

УДК 541.17:666.9.015.7

САРКИСОВ ЮРИЙ СЕРГЕЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор,

yu-s-sarkisov@yandex.ru

ГОРЛЕНКО НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор,

gorlen52@mail.ru

ШЕПЕЛЕНКО ТАТЬЯНА СТАНИСЛАВОВНА, канд. хим. наук, доцент,

shepta72@mail.ru

ЗУБКОВА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА, канд. техн. наук, доцент,

zubkova0506@mail.ru

ШЕВЧЕНКО МАРИНА ЮРЬЕВНА, студентка,

liliaz.ru@mail.ru

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

НЕМАРКОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Немарковские процессы проявляются в природе в виде закономерностей структурной организации объектов пространства-времени на различных масштабных уровнях. Немарковские процессы сохраняют память о прошлом состоянии системы, и ее дальнейшая эволюция во многом предопределяется информацией о предшествующих этапах развития. Это характерно для твердофазовых процессов, керамики, металлов и сплавов, воды и водных растворов, других объектов неорганического мира. Индикаторами немарковских процессов являются гармоничные числа природы, числа Фибоначчи и золотая пропорция. В статье приводятся доказательства проявления немарковских процессов в цементных системах. Показано, что на стадии образования тонкокристаллической структуры цементная система способна воспроизводить себе подобные элементы и генерировать низкочастотный ток, моделирующий интенсивность и продолжительность таких процессов. Авторы отмечают, что активная фаза самоорганизации в цементных системах носит временной характер, т. к. источники поступления энергии извне ограничены.

Ключевые слова: немарковские процессы; память; цемент; самоорганизация.

YURI S. SARKISOV, DSc, Professor,

yu-s-sarkisov@yandex.ru

NIKOLAI P. GORLENKO, DSc, Professor,

gorlen52@mail.ru

TATIANA S. SHEPELENKO, PhD, A/Professor,

shepta72@mail.ru

OLGA A. ZUBKOVA, PhD, A/Professor,

zubkova0506@mail.ru

MARINA Yu. SHEVCHENKO, Student,

liliaz.ru@mail.ru

Tomsk State University of Architecture and Building,

2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

NON-MARKOVIAN PROCESSES IN CEMENT SYSTEMS

Non-Markovian processes occur in nature in the form of the structural organization laws of space-time objects at different scale levels. Non-Markovian processes preserve the memory of

the past state of the system and its further evolution is largely predetermined by information about previous stages of development. This is typical for solid-phase processes, ceramics, metals and alloys, water and aqueous solutions, and other inorganic objects. Non-Markovian process indicators are harmonious integers of nature, Fibonacci numbers and the golden proportion. The paper presents evidence of non-Markovian process occurred in cement systems. It is shown that during the formation of fine crystalline structure the cement system is capable to produce such elements and generate a low-frequency current, which simulates the intensity and duration of the processes. It is shown that the active phase of self-organization in cement systems is of temporary nature as the energy from outside sources is limited.

Keywords: non-Markovian processes; memory; cement; self-organization.

К настоящему времени в мировой науке накоплено большое количество теоретических и экспериментальных данных, анализ которых позволяет с уверенностью говорить о формировании и становлении новой парадигмы естествознания [1]. Последние достижения в физике, химии, биологии, экологии, экономике, в общественных науках, кибернетике, синергетике, теории управления и других науках приводят к пониманию глубокой взаимосвязи и единства процессов, происходящих как в микро-, макро-, так и в мегамире, к существованию иерархии структурных уровней, организации материальных объектов живой и неживой природы [2].

Из концепции единства явлений в природе вытекает, что поведение любого объекта или выделенной системы объектов во Вселенной определяется не только их внутренним устройством и свойствами, но и структурой и свойствами внешней среды, в которой они находятся, а также числом и качеством взаимодействий между ними. Этот закон, сформулированный русским ученым Рулье, гласит: результаты развития (изменений) любого объекта (организма) определяются соотношением его внутренних особенностей и особенностей той среды, в которой он находится [3]. Это в равной мере относится как к живым, так и неживым системам и полностью соответствует универсальной экологической парадигме [4].

Каждое взаимодействие объектов друг с другом и с окружающей средой, многократно повторяясь, приводит к накоплению откликов к внешнему воздействию, к перестройке элементов структуры, к адаптации, к ослаблению отрицательного воздействия внешних сил ради сохранения целого и, наоборот, к усилению положительных функций, повышающих устойчивость (самосохранение) целого. Это особенно характерно для живой природы, тем более разумной, когда происходит отбор и усвоение ценной информации и отторжение бесполезной информации, шума. Процессы развития и эволюции систем, основанные на памяти о прошлом их состоянии, сегодня принято называть немарковскими, в отличие от марковских, для которых память о прошлом не так существенна [5].

Если память разумных существ не вызывает особых дискуссий, то память объектов неживой материи неорганического мира подчас просто игнорируется [6]. И это глубоко ошибочно, на наш взгляд, т. к. нельзя отрицать способность системы любой природы возвращаться к первоначальному состоянию после каких-либо внешних воздействий. Существование динамической устойчивости, релаксации невозможно без явления памяти. При этом память многокомпонентных коллективных систем намного совершеннее индивиду-

альной, а значит, коллективные системы обладают повышенной динамической устойчивостью и долговечностью [7]. Процессы с памятью характерны для любых веществ неорганической природы, в равной мере как для металлов и сплавов, так и для силикатных и тугоплавких неметаллических систем и, что особенно необходимо отметить, для воды.

В настоящее время не вызывает сомнений, что не только природа происхождения данного вещества, природа химических связей, слагающих его структуру, но и биография (предыстория подготовки к взаимодействию с другими объектами и с окружающей средой) определяют его реакционную способность.

Эффекты термической, механической, химической, биологической предыстории материала, как и известный эффект памяти формы [8], неразрывно связаны с особенностями структуры твердого тела. На этом основано современное материаловедение, в том числе и строительное.

В самом общем случае эффекты, связанные с возникновением, хранением и передачей информации, широко распространены в неорганической материи. Любая сложная система (конденсированная среда) имеет иерархическое многоуровневое строение. В настоящее время различают кристаллографический, тонкокристаллический и реологический структурные уровни организации твердого тела. При этом решающей является тонкокристаллическая структура (ТКС) твердого тела, которая определяет способность системы к самоорганизации [9].

Эффекты топохимической памяти, природа и их роль в синтезе твердофазовых веществ и материалов показана в работе [10]. В ней отмечается, что «между двумя “предельными” состояниями, отвечающими полной агрегации и дезагрегации элементарных объемов системы, возможно существование бесконечно большого числа реальных структур, характеризующихся различной степенью агрегации (как по размеру агрегатов, так и по энергии связи отдельных элементарных объемов системы в этих агрегатах)». Это означает, что наличие огромного множества промежуточных метастабильных состояний, «метастабильного многообразия» [10] – важнейшее условие устойчивого существования системы. Согласно теории Э. Сороко [11], система в своем развитии всегда выбирает путь максимальной реализации своих возможных состояний.

Рассмотренные выше эффекты в полной мере характерны и для полимеров. Например, в работе [12] показано, что в основе структурной памяти макромолекулярного клубка полиарилата лежит фрактальный механизм. Существование фракталов возможно только как результат протекания немарковского процесса. Безусловно, память характерна и для воды в любом ее агрегатном состоянии. Вода, как сенсор слабых и даже очень слабых внешних воздействий физической и химической природы [13], давно привлекает внимание ученых. Это связано с тем, что вода, как сенсор, легко поддается различным видам технологической обработки, а значит, с возможностью управлять ее реакционной способностью. Многими учеными как за рубежом, так и в нашей стране экспериментально доказано, что вода после соответствующей обработки способна сохранять приобретенные измененные свойства

в течение сравнительно длительного времени – от нескольких минут и часов до нескольких лет. Достаточно упомянуть о свойствах крещенской воды.

Безусловно, память воды также связана с ее структурой, а точнее, с тем многообразием метастабильных состояний, о которых говорилось выше. Однако существующие до сих пор технические трудности регистрации мгновенных изменений жидкой воды и водных растворов вызывают острые дискуссии: от безоговорочного признания до абсолютного отрицания. Но совокупность физических, химических, геологических, биологических и других свойств воды, по своей природе во многом аномальных, делают невозможным отрицание наличия структуры воды. А с развитием методов лазерной спектроскопии в терагерцевом и более высоких диапазонах [14] думается, что эта проблема будет разрешена уже в ближайшем будущем.

Российскими учеными, в том числе авторами настоящей работы, на протяжении многих лет теоретически и экспериментально доказывается способность воды к информационным взаимодействиям с окружающей средой [15–26].

Энергетическое обеспечение информационных воздействий миллиметрового излучения на воду показано в работе [19].

Информационными принято называть такие воздействия, энергия которых намного меньше энергии теплового движения ($k \cdot T$), равной примерно 2,48 кДж/моль. В системе «цемент – вода» такие взаимодействия проявляются в полной мере.

В работе [20] нами показано, что твердение вяжущих систем представляет собой эволюционный процесс кинетического обращения фаз в дисперсной системе, когда наблюдается превращение первоначальной дисперсионной среды в дисперсную фазу, и наоборот. В результате протекания сложных физико-химических процессов происходит поэтапная смена различных структур, причем из структур низших иерархий возникают структуры более высокого порядка. При этом более совершенная кристаллическая структура образуется за счет уничтожения предшествующей коагуляционной структуры. Следовательно, возникновение новых структур носит вначале деструктивный характер: для появления новых контактов срастания необходимо разрушение старых связей. Деструктивные явления в вяжущих системах сопровождаются возникновением в них диссипативных структур. Каждую новую ступень структурной перестройки вяжущей системы можно считать зародышем дальнейшей ее эволюции, движущим фактором которой является равновесно-неравновесный фактор [21]. Формирование каждой последующей фазы – закономерность, обусловленная степенью накопления химических структурообразующих веществ в объеме межчастичных контактов за счет растворения исходной фазы или предшествующей. Постепенно в системе появляются условия для возникновения самоорганизующейся иерархической структуры. Самоорганизация сопровождается понижением симметрии структур, т. е. каждая последующая структура является более сложно организованной, чем предыдущая. Нарушение симметрии представляет собой кинетический фазовый переход, и с этих позиций твердение вяжущей системы можно рассматривать как совокупность фазовых переходов. Очевидно, что причина наблюдаемых явлений связана с изменением симметрии гидратных новообразова-

ний. Последовательность минералов и фаз, с которыми вода неравновесна, меняется в зависимости от конкретных условий на протяжении сравнительно длительного периода структурообразования. Метастабильные частицы растворяются, и на их месте образуются частицы новой фазы, более равновесной по отношению к воде. Состав новообразований может существенно отличаться от исходных зерен цемента и зависит от природы и условий взаимодействия в системе «цемент – вода».

Разнообразие химических реакций исходного вяжущего с водой определяет вторичное фазообразование и стадийность протекающих процессов. Дело в том, что образование новой фазы неизбежно ведет к изменению физико-химических параметров среды, которая, будучи более равновесной по отношению к той или иной фазе, может стать неравновесной к ней и оказаться источником нового фазообразования. Следует отметить, что ни вода сама по себе, ни цемент сам по себе не определяют структуру цементного камня. Последняя является результатом взаимодействия твердой и жидкой фаз, гармония которой достигается в состоянии перенасыщенного раствора. Многообразие вещественного состава твердой фазы обеспечивает условия, при которых вода и формирующийся водно-солевой раствор будут находиться в состоянии равновесия с одной группой минералов или отдельных компонентов системы и неравновесны по отношению к другой группе частиц твердой фазы. Эти процессы носят автокаталитический характер. Особенностью гидратообразования в этот период является лавинообразное повышение концентрации вторичных активных центров. При этом концентрация первичных центров снижается, т. к. по мере вступления в реакцию с водой поверхностных слоев постоянно обнажаются слои с наименьшей степенью нарушения структуры. Образующиеся первичные гидратные фазы, как правило, имеют аморфную и неуравновешенную структуру, что и приводит к повышению концентрации вторичных активных центров, которые, как известно, представляют собой источник колебаний, называемых «пейсмейкерами». Они возникают обычно на границе раздела твердой и жидкой фаз и создают поверхностные дефекты, которые выступают в качестве химически активных центров. Конкуренция между такими центрами приводит к тому, что «пейсмейкер», генерирующий волны с максимальной частотой, способен подавлять все остальные центры. Следовательно, в вяжущей системе на стадии существования диссипативной структуры происходит своеобразный отбор активных центров поверхности. Ритмичность образования вторичных гидратов отражает способность вяжущей системы воспроизводить себе подобные структуры. Самовоспроизведение структур – одно из самых фундаментальных свойств самоорганизующихся систем. Одной из возможных причин воспроизводства «себе подобных» структур может быть установленная [22, 23] ритмичность внешнего электромагнитного воздействия или способность самой системы на определенной стадии развития генерировать такие поля и излучения. Примерами могут послужить открытый недавно эффект генерирования электрического сигнала в воде под действием лазерного излучения [24] или генерация собственных низкочастотных колебаний в системе «цемент – вода», установленная нами в работе [25].

В основе самоорганизации цементных систем лежит способность системы на стадии ТКС воспроизводить себе подобные структуры.

В процессе диспергации новой фазы до коллоидных и наноразмеров система способна генерировать низкочастотный ток, который, возможно, и служит источником кодовой информации к воспроизведению себе подобных структур. Размножение таких структур, вероятно, протекает по фрактальному механизму и соответствует закону Ципфа – Мандельброта [26] и должно быть каким-то образом связано с параметрами золотого сечения и чисел Фибоначчи [27, 28]. Это означает, что наложение внешнего электромагнитного поля может изменить условия «отбора» структур и привести к образованию цементного камня со свойствами, отличными от тех, которые создаются при отсутствии внешнего воздействия. В ряде случаев такое размножение структур может протекать в режиме бифуркаций Фейгенбаума [29], носящих в устойчивых системах ритмичный колебательный характер в отличие от систем, стремящихся к хаосу и разрушению, спектр колебаний которых является сплошным.

Известно, что индукционные периоды гидратации и структурообразования взаимосвязаны и обусловлены механизмом и характером передачи наследственных признаков от перенасыщенных растворов к будущей структуре цементного камня. К сожалению, до сих пор неясно, каким образом это происходит.

Современные теории зародышеобразования пока не в состоянии объяснить, почему кристаллы иногда не растут даже в сильно пересыщенных растворах; почему скорость роста одной и той же грани кристалла флуктуирует во времени; почему содержание примесей в одном и том же кристалле меняется в десятки раз и т. д. В работах [30, 31] показано, что время, необходимое для роста зародыша до критических размеров, несравнимо больше времени образования центров кристаллизации. Отсюда следует, что начало докритической стадии лимитирует процесс образования критических зародышей. Так, при кристаллизации воды на подрастание зародыша до трех-четырёх частиц требуется более 90 % времени образования критического зародыша.

По нашему мнению, зарождающиеся частицы новой фазы можно рассматривать как находящиеся в возбужденном состоянии по отношению к компонентам матричного пересыщенного раствора, которые, в свою очередь, возбуждены по отношению к растворенным, а растворенные – по отношению к исходным. При этом переход от невозбужденного (основного) состояния к возбужденному можно с известным приближением моделировать как квантовый переход из одного энергетического состояния в другое.

Согласно Хаккену [32], вблизи точек генерации новой фазы вся информация находится в самих зародышах, а не в матричном перенасыщенном растворе. Из предложенной гипотезы следует, что имеет место поэтапная передача наследственных признаков от исходных частиц к растворенным, от растворенных – к гидратам и от структуры перенасыщенного раствора в целом к структуре будущего камня. Регулируя уровень «накачки» системы энергией извне, особенно на самых ранних стадиях структурообразования, можно влиять не только на время протекания кристаллизационных процессов, но и на пространственные параметры будущей структуры.

Несомненно, затронутая проблема является чрезвычайно сложной и требует глубокого и всестороннего изучения. На наш взгляд, решение данной задачи невозможно без выяснения роли кооперативных явлений в процессе структурообразования дисперсных систем. Кооперативное поведение системы может иметь место только вдали от равновесия, когда взаимодействие между частицами носит информационный характер. Считывание информации и ее согласование, как было отмечено выше, начинается еще на стадии трансляции структур. Затем структурная информация твердого тела «раскручивается» по спирали от поверхности внутрь объема кристалла, а для воды – в противоположном направлении. В результате формируется насыщенный раствор, который и является «хранилищем» информации о будущей структуре цементного камня. Именно перенасыщенный раствор контролирует эволюционное развитие системы «цемент – вода». Однако в момент генерации новой фазы вся информация уже находится в элементах-носителях будущей структуры цементного камня. Хотелось бы еще раз отметить, что ни вода сама по себе, ни цемент сам по себе не определяют структуру цементного камня. Последняя – результат действий обоих «родителей», гармония которых достигается в состояниях перенасыщенного раствора. По этой причине многообразие структурных элементов, насыщающих раствор, степень его структурирования и есть источник генерации новой информации, из которого выкристаллизовывается новая фаза. Формирующийся раствор постоянно находится в неравновесном или метастабильном состоянии, а точнее, в состоянии перехода от одного метастабильного состояния к другому. Это продолжается до тех пор, пока есть источники возмущения равновесного состояния. Однако в отличие от геологических или биологических структур раствор не способен к непрерывному многократному насыщению после его очередного снятия. В искусственных твердеющих системах диссипативность проявляет себя лишь в ограниченном интервале времени. В природных же объектах диссипация может проявляться в течение сравнительно продолжительного времени и носить периодический, ритмичный характер. Это связано с тем, что обилие источников негэнтропии [33] в природных объектах на порядки превосходит возможности самоорганизации искусственных систем, в том числе вязущих дисперсий.

Индикаторами любого информационного процесса являются числа гармонии природы, золотая пропорция, числа Фибоначчи [34], с помощью которых можно будет контролировать и в определенной мере корректировать процессы гидратации и структурообразования цементного камня и возможность создания структур с заданным набором свойств. А уже на их основе – строительных материалов нового поколения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Формирование современной естественнонаучной парадигмы* // Философия науки. – 2001. – Вып. 7. – 270 с.
2. *Щербаков, А.С.* Самоорганизация материи в неживой природе. Философские аспекты в синергетике / А.С. Щербаков. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 105 с.
3. *Рулье, К.Ф.* Избранные биологические произведения / К.Ф. Рулье. – М. : Изд-во АН ССР, 1954. – 78 с.

4. Крушаков, А.А. Универсальная парадигма экологии / А.А. Крушаков // *Философия науки. Формирование современной естественнонаучной парадигмы.* – 2001. – Вып. 7. – С. 124–128.
5. Шелепин, Л.А. Становление новой парадигмы / Л.А. Шелепин // *Философия науки. Формирование современной естественнонаучной парадигмы.* – 2001. – Вып. 7. – С. 24–43.
6. Князева, Е.Н. Жизнь неживого с точки зрения синергетики / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов // *Философия и синергетика.* – 2016. – 6 с.
7. Доброчеев, О.В. Неустойчивое развитие коллективных систем физико-химической, биологической и социальной природы / О.В. Доброчеев // *Журнал РХО им. Д.И. Менделеева.* – 1995. – Т. 39. – № 2. – С. 48–54.
8. Олейников, Н.Н. Эффект топохимической памяти: природа и роль в синтезе твердофазовых веществ и материалов / Н.Н. Олейников // *Журнал РХО им. Д.И. Менделеева.* – 1995. – Т. 39. – № 2. – С. 86–93.
9. Легасов, Е.А. Проблемы гибкости в технологии керамических материалов / Е.А. Легасов, Н.Н. Олейников, Ю.Д. Третьяков // *ЖНХ.* – 1986. – Т. 31. – № 7. – С. 1637–1643.
10. Вест, А. Химия твердого тела / А. Вест. – М.: Мир, 1998. – Ч. 1. – 555 с.
11. Сороко, Э.М. Структурная гармония систем / Э.М. Сороко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 264 с.
12. Козлов, Г.В. Структурная память макромолекулярного клубка полиарилатов: фрактальный анализ / Г.В. Козлов // *XVII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии.* – М., 2007. – С. 175–179.
13. Лобышев, В.И. Вода как сенсор слабых воздействий физической и химической природы / В.И. Лобышев // *Журнал РХО им. Д.И. Менделеева.* – 2007. – Т. 11. – № 1. – С. 107–111.
14. Оптические свойства пленок на основе нанотрубок в инфракрасном и терагерцевом диапазоне спектра / С.Д. Шандаков, А.В. Кособуцкий, О.Г. Севастьянов, М.В. Ломакин, Ю.С. Саркисов, Д.Ю. Саркисов // *Известия вузов. Физика.* – 2016. – Т. 59. – № 5. – С. 130–132.
15. Безруков, О.В. Вода в биологических системах и их компонентах / О.В. Безруков. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 172 с.
16. Иваницкий, Г.Р. Может ли существовать долговременная структурно-динамическая память воды? / Г.Р. Иваницкий, А.А. Деев, Е.П. Хижняк // *УФН.* – 2014. – Т. 184. – С. 43–74.
17. Аксенов, С.И. Вода и ее роль в регуляции биологических процессов / С.И. Аксенов. – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 212 с.
18. Пресман, А.С. Электромагнитные поля и живая природа / А.С. Пресман. – М.: Наука, 1968. – 228 с.
19. Девятков, Н.Д. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Н.Д. Девятков, М.Б. Голанд, О.В. Бецкий. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
20. Кодированное структурообразование / Т.Л. Левдикова, Ю.И. Цыганюк, Ю.С. Саркисов, Н.П. Горленко, Г.Е. Дунаевский // *Известия вузов. Строительство.* – 2003. – № 11. – С. 51–55.
21. Саркисов, Ю.С. Синергетика и принципы неравновесного строительного материаловедения / Ю.С. Саркисов, Т.В. Кузнецова // *Техника и технология силикатов.* – 2009. – № 4. – С. 2–6.
22. Жаворонков, М.М. Свойство коллоидных систем генерировать низкочастотный переменный ток / М.М. Жаворонков, А.В. Нехорошев, Б.В. Гусев // *ДАН.* – 1983. – Т. 270. – № 1. – С. 114–128.
23. Смирнов, А.Н. Генерация акустических колебаний в химических реакциях и физико-химических процессах / А.Н. Смирнов // *Журнал РХО им. Д.И. Менделеева.* – 2000. – № 3. – С. 29–34.
24. Андреев, А.Н. Моделирование эффекта генерирования электрического сигнала в воде под действием лазерного излучения / С.Н. Андреев, Л.А. Кулевский // *Прикладная физика.* – 2008. – № 4. – С. 30–31.
25. Горленко, Н.П. Генерация собственных низкочастотных колебаний в системе «цемент-вода» / Н.П. Горленко, Ю.С. Саркисов, Т.В. Кузнецова // *Техника и технология силикатов.* – 2004. – № 1. – С. 14–20.
26. Баркевич, С.Я. Клеточные автоматы как модель реальности новых представлений физических и информационных процессов / С.Я. Баркевич. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 112 с.

27. Шипицын, Е.В. Двойственность и золотое сечение в термодинамике / Е.В. Шипицын, В.В. Попков // Вестник международного института А. Богданова. – 2001. – № 7. – Условия доступа : <http://www.eptes.ru>
28. Клюйков, С.Ф. Числа и познание мира / С.Ф. Клюйков. – Мариуполь : ИнформМеню, 1997. – 112 с.
29. Фейгенбаум, М. Универсальность в поведении нелинейных систем / М. Фейгенбаум // УФН. – 1983. – Т. 41. – № 2. – С. 343–374.
30. Белинцев, Б.Н. Самоорганизация и развитие зародыша / Б.Н. Белинцев // Природа. – 1989. – № 2 – С. 81–89.
31. Петровский, В.А. Значение докритической стадии в кинетике зарождения центров кристаллизации / В.А. Петровский // ЖФХ. – 1983. – Т. 57. – № 8 – С. 2575–2578.
32. Хаккен, Г. Синергетика / Г. Хаккен. – М. : Мир, 1980. – 404 с.
33. Ребане, К.К. Энергия, энтропия, среда обитания / К.К. Ребане. – М. : Знание, 1985. – 64 с.
34. Ольчак, А.С. О возможности связи фундаментальных констант физики: постоянной тонкой структуры и постоянной Фейгенбаума / А.С. Ольчак // Естественные и технические науки. – 2009. – № 2. – С. 19–21.

REFERENCES

1. *Filosofiya nauki*. Formirovanie sovremennoi estestvennonauchnoi paradigmi [Philosophy of science. Formation of the modern natural science paradigm]. 2001. No. 7. 270 p. (rus)
2. Shcherbakov A.S. Samoorganizatsiya materii v nezhivoi prirode. Filosofskie aspekty v sinergetike [Self-organization of matter in inorganic nature. Philosophical aspects in synergy]. Moscow: MSU Publ., 1990. 105 p. (rus)
3. Roulier C.F. Izbrannye biologicheskie proizvedeniya [Selected papers on biology]. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ., 1954. 78 p. (rus)
4. Krushakov A.A. Universal'naya paradigma ekologii [Universal ecology paradigm]. *Filosofiya nauki*. Formirovanie sovremennoi estestvennonauchnoi paradigmi [Philosophy of science. Formation of the modern natural science paradigm]. 2001. No. 7. Pp. 124–128. (rus)
5. Shelepin L.A. Stanovlenie novoi paradigmy [Formation of a new paradigm]. *Filosofiya nauki*. Formirovanie sovremennoi estestvennonauchnoi paradigmi [Philosophy of science. Formation of the modern natural science paradigm]. 2001. No. 7. Pp. 24–43. (rus)
6. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. Zhizn' nezhivogo s točki zreniya sinergetiki [Life of non-living matter in terms of synergy]. *Filosofiya i sinergetika*. 2016. 6 p. (rus)
7. Dobrocheev O.V. Neustoichivoe razvitiye kolektivnykh sistem fiziko-khimicheskoi, biologicheskoi i sotsial'noi prirody [Unsustainable development of collective systems of physico-chemical, biological and social nature]. *Zhurnal Ross. Khim. Ob-va im D.I. Mendeleeva* [Mendeleev Chemistry Journal]. 1995. V. 39. No. 2. Pp. 48–54. (rus)
8. Oleinikov N.N. Effekt topokhimicheskoi pamyati: priroda i rol' v sinteze tverdogazovykh veshchestv i materialov [Effect topochemical memory: the nature and role in the synthesis of solid-phase compounds and materials]. *Zhurnal Ross. Khim. Ob-va im D.I. Mendeleeva* [Mendeleev Chemistry Journal]. 1995. V. 39. No. 2. Pp. 86–93. (rus)
9. Legasov V.A., Oleinikov N.N., Tret'yakov Yu.D. Problemy gibkosti v tekhnologii keramicheskikh materialov [Problems of flexibility in ceramic material technology]. *Zhurnal neorganicheskoi khimii* [Russian Journal of Inorganic Chemistry]. 1986. V. 31. No. 7. Pp. 1637–1643. (rus)
10. West A.R. Khimiya tverdogo tela [Solid State Chemistry and Its Applications. Pt. I]. Moscow: Mir Publ., 1998. 555 p. (transl. from Engl.)
11. Soroko E.M. Strukturnaya garmoniya sistem [Structural harmony of systems]. Minsk: Nauka i tekhnika Publ., 1984. 264 p. (rus)
12. Kozlov G.V. Strukturnaya pamyat' makromolekulyarnogo klubka poliariilatov: fraktal'nyi analiz [Structural memory of macromolecular polyarylate cluster: fractal analysis]. *Proc. 17th Mendeleev Forum on General and Applied Chemistry*. Moscow, 2007. Pp. 175–179. (rus)
13. Lobyshev V.I. Voda kak sensor slabykh vozdeistvii fizicheskoi i khimicheskoi prirody [Water as a sensor of weak influences the physical and chemical nature]. *Zhurnal Ross. Khim. Ob-va im D.I. Mendeleeva* [Mendeleev Chemistry Journal]. 2007. V. 11. No. 1. Pp. 107–111. (rus)
14. Shandako S.D., Kosobutskii A.V., Sevast'yanov O.G., Lomakin M.V., Sarkisov Yu.S., Sarkisov D.Yu. Opticheskie svoistva plenok na osnove nanotrubok v infrakrasnom i teragertsevom dia-

- pazone spektra [Optical properties of nanotube films in infrared and terahertz spectral range]. *Izvestiya vuzov. Fizika* [Russian Physics Journal]. 2016. V.59. No. 5. Pp. 130–132. (rus)
15. *Bezrukov O.V.* Voda v biologicheskikh sistemakh i ikh komponentakh [Water in biological systems and components]. Leningrad: LSU Publ., 1983. 172 p. (rus)
 16. *Ivanitskii G.R., Deev A.A., Khizhnyak E.P.* Mozhet li sushchestvovat' dolgovremennaya strukturno-dinamicheskaya pamyat' vody? [Can there be a long-term structural and dynamic memory of water?]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics – Uspekhi]. 2014. V. 184. Pp. 43–74. (rus)
 17. *Aksenov S.I.* Voda i ee rol' v regulyatsii biologicheskikh protsessov [Water and its role in regulation of biological processes]. Moskva-Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2004. 212 p. (rus)
 18. *Presman A.S.* Elektromagnitnye polya i zhivaya priroda [Electromagnetic fields and wildlife]. Moscow: Nauka Publ., 1968. 228 p. (rus)
 19. *Devyatkov N.D., Goland M.B., Betskii O.V.* Millimetrovye volny i ikh rol' v protsessakh zhiznedeyatel'nosti [Millimeter waves and their role in vital processes]. Moscow: Radio i svyaz', 1991. 168 p. (rus)
 20. *Levdikova T.L., Tsyganyuk Yu.I., Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P., Dunaevskii G.E.* Kodirovanoe strukturoobrazovanie [Coded structure formation]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2003. No. 11. Pp. 51–55. (rus)
 21. *Sarkisov Yu.S., Kuznetsova T.V.* Sinergetika i printsipy neravnovesnogo stroitel'nogo materialovedeniya [Synergetics and principles of non-equilibrium construction materials science]. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2009. No. 4. Pp. 2–6. (rus)
 22. *Zhavoronkov M.M., Nekhoroshev A.V., Gusev B.V.* Svoistvo kolloidnykh sistem generirovat' nizkochastotnyi peremennyy tok [Colloidal system property to generate low-frequency alternating current]. *Proc. USSR Academy of Sciences (Doklady Akademii Nauk)*. 1983. V. 270. No. 1. Pp. 114–128. (rus)
 23. *Smirnov A.N.* Generatsiya akusticheskikh kolebaniy v khimicheskikh reaktsiyakh i fiziko-khimicheskikh protsessakh [Generation of acoustic oscillations in chemical reactions and physical-chemical processes]. *Zhurnal Ross. Khim. Ob-va im D.I. Mendeleeva* [Mendeleev Chemistry Journal]. 2000. No. 3. Pp. 29–34. (rus)
 24. *Andreev A.N., Kulevskii L.A.* Modelirovanie effekta generirovaniya elektrich-eskogo signala v vode pod deistviem lazernogo izlucheniya [Simulation of electrical signal generation in water under laser radiation]. *Prikladnaya fizika* [Applied Physics]. 2008. No. 4. Pp. 30–31. (rus)
 25. *Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S., Kuznetsova T.V.* Generatsiya sobstvennykh nizkochastotnykh kolebaniy v sisteme 'tsement–voda' [Low eigenfrequency generated by cement-water system]. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2004. No. 1. Pp. 14–20. (rus)
 26. *Barkevich S.Ya.* Kletochnye avtomaty kak model' real'nosti novykh predstavlenii fizicheskikh i informatsionnykh protsessov [Cellular automation as real model of new ideas on physical and information processes]. Moscow: MSU Publ., 1993. 112 p. (rus)
 27. *Shipitsyn E.V., Popkov V.V.* Dvoistvennost' i zolotoe sechenie v termodinamike [Duality and golden section in thermodynamics]. *Vestnik mezhdunarodnogo instituta Bogdanova*. 2001. No. 7. Available at : www.e-phes.ru (rus)
 28. *Klyuikov S.F.* Chisla i poznanie mira [Numbers and knowledge of the world]. Mariupol': InformMenu Publ., 1997. 112 p. (rus)
 29. *Feigenbau M.* Universal'nost' v povedenii nelineinykh sistem [Versatility in behavior of nonlinear systems]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Physics – Uspekhi]. 1983. V. 41. No. 2. Pp. 343–374. (rus)
 30. *Belintsev B.N.* Samoorganizatsiya i razvitie zarodysha [Self-organization and embryogenesis]. *Priroda*. 1989. No. 2. Pp. 81–89. (rus)
 31. *Petrovskii V.A.* Znachenie dokriticheskoi stadii v kinetike zarozhdeniya tsemtrov kristallizatsii [The critical step in the kinetics of nucleation]. *Zhurnal Ross. Khim. Ob-va im D.I. Mendeleeva* [Mendeleev Chemistry Journal]. 1983. T. 57. No. 8. Pp. 2575–2578. (rus)
 32. *Haken H.* Sinergetika [Synergetics]. Moscow: Mir Publ., 1980. 404 p. (transl. from Engl.)
 33. *Rebane K.K.* Energiya, entropiya, sreda obitaniya [Energy, entropy, environment]. Moscow: Znanie Publ., 1985. 64 p. (rus)
 34. *Ol'chak A.S.* O vozmozhnosti svyazi fundamental'nykh konstant fiziki: postoyannoi tonkoi struktury i postoyannoi Feigenbauma [Possible communication between fundamental constants of physics: fine structure and Feigenbaum constants]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. 2009. No. 2. Pp.19–21. (rus)