С. 77-83.
3. Lesovik W.S., Geonics. Subject and objectives / Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 100 с.
4. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография / Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 196 с.
5. Лесовик В.С. Техногенный метасаматоз в строительном материаловедении // Международный сборник научных трудов «Строительные материалы – 4С: состав, структура, состояние, свойства». Новосибирск. 2015. с. 26–30.
6. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1994. №7-8. С. 96-100.
7. Lesovik W.S., Gridchin A.M. Zum Problem der Forschung des System Mensch-Stoff-Umwelt / 12. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 1994.
8. Лесовик В.С. Снижение энергоемкости производства строительных материалов за счет использования энергетики геологических и техногенных процессов / 18. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 2012.
9. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Управление структурообразованием строительных композитов // Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. Омск, 2011.
10. Creating effective insulation solutions, taking into account the law of affinity structures in construction materials / Lesovik V.S., Zagorodnik L.H., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. // World Applied Sciences Journal. 2013. T. 24.№11. С. 1496-1502.
11. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья / О.В. Пучка, С.С. Вайсера, С.В. Сергеев, Н.В. Калашников // Вестник БГТУ им.В.Г. Шухова. 2013 г. №2. С. 51-55.
12. Лесовик В.С., Мосьпан А.В. Прессованные силикатные изделия на гранулированных заполнителях // Известия КГАСУ. 2012. №3. С. 144–150.
13. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2012. №4. С. 62-65.



14. Шакарна М.Х Композиционные вяжущие с использованаем вулканических туфов иордании // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С.38-43.