

*А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 6*

УДК 69

КАРПОВ Алексей Иванович, канд. техн. наук, референт, Международная инженерная академия; 125009, Российская Федерация, Москва, Газетный пер., 9, стр. 4; e-mail: info@nanobuild.ru



## РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – АКТУАЛЬНЕЙШАЯ ЗАДАЧА УЧЕНЫХ И ИНЖЕНЕРОВ. Часть 6

С целью популяризации научных достижений в реферативной форме публикуются основные результаты исследований российских и зарубежных ученых. По направлению «Физико-химическое изучение нанокompозитных материалов, получаемых темплатно, методом управляемого золь-гель синтеза, разработанные подходы по функционализации силикатной матрицы иммобилизацией комплексов включения ЦД и мицелл АПГ с солюбилизированными водонерастворимыми веществами, проводимой в мягких условиях в водных растворах без использования органических растворителей, могут найти применение для создания селективных сорбентов, люминесцентных материалов. Предложенный метод синтеза наночастиц кристаллического диоксида титана, проводимого при комнатной температуре, может служить альтернативой его высокотемпературному получению для фотокатализаторов, сенсоров и солнечных батарей.

По направлению «Управляемая самоорганизация азапорфиринов в 2d- и 3d-наноструктуры в ленгмюровских слоях и пленках ленгмюра-блджетт» показано, что с построением модели и развитием метода определения структуры наноструктурированного ленгмюровского слоя технология Ленгмюра-Блджетт, позволяющая получать наноразмерные пленки, становится инструментом для исследования и формирования 2D- и iD-наноструктур в плавающих слоях и ЛБ-пленках и получения тонкопленочных наноматери-

алов на основе органических соединений с развитой p-системой, имеющих заданную структуру и свойства. Построенная модель позволяет также решать одну из основных задач нанотехнологии и науки о наноматериалах для систем пониженной размерности – задачу установления взаимосвязи размера формируемых наночастиц с условиями их формирования.

Публикуемые материалы могут быть использованы специалистами в научной и практической деятельности.

**Ключевые слова:** нанокompозитные материалы, метод управляемого золь-гель синтеза, наночастицы, наноструктуры, наноразмерные пленки.

## **Физико-химическое изучение нанокompозитных материалов, получаемых темплатно, методом управляемого золь-гель синтеза**

### **Актуальность**

Темплатный синтез силикатов, впервые проведенный методом золь-гель химии в начале 1990-х годов, позволяет получать неорганические материалы с упорядоченной структурной организацией. Его уникальность заключается в регулировании морфологии синтезируемого материала, что делается посредством изменения темплата. Для этой цели часто используют мицеллярные и жидкокристаллические структуры поверхностно-активных веществ (ПАВ) или блок-сополимеров. Гибридные органо-неорганические нанокompозитные материалы находят самое разнообразное применение, начиная от сорбентов, катализаторов и до доставщиков лекарств и имплантатов тканей в живом организме. Об актуальности исследования свидетельствует большой интерес, проявляемый к ним. Согласно Scopus только за последние 5 лет опубликовано более 18 000 работ, посвященных нанокompозитам, изготовленным по золь-гель технологии [1].

Золь-гель процесс проводится с использованием прекурсора (предшественника) силиката. Наиболее доступными и широко используемыми являются тетраметокси- (ТМОС) и тетраэтоксисиланы (ТЭОС).

Их применение в темплатном синтезе, однако, сопряжено с рядом проблем. Во-первых, в связи с ограниченной растворимостью ТМОС и ТЭОС в воде требуется введение органического растворителя. Во-вторых, при гидролизе выделяется спирт. В-третьих, требуется введение катализаторов, в качестве которых служат кислоты или щелочи. Использование органического растворителя в совокупности со смещением рН часто приводит к фазовому переходу, сопровождающемуся перестройкой и даже распадом жидкокристаллической структуры темплата. При использовании биополимеров в разработках биомиметических подходов органический растворитель, а также кислота либо щелочь, вызывают денатурацию белков и осаждение полисахаридов.

Решение проблемы было предложено Х. Хоффманном с сотрудниками в 1998 году заменой спирта на этиленгликоль в молекуле прекурсора, что привело к его совместимости с ПАВ. Этот же прекурсор – тетракис (2-гидроксиэтил) ортосиликат (ТГЭОС) оказался совместим с биополимерами. Более того, исследования выявили каталитическое воздействие полисахаридов и белков на протекание реакций гидролиза и конденсации, что позволяет проводить их в одну стадию в нейтральной области рН, при комнатной температуре. Макромолекулы биополимеров при этом выступают в роли центров, на которых локализованы реакции и на которых происходит осаждение силиката, что приводит к их минерализации. Однако использование полисахаридов в качестве темплата имеет ряд недостатков. Большинство из них не обладает определенной структурной организацией в растворах, а потому материалы получаются аморфные со значительным разбросом пор по размерам. Другой недостаток вызван высокой вязкостью растворов при сравнительно небольшой концентрации (1–2 масс. %) полисахаридов, которая резко возрастает при введении больших количеств. Это осложняет приготовление однородных смесей с прекурсором и приводит к формированию гетерогенных материалов. Невозможно также получить гибридные материалы с большим содержанием органического вещества.

Целью работы являлись физико-химические исследования закономерностей формирования, структуры и свойств силиката и диоксида титана, синтезируемых темплатно в концентрированных растворах циклодекстринов (ЦД) и на самоорганизующихся структурах ПАВ, служащих альтернативой полисахаридам.

### Научная новизна:

1. Синтезированы впервые в одну стадию силикатные нанокompозитные материалы минерализацией мицеллярных структур АПГ и олигомерных ЦД, установлено каталитическое воздействие низкомолекулярных темплатов на реакции гидролиза и конденсации нового совместимого прекурсора ТГЭОС, регулирующих осаждение силиката, проведено систематическое изучение структуры и свойств полученных нанокompозитов совокупностью физико-химических методов, и на этой основе предложена молекулярная модель их формирования.

2. Разработаны оригинальные подходы получения селективных сорбентов и люминесцентных материалов иммобилизацией в силикатной матрице комплексов включения ЦД и мицелл АПГ с солюбилизированным водонерастворимым красителем люминолом, проводимой в водных растворах, при нейтральных рН и комнатной температуре.

3. Предложен новый метод одностадийного формирования наноразмерного кристаллического диоксида титана на жидкокристаллическом лецитиновом темплате при комнатной температуре, в котором регулирование структурной организации лецитина в неводной среде и протекание золь-гель процесса осуществляются простым варьированием концентрации воды. Охарактеризовано фазовое поведение в системе лецитин-алкан-вода при изменении следовых количеств  $H_2O$ , и впервые обнаружена трансформация полимероподобных мицелл в мультиламеллярный жидкий кристалл. Предложен механизм образования наночастиц диоксида титана на жидкокристаллическом темплате.

### Практическая значимость работы

Разработанные подходы по функционализации силикатной матрицы иммобилизацией комплексов включения ЦД и мицелл АПГ с солюбилизированными водонерастворимыми веществами, проводимой в мягких условиях в водных растворах без использования органических растворителей, могут найти применение для создания селективных сорбентов, люминесцентных материалов, (био) сенсоров и доставщиков лекарств. Предложенный метод синтеза наночастиц кристаллического диоксида титана, проводимого при комнатной температуре, может слу-

жить альтернативой его высокотемпературному получению для фотокатализаторов, сенсоров и солнечных батарей.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается их воспроизводимостью, применением совокупности взаимодополняющих физико-химических методов исследования, а также непротиворечивостью выводов, сделанных в работе, современными представлениями о синтезе, структуре и свойствах гибридных нанокompозитных материалов, полученных по золь-гель технологии.

### **Управляемая самоорганизация азапорфиринов в 2d- и 3d-наноструктуры в ленгмюровских слоях и пленках ленгмюра-блджетт**

#### **Актуальность**

Организация порфиринов на твердых подложках – предмет интенсивных исследований, представляющих интерес как для понимания процессов, происходящих в природе с участием данного класса соединений, так и для разработки фотосенсибилизаторов, оптоэлектронных молекулярных устройств, чувствительных элементов газовых сенсоров и др. К настоящему времени методы изучения порфиринов в растворах хорошо разработаны, и свойства большого количества соединений исследованы. Однако в пленках, практически независимо от способа их получения, порфирины формируют агрегаты, теряя при этом свои функциональные свойства. Решение этой проблемы и перспективы использования порфиринов напрямую связаны с развитием технологии формирования из этих материалов систем регулируемой структуры. Особый интерес представляют ансамбли, структурными и функциональными элементами которых являются стабильные iD-наночастицы (супермолекулы). На стадии перехода от молекулярного к наноуровню основной целью является управление размещением молекул, поэтому развитие методов управляемой самосборки 2D и 3D нано- и микроструктур на их основе является одной из первостепенных задач [2]. Технология Ленгмюра-Блджетт (ЛБ) позволяет решать такие задачи. С ее помощью можно формировать пленки с заданной структурой и толщиной в нанометровом диапазоне. Слои формируются на поверхности раздела субфаза-воздух, что обеспечивает возможность самоорганизации мо-



лекул не только в трехмерные, но и в двумерные наноструктуры. ЛБ-технология относится к методам, позволяющим создавать слои толщиной в одну молекулу (монослой).

Проблема неуправляемой 3D-агрегации в плавающих слоях тесно связана с пониманием процессов, происходящих при формировании монослоя. Для получения возможности управления самоорганизацией необходимы: адекватная картина этих процессов и правильный выбор условий формирования, индивидуальных для каждого соединения. Определение этих условий является основной задачей получения тонкопленочных органических наноматериалов.

Для получения пленок азапорфиринов ЛБ-технология была впервые применена в начале 1980-х годов, но структура плавающих слоев этих соединений на количественном уровне до последнего времени не была изучена. Внимание исследователей фокусировалось преимущественно на азапорфиринах с протяженными боковыми заместителями, на формировании плавающих слоев при больших исходных поверхностных концентрациях и высоких давлениях. В таких условиях слои негомогенны, содержат трехмерные агрегаты различных размеров, неустойчивы, коллапсируют при сжатии, что не дает возможности исследовать процесс их формирования (динамику межмолекулярных взаимодействий). Неуправляемое образование агрегатов в плавающем слое приводит к отсутствию различий структуры и свойств между получаемыми из них пленками на твердых подложках и объемными образцами. В результате значительный потенциал порфиринов как перспективного материала и метода Ленгмюра-Блоджетт как технологии получения организованных структур пока не реализованы. Во многих работах отмечается многообразие обменных взаимодействий в азапорфириновых ансамблях, но понимание их механизма остается делом будущего. Не выяснены принципиальные вопросы: что является движущей силой образования азапорфириновых агрегатов, какие факторы определяют их структуру, что порождает многообразие формируемых структур, какую роль при формировании ленгмюровских слоев играет двойной электрический слой (определяющий поведение частиц в растворах) и растворитель. Решение названных проблем фундаментального характера необходимо и для решения ряда важных прикладных задач, в частности, для получения тонкопленочных фотовольтаических материалов, химических сенсоров, фотосенсибилизаторов и др.

Несмотря на значительное число работ по плавающим слоям и тонким пленкам азапорфиринов, все многочисленные причины получения различных результатов при их формировании в настоящее время не установлены, данные о размерах агрегатов противоречивы. Исследования агрегации, начинающейся в плавающих слоях и продолжающейся в перенесенных на твердые подложки пленках, отсутствуют, поскольку нет количественных данных о структуре плавающего слоя (в большинстве работ она оценивается лишь качественно). Инструментом для определения количественных характеристик структуры слоя может служить подход Фольмера, в котором слой рассматривается как реальный двумерный газ, однако он не дает возможности описать слой, в котором происходит формирование агрегатов, хотя именно такое поведение – как в растворах, так и в плавающих слоях – является характерной особенностью соединений с развитой  $p$ -системой, в частности, макрогетероциклических соединений порфиринового типа. Существовала потребность в теоретическом описании такого слоя, построении его физической и математической моделей. Только понимая происходящие в слое процессы, можно подойти к исследованию одного из важнейших вопросов, стоящих перед нанотехнологией: как заставить молекулы группироваться определенным способом, самоорганизовываться, чтобы в итоге получить новые материалы или устройства.

**Цель работы** заключалась в теоретическом описании наноструктурированного ленгмюровского слоя и разработке методов управления самосборкой двумерных и трехмерных наноструктур (включая супермолекулы) в ленгмюровских слоях и пленках Ленгмюра-Блоджетт азапорфиринов.

### **Научная новизна**

С помощью технологии Ленгмюра-Блоджетт реализована управляемая самосборка 2D- и iD-наноструктур азапорфиринов в плавающих слоях и ЛБ-пленках. Теоретически описано и экспериментально продемонстрировано существование наноструктур в формируемых ансамблях.

Построена модель наноструктурированного ленгмюровского слоя. Модель дает математическое описание физической системы – плавающей

го монослоя, его формирования и поведения в изменяющихся условиях. Физическая основа предлагаемой модели состоит в представлении монослоя как реального двумерного газа, структурными единицами которого могут быть как отдельные молекулы, так и их двумерные наноагрегаты (М-агрегаты), а параметрами модели являются количественные характеристики структуры и свойств монослоя. Разработан метод количественного анализа изотерм. Модель монослоя, структурным элементом которого являются М-агрегаты (М-монослоя), исследована при изменении исходной поверхностной концентрации. Введены характеристики структуры и свойств М-монослоя и способы их представления. Разработаны основы для создания базы знаний по М-монослоям соединений.

Построена первая диаграмма состояния, и составлен паспорт плавающих слоев (тетра-трет-бутилфталоцианина меди), в котором отражены константы, определяющие и характеризующие монослой, типы монослоев, формируемых данным соединением, условия их формирования и основные характеристики структуры и свойств. Установлены количественные взаимосвязи характеристик М-монослоев с условиями их формирования. Построены первые М-изотермы (зависимости поверхностного давления от площади, приходящейся на М-агрегат в области формирования монослоя) и М-диаграммы состояния слоя. Получены стабильные монослои с одной молекулой в М-агрегате полиядерных фталоцианинов меди, содержащие значительное количество воды, М-агрегаты азапорфиринов кобальта, безводные М- и бислоевые, тетра- и гексаслоевые V-агрегаты порфиразинов меди. Предложена обобщенная физическая модель плавающего наноструктурированного слоя, в которой слой рассматривается как реальный газ, структурными единицами которого могут быть как отдельные молекулы, так и 2D- или 3D-наноагрегаты (М- или V-агрегаты).

Установлены способы управления процессом самоорганизации азапорфиринов в iD-наноструктуры в ЛБ-пленках. Путем самосборки, инициированной в плавающем слое и завершенной в ЛБ-пленке, получены первые супермолекулы порфиринов (порфиразин меди) – стабильные iD-наноструктуры одинакового размера, которые при исследовании методом рассеяния рентгеновских лучей проявляют себя как единое целое. Показано, что возможны два механизма самоорганизации азапорфиринов в ансамбли, приводящие к получению наноструктурированных или молекулярных пленок (с различными свойствами).



*А.И. КАРПОВ Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 6*

Получен импринт (впечаток) или изотропный твердый раствор ленгмюровского слоя замещенного фталоцианина меди в матрице соли жирной кислоты, определен размер двумерных М-агрегатов. Сформирована ориентированная супермолекулярная ЛБ-пленка олигомера порфираза меди (супермолекулярный монокристалл) с управляемой ориентацией, в которой зафиксирован обратимый температурный переход. Установлена иерархия азапорфириновых ансамблей в плавающих слоях и ЛБ-пленках.

### **Практическая значимость работы**

С построением модели и развитием метода определения структуры наноструктурированного ленгмюровского слоя технология Ленгмюра-Блоджетт, позволяющая получать наноразмерные пленки, становится инструментом для исследования и формирования 2D- и iD-наноструктур в плавающих слоях и ЛБ-пленках и получения тонкопленочных наноматериалов на основе органических соединений с развитой п-системой, имеющих заданную структуру и свойства. Построенная модель позволяет также решать одну из основных задач нанотехнологии и науки о наноматериалах для систем пониженной размерности – задачу установления взаимосвязи размера формируемых наночастиц с условиями их формирования.

Результаты работы могут быть использованы в фундаментальных и прикладных исследованиях в области физики и химии макрогетероциклических соединений, физики систем пониженной размерности и наноматериалов. В частности, в разработке и создании хемосенсорных и фотоактивных тонкопленочных наноматериалов на основе азапорфиринов.

Определены подходы к решению ряда специфических задач с использованием некоторых из исследованных фталоцианинов. В частности, нитро- и аминзамещенные фталоцианины, формирующие разреженные монослои с открытой, вплоть до face-on, структурой М-агрегатов могут использоваться для получения тонкопленочных сенсорных и фотовольтаических (с контактом компонентов на молекулярном уровне) систем. Незамещенные фталоцианины и порфиразины пригодны для получения жестких, не зависящих от условий формирования, стабильных монослоев.

Определены условия, при которых возможно капсулирование активного материала класса азапорфиринов внутри гидрофобной матри-

цы, которой могут служить упорядоченные слои соли жирной кислоты. Активный материал может быть, например, токсичным, или его действие должно проявляться только при определенных условиях. Особый интерес представляют ЛБ-пленки, структурным (функциональным) элементом которых являются iD-наночастицы и супермолекулы, свойства которых значительно отличаются от свойств молекулярных ансамблей. Определены условия формирования таких пленок. Получены тонкие супермолекулярные пленки олигомера порфиразина меди с управляемой ориентацией, которые могут быть использованы, в частности, как надежные системы в биосенсорной технологии для осуществления контролируемого взаимодействия с анализируемыми соединениями.

### **Апробация работы**

Результаты работы были представлены и обсуждены на Международных конференциях по организованным тонким пленкам: ЛБ (International Conference on Organized Thin Films – LB) – Нумана, Италия, 1995; Потсдам, Германия, 2000; Краков, Польша, 2007; Европейских конференциях по организованным пленкам (European Conference on Organized Films – ECOF) – Потсдам, Германия, 1998; Лече, Италия, 2001; Рига, Латвия, 2006; Потсдам, Германия, 2008; 12-ом Европейском кристаллографическом конгрессе – Москва, 1989; Европейской конференции по ЖК (European Conference On LC) – Курмайер, Италия, 1991; Закопане, Польша, 1997; Летней Европейской конференции по ЖК (Summer European LC Conference) – Вильнюс, 1991; 16-ой Международной конференции по ЖК (International LC Conference) – Кент, Огайо, США, 1996; Первом Всесоюзном симпозиуме «Методы дифракции электронов в исследовании структуры вещества» – Москва, 1991; Научной конференции Университета Рене Декарта (Scientific Conference of Universite Rene Descartes, Paris–V) – Париж, 1994; IX Международном симпозиуме «Тонкие пленки в электронике» – Плес, 1998; Первой Международной конференции по супрамолекулярным наукам и технологиям (First International Conference on Supramolecular Sciences and Technologies) – Закопане, Польша, 1998; Международной конференции по росту и физике кристаллов – Москва, 1998; Итальянском национальном конгрессе по физике материалов (Congresso Nazionale Di Fisica Della Materia) – Римини, Италия, 1998; Первом международном сим-

позиуме «Самоорганизация амфифильных систем» («Self-assembly of amphiphilic systems») – Дрезден, Германия, 1998; Первом Форсайтском ФОРУМе по нанотехнологии (The First EL.V.A. Foresight FORUM on Nanotechnology) – Рим, Италия, 1999; Итальянской Национальной конференции по физике материалов (National Conference on Physics of Materials) – Генуя, Италия, 2000; ФОРУМе Макса Планка 2000 по нано науке и технологии (El.V.A. – Max Planck FORUM 2000 on Nanoscale Science and Technology) – Рим, Италия, 2000; Научном конгрессе НАТО «Молекулярные низкоразмерные и наноструктурированные материалы для передовых приложений» (NATO Advanced Research Workshop «Molecular Low Dimensional and Nanostructured Materials for Advanced Application») – Познань, Польша, 2001; Международной научной конференции «Кристаллизация в наносистемах» – Иваново, 2002; Международных школах по передовой науке о материалах и технологии (International School on Advanced Material Science and Technology) – Йези, Италия, 2002, 2003 и 2005; XII Международной конференции по малоугловому рассеянию (XII Intern. Conf. on Small-Angle Scattering) – Венеция, Италия, 2002; IX Международной конференции по химии порфиринов и их аналогов – Суздаль, 2003; IX Международной конференции «Проблемы сольватации и комплексообразования в растворах» – Плес, 2004; IV Всероссийской конференции по химии кластеров «Полиядерные системы и активация малых молекул» – Иваново, 2004; III и IV Международных научных конференциях «Кинетика и механизм кристаллизации. Нанокристаллизация. Биокристаллизация» – Иваново, 2004, 2006; Всероссийской школе-конференции «Супра-молекулярные системы на поверхности раздела» (СуПРаЗ) – Москва, 2009; II Всероссийской конференции «Многомасштабное моделирование процессов и структур в нанотехнологиях» (ММПСН-2009) – Москва, 2009; Национальных конференциях по применению рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов для исследования (наносистем и) материалов – Москва, 1997, 2007, 2009; IV Международной научной конференции «Кинетика и механизм кристаллизации. Самоорганизация при фазообразовании» – Иваново, 2010; Национальных конференциях по росту кристаллов (НКРК) – Москва, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010; X и XI Международных конференциях по физической и координационной химии порфиринов и их аналогов (ICPC) – Иваново, 2009; Одесса, 2011.

**Редакция Интернет-журнала «Нанотехнологии в строительстве» предлагает кандидатам и докторам наук публиковать результаты своих исследований по тематике издания [3] на страницах нашего журнала.**

### **Библиографический список:**

1. *Крекотень А.В.* Физико-химическое изучение нанокompозитных материалов, получаемых темплатно методом управляемого золь-гель синтеза: Автореф. дис. канд. хим. наук. – Электронная библиотека диссертаций [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dslib.net> (дата обращения: 1.11.2013).
2. *Майорова Л.А.* Управляемая самоорганизация азапорфиринов в 2d- и 3d-наноструктуры в ленгмюровских слоях и пленках ленгмюра-блджетт: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. – Электронная библиотека диссертаций [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dslib.net> (дата обращения: 1.11.2013).
3. *Гусев Б.В.* Развитие нанотехнологий – актуальнейшее технологическое направление в строительной отрасли // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. – М.: ЦНТ «НаноСтроительство», 2011. – Т. 3, № 2. – С. 6–20. – URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_2\\_2011.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2011.pdf) (дата обращения: 1.11.2013).

### **Уважаемые коллеги!**

**При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:**

*Карпов А.И.* Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 6 // Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал. М.: ЦНТ «НаноСтроительство». 2013, Том 5, № 6. С. 68–81. URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2013.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2013.pdf) (дата обращения: \_\_\_\_ \_\_\_\_).

**Контакты**

**e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**

УДК 69

**KARPOV Alexey Ivanovich**, Ph.D. in Engineering, referent, International Academy of Engineering; 125009, Russian Federation: Moscow, Gazetny str., 9, bld. 4; e-mail: info@nanobuild.ru



## **DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION – A TASK WHICH IS OF GREAT IMPORTANCE FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS. Part 6**

To popularize scientific achievements in construction the main results of Russian and foreign scientists' research are published in the form of abstract. Within the investigation «Physical and chemical study of nanocomposite materials produced in a template way with the controlled sol-gel synthesis method» new approaches to functionalization of silica matrix with the immobilization of cyclodextrin complexes and APG micelles with solubilized water insoluble substances which is performed under favourable conditions in aqueous solutions without organic dissolvents were developed. These approaches can be used to produce selective sorbents and luminescence materials.

The proposed method of crystall titanium dioxide nanoparticles synthesis which is carried out under room temperature, can be regarded as an alternative for its high-temperature production for photocatalysts, sensors and solar batteries.

Within the investigation «Controlled self-organization of azaporphyrins in 2D and 3D nanostructure in Langmuire layers and Langmuir-Blodgett films» it was shown that along with the model design and development of method which determines nanostructured Langmuire layer structure Langmuir-Blodgett (LB) technology which allows obtaining nanosized films becomes the tool to study and form 2D and 1D-nanostructures in floating layers and LB films as well as to produce thin-film nanomaterials based on organic compounds with developed p-system and possessing specified structure and properties. The designed model also



allows solving one of the most important problems in nanotechnology and science on nanomaterials for the low dimension systems – the problem concerning determination of dependency between the size of formed particles and the conditions needed for their formation.

Specialists can use published materials in their scientific and practical activities.

**Key-words:** nanocomposite materials, controlled sol-gel synthesis method, nanoparticles, nanostructures, nanosized films.

### **References:**

1. *Krekoten A.V.* Physical and chemical study of nanocomposite materials produced in a template way with the controlled sol-gel synthesis method [Fiziko-himicheskoe izuchenie nanokompozitnyh materialov, poluchaemyh templatno metodom upravlyaemogo zol'-gel' sinteza]. Ph.D. thesis. Electronic library of theses [electronic source]. Access mode: <http://www.dslib.net> (date of the last access: 1.11.2013).
2. *Mayorova L.A.* Controlled self-organization of azaporphyrins in 2D and 3D nanostructure in Langmuire layers and Langmuir–Blodgett films [Upravlyaemaja samoorganizacija azaporfirinov v 2d- i 3d-nanostruktury v lengmjurovskih slojah i plenkah lengmjura-blodzhett]. Ph.D. thesis. Electronic library of theses [electronic source]. Access mode: <http://www.dslib.net> (date of the last access: 1.11.2013).
3. *Gusev B.V.* Development of nanotechnologies – the most important technological direction in construction // Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow. CNT «NanoStroitelstvo». 2011. – Vol. 3, no. 2. – pp. 6–20. Available at: [http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_2\\_2013.pdf](http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf) (Accessed 1 November 2013). (In Russian).

### **Dear colleagues!**

#### **The reference to this paper has the following citation format:**

*Karpov A.I.* Development of nanotechnologies in construction – a task which is of great importance for scientists. Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal, Moscow, CNT «NanoStroitelstvo». 2013, Vol. 5, no. 6, pp. 68–81. Available at: [http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_6\\_2013.pdf](http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_6_2013.pdf) (Accessed \_\_\_\_). (In Russian).

**Contact information**

**e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**