

ГЕОНИКА (ГЕОМИМЕТИКА) И ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

В.С. Лесовик¹, А.А. Шеремет², И.Л. Чулкова³, А.Э. Журавлева⁴

¹БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия;

²БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия;

³ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия;

⁴БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Излагаются методологические подходы и обоснование появления нового трансдисциплинарного направления – геоники, которое рассматривается как искусство применения знаний неорганического мира.

Материалы и методы. Сформулировано понятие «техногенный метасоматоз» – стадия в эволюции строительных материалов, характеризующаяся приспособлением композита к изменяющимся условиям. Описан «Закон сродства структур», который заключается в выборе сырья для композита с аналогичными физико-механическими характеристиками.

Результаты. Приведены примеры использования нетрадиционных сырьевых ресурсов в областях строительного материаловедения (интеллектуальные композиты, реставрационные смеси) и архитектуры (здание Белорусской калийной компании в Белоруссии, дом «Отражение минерала» в Японии, дизайн-концепция памятника Курской магнитной аномалии).

Обсуждение и заключение. Обосновано, что развитие трансдисциплинарного подхода геоники позволит улучшить комфортность пребывания человека в окружающей среде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трансдисциплинарные исследования, кибернетика, геоника, геомиметика, архитектурная геоника, материаловедение, строительство, композиционные материалы.

Поступила 24.01.21, принята к публикации 26.02.21.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Геоника (геомиметика) и поиск оптимальных решений в строительном материаловедении / В.С. Лесовик, А.А. Шеремет, И.Л. Чулкова, А.Э. Журавлева. – DOI <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-120-134> // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18, № 1(77). – С. 120–134.

© Лесовик В.С., Шеремет А.А., Чулкова И.Л., Журавлева А.Э., 2021



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-120-134>

GEONICS (GEOMIMETICS) AND SEARCH FOR OPTIMAL SOLUTIONS IN BUILDING MATERIALS SCIENCE

Valery S. Lesovik¹, Alena A. Sheremet², Irina L. Chulkova³, Alina E. Zhuravleva⁴

¹V. G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Belgorod, Russia

²V. G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Belgorod, Russia

³Siberian State Automobile and Highway University (SibADI),
Omsk, Russia

⁴V. G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Belgorod, Russia

ABSTRACT

Introduction. Methodological approaches and validation of the emergence of a new transdisciplinary area – geonics, which is considered as the art of applying knowledge of the inorganic world, are presented.

Materials and methods. The concept of technogenic metasomatism as a stage in the evolution of building materials, characterized by the adaptation of the composite to changing conditions is formulated. The Law of affinity of structures, which consists in the selection of raw materials for a composite with similar physical and mechanical characteristics, is described.

Results. The examples of non-traditional raw materials use in the areas of construction materials science (intelligent composites, restoration mixtures) and architecture (the building of the Belarusian Potash Company in Belarus, the 'Reflection of the mineral' building in Japan, the design concept of the monument to the Kursk magnetic anomaly) are presented.

Discussion and conclusions. It is proved that the development of a transdisciplinary approach to geonics will improve the comfort of human stay in the environment.

KEYWORDS: transdisciplinary research, cybernetics, geonics, geomimetics, architectural geonics, materials science, construction, composite materials

Submitted 24.01.21, revised 26.02.21.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Lesovik V.S., Sheremet A.A., Chulkova I.L., Zhuravleva A. E. Geonics (geomimetics) and search for optimal solutions in building materials science. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (1):120-134. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-120-134>

© Lesovik V.S., Sheremet A.A., Chulkova I.L., Zhuravleva A.E., 2021



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

С самого начала эволюционного пути человек стремился познать секреты своего существования и окружающей его природы. Первые шаги в этом направлении были сделаны благодаря философии – древнейшей науке, которая зародилась в VI–V в. до н. э. Аристотель, Сократ, Пифагор и другие устремили свое сознание на разрешение проблемы отношений индивида и мира в социальной онтологии, где мудрость воспринималась как гармония знаний и действия, равновесие сложных взаимоотношений человека и среды обитания¹.

Особенностью современной науки является узкая специализация. Дифференциация и интеграция – два противоположных процесса, которые описывают процесс развития наук, причем первое понятие характеризуется выделением новых научных дисциплин, а второе – объединением нескольких смежных наук или областей знаний в дисциплины. При этом дифференциация долгое время играла доминирующую роль, пока узкая специализация не замедлила процесс гармоничного взаимодействия человека и природы. Наиболее ярко это отрицательное воздействие выражено на стыке взаимодействия органического и неорганического мира.

Становление нового научного знания происходит в контексте ускоряющегося и усложняющегося процесса развития социальной и природной среды: старые теории отходят на второй план и на их месте появляются новые, основанные на более сложном инструментарии. С каждым годом этот процесс становится все более ярко выраженным: стихийные бедствия, электромагнитные излучения, изменения флоры и фауны, социально-политические парадоксы и метаморфозы, пандемия приводят к новой, трансдисциплинарной парадигме исследований [1, 2].

Появление технологии гибридных материалов в строительстве и материаловедении приводит к созданию новых композитных материалов, включающих в себя гибридную матрицу. В результате возникают новые трансдисциплинарные направления науки. Кибернетика – одно из первых направлений трансдисциплинарности (рисунок 1).

Из процесса объединения наук следовало появление целого рода новых научных направлений (биотехнология, геохимия, геофизика и т. д.), в том числе и зарождение геоники (геомиметики). Впервые термин «геологическая бионика» или «геоника» был использован в 1982 г. в книге «Геология и живая природа», написанной Г.С. Франтовым². На ежегодном

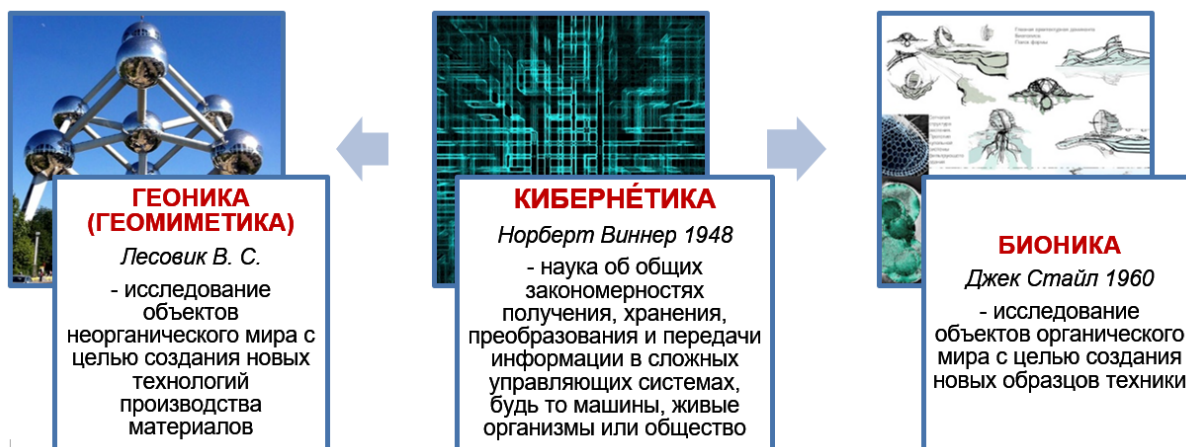


Рисунок 1 – Направления кибернетики

Figure 1 – Directions of cybernetics

¹ Ильичев Л.Ф., Федосеев П.Н., Ковалев С.М., Панов В.Г. Философский энциклопедический словарь. М.: Сов. Энциклопедия, 1983. 840 с.

² Франтов Г. С. Геология и живая природа (Уровни организации вещества, бионика и геоника, клетки и газово-жидкие включения). Л.: Недра, 1982. 144 с.

³ Лесовик В. С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 195 с.

собрании центрального регионального отделения РАССН в г. Тамбове и на ученом совете учреждения Российской академии наук института экспериментальной минералогии РАН в г. Черноголовке в 2012 г. была озвучена окончательная формулировка нового научного направления.

Бионика и геоника – важнейшие области кибернетики. Бионика использует анализ структуры и жизнедеятельности организмов для решения инженерных задач формирования и технического обеспечения новых структур и материалов. Использование методов бионики, как показал отечественный [3, 4, 5] и зарубежный опыт [6, 7], позволяет рационально подходить к конструированию строительных объектов и гармонизировать архитектуру с природной средой обитания. Геоника (геомиметика) – это трансдисциплинарное научное направление, которое рассматривается как искусство применения знаний неорганического мира для решения новых технологических задач³. Геоника позволяет преодолеть грандиозный разрыв между показателями свойств природных и техногенных материалов. Основными составляющими геоники являются поиск оптимальных решений, принцип экономии материалов и поиск новых, принцип максимальной экологичности, принцип энергосбе-

режения, гармоничное сочетание конструкций и природы, а также создание благоприятной для жизни среды, обеспечивающей здоровые и безопасные условия, гармонично сочетающей производимую человеком социальную и инженерную инфраструктуру, поддерживающую природное равновесие. Необходимо искать новые формы и технологии, развивая направления архитектурной геоники (геомиметики), освоения и строительства подземных сооружений, формирования алгоритмов и спецификаций управления неорганическими природными объектами, подчинения космической энергии (рисунок 2).

Теоретические положения геоники (геомиметики) актуальны не только на отечественном [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15], но и на международном уровне [16, 17, 18].

Архитектурная геоника – это создание архитектурных ансамблей с учетом результатов и воздействий геологических и косвенных химических процессов на неорганический мир, габитуса кристаллов и строения кристаллической решетки минералов. Цель архитектурной геоники (геомиметики) – трансдисциплинарный подход к изучению влияния геологических факторов на психологическое, эмоциональное и физическое состояние человека (рисунок 3).



Рисунок 2 – Направления геоники

Figure 2 – Geonics directions



Рисунок 3 – Направления архитектурной геоники (геомиметики)

Figure 3 – Directions of architectural geonics (geomimetics)

Комбинированный подход между геоникой и неорганическим миром в ультрасовременной инженерной практике используется для эффективного применения природных и природоподобных механизмов в строительстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Более 80% жизни мы находимся в окружении материалов, поэтому их выбор играет значительную роль. Относительное удобство и комфорт так называемого цивилизованного мира нивелируются рядом совершенно новых рисков, образующих побочные эффекты одного и того же прогресса. Таким образом, развитие медицины вряд ли способно идти в ногу с новыми заболеваниями и различными негативными воздействиями. В среднем вероятность того, что нынешнее поколение проживет до 60 лет, вряд ли выше, чем было у их предков 100–150 лет назад. Это вызвано социальными проблемами, возникающими на фоне технологического прогресса: снижением занятости за счет автоматизации и роботизации, переносом производственных площадок в низкооплачиваемые регионы и т. д. Со времен масштабного строительства во второй половине 20 в. прогресс в области строительных материалов, за исключением редких случаев,

ориентирован на снижение производственных и строительных затрат. Однако, учитывая цены на недвижимость, от этого, скорее всего, выиграют только производители, но не потребители. Определенное снижение соотношения энергии к объему производства строительных материалов и, несомненно, существенная борьба за энергосбережение обусловлены, во-первых, ростом энергозатрат, а во-вторых, стремлением улучшить экологическую обстановку. На самом деле большинство применяемых в наши дни строительных материалов, за исключением несколько более высоких прочностных и тепловых свойств, практически ничем не отличаются от вековых аналогов. Причина этого кроется в стабильном подходе к их производству с акцентом на инженерно-технические требования. Реализация теоретических положений геоники (геомиметики) и системный подход к урегулированию вопросов дали возможность создать методологическую базу разработки комфортных для человека эффективных строительных композитов нового поколения. В связи с этим разрабатываются технологии производства и изучаются характеристики данных материалов. Современный термин «техногенный метасоматоз» в строительном материаловедении был опубликован в 2015 г.

Прочность и миграционная активность химических элементов характеризуют механизм адаптации строительных материалов к отрицательному влиянию окружающей среды, что инициирует термодинамическую неустойчивость. Эти процессы более сложны и характерны для природных условий, где, согласно геологическим принципам, прочность горных пород зависит от обменных процессов с окружающей средой.

Отметим, что традиционная гипотеза о метасоматозе, заключающемся в кристаллизации новой фазы при растворении исходной, неверна. В норме метасоматоз включает в себя комплекс термодинамических факторов. При техногенном метасоматозе строительного композита сбор агрессивных компонентов в структуре материала осуществляется при нарастающем потоке жидкостей из окружающей среды. Эта жидкость просачивается внутрь и перемещается по системе. В целом механизм метасоматического замещения состоит из двух этапов: дефицитно-объемного замещения и избыточно-объемного замещения. Эти механизмы могут быть применены при техногенном метасоматозе при геологическом разрушении горных пород, а также в строительном композите при сервисном разрушении. Механизм замещения дефицита в объеме состоит в следующем: начальная стадия химического взаимодействия компонентов; растворение поверхностного слоя материалов, приводящее к перенасыщению. Затем агрессивный компонент проникает вместе с разрушенным материалом. Иницирующим фактором метасоматического замещения является миграция компонентов из минералообразующей среды в зоны с ее пониженной концентрацией, приводящей к трансформации исходной системы. Изучение генетических характеристик минералов и горных пород позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики искусственных строительных композитов и эффективно использовать их для синтеза новых материалов и оптимизации взаимоотношений в системе «человек – материал – среда обитания» [16].

Апробация теории техногенного метасоматоза и переход на трансдисциплинарные исследования в строительном материаловедении для реализации принципов геоники (геомиметики) позволит использовать геологи-

ческий термин «цикл» для решения теоретических задач строительного материаловедения.

Промышленный и экономический эффект последнего десятилетия обусловлен непрерывным совершенствованием существующих строительных материалов. Благодаря уникальной комбинации свойств наметились тенденции проектирования интеллектуальных композитов, предусмотреть возможность самовосстановления дефектов, возникших при эксплуатации зданий и сооружений, и стабилизировать их состояние под влиянием опасных факторов.

В нашем университете в рамках реализации теоретических положений нового направления исследований – геоники (геомиметики) учеными кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций была разработана методика создания интеллектуальных строительных композитов, отвечающих современным требованиям [19, 20].

Долговечность и прочностные характеристики строительных материалов напрямую зависят от трансформации веществ неорганического мира, происходящих в природных процессах.

«Умные» композиты, спроектированные с учетом контроля над всеми процессами формирования структур, способны реагировать на возникновение стрессовых ситуаций во время эксплуатации зданий и сооружений.

Одним из аспектов геоники (геомиметики) является «закон сродства структур», который заключается в выборе сырья для композита с аналогичными физико-механическими характеристиками³. Теоретические основы закона сродства структур позволят проектировать сложные композиты при системном анализе макро-, микро- и наноуровней. Данные структуры должны максимально соответствовать базовому составу, в этом случае обеспечивается наилучшая адгезия и, соответственно, долговечность композита. Закон сформулирован на основе изучения природных объектов, аналогичных строительным композиционным материалам.

Проведение ремонтных работ и качественной реставрации основано на создании «умного» композитного материала, компоненты которого по физико-механическим свойствам, своему строению и составу были бы аналогичны восстанавливаемой матрице (бой штука-

³Лесовик В. С., Чулкова И. Л. Управление структурообразованием строительных композитов: монография. Омск: СибАДИ, 2011. 462 с.



Рисунок 4 – Использование нетрадиционных сырьевых ресурсов

Figure 4 – Use of unconventional raw materials

турных покрытий, бой кирпича бетонного лома и т.п., возраст которых сопоставим со временем создания матрицы).

Красота творения природы, как прекрасные архитектурные сооружения, может быть использована человеком для совершенствования комфортных условий пребывания в окружающей среде на новом этапе развития цивилизации. На всех уровнях прослеживается удивительная взаимосвязь природных явлений, геологических процессов, человека и результатов его деятельности.

При проектировании архитектурных зданий, сооружений и МАФ в качестве предмета для подражания можно использовать космическое пространство: звездные системы, галактики, кометные пояса, вселенную, спутники планет, формы космических объектов, цветовую гамму, структуру и текстуру космических объектов как одну из областей неорганического мира.

Уникальные эстетически особенности, форма и цвет горных пород, минералов и минеральных агрегатов, кристаллы и кристаллические решетки химических соединений – это результат деятельности геофизических, космических, химических процессов неорганиче-

ской системы, которые могут стать областью научных исследований с целью заимствования обширного спектра строительных конфигураций, архитектурных особенностей, колористических решений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Получение искусственных минералов нуждается в разработке новых, основанных на геологических процессах, технологий. На базе именно таких технологий разрабатывается технология синтеза минералов различного назначения (рисунок 4).

Несмотря на то что созданы многочисленные искусственные строительные материалы (бетон на крупном заполнителе – аналог конгломерата, а мелкозернистый бетон создан по подобию песчаника, облицовочные слои стен в архитектурных сооружениях – это затирка коренных отложений, сформированная постоянными водными потоками и т. д), параметры их, например соотношение прочности и плотности, в несколько раз, а иногда и намного уступают своим природным аналогам.

Кафедра «Строительное материаловедение изделий и конструкций» предлагает технологии, полностью или частично воспро-

изводящие геологические процессы (композиционный кладочный раствор с пределом прочности на срез в 25–35 раз выше нормативных показателей), что является одним из ключевых решений значительного повышения свойств материалов.

Междисциплинарные методы применялись кафедрой СМиК при решении проблемы комплексного использования горных пород из Латинской Америки, ЮАР, Европы и многих регионов Российской Федерации, в том числе на сырьевых ресурсах Курской магнитной аномалии⁴ ⁵ и Архангельской алмазоносной провинции. Результаты исследований были внедрены при утверждении запасов Лебединского, Стойленского, Коробковского и Приоскольского месторождений кварцитов и Терновского месторождения керамзитовых глин. Сырьевые ресурсы Лебединского, Стойленского и Терновского месторождений используют десятки заводов стройиндустрии, при этом получены десятки миллионов кубических метров строительных материалов, возведены десятки миллионов квадратных метров жилья, промышленных зданий и сооружений, отремонтированы, реконструированы и построены сотни километров дорог и тротуаров.

Управлять свойствами материалов можно с помощью различных факторов воздействия. Целенаправленное формирование их порового пространства представляет большой интерес для реализации предложенной концепции как эффективного механизма управления. Это обусловлено следующими факторами:

- неоднородностью пор как элементов гидратационно-твердеющей композитной структуры;

- разнообразием накопленных знаний об их влиянии на различные свойства для дальнейшего анализа и обобщения;

- ролью пористости в формировании некоторых свойств, влияющих на микроклимат и комфорт (теплопроводность, паропроницаемость, звукопоглощение, теплоизоляция и др.);

- наличие промышленных технологий получения пористых материалов.

Еще одним важным фактом является то, что пористость будет одним из наиболее эффективных способов снижения материалоемкости и энергозатрат на стадии производства

и повышения энергоэффективности и безопасности при эксплуатации, что чрезвычайно ценно с точки зрения концепции зеленого строительства.

«Зеленое строительство» – термин, характеризующий применение энергосбережения в строительстве и материаловедении, является новым видом строительства и эксплуатации и связан с появлением и внедрением информационных технологий.

Неавтоклавный газобетон очень привлекателен благодаря гибкости технологии, достигнутому уровню стандартных свойств, сроку службы химической системы и капитальным затратам производства. Использование в качестве ее основы композиционных связующих, хорошо зарекомендовавших себя для решения специальных задач, открывает многообразные возможности варьирования свойств матрицы, в том числе свойств, относящихся ко второй и третьей категориям вышеприведенной классификации.

Геоника в большей степени концентрируется на генерации новых «умных» материалов с высокими регулируемыми прочностными и структурными характеристиками. Кроме того, возможность «самозалечивать» дефекты структуры и ликвидировать разупрочняющую пористость также будет являться немаловажным свойством таких материалов.

Совместный помол цемента и гетеропористых (гетеропористость – это нанопористость, капиллярная пористость, гелиевая пористость) туфов Иордании позволяет получить вяжущее, которое обладает регулируемыми прочностными и структурными характеристиками и оптимизирует способы внутреннего ухода за бетоном. В процессе твердения бетонов могут образовываться микротрещины или микродефекты. Введенные микрозернистые частицы помогают сформировать так называемые интеллектуальные композиты – материалы, в которых заложена идея оптимального взаимодействия с окружающей средой. Эти частички выделяют воду, запасенную пористостью, обеспечивая процесс структурообразования или же залечивания дефектных систем, что оказывает положительное влияние на триаду «человек – материал – среда обитания».

Проведение таких мероприятий позволило повысить предел прочности при сжатии бето-

⁴ Лесовик В. С. К проблеме научного содружества при изучении пород вскрыши месторождений КМА. Творческое содружество научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций, вузов и предприятий в распространении и внедрении научных достижений: тез. докладов. Матер. науч. техн. конф. Белгород, 1977. С. 1617.

на до 128 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе 35 МПа, модуль упругости до 83×10^{-3} МПа. Наилучшими физико-механическими характеристиками обладают вяжущие с удельной поверхностью цемента 350 м²/кг и туфа 700 м²/кг при соотношении цемента и туфа, соответственно, 90%:10%.

Новейшие методы структурообразования были реализованы в ходе реставрационных работ по восстановлению памятников архитектуры: здание ставки Колчака в г. Омске, дворцово-парковый ансамбль Царицыно в Москве и др., при внедрении результатов диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук И.Л. Чулковой. Аналогично матрице основного бетона обеспечивается управление синтезом новообразований капиллярно-пористой структуры, что позволит разрабатывать кладочно-ремонтные, штукатурные и реставрационные смеси нового поколения^{5,6}.

Продолжены исследования в диссертационной работе на соискание ученой степени д-ра техн. наук Л. Х. Загороднюк (Повышение эффективности сухих строительных смесей в зависимости от базовой поверхности) и в работе Д. А. Беликова на соискание ученой степени канд. техн. наук (Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих)^{7,6}.

Технический прогресс в производстве бетона и железобетона требует дополнительных источников сырья, в частности использование высококачественных компонентов. Решению этой проблемы препятствует постоянно растущая нехватка минеральных и энергетических ресурсов, а также возросшие экологические требования. Альтернативным источником сырья для производства бетонов могут служить отходы разрушенных зданий [5, 14].

Большой потенциал для этого имеют государства, в которых по различным причинам имеется большое количество снесенных или разрушенных строительных объектов. Задача утилизации данных отходов обусловлена как большой затратностью данного мероприятия, так и необходимостью скорейшего введения в эксплуатацию земельных участков под эти-

ми объектами^{7,8}. В связи с этим целесообразно использовать фрагменты разрушенных зданий и сооружений в качестве сырья для производства материалов для строительства новых зданий, а особенно «зеленых» и «интеллектуальных» композитов. Теоретической основой для проектирования композитов с использованием указанного сырья является геоника (геомиметика), которая использует результаты исследований природных процессов для создания высокопрочных бетонов и строительных конструкций нового поколения. Кафедра СМиК БГТУ им. В.Г. Шухова проводит исследования в области потенциального влияния мелкодисперсных минеральных добавок (бетонных отходов) как наполнителя и мелкого заполнителя для легких и тяжелых бетонов.

Широкий простор для творчества архитекторов представляет мир минералов. В настоящее время установлено около 4900 минеральных видов. Такое сочетание геоники и технологий позволило внедрить инновационные методы в области архитектуры, энергоэффективного обеспечения и экономико-экологических программ. Архитектурно-геоническая наука – это синтез соответствующей практики и теории. Если архитектурно-геоническая практика – это процесс использования формирующих законов неживой природы, который происходил и часто происходит интуитивно, бессознательно, то архитектурная геоника осознает этот процесс и направляет его по законам современной строительной и архитектурной практики. Яркий пример современной минской архитектуры вырос на берегу Свислочи в 2011–2012 гг. Оригинальной формы здание строилось как штаб-квартира Белорусской калийной компании, контролирующей треть мировых поставок калийных удобрений. Поэтому архитекторы решили, что внешний вид головного офиса должен сам по себе говорить о деятельности предприятия, и взяли за основу проекта форму кристалла калия (рисунк 5).

Подобная идея реализована и в других странах. С новым подходом к дизайну и архитектуре архитекторы пытаются объединить

⁵ Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Управление структурообразованием строительных композитов: монография. Омск: СибАДИ, 2011. 462 с.

⁶ Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ильинская Г.Г., Беликов Д.А. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 145 с.

⁷ Казлитина О.В., Глаголев Е.С. Геоника. Геомиметика – теоретическая основа разработки мелкозернистых бетонов // Научные технологии и инновации. Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 207-210.

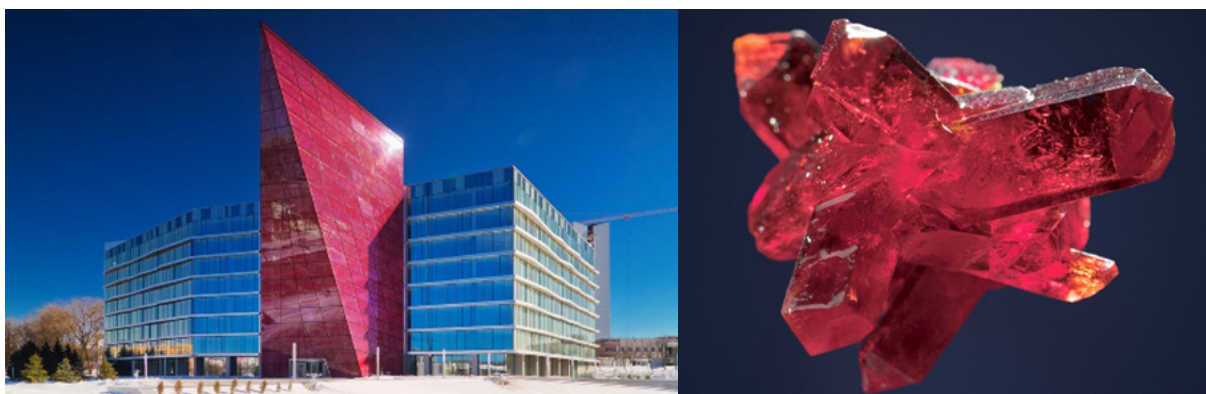


Рисунок 5 – Здание Белорусской калийной компании в Минске (Белоруссия)

Figure 5 – Building of the Belarusian Potash Company in Minsk (Belarus)



Рисунок 6 – Дом «Отражение минерала» в г. Токио (Япония)

Figure 6 – 'Reflection of the mineral' building in Tokyo (Japan)

искусственную среду и природу. Уникальный дом «Отражение минерала» возведен архитекторами Ясухио Ямасита и Йоши Танака в центре Накано, административном районе г. Токио. Процесс принятия решения об окончательной форме дома схож с огранкой драгоценного камня, а результат был как сияющий кусок алмаза. Дом, построенный на крохотном клочке земли, использовал каждый сантиметр доступного пространства, и успешно занял свою нишу в архитектурном мире (рисунок 6).

Междисциплинарные подходы применялись кафедрой СММК БГТУ им. В.Г. Шухова при решении проблемы комплексного использования нерудных пород и отходов обогащения Курской магнитной аномалии (КМА) – самого мощного на Земле железорудного бассейна:

площадь составляет 22,5 км², эффективная площадь – 17,3 км². Объем ежегодно складированных продуктов переработки железистых кварцитов превышает 12 млн м³. Для ускоренного развития и освоения богатств КМА 6 января 1954 г. сформирована Белгородская область, а затем в 1954 г. был создан Белгородский государственный технологический институт строительных материалов (БТИСМ). В связи с этим разработана дизайн-концепция уникального архитектурного памятника Курской магнитной аномалии в Белгородской области, который отражает кристаллическую решетку, форму кристалла магнетита, а также структуру и текстуру железистого кварцита (рисунок 7).

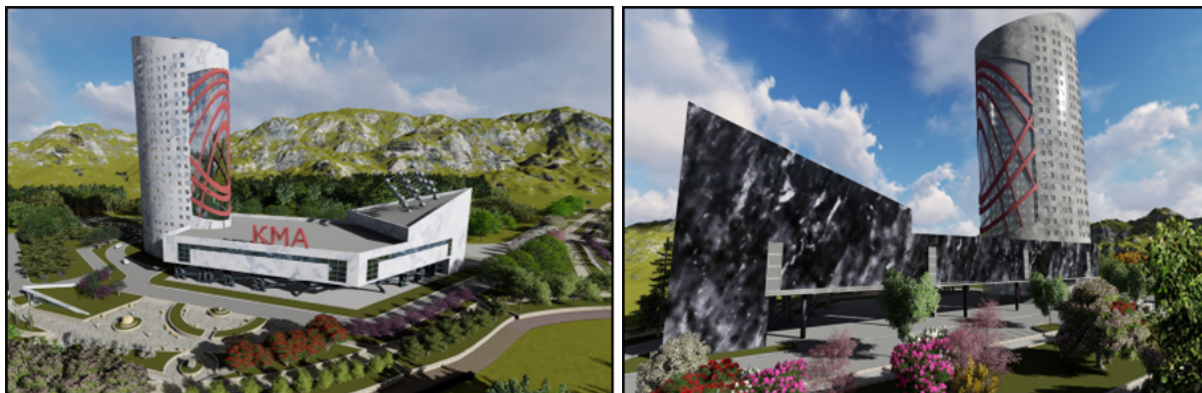


Рисунок 7 – Концепция проектирования архитектурного памятника Курской магнитной аномалии в Белгородской области на основе железистого кварцита

Figure 7 – Design concept of the architectural monument of the Kursk magnetic anomaly in the Belgorod region based on ferruginous quartzite

Проблема сохранения и поддержания экологического равновесия остро стоит во всем мире в связи с растущим антропогенным воздействием на окружающую среду. С учетом трансдисциплинарности, которая является визитной карточкой будущего, геоника (геомиметика) занимается вопросом придания специфичности ландшафтной среде (синтаксис пространства), помогает защитить человека от аномальных природных явлений и обеспечить комфортность пребывания в среде обитания. Так как ландшафтные факторы включают область неорганического мира, геонике можно считать одним из экологически заинтересованных направлений в архитектуре и строительном материаловедении. Новое научное направление открывает новые возможности применения эниологических свойств пространственной среды (влияние архитектурных сооружений на направление электромагнитного излучения Земли, геометрия пространства, фрактальность архитектурных форм) в архитектуре и строительном материаловедении.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение последних научных достижений в области геохимии, генетики, бионики, геоники (геомиметики), а также других наук необходимо для оптимизации сложной системы «человек – материал – среда обитания». Трансдисциплинарный подход к исследованиям и изменениям городской инфраструктуры становится приоритетным в строительной отрасли. Необходимо пересмотреть существующие технологии формирования искусственной среды обитания, которая включает в себя пас-

сивную безвредность и нейтральность. Новая искусственная среда должна оказывать положительное воздействие на психоэмоциональное и физическое состояние, обеспечивать защиту от различных негативных воздействий, обеспечивая тем самым гармонию системы «человек – материал – среда обитания». Наибольшее значение в формировании новой искусственной среды обитания придается архитектуре и строительству, а также применяемым материалам.

Использование идей трансдисциплинарного подхода в учебном процессе позволили кафедре строительного материаловедения, изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова возглавить рейтинг профильных кафедр России (по данным Министерства образования и науки РФ). Основные положения геоники (геомиметики) доложены на десятках форумах, проходивших под эгидой РАН, РААСН, международных конференциях в России, Германии (гг. Веймар, Дрезден, Дортмунд) и т.д. Сформирован научно-образовательный центр международного уровня «Геоника (геомиметика)». Проведено 14 международных вебинаров, изданы три монографии, в том числе на английском языке, на платформах YouTube и VK размещены видеолекции на русском, английском и арабском языках, которые ежедневно смотрят тысячи человек.

Таким образом, геоника (геомиметика) занимается и успешно решает практические вопросы структурирования жилой среды, архитектурных композиций, создания интеллектуальных композитов и архитектурных ансамблей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований // Высшее образование в России. 2014. С. 77–83.
2. Князева Е.Л. Трансдисциплинарные стратегии исследований // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. №10. С.193–201.
3. Димитрюк Ю.С., Шнейдер Е.М. Применение архитектурной бионики при реновации и реконструкции строительных объектов // Научный вестник государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт». 2020. №1. С.5–6.
4. Музалевская Ю.Е. Метод художественного проектирования на основе законов бионики // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2018. Т. 41. № 3. С. 79–83.
5. Павлова В.А. Природоэквивалентная архитектура в современных творческих концепциях // Architecture and Modern Information Technologies. 2019. № 1(46). С. 340–355.
6. Yanping Yuan, Xiaoping Yu, Xiaojiao Yang, Yimin Xiao, Bo Xiang, Yi Wang, Bionic building energy efficiency and bionic green architecture. A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 74: 771–787, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.004>.
7. Mayatskaya I., Eremin V. Bionics and the choice of rational structural form, E3S Web of Conferences, 2019, vol 110, 01042, <https://doi:10.1051/e3sconf/20191001042>.
8. Лесовик В.С., Перькова М.В., Бабаев В.Б. Архитектурная геоника как междисциплинарное направление в архитектурной науке и практике // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 74–79.
9. Першина И.Л. Архитектурная геоника: новые подходы к архитектурному поиску комфортной среды обитания // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ. 2018. С. 430–431.
10. Елистраткин М.Ю., Шапиро А.Э., Милькина А.С., Лесовик Г.А., Агеева М.С. Геоника. Геомиметика как основополагающее направление для развития строительной индустрии // Научные технологии и инновации. 2019. С.125–129.
11. Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Шапиро А.Э. Геоника. геомиметика и аддитивные технологии // Научные технологии и инновации. 2019. С.121–124.
12. Казлитина О.В., Мартынова К.Ю., Адонин С.В., Лазарев П.И., Моторыкин Д.А., Антонюк Р. Геоника. Геомиметика как наука о разработке и применении эффективных композитов для монолитного строительства // Научные технологии и инновации. 2019. С. 221–224.
13. Бычкова А.А. Отображение синергетики в архитектурной геонике (геомиметике) // Экономика. Общество. Человек. 2019. С. 57–61.
14. Цветкова Ю.П. Геоника как новое стилистическое направление в архитектуре // Фундаментальные основы строительного материаловедения. 2017. С. 1260–1265.
15. Немцева А.В., Пономарёва М.М. Архитектурная геоника в современных творческих концепциях // Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека, Sovik V., Volodchenko A., Glagolev E., Lashina I., Fischer H. Geonics (geomimetics) as a theoretical basis for new generation compositing. 14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019). Сер. «Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences», 2019, pp. 344–347, https://doi.org/10.1007/978-3-030-22974-0_83.
16. Lesovik V.S., Lesovik O.V., Volodchenko A.A. Geonics (Geomimetics) as a Theoretical Approach for Designing and Production of Natural-Like Heat-Insulating Structurally and Composites with Acoustic Properties. Journal of southwest jiaotong university, 2020, Vol. 55, No. 3, <https://doi:10.35741/issn.0258-2724.55.3.14>.
17. Pershina I.L. On study and accounting of geophysical fields in architectural space of sacral purpose. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, vol. 687, <https://doi:10.1088/1757-899X/687/5/0550>.
18. Лесовик В. С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов. Изв. вузов. Строительство. 1994. №7. С. 96–100.
19. Лесовик В.С. Снижение энергоёмкости производства строительных материалов за счет использования энергетики геологических и техногенных процессов. Ibaus. Internationale Baustofftagung, Weimar, 2012.
20. Гарькина И.А., Данилов А.М. Королев Е.В. Эволюция представлений о композиционных материалах с позиций смены парадигм // Строительные материалы. 2018. № 1–2. С. 60–62.
21. Эшби У. Р. Введение в кибернетику: пер. с англ. / под ред. В.А. Успенского. Предисл. А.Н. Колмогорова. Изд. 3-е, стереотипное – Москва : КомКнига, 2006. 432 с.
22. Королев Е. В. Перспективы развития строительного материаловедения // Academia, Архитектура и строительство. 2020. № 3.
23. Danish A., Mosaberpanah M.A. Formation mechanism and applications of cenospheres: a review. Journal of Materials Science, 2020, No 55(11), pp. 4539–4557.
24. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Пезин Д.Н., Тимохин Р.А. Самоуплотняющиеся бетоны с применением отходов растениеводства // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета, 2018. Т. 15. № 2 (60). С. 294–304.
25. Rajabi A.M., Omidi Moaf F., Abdelgader H.S. Evaluation of Mechanical Properties of Two-Stage Concrete and Conventional Concrete Using Nondestructive Tests. Journal of Materials in Civil Engineering, 2020, No 32(7), 04020185.
26. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Корякина А.А. Декоративные бетоны в архитектурной геонике // Природоподобные технологии строительных

композиатов для защиты среды обитания человека. 2019. С. 57–61.

27. Lepskiy, V. Evolution of cybernetics: philosophical and methodological analysis. *Kybernetes*, Vol. 47, No 2, pp. 249–261. <https://doi.org/10.1108/K-03-2017-0120>.

28. Elistratkin M.Y., Glagolev E.S., Absimetov M.V., Voronov V.V.: Composite Binder for Structural Cellular Concrete. *Materials Science Forum*, 2019, vol. 945, pp. 53-58, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.53>.

29. Ayzenshtadt A.M., Shinkaruk A.A., Frolova M.A. Possible Criterion for Evaluating the Compatibility of Components in the Building Mixtures. *Innovations and Technologies in Construction. BUILDINTECH BIT 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 95, https://doi.org/10.1007/978-3-030-54652-6_42.

30. Bystrova T. Y. Concept of Organic Architecture in the Second Half of the XXth Century in the Context of Sustainable Development. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 481, 01202, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/481/1/012020>.

31. Glagolev E.S. Development of composite binders' compositions for additive technologies in low-rise building construction, *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020, vol. 95. pp. 150–157, https://doi.org/10.1007/978-3-030-54652-6_23.

32. Афанасьев М.Н. Формирование теоретических основ модификации бетонов // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 4–1 (48). С. 26–28.

33. Чернышов Е.М. Материаловедение и технология строительных композитов как система научного знания и предмет развития исследований. Часть 1. Постановка проблемы и ее существование // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 12 (720). С. 41–51.

REFERENCES

1. Lesovik V.S. Geonika (geomimetika) kak transdisciplinarnoe napravlenie issledovaniy [Geonics (geomimetics) as a transdisciplinary area of research]. *Higher education in Russia*, 2014: 77-83.

2. Knjazeva E.L. Transdisciplinarnye strategii issledovaniy [Transdisciplinary research strategies]. *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*, 2011; 10: 193-201. (In Russian)

4. Dimitryuk YU.S., SHnejder E.M. Primenenie arhitekturnoj bioniki pri renovacii i rekonstrukcii stroitel'nykh ob'ektov [Application of architectural bionics in the renovation and reconstruction of building objects]. *Nauchnyj vestnik gosudarstvennogo avtonomnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Nyuinnomysskij gosudarstvennyj gumanitarno-tekhnicheskij institut»*, 2020; 1: 5-6. (In Russian)

4. Muzalevskaya YU.E Metod hudozhestvennogo proektirovaniya na osnove zakonov bioniki [Method of artistic design based on the laws of bionics]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti*, 2018; 41(3): 79-83. (In Russian)

5. Pavlova V.A. Prirodoekvivalentnaja arhitektura v sovremennykh tvorcheskikh koncepcijah [Preradoviceva arhitektura in the modern creative concepts]. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2019, 1(46): 340-355. (In Russian)

6. Yanping Yuan, Xiaoping Yu, Xiaojiao Yang, Yimin Xiao, Bo Xiang, Yi Wang Bionic building energy efficiency and bionic green architecture. *A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017; 74: 771-787, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.004>.

7. Mayatskaya I., Eremin V. Bionics and the choice of rational structural form. *E3S Web of Conferences*, 2019, vol 110, 01042, <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/201911001042>.

8. Lesovik V.S., Per'kova M.V., Babaev V.B. Arhitekturnaja geonika kak mezhdisciplinarnoe napravlenie v arhitekturnoj nauke i praktike [Architectural geonics as interdisciplinary direction in architectural science and practice]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhov*, 2015; 6: 74-79. (In Russian)

9. Pershina I.L. Arhitekturnaya geonika: novye podhody k arhitekturnomu poisku komfortnoj sredy obitaniya [Architectural geonics: new approaches to the architectural search for a comfortable living environment]. *Science, Education and Experimental Design at the Moscow Architectural Institute*, 2018: 430-431. (In Russian)

10. Elistratkin M.Yu., Shapiro A.E., Milkina A.S., Lesovik G.A., Ageeva M.S. Geonika. Geommimetika kak osnovopolagayushchee napravlenie dlya razvitiya stroitel'noj industrii [Geonics. Geommimetics as a fundamental direction for the development of the construction industry]. *Science-intensive technologies and innovations*, 2019: 125-129.

11. Elistratkin M.Yu., Glagolev E.S., Shapiro A.E. Geonika. geomimetika i additivnye tekhnologii [Geonics. geomimetics and additive technologies]. *Science-intensive technologies and innovations*, 2019: 121-124. (In Russian)

12. Kazlitina O.V., Martynova K.Yu., Adonin S.V., Lazarev P.I., Motorykin D.A., Antonyuk R. Geonika. Geommimetika kak nauka o razrabotke i primeneni effektivnykh kompozitov dlya monolitnogo stroitel'stva [Geonics. Geommimetics as a science of the development and application of effective composites for monolithic construction]. *Science-intensive technologies and innovations*, 2019: 221-224.

13. Bychkova A.A. Otobazhenie sinergetiki v arhitekturnoj geonike (Geomimetike) [Displaying synergetics in architectural geonics (geomimetics)]. *Economics. Society. Man*, 2019: 57-61.

14. Cvetkova JU.P. Geonika kak novoe stilisticheskoe napravlenie v arhitekture [Geonics as a new stylistic direction in architecture]. *Fundamental basis of building materials*, 2017: 1260-1265.

15. Nemtseva A.V., Ponomareva M.M. Arhitekturnaya geonika v sovremennykh tvorcheskikh koncepcijah [Architectural geonics in modern creative concepts]. *Nature-like technologies of building composites to protect the human environment*, 2019: 34-38. (In Russian)

16. Lesovik V., Volodchenko A., Glagolev E., Lashina I., Fischer H. Geonics (geomimetics) as a theoretical basis for new generation compositing. *14th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM2019)*. Cep. "Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences", 2019: 344-347, https://doi.org/10.1007/978-3-030-22974-0_83.
17. Lesovik V.S., Lesovik O.V., Volodchenko A.A. Geonics (Geomimetics) as a Theoretical Approach for Designing and Production of Natural-Like Heat-Insulating Structurally and Composites with Acoustic Properties. *Journal of southwest jiaotong university*, 2020; 55(3) <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.55.3.14>.
18. Pershina I. L. On study and accounting of geophysical fields in architectural space of sacral purpose. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 687, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/687/5/0550>.
19. Lesovik, V. S. Geneticheskie osnovy energosberezheniya v promyshlennosti stroitel'nykh materialov [Genetic foundations of energy saving in the construction materials industry]. *Izv.vuzov. Construction*, 1994; 7: 96-100. (In Russian)
20. Lesovik V.S. Snizhenie energoemkosti proizvodstva stroitel'nykh materialov za schet ispol'zovaniya energetiki geologicheskikh i tekhnogennykh processov [Reduction of energy intensity of production of building materials due to the use of energy of geological and technogenic processes]. *Ibaus. Internationale Baustofftagung*, Weimar, 2012.
21. Gar'kina I.A., Danilov A.M. Korolev E.V. Evolyucija predstavlenij o kompozicionnykh materialah s pozicij smeny paradig [Evolution of ideas about composite materials from the standpoint of changing paradigms]. *Construction materials*, 2018; 1(2): 60-62.
22. Eshbi U. R. *Vvedenie v kibernetiku* [Introduction to Cybernetics]. Translated from English. Moscow: KomKniga, 2006, 432 p.
23. Korolev E. V. Perspektivy razvitija stroitel'nogo materialovedeniya [Prospects for the development of construction materials science]. *Academia, Architecture and Construction*, 2020, No. 3. (In Russian)
24. Danish A., Mosaberpanah M.A. Formation mechanism and applications of cenospheres: a review// *Journal of Materials Science*, 2020; 55(11): 4539–4557.
25. Fedjuk R.S., Mochalov A.V., Pezin D.N., Timohin R.A. Samouplotnyayushchiesya betony s primeneniem othodov rasteniyevodstva [Self-compacting concrete with the use of crop waste]. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University*, 2018; 15, No 2 (60): 294-304.
26. Rajabi A.M., Omid Moaf F., Abdelgader H.S. Evaluation of Mechanical Properties of Two-Stage Concrete and Conventional Concrete Using Nondestructive Tests. // *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2020; 32 (7), 04020185.
27. Suleimanova L.A., Malyukova M.V., Koryakina A.A. Dekorativnye betony v arhitekturnoj geonike [Decorative concretes in architectural geonics]. Nature-like technologies of building composites to protect the human environment, 2019: 57-61.
28. Lepskiy, V. Evolution of cybernetics: philosophical and methodological analysis. *Kybernetes*, 47(2): 249-261. <https://doi.org/10.1108/K-03-2017-0120>.
29. Elistratkin M.Y., Glagolev E.S., Absimetov M.V., Voronov V.V.: Composite Binder for Structural Cellular Concrete. *Materials Science Forum*, 2019; 945: 53-58, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.53>.
30. Ayzenshtadt A.M., Shinkaruk A.A., Frolova M.A. Possible Criterion for Evaluating the Compatibility of Components in the Building Mixtures. *Innovations and Technologies in Construction. BUILDINTECH BIT. Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020; vol. 95, https://doi.org/10.1007/978-3-030-54652-6_42.
31. Bystrova T. Y. Concept of Organic Architecture in the Second Half of the XXth Century in the Context of Sustainable Development. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2019; vol. 481, 01202, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/481/1/012020>.
32. Glagolev E.S. Development of composite binders' compositions for additive technologies in low-rise building construction. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020; 95: 150-157, https://doi.org/10.1007/978-3-030-54652-6_23.
33. Afanas'ev M.N. Formirovanie teoreticheskikh osnov modifikacii betonov [Formation of theoretical foundations of concrete modification]. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*, 2019; 4-1 (48): 26-28. (In Russian)
34. Chernyshov E.M. Materialovedenie i tekhnologiya stroitel'nykh kompozitov kak sistema nauchnogo znaniya i predmet razvitiya issledovaniy. CHast' 1. Postanovka problemy i ee sushchestvo [Materials science and technology of building composites as a system of scientific knowledge and a subject of research development]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo*, 2018;12 (720): 41-51. (In Russian)

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Лесовик Валерий Станиславович. Формулировка направления и темы исследования, руководство процессом разработки темы и написания статьи, консультирование по теме исследования.

Шеремет Алена Анатольевна. Анализ состояния вопросов и результатов исследования, написание, редактирование и оформление статьи.

Чулкова Ирина Львовна. Консультации, написание и редактирование статьи.

Журавлева Алина Эдуардовна. Написание и редактирование статьи.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Valeriy S. Lesovik – direction and research topic formulation, leadership in the development of the topic and writing an article, consulting on the research topic.

Alena A. Sheremet – issues status and research results analysis, writing, article editing and design.

Irina L. Chulkova – consulting, article writing and editing.

Alina E. Zhuravleva – article writing and editing.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лесовик Валерий Станиславович – д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, чл.-кор. РААСН, ORCID ID 0000-0002-2378-3947, заведующий кафедрой строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, (Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: naukavs@mail.ru).

Шеремет Алена Анатольевна – аспирант кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций, ORCID ID 0000-0001-5320-3440, ассистент кафедры дизайна архитектурной среды Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, (Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, e-mail: aleen_94@mail.ru).

Чулкова Ирина Львовна – д-р техн. наук, ORCID ID 0000-0002-2378-3947, проф. Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СИБАДИ), (Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, e-mail: le5@inbox.ru).

Журавлева Алина Эдуардовна – аспирант кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, (Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: alex.ermolaewa@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Valery S. Lesovik (Belgorod, Russia) – Dr. of Sci., Professor, an honored worker of science of the Russian Federation, a corresponding member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAASN), ORCID ID 0000-0002-2378-3947, Head of the Construction Materials Sciences Products and Structures Department, V.G. Shukhov Belgorod State Technological University. (V.G. Shukhov BSTU), (Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova str. 46, e-mail: naukavs@mail.ru).

Alena A. Sheremet (Belgorod, Russia) - postgraduate student of the Construction Materials Sciences Products and Structures Department, ORCID ID 0000-0001-5320-3440, assistant of the Architectural Environment Design Department, V.G. Shukhov Belgorod State Technological University, (Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova str. 46 e-mail: aleen_94@mail.ru).

Irina L. Chulkova (Omsk, Russia) – Dr. of Sci., Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), (Russia, 644080, Omsk, prospekt Mira, 5, e-mail: le5@inbox.ru).

Alina E. Zhuravleva (Belgorod, Russia) - postgraduate student of the Construction Materials Sciences Products and Structures Department, V.G. Shukhov Belgorod State Technological University (V.G. Shukhov BSTU), (Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova str. 46 e-mail: alex.ermolaewa@yandex.ru).