



# **ЖИДКОФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ И МАТЕРИАЛЫ В ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**



N

C

H

Pb

O

Si

Ag

As

F

Mg

Li

Au

Ar

Ba

Cl

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего профессионального образования**  
**«Ивановский государственный химико-технологический университет»**

**ЖИДКОФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ И МАТЕРИАЛЫ**  
**В ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**

Учебное пособие

*под редакцией*

*кандидата химических наук,  
старшего научного сотрудника А.С. Вашурина*

*и кандидата химических наук,  
старшего научного сотрудника М. В. Шепелева*

**Иваново – 2014**

**УДК 546**

**ББК 24.1**

**Жидкофазные системы и материалы в химии и технологии** / А. Н. Масленникова, А. А. Отлетов, К. В. Дамрина, А. А. Ксенофонтов, М. К. Серебрякова, М. А. Волкова, В. В. Макаров, Е. Г. Одинцова, С. О. Кручин, К. А. Ситникова, А. С. Вашурин, М. В. Шепелев; под ред. А.С. Вашурина и М. В. Шепелева; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. – 54 с.

Пособие содержит учебные материалы для организации эффективной подготовки студентов 1-4 курсов химико-технологических специальностей ВУЗов в области фундаментальных основ технологий жидкофазных систем и материалов, их получения и применения. Данное пособие может быть полезно научным работникам, преподавателям, аспирантам и инженерам, занимающимся теоретическими и практическими вопросами в химии и технологии, а также учителям химии общеобразовательных учреждений г. Иваново и Ивановской области, ведущих подготовку учащихся старших классов к химическим олимпиадам всех уровней.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

*Рецензенты:*

**С. Г. Пуховская**, доктор химических наук, профессор  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

**О. А. Голубчиков**, доктор химических наук, профессор  
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

**Ю. Б. Иванова**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник  
(ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)

## Содержание

<b>Предисловие.....</b>	<b>4</b>
<b>Раздел 1. Фундаментальные основы технологии жидкофазных систем и материалов.....</b>	<b>5</b>
1.1. Сольватация.....	5
1.2. Нанотехнологии в получении жидкофазных систем и материалов.....	10
<b>Раздел 2. Современные технологии получения жидкофазных систем и материалов.....</b>	<b>16</b>
2.1. Особенности получения жидких композиционных материалов.....	16
2.2. Жидкофазные технологии изготовления полупроводников	19
2.3. Технология жидкофазного окисления.....	24
<b>Раздел 3. Перспективные отрасли применения жидкофазных систем и материалов.....</b>	<b>29</b>
3.1. Жидкие композиционные материалы.....	29
3.2. Высокотемпературные сверхпроводники и жидкие кристаллы.....	37
3.3. Метод жидкофазного окисления.....	46
3.4. Лабораторный практикум.....	48

## Предисловие

Получение материалов с определенным набором заданных свойств определяется современным уровнем развития науки и техники. В последнее время особое внимание в литературе и на практике уделяется широкому внедрению ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, проблеме освоения новых материалов, а также повышению качества изделий. Однако традиционные пути создания материалов в химии и технологии в целом исчерпали себя и необходим совершенно другой подход к их получению. Такие технологии уже существуют и постепенно внедряются в производство, хотя и не так интенсивно.

Предлагаемое издание призвано оказать всестороннюю поддержку преподавателям учебных дисциплин с целью организации эффективной подготовки студентов 1-4 курсов химико-технологических специальностей ВУЗов в области фундаментальных основ технологий жидкофазных систем и материалов. В пособии подробно рассмотрены основы технологий жидкофазных систем и материалов, методы их получения и перспективные отрасли применения. Заключительным разделом служит лабораторный практикум, предназначенный для актуализации и закрепления ключевых практико-ориентированных компетенций обучающихся. Также в пособии содержатся разноуровневые вопросы по основным разделам неорганической, органической и физической химии. Особое внимание уделено темам, смежным с программным материалом по рассматриваемым разделам химии и технологии, что в большей степени позволяет систематизировать знания студентов и связать их с профессиональной деятельностью и практическим применением.

*Авторы*



**Автор-редактор:** Шепелев Максим Владимирович

кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры физической и коллоидной химии ИГХТУ, доцент кафедры общеобразовательных дисциплин Института развития образования Ивановской области, Заслуженный работник науки и образования. Специалист по методике преподавания химии в средней и высшей школе.

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ



**Автор:** Масленникова Алина Николаевна.

**Область научных интересов:** изучение магнитотепловых свойств порфириновых комплексов при помощи калориметрического метода анализа.

### 1.1. Сольватация

#### Введение

Уже много времени прошло с тех пор, когда *Марселен Бертло* впервые обнаружил влияние растворителя на кинетику реакции этерификации<sup>1</sup>, а *Николай Александрович Меншуткин* пришел к выводу, что химическая реакция неотделима от среды, в которой она происходит. С этих времен интерес химиков к проблеме не ослабевал.



Н.А. Меншуткин

Это связано, во-первых, с тем, что исследование влияния среды на реакционную способность соединений представляет большой практический интерес, так как хорошо известно, что растворитель может не только сильно изменять скорость реакции, но и менять ее направление. Во-вторых, отсутствие общей теории влияния эффектов среды на различные физико-химические процессы тормозит решение одной из фундаментальных проблем химии: *установление взаимосвязи между структурой соединений и их реакционной способностью.*

Изучение влияния среды на различные физико-химические процессы проводится в *двух направлениях*. *Первое* заключается в том, что измеряемое в серии растворителей свойство сопоставляют со свойством или совокупностью свойств растворителя. При этом под свойством растворителя понимается не только какое-то его физико-химическое свойство, но и способность раствори-



Рис. 1.1. М. Бертло

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

теля воздействовать на стандартный физико-химический процесс. В результате активности исследователей в этом направлении появилось множество эмпирических параметров растворителей, с помощью которых описывается влияние среды на различные физико-химические процессы. Например, в настоящее время известно свыше 30 различных параметров полярности среды. Этот путь, по-видимому, значительно не улучшает наше понимание сольватационных явлений, но он также имеет большое значение, уже хотя бы потому что стимулирует количественное изучение эффектов среды.

Второе, «растворное» направление представляет собой изучение межмолекулярных взаимодействий в растворе различными физико-химическими методами. Этот путь сложный и долгий, и в нем не всегда просматриваются решения проблем влияния среды. Однако нет сомнений в том, что именно этот подход наиболее перспективен, так как он должен завершиться созданием общей теории межмолекулярных взаимодействий в растворе или общей теорией растворов, которая позволит решить проблемы влияния среды, разделения структурных и сольватационных эффектов.

Среди различных методов исследования межмолекулярных взаимодействий *термодинамика растворов* занимает особое положение. Главное достоинство этого метода заключается в том, что он дает возможность определить энергию сольватации, то есть энергию перехода частиц вещества из газовой фазы (вне среды) в раствор. Несмотря на то, что этот переход представляет собой брутто-эффект различных межмолекулярных взаимодействий, осуществляемых в растворе, именно его величина дает нам энергетический уровень вещества в данном растворителе, который определяет основное содержание *сольватационного эффекта*. Поэтому без решения проблем термодинамики сольватации растворов невозможно решение проблемы влияния среды на различные физико-химические процессы.

---

### Сольватация. Общие понятия

---

**Сольватация** (от лат. *solvo* – растворяю) – это электростатическое взаимодействие между частицами (ионами, молекулами) растворенного вещества и растворителя. Сольватация в водных растворах называется **гидратацией**. Образующиеся в результате сольватации молекулярные агрегаты называются **сольватами** (в случае воды – **гидратами**).

Определение по *Геннадию Алексеевичу Крестову*: под **сольватацией** следует понимать всю сумму энергетических и структурных изменений, происходящих в системе в процессе перехода газообразных ионов (других атомно-молекулярных частиц) в жидкую фазу растворителя с образова-



Рис. 1.3. И.А. Каблуков и  
В.А. Кистяковский

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

нием однородного раствора имеющего определенный химический состав и структуру.

Представление о сольватации ионов было введено одновременно и независимо *Иваном Алексеевичем Каблуковым* и *Владимиром Александровичем Кистяковским* в 1889-1891 гг.

Сольватация состоит в том, что молекула растворенного вещества оказывается окруженной *сольватной оболочкой*, состоящей из более или менее тесно связанных с ней молекул растворителя. В результате сольватации образуются *сольваты-молекулы* – образования постоянного или переменного состава. Время жизни сольватов определяется характером и интенсивностью межмолекулярных взаимодействий; даже в случае сильного взаимодействия время жизни отдельного сольвата мало из-за непрерывного обмена частицами в сольватной оболочке. В соответствии с типами межмолекулярного взаимодействия выделяют *неспецифическую* и *специфическую сольватацию*.

**Неспецифическая сольватация** обусловлена ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями, **специфическая сольватация** проявляется главным образом в электростатических взаимодействиях, образовании координационных и водородных связей.

Сольватация приводит к тому, что тип растворителя изменяет скорость химических реакций, определяет относительную устойчивость таутомеров<sup>2</sup>, конформеров<sup>3</sup>, изомеров, влияет на механизм реакций. Положения кислотно-основных равновесий в значительной степени определяются сольватирующей способностью растворителя.

---

### Теоретические методы изучения термодинамики сольватации

---

Главная проблема, возникающая при теоретическом исследовании растворов, заключается в существенном различии структуры малых кластеров<sup>4</sup> и непрерывной структуры реальной жидкости. Развитые на современном этапе методы статистической термодинамики и компьютерного моделирования, из которых наиболее приемлемыми для жидкой фазы являются метод молекулярной динамики и Монте-Карло, дают возможность значительно продвинуться в решении этой проблемы. Некоторые эмпирические модели позволяют получать с помощью численного моделирования целый ряд экспериментально наблюдаемых термодинамических, структурных и динамических свойств молекул в растворе.

Однако многие задачи, стоящие перед теоретиками, нельзя решить с использованием эффективных парных потенциалов. Особенно это касается изучения термодинамических параметров растворов макромолекул и биологических систем. Основные ограничения теоретических подходов связаны с отсутствием учета вклада многочастичных взаимодействий и неаддитивных эффектов. Учет многочастичных взаимодействий, хотя и приводит к улучшению ситуации, требует огромных вычислительных ресурсов. Более приемлемым можно

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

считать оценку неаддитивности<sup>5</sup> межмолекулярных взаимодействий, что положительно сказывается на результатах теоретических методов.

---

### Экспериментальное определение термодинамических функций сольватации

---

В большинстве случаев энтальпию сольватации определяют по разности двух экспериментально измеряемых величин: *энтальпии растворения* и *энтальпии парообразования*. Поэтому целью этого раздела является краткое изложение способов экспериментального определения этих величин.

#### **Энтальпия растворения.**

Поскольку энтальпия растворения вещества представляет собой его термодинамическую функцию переноса в бесконечно разбавленный раствор, то, чаще всего, практическое определение ее сводится к измерению тепла, выделяющегося при растворении определенного количества вещества в таком количестве растворителя, что разбавление полученного раствора не сопровождается каким-либо заметным тепловым эффектом. В соответствии с этим существует *два способа измерения энтальпий растворения*:

- первый заключается в том, что калориметрический опыт проводится при столь малых концентрациях растворяемого вещества, что отсутствует зависимость между энтальпией растворения вещества и его концентрацией; такие измерения проводят в калориметрах, обладающих очень большой чувствительностью к изменению температуры;
- второй способ состоит в том, что измеряется интегральная энтальпия растворения соединения в некотором интервале концентраций с последующей экстраполяцией на бесконечное разведение.

Из двух способов определения энтальпий растворения первый является более точным, чем второй.

#### **Энтальпия парообразования.**

Методы измерения энтальпий парообразования веществ подразделяют на *прямые* и *косвенные*. Прямые методы заключаются в том, что энергия испарения и сублимации<sup>6</sup> измеряется калориметрическим методом, который сводится к нахождению количества теплоты, введенной в калориметр, и количества испарившегося за это время вещества.

Широкие исследования по термохимии парообразования малолетучих веществ проводятся с использованием *теплопроводящих калориметров типа Кальве*.

Поскольку калориметрическое измерение энтальпии парообразования веществ имеет все еще значительные методические трудности, особенно при определении энтальпий образования малолетучих соединений, используют косвенный метод их определения, основанный на применении законов термо-

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

динамики к гетерогенному равновесию между конденсированной фазой и ее паром в изобарно-изотермических условиях.

### Энтальпия смешения.

**Смешением** называют процесс, в начальном состоянии которого имеются только чистые вещества, каждое в своей фазе, а в конечном состоянии – смесь этих веществ в одной фазе при тех же значениях давления и температуры. Смешение сопровождается изменением энтальпии. В изобарной изотермической системе величина этого изменения равна количеству теплоты, которым обменивается система и окружающая среда. Поэтому, энтальпию смешения можно найти экспериментально с помощью калориметра.

Энтальпия смешения зависит от состава образующейся смеси. Смешение жидкостей может быть *экзотермическим* и *эндотермическим*, причем оно показывает максимум или минимум энтальпии при промежуточных составах смеси.

### Литература

1. *Соломонов Б.Н., Варфоломеев М.А.* Современное состояние термодинамики сольватации неэлектролитов и влияние среды на различные физико-химические процессы. – Казань: КГУ, 2007. – 112 с.
2. *Крестов Г.А.* Термодинамика процессов в растворах. – Л.: Химия, 1984. – 272 с.

### Вопросы и задания

1. Опишите явление сольватации. Чем отличается гидратация от сольватации?
2. Дайте определение специфической и неспецифической сольватации.
3. Какие теоретические методы изучения термодинамики сольватации вы знаете?
4. Как определить энтальпию сольватации?

# РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

## 1.2. Нанотехнологии в получении жидкофазных систем и материалов



**Автор:** Отлёттов Арсений Андреевич.

**Область научных интересов:** исследование строения молекул методами газовой электронографии и квантовой химии.

**Научные достижения:** участие в конференциях различного уровня, 11 тезисов докладов.

### Введение

В настоящее время все большее развитие получают **нанотехнологии** и их использование для получения материалов с принципиально новыми свойствами. Специфические свойства **наночастиц**<sup>7</sup> обусловлены тем, что доля атомов, находящихся на поверхности сопоставима с общим числом атомов, составляющих частицу. Подобные объекты с размерами 1-100 нм (*ультрадисперсные системы* или *УДС*) изучаются методами коллоидной химии<sup>8</sup>.

По числу наноразмерных направлений различают *одно-, двух- и трехмерные нанообъекты*.

Существует две основные группы методов, позволяющих получать наночастицы: **диспергационные** («сверху вниз») и **конденсационные** («снизу вверх»). В *диспергационных методах* макроскопические частицы измельчаются до наноразмеров, а в *конденсационных* синтез наночастиц происходит путем образования и укрупнения зародыша новой фазы с последующим формированием границы раздела фаз.

Более подробно рассмотрим **химическую конденсацию**. Этот метод появился более полутора веков назад, когда Майкл Фарадей впервые получил коллоидный раствор золя<sup>9</sup> золота с размером частиц 20 нм.



Рис. 1.4. Коллоидный раствор золота (1857 год). Экспонат музея Фарадея в Королевском институте

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

Полученные золи оказались настолько устойчивыми, что их до сих пор демонстрируют в Британском музее.

### Получение наноматериалов

Для получения наночастиц солей и оксидов металлов обычно используются реакции обмена и гидролиза. В качестве стабилизаторов используют ПАВ, природные и синтетические высокомолекулярные соединения и соединения, образующие комплексы на поверхности возникающих частиц.

Представляет интерес и синтез наночастиц смешанного состава типа «ядро-оболочка», например, Cd/ZnS, ZnS/CdSe, TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>. При этом вначале синтезируется «ядро», а затем на его поверхности осуществляют контролируемое осаждение молекул, составляющих «оболочку». В качестве конкретного примера подобного синтеза рассмотрим методику получения наночастиц CdS/Mn. Смешали 5 мл 0,01М раствора Mn(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> и 100 мл 0,01М раствора Cd(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, после чего по каплям добавили 1 мл меркаптоацетата. Затем pH полученного раствора был доведен до 10 добавлением 1М раствора NaOH. Далее при перемешивании прилили 10 мл раствора Na<sub>2</sub>S, в результате чего раствор приобрел желто-зеленую окраску, обусловленную образованием наночастиц CdS/Mn. В течение нескольких часов раствор отстаивался, после чего был охлажден до комнатной температуры. Наночастицы CdS/Mn были отделены от раствора добавлением 2-пропанола с последующим осаждением. На рис. 1.5 приведены микрофотографии наночастиц CdS, модифицированных Mn<sup>2+</sup> (рис. 1.5 (A)) и немодифицированных наночастиц CdS (рис. 1.5 (B)).

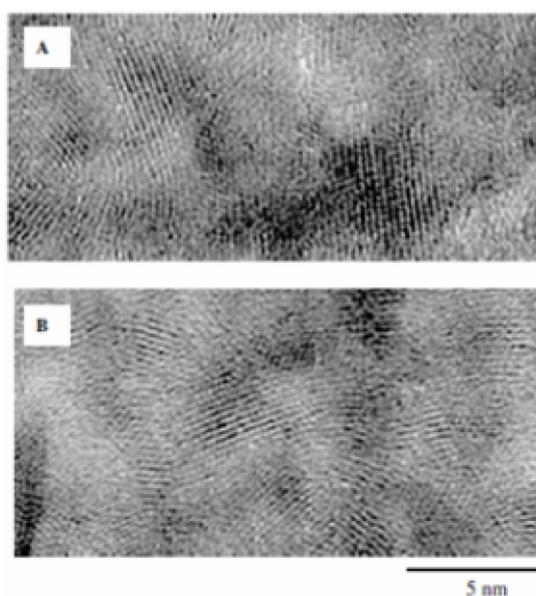


Рис. 1.5. Наночастицы CdS/Mn (A) и CdS (B)

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

Основной проблемой методики, описанной выше, является то, что образующиеся наночастицы сильно различаются по размеру. Поэтому в настоящее время разрабатываются способы получения наночастиц в микроэмульсиях. Капли воды (или другой полярной жидкости) распределяются в неполярной фазе («масло»). При этом размер капель лежит в нанодиапазоне (1-100 нм). Таким образом, капли выполняют роль микрореактора, а образующиеся наночастицы ограничены по размеру и имеют определенную (обычно сферическую) форму.

Специфические свойства наночастиц могут быть эффективно использованы в различных технологических процессах. С этой целью разрабатываются методики получения **нанокompозитов** – функциональных материалов, содержащих наночастицы. Одним из наиболее распространенных подходов является *золь-гель синтез*<sup>10</sup>. В данном методе используются реакции полимеризации неорганических соединений, включающие следующие характерные стадии:

1. Приготовление исходного раствора, обычно содержащего алкоксиды металлов  $M(OR)_n$ , где  $M = Si, Ti, Zr, Zn, Al, Sn, Ce, Mo, W$  и т.д., R – алкильная/арильная группировка.

2. Образование геля<sup>11</sup>.

3. Сушка.

4. Термообработка.

В качестве примера золь-гель синтеза рассмотрим получение титаната циркония  $ZrTiO_4$ . Этот материал имеет разнообразные сферы применения, – от катализатора некоторых химических реакций до перспективного биомедицинского препарата. Однако для проявления этих свойств необходимы высокая чистота и гомогенность порошка  $ZrTiO_4$ . Для получения данного материала с помощью золь-гель технологии 18,2 ммоль  $ZrCl_4$  (99,5%) постепенно добавляли к 400 мл дистиллированной воды при перемешивании в течение 15 минут. Затем к раствору по каплям добавили равное количество  $TiCl_4$  (99,99%) и перемешивали в течение 2 часов. Полученный раствор с pH 0,98 довели до pH 7,0 добавлением 2M NaOH. В результате образовался белый гель, который, спустя 30 минут, несколько раз промыли дистиллированной водой для удаления хлорид-ионов (полноту удаления контролировали с помощью раствора  $AgNO_3$ ). Затем полученный образец центрифугировали в течение 10 минут, промыли этанолом, вновь отцентрифугировали и сушили в течение 2 часов при 60°C. Получили белый *ксерогель*<sup>12</sup>, который подвергли термообработке при температурах 500, 550, 600°C в атмосфере азота. На рис. 1.6 приведены микрофотографии наночастиц полученного ксерогеля.

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

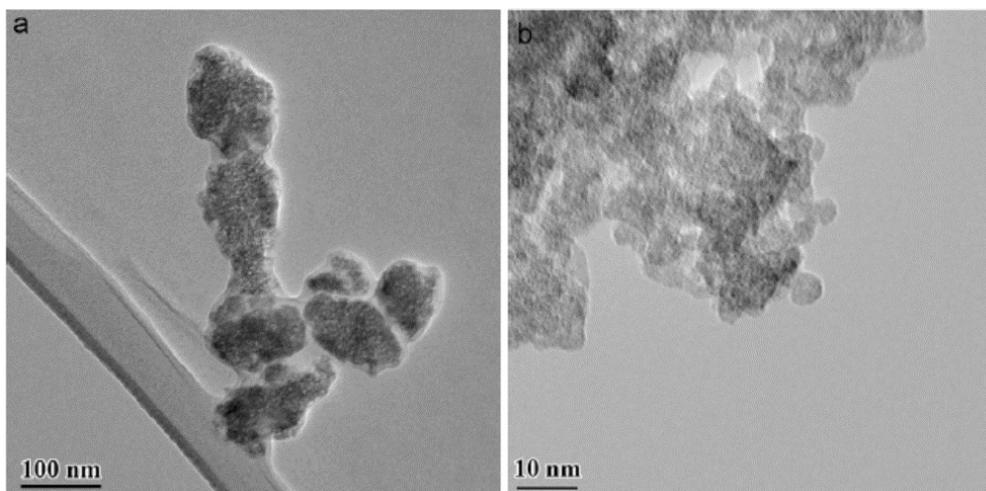


Рис. 1.6. Наночастицы ксерогеля  $ZrTiO_4$ :  
агломераты (a) и единичные частицы (b)

Важной особенностью наноструктур является их способность к **самоорганизации**. Самоорганизованными являются мицеллы ПАВ, в которых на поверхности мицеллы находятся группы, родственные с дисперсионной средой, а ядро имеет иную природу (рис. 1.7). С точки зрения термодинамики, причиной возникновения мицелл ПАВ является увеличение энтропии дисперсионной среды.



Рис. 1.8.  
Натуральный агат

Другим типом коллоидных наносистем являются *периодические структуры*, которые образуются в золях, содержащих частицы анизометричной формы. При седиментации золь образуются горизонтальные слои, расстояние между которыми составляет сотни нанометров. Примером таких систем являются *кольца Лизеганга*, открытые в 1897 году. Их получают обычно при диффузии концентрированного раствора соли через гель, содержащий другой электролит с более низкой концентрацией. В результате химической реакции образуется соль труднорастворимого соединения. Возникающий при этом осадок может располагаться некоторым периодическим способом – в виде концентрических колец, сегментов, радиальных образований. Аналоги колец Лизеганга встречаются в природе (рис. 1.8).

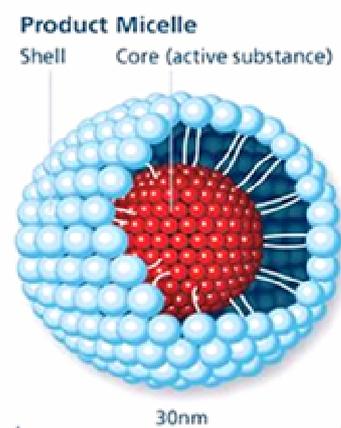


Рис. 1.7. Структура  
мицеллы ПАВ

### Вопросы и задания

1. Какие подходы традиционно применяются для синтеза наночастиц?
2. Для чего используются микроэмульсии при синтезе наночастиц?
3. Из каких этапов состоит золь-гель синтез?

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### Литература

1. Сумм Б.Д., Иванова Н.И. Коллоидно-химические аспекты нанохимии – от Фарадея до Пригожина. – Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2001. – Т. 42. – №5. – С. 300–305.
2. Liu S.-M., Liu F.-Q., Guo H.-Q., Zhang Z.-H., Wang Z.-G. Surface States Induced Photoluminescence from Mn<sup>2+</sup> Doped CdS Nanoparticles. – Solid State Communications. – 2000. – Vol. 115. – Iss. 11. – Pp. 615-618.
3. Salahinejad E., Hadianfard M. J., Macdonald D. D., Karimi I., Vashaei D., Tayebi L. Aqueous Sol–Gel Synthesis of Zirconium Titanate (ZrTiO<sub>4</sub>) Nanoparticles Using Chloride Precursors. – Ceramics International. – 2012. – Vol. 38. – Iss. 8. – Pp. 6145–6149.
4. Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»: [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)

## РАЗДЕЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### Глоссарий к разделу 1

- 1. Этерификация** – реакция образования сложных эфиров при взаимодействии кислот и спиртов.
- 2. Таутомеры** – вещества, молекулы которых состоят из одних и тех же атомов, но имеют различные структуры.
- 3. Конформеры** – стереоизомерные структуры, находящиеся в подвижном равновесии и способные к взаимопревращению путем вращения вокруг простых связей.
- 4. Кластер** – объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определенными свойствами.
- 5. Неаддитивность** – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее компонентов.
- 6. Сублимация** – переход вещества из твердого состояния сразу в газообразное, минуя жидкое.
- 7. Наночастица** – изолированный твердофазный объект, имеющий отчетливо выраженную границу с окружающей средой, размеры которого во всех трех измерениях составляют от 1 до 100 нм.
- 8. Коллоидная химия** – раздел химии, изучающий дисперсные системы (коллоидные растворы) и поверхностные явления, возникающие на границе раздела фаз.
- 9. Золь** – высокодисперсная коллоидная система (коллоидный раствор) с жидкой (лиоозоль) или газообразной (аэрозоль) дисперсионной средой, в объеме которой распределена другая (дисперсная) фаза в виде мелких твердых частиц, капелек жидкости или пузырьков газа.
- 10. Золь-гель процесс** – технология материалов, в том числе наноматериалов, включающая получение золя с последующим переводом его в гель, то есть в коллоидную систему, состоящую из жидкой дисперсионной среды, заключенной в пространственную сетку, образованную соединившимися частицами дисперсной фазы.
- 11. Гель** – дисперсная система с жидкой средой, в которой частицы дисперсной фазы образуют пространственную структурную сетку.
- 12. Ксерогель** – продукт сушки аква- или алкогелей при атмосферном давлении в достаточно жестких условиях, приводящих к коллапсу (схлопыванию) макропор и значительному увеличению плотности материала.

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ



**Автор:** Дамрина Ксения Витальевна.

**Область научных интересов:** термодинамика водных растворов аминокислот и дипептидов.

**Научные достижения:** публикации в ведущих российских журналах, в том числе 5 статей на русском и английском языках; выступления на 6 конференциях международного и российского уровней.

### 2.1. Особенности получения жидких композиционных материалов

Материалы, которые использовал человек в своей деятельности, всегда играли важную, а иногда и определяющую роль в прогрессе цивилизации. Они даже дали названия целым этапам развития человечества: каменный, бронзовый, железный век... Конечно, сейчас круг материалов, созданных и используемых в быту и технике, чрезвычайно широк. Однако с небольшой долей пристрастности, современную эпоху можно назвать веком *композиционных материалов*.

**Композиционный материал (композит)** – это материал, являющийся результатом объемного сочетания разнородных компонентов, один из которых пластичен (**связующее, матрица<sup>1</sup>**), а другой обладает высокой прочностью и жесткостью (**наполнитель, арматура<sup>2</sup>**), при этом композиции имеют такие свойства, которых не имеют отдельные составляющие.

Ясно, что в качестве как первого, так и второго компонента могут выступать самые разнообразные по природе и происхождению материалы. Известны композиты на базе металлов, керамики, стекол, углерода, пластиков и других материалов. В широком смысле слова практически всякий современный материал представляет собой композицию, поскольку чрезвычайно редко материалы применяются именно в чистом виде.

Путем подбора состава и свойств наполнителя и связующего, их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств.

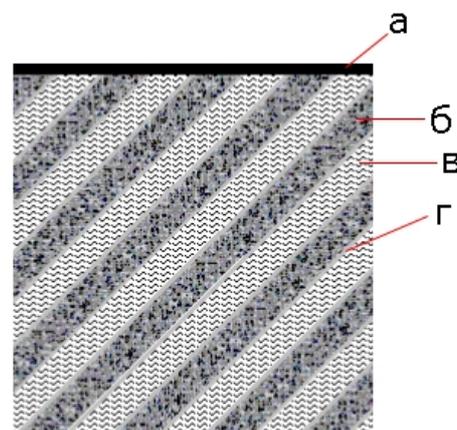


Рис. 2.1. Основные компоненты композиционных материалов: **а** – защитный слой; **б** – наполнитель; **в** – матрица; **г** – межфазная граница<sup>3</sup>

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

К композиционным относятся материалы, обладающие следующей совокупностью признаков:

- не встречаются в природе, поскольку созданы человеком;
- состоят из двух или более компонентов, различающихся по своему химическому составу и разделенных выраженной границей;
- имеют новые свойства, отличающиеся от свойств составляющих их компонентов;
- неоднородны в микромасштабе и однородны в макромасштабе;
- состав, форма и распределение компонентов «запрограммированы» заранее;
- свойства определяются каждым из компонентов, которые в связи с этим должны быть в материале в достаточно больших количествах (больше некоторого критического содержания).

Классифицируют композиционные материалы по следующим основным признакам: материалу матрицы и армирующих элементов; геометрии компонентов; структуре и расположению компонентов; методу получения.

Название композиционного материала, как правило, происходит от материала матрицы. Композиты с металлической матрицей называют металлическими композиционными материалами, с полимерной – полимерными и т.д.

Таким образом, **жидкими композиционными материалами** называют материалы, состоящие из двух или более компонентов, один из которых – матрица, находящаяся в жидкой фазе.

Важнейшая проблема при создании композиционных материалов состоит в подборе технологии получения материала и изделия из него. В подавляющем большинстве случаев материал как таковой особого интереса не представляет, так как он не может обрабатываться методами механического воздействия (это ведет к утрате им или значительной части, или же всех его преимуществ). Поэтому, как правило, создается технология, ориентированная на изготовление определенных типов изделий: корпусов двигателей, композитных тканей, материалов для зубных пломб и т.д.

При конструировании композиционного материала необходимо учитывать не только свойства отдельных компонентов, но создавать материал, обладающий такими свойствами, которые обеспечат надежную работу изделия в заданных условиях.

При создании композита особенно важно:

- определить требуемые свойства композита и наиболее подходящие материалы для их реализации;
- обратить внимание на физическую, химическую, механическую и т.д. совместимости компонентов даже в наиболее тяжелых условиях работы, например, они должны одинаково или пропорционально деформироваться;
- соблюдать определенную геометрию расположения компонентов композита (более прочная составляющая должна иметь вытянутую форму, а менее прочная составляющая должна ее окружать);
- выбрать наиболее эффективную и экономичную технологию изготовления композита.

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

После определения конструкции композита (выбора компонентов и распределения их функций) приступают к изготовлению композиционного материала, включающему выбор геометрии армирования (например, различного рода плетения) и наиболее эффективного технологического метода соединения компонентов композита друг с другом. Основная сложность заключается не в сборке отдельных компонентов композита, а в образовании между ними прочного и специфического соединения. При этом большую роль играет предварительный анализ граничных процессов, происходящих в системе.

Межфазное взаимодействие оказывает влияние на прочность связи компонентов, возможность химических реакций на границе и образование новых фаз, формируя такие характеристики композита, как термостойкость, устойчивость к действию агрессивных сред, прочность и другие важные эксплуатационные характеристики нового материала. Поэтому управление процессом межфазного взаимодействия является важным звеном в формировании свойств композита.

При создании композиционных материалов руководствуются условиями совместимости компонентов и стабильности поверхности раздела.

В зависимости от особенностей свойств матричных материалов разработано значительное число различных технологических приемов, позволяющих изготовить достаточно широкий круг композитов. В рамках данного учебного пособия рассмотрим одну из технологий получения жидких композиционных материалов, в которых матрицей служит полимер. Примером такого материала могут выступать стоматологические композиты для зубных пломб.

*Полимерные композиционные материалы* состоят из высокопрочных волокон, частиц или слоев различной природы и полимерного связующего – матрицы, склеивающей волокна в монолитный материал.

Многообразие армирующих волокон и полимерных связующих, а также схем армирования позволяет направленно регулировать прочность, жесткость, уровень рабочих температур и другие свойства полимерных композиционных материалов, то есть создавать элементы конструкций с заранее заданными свойствами, наиболее полно отвечающими характеру и условиям их работы.

Для получения полимерных композитов интенсивно развиваются **золь-гель-методы**<sup>4</sup> и интеркаляция<sup>5</sup> полимеров и частиц в слоистые и сетчатые системы. Этот метод является бессточным, а, следовательно, экологически оптимальным.

Полимерные молекулы – это длинные молекулярные цепочки. Повторяющиеся единицы цепи – молекулярные звенья – имеют две свободные валентности и поэтому объединяются в линейные цепи. Если при образовании линейных цепей в звенья встраиваются частицы с валентностью три и выше, то в результате образуется трехмерный пространственный каркас из цепочек, соединенных друг с другом ковалентными связями, – *полимерная сетка*. Такие сетки, будучи помещены в хороший растворитель, набухают в нем. Полимерная сетка, адсорбировавшая в себя значительное количество растворителя, называется *полимерным гелем*.

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

Суть золь-гель-метода заключается в том, что на первой стадии процесса формируется химический состав продукта в виде высокодисперсного коллоидного жидкого раствора – *золя*<sup>6</sup> (размер частиц дисперсной фазы  $10^{-9}$ – $10^{-8}$  м). Увеличение концентрации дисперсной фазы приводит к появлению коагуляционных контактов между частицами и образованию *геля*<sup>7</sup>. Золь-гель-метод включает следующие основные этапы: приготовление раствора → образование геля → сушка → термообработка.

В большинстве случаев исходными веществами служат алкоколяты металлов. Реакцию осуществляют в среде органических растворителей.

Таким образом, создание, изучение и использование полимерных композитов – это чрезвычайно перспективная и бурно развивающаяся область современного материаловедения в области жидких композиционных материалов.



**Автор:** Ксенофонтов Александр Андреевич.

**Область научных интересов:** физико-химическое и квантово-химическое исследование бис(дипирролилметенатов).

**Научные достижения:** публикации в ведущих российских и мировых журналах, в том числе 6 статей и 23 тезисов докладов; выступления на 14 научных конференциях российского и международного уровней.



**Автор - редактор:** Вашурин Артур Сергеевич.

**Область научных интересов:** координационная химия порфиринов и фталоцианинов, а также методика преподавания химических дисциплин.

кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры неорганической химии ИГХТУ

---

### 2.2. Жидкофазные технологии изготовления полупроводников

---

#### Жидкофазная эпитаксия

---

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

Метод **жидкофазной эпитаксии**<sup>8</sup> применяется для получения многослойных полупроводниковых соединений, таких как GaAs, CdSnP<sub>2</sub>; также явля-



Монокристалл кремния, выращенный по методу Чохральского Рис. 1.2.

### Интересный факт

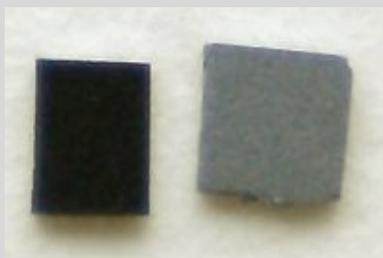
Метод Чохральского – это метод выращивания кристаллов путем вытягивания их вверх от свободной поверхности большого объема расплава с инициацией начала кристаллизации путем приведения затравочного кристалла (или нескольких кристаллов) заданной структуры и кристаллографической ориентации в контакт со свободной поверхностью расплава. Метод может использоваться для выращивания кристаллов элементов и химических соединений, устойчивых при температурах плавления-кристаллизации; наиболее известен применительно к выращиванию монокристаллического кремния.

ется основным способом получения монокристаллического кремния (**метод Чохральского**).

Основным преимуществом метода жидкофазной эпитаксии является то, что рост эпитаксиальной пленки происходит при температурах более низких, чем температура плавления исходного вещества. То есть в качестве растворителя в системе будет использоваться то вещество, у которого температура плавления будет ниже. Если в соединении GaAs температура плавления галлия (29,77°C) намного меньше температуры плавления мышьяка (816,8°C), то галлий и будет использоваться в качестве растворителя.

На первом этапе жидкофазной эпитаксии готовится смесь из вещества наращиваемого слоя, легирующей примеси<sup>10</sup>, которая может быть донорной или акцепторной, и металла-растворителя, имеющего низкую температуру плавления и хорошо растворяющего материал подложки (Ga, Sn, Pb).

Процесс проводят в атмосфере азота и водорода (для восстановления оксидных пленок на поверхности подложек и расплава) или в вакууме после предварительного восстановления поверхностной оксидной пленки. Расплав наносится на поверхность подложки, частично растворяя ее и удаляя загрязнения и де-



Арсенид галлия GaAs

### Интересный факт

Арсенид галлия GaAs – это химическое соединение галлия и мышьяка. Важный полупроводник, третий по масштабам использования в промышленности после кремния и германия. Используется для создания сверхвысокочастотных интегральных схем и транзисторов, светодиодов, лазерных диодов, диодов Ганна<sup>9</sup>, туннельных диодов, фотоприемников и детекторов ядерных излучений.

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

фекты. После выдержки при максимальной температуре около 1200 К система медленно охлаждается, расплав из насыщенного состояния переходит в пересыщенное, и избыток полупроводника осаждается на подложку, играющую роль затравки.

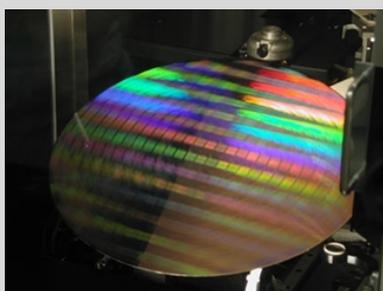


Рис. 2.2. Внешний вид установки жидкофазной эпитаксии для выращивания пленок полупроводниковых твердых растворов

Основные факторы, влияющие на качество и свойства эпитаксиальных слоев – это начальная равновесная температура расплава и скорость его охлаждения, соотношение объема расплава и площади контакта поверхности подложки с расплавом, природа растворителя и растворимого вещества, состояние поверхности подложки. Эпитаксиальный рост полупроводниковых гетероструктур<sup>11</sup> из жидкой фазы дает некоторые преимущества в сравнении с газофазной эпитаксией при получении сильнолегированных слоев и p-n-переходов.

Следует отметить, что в современной полупроводниковой промышленности данный метод уже давно не используется ввиду сложности контроля параметров получаемых пленок (толщина, однородность толщины, значение стехиометрического коэффициента), их относительно низкого качества, малой производительности метода. Вместо него используется **газофазная эпитаксия**<sup>12</sup>, первое промышленное применение нашедшая для роста простых пленок полупроводников IV группы таблицы Менделеева (Ge, Si), а позже, с развитием технологии, вытеснившая жидкофазную эпитаксию из роста пленок полупроводников другого типа. Также заменой является **молекулярно-лучевая эпи-**

### Интересный факт



450-мм кремниевые подложки

В 2012 году три крупнейших мировых производителя полупроводников, корпорации «Intel», «Samsung Electronics» и «Taiwan Semiconductor Manufacturing Company», заключили соглашение о совместном переходе на производство полупроводников (включая процессоры) посредством использования 450-мм кремниевых подложек, которые получают по методу жидкофазной эпитаксии. Данная технология увеличивает объем производства и вместе с тем существенно удешевляет производственный процесс, а также является более экологичной.

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

**таксия**<sup>13</sup>, позволяющая осаждение практически любых материалов. Однако, для некоторых экзотических полупроводниковых соединений, используемых в электронике, на данный момент жидкофазная эпитаксия является единственно возможной.

### PAND-технологии

Разработанная российскими учеными **нанотехнология получения** тонких и толстых **функциональных покрытий из наночастиц** (*Polymer Assisted Nanoparticle Deposition – PAND*) рассматривается в настоящее время как одна из наиболее перспективных.

В нанотехнологии PAND наночастицы наносятся на поверхность подложки с помощью специальных полимеров. Жидкофазный прекурсор<sup>14</sup> нанотехнологии PAND представляет собой водный золь<sup>6</sup> из наночастиц, который готовят либо из нанопорошков введением наночастиц в водный раствор полимеров, либо синтезом наночастиц в водном растворе полимеров. Синтезируемые в золях наночастицы имеют нанометровые размеры.

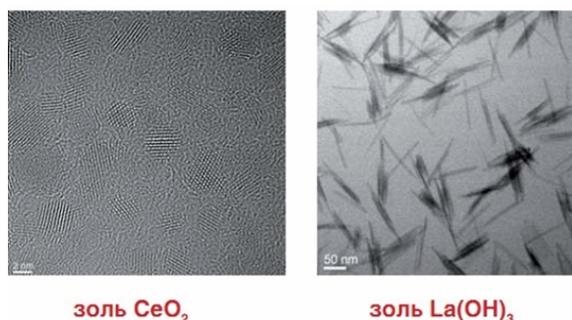


Рис. 2.3. Типичные микрофотографии наночастиц в золях

Исходным материалом в нанотехнологии PAND является наночастично-полимерный водный золь, который готовится на первой стадии технологического процесса. Размер частиц в золе варьируется от 3-5 до 15-50 нм в зависимости от структурных и морфологических требований целевого покрытия. Состав используемой полимерной смеси различается по набору используемых полимеров и готовится специально для каждого типа покрытия. При составлении рецептуры полимерной смеси учитывается характер взаимодействия между молекулами полимеров и наночастицами разной природы, а также морфологические требования целевого покрытия. При комнатной температуре наночастицы и рыхлые клубки полимеров однородно распределены по всему золю. В нагретом до 30-90°C золе полимеры меняют конформацию и объем, сжимаясь при нагреве и переходя из рыхлого клубка в плотную глобулу. Это свойство полимеров используется в нанотехнологии для сохранения однородного распределения наночастиц в золе при изменении концентрации в результате упаривания, ко-

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

торое происходит в специальных условиях «бесконвекционного» нагрева. В этих условиях полимерные глобулы в процессе своего образования захватывают наночастицы из ближайшего окружения практически без нарушения однородности их локального пространственного распределения. При этом происходит вытеснение воды из гидрофобного объема глобулы полимера и их объединение в единую полимерную систему, отделенную от воды, то есть происходит расслоение в системе водного золя. Таким образом, после полного удаления воды из золя на подложке формируется однородный наночастично-полимерный слой, из которого в процессе соответствующей термообработки могут быть сформированы однородные покрытия разных типов: наночастичные, спеченные или эпитаксиальные.

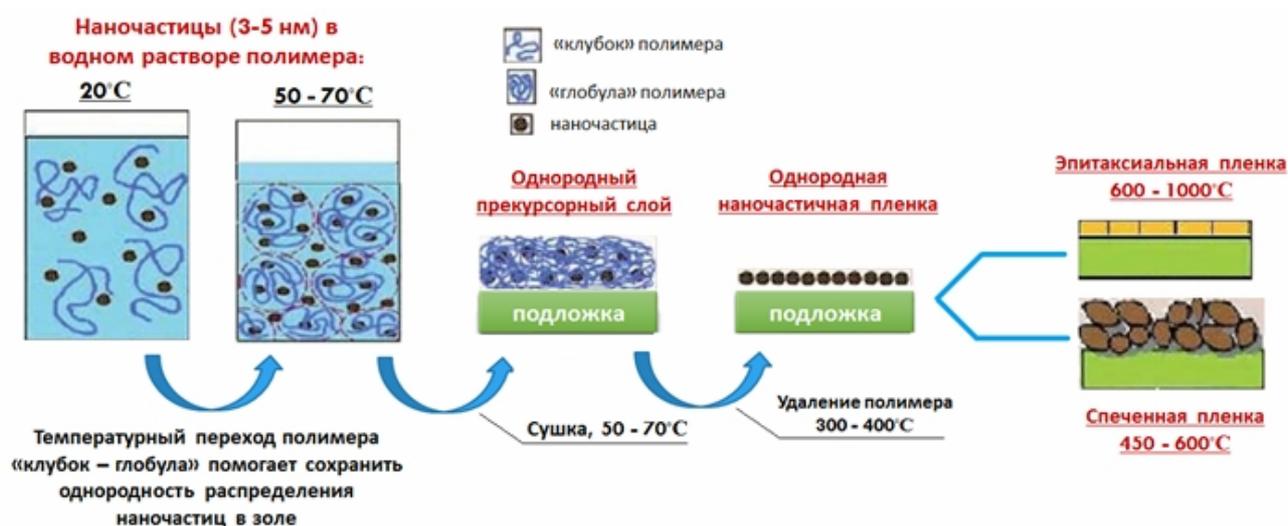


Рис. 2.4. Схема получения однородных эпитаксиальных и спеченных пленок

Отличительной особенностью получаемых по нанотехнологии PAND тонких и толстых покрытий является их структурная и пространственная однородность. Структурная однородность покрытия задается структурной однородностью прекурсорных наночастиц. Пространственная однородность покрытия определяется однородностью распределения частиц в прекурсорных наночастичных водных золях. Применение в технологии специальных полимеров помогает сохранить в нанесенном покрытии однородность распределения наночастиц в прекурсорном золе.

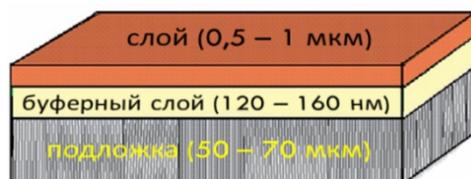


Рис. 2.5. Архитектура сверхпроводящего провода

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### Вопросы и задания

1. В чем вы видите основное отличие метода жидкофазной эпитаксии от метода Чохральского?
2. Какие факторы влияют на качество эпитаксиальных слоев?
3. Составьте схему «Суть метода жидкостной эпитаксии» в формате «инфографика».
4. Какой метод более предпочтителен для получения диодов Ганна? Что это такое?
5. Каковы отличительные особенности получаемых веществ по технологии PAND?

### Литература

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2007. – 416 с.
2. Смирнов В.И. Физико-химические основы технологии электронных средств: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 112 с.
3. Дубровский В.Г. Теория формирования эпитаксиальных структур. – М.: Физматлит, 2009. – 352 с.
4. Случинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников. – Москва, 2002. – 376 с.



**Автор:** Серебрякова Мария Константиновна.

**Область научных интересов:** антиоксидантные свойства билирубина, флуоресцентные белки.

**Научные достижения:** публикации в ведущих российских и мировых журналах, в том числе 3 статьи, 16 тезисов.

---

### 2.3. Технология жидкофазного окисления

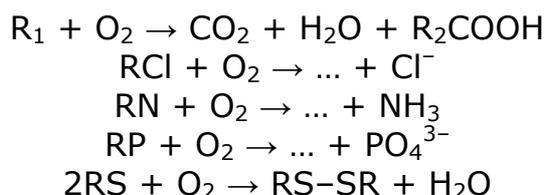
---

---

## Принцип технологии жидкофазного окисления

---

В ходе процесса **жидкофазного окисления**<sup>15</sup> происходит реакция между органическими соединениями и кислородом воздуха при повышенной температуре и давлении. Этот метод используется как для обработки городских и промышленных шлак-содержащих жидких отходов, так и промышленных стоков, содержащих высокое количество органических соединений. В ходе реакции органические соединения реагируют с кислородом, образуя диоксид углерода, воду и какие-либо органические кислоты при неполном окислении смеси:



Для реакции могут использоваться сжатый воздух или чистый кислород. Газ смешивается со шлак-содержащими жидкими отходами и смесь предварительно нагревается в теплообменнике, который использует тепло жидкости после реакции. Реакция жидкофазного окисления протекает в вертикальном трубчатом реакторе, работающем как барботажная колонна под давлением. Поскольку данный процесс экзотермический, температура среды в реакторе возрастает.

Если содержание органики в остатке или жидких отходах высокое, то избыток тепла может быть использован для производства промышленного пара, нагрева циркулирующего масляного теплоносителя или просто для производства горячей воды в больших количествах.

После удаления избытка тепла жидкость используется для предварительного нагрева поступающей жидкости. После охлаждения газожидкостная смесь разделяется в сепараторе. Газовая фаза состоит главным образом из диоксида углерода и избытка кислорода, но может также содержать следы монооксида углерода и летучих органических соединений. Чтобы гарантировать чистоту выбросов газ проходит через катализатор, а затем он выбрасывается в атмосферу.

В случае существенного содержания минералов в потоке, входящем на жидкофазное окисление, минеральная часть отделяется от жидкой фазы и отжимается от воды на пресс-фильтре<sup>16</sup>.

Жидкая фаза содержит только очень легко биологически разлагаемые органические молекулы (органические кислоты) и возвращается на биологическую очистку вод или в реактор ферментативного разложения.

---

## Общее описание процесса

---

Условия жидкофазного окисления: реакция окисления протекает при температуре 150-320°C и давлении 10-220 бар. В роли окислителя выступает кислород. Время пребывания в реакторе 30-60 минут.

Одна из принципиальных схем установки жидкофазного окисления приведена на рис. 2.6. Сточную воду из сборника (1) насосом (2) подают через теплообменники (3 и 4) в реактор (7). Сжатый воздух от компрессора<sup>17</sup> (9) поступает в трубопровод сточной воды перед теплообменником (3), поэтому процесс окисления примесей начинается в трубопроводах, теплообменниках, реакторе и завершается в сепараторе (5). Смесь сточной воды и воздуха в теплообменнике (3) нагревается теплом очищенной воды, выходящей из сепаратора (5), а в теплообменнике (4) – теплом водяного пара. Смесь воды, газов и пара из реактора (7) поступает в сепаратор (5), где газы и пар отделяются от жидкости. Парогазовая смесь из сепаратора (5) направляется в блок утилизации энергии: в паровой котел (6), а затем в установку, состоящую из мотора-генератора (8), компрессора (9) и парогазовой турбины (10). Выхлопные газы из турбины выбрасываются в атмосферу. Очищенная от органических примесей, но содержащая минеральные вещества сточная вода из теплообменника (3) направляется в канализацию.

Стадия выделения минерального остатка: жидкость после обработки кислородом содержит минеральный остаток, который должен быть отделен. Это делается на пресс-фильтре или вращающемся фильтре. Отфильтрованная жидкость содержит только легко биологически разлагаемые соединения и может быть возвращена на биологическую очистку водных стоков.

В зависимости от использованных технологий обезвоженный на фильтре минеральный остаток содержит 55-80% сухого вещества. Минеральный остаток может быть использован в дорожном строительстве или производстве кирпичей.

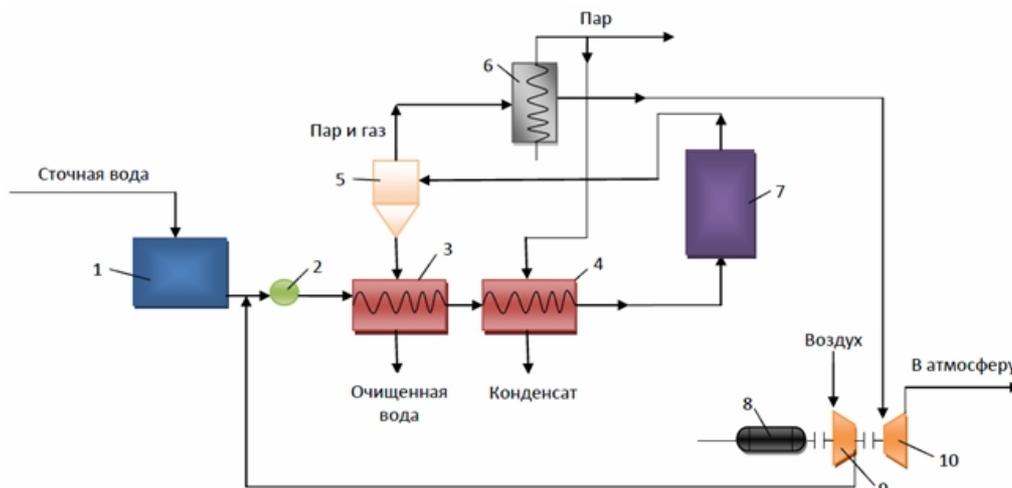


Рис. 2.6. Схема установки жидкофазного окисления:  
**1** – сборник сточной воды; **2** – насос высокого давления;  
**3, 4** – теплообменники; **5** – сепаратор; **6** – паровой котел;  
**7** – реактор; **8** – мотор-генератор; **9** – компрессор;  
**10** – парогазовая турбина

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### Выбросы

Газ с установки очищается и может быть выброшен в атмосферу в соответствии с нормами Евросоюза.

*Твердый остаток* с окисления представляет минеральную часть шлака, входящего на стадию жидкофазного окисления, и содержит менее чем 5% ТОС (общее число углерода). Он может использоваться (производство кирпичей, строительство дорог) или выбрасываться на свалки.

*Жидкость* содержит остаточную органику в виде небольших легко биологически разлагаемых молекул, главным образом карбоновых кислот (например, уксусная кислота, жирные летучие кислоты). Она возвращается на установку биологической очистки.

#### Вопросы и задания

1. Каким образом может использоваться тепло, выделяемое в ходе жидкофазного окисления кислородом?
2. Токсичны ли газы, выделяемые в данном процессе?
3. Зачем необходимо повышенное давление для протекания жидкофазного окисления?

#### Литература

1. Mishra V. S., Mahajani V. V., Joshi J. B. Wet Air Oxidation. – Industrial & Engineering Chemistry Research. – 1995. – Vol. 34. – Iss. 1. – Pp. 2-48.
2. [www.en.wikipedia.org/wiki/Wet\\_oxidation](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Wet_oxidation)
3. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 2. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 884 с.

## РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### Глоссарий к разделу 2

- 1. Матрица (связующее)** – компонент, обладающий непрерывностью по всему объему композиционного материала.
- 2. Арматура (наполнитель, включение)** – разделенный в объеме композиционного материала компонент, который может быть усиливающим или армирующим.
- 3. Межфазная граница** – граница раздела между связующим и наполнителем, имеющая свойства отличные от свойств связующего и наполнителя.
- 4. Золь-гель процесс** – технология получения материалов с определенными химическими и физико-механическими свойствами, включающая получение золя и последующий перевод его в гель.
- 5. Интеркаляция** – обратимое включение молекулы или группы между другими молекулами или группами.
- 6. Золь** – высокодисперсная коллоидная система с жидкой дисперсионной средой.
- 7. Гель** – дисперсная система с жидкой дисперсионной средой, в которой частицы дисперсной фазы образуют пространственную структурную сетку.
- 8. Эпитаксия** – ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого (подложки).
- 9. Диод Ганна** – тип полупроводниковых диодов, использующийся для генерации и преобразования колебаний в диапазоне СВЧ на частотах от 0,1 до 100 ГГц.
- 10. Легирующая примесь** – вещество используемое для добавления в состав основного материала для изменения (улучшения) физических и/или химических свойств основного материала.
- 11. Гетероструктура** – выращенная на подложке слоистая структура из различных полупроводников.
- 12. Газофазная эпитаксия** – получение эпитаксиальных слоев полупроводников путем осаждения из парогазовой фазы.
- 13. Молекулярно-лучевая эпитаксия** – эпитаксиальный рост в условиях сверхвысокого вакуума. Позволяет выращивать гетероструктуры заданной толщины с монокристаллическими гетерограницами и с заданным профилем легирования.
- 14. Прекурсор** – вещество, участвующее в реакции, приводящей к образованию целевого вещества.
- 15. Метод жидкофазного окисления** – метод, при котором окисляются органические и элементарноорганические примеси сточных вод с помощью кислорода при повышенной температуре и давлении.
- 16. Пресс-фильтр** – аппарат периодического действия для разделения под давлением жидких неоднородных систем (суспензий, пульп) на жидкую фазу и твердую фазу.

## РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

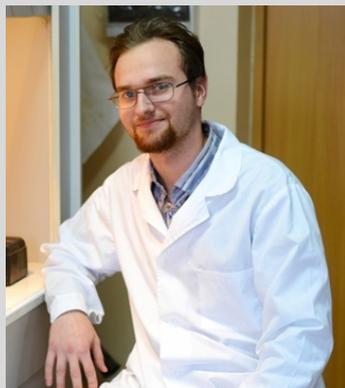
**Автор:** Волкова Мария Анатольевна.



**Область научных интересов:** термодинамика реакций комплексообразования ионов *d*-металлов с N- и O-донорными лигандами и сольватации реагентов в бинарных смесях смешанных неводных растворителей.

**Научные достижения:** публикации в ведущих российских журналах, в том числе 4 статьи, более 15 тезисов. Автор является победителем и призером различных конференций и конкурсов, в том числе Конкурса грантов для поддержки студенческих научно-исследовательских работ на 2013/2014 учебный год.

**Автор:** Макаров Владимир Владимирович.



**Область научных интересов:** химия порфиринов и родственных соединений, экстракция и химическая модификация хлорофиллов, исследование кинетики реакций комплексообразования, крашение текстильных волокон.

**Научные достижения:** опубликована 1 статья, 2 статьи направлены в печать, имеется 6 тезисов. Автор является победителем и призером различных конференций и конкурсов, а так же исполнителем гранта РФФИ (проект 13-03-00557-а).

---

### 3.1. Жидкие композиционные материалы

---

#### Особенности жидких композиционных материалов

---

Современный уровень развития техники вызывает необходимость создания новых материалов, обладающих особыми, не присущими природным материалам свойствами. Применение этих материалов приведет к экономии использования природных богатств нашей планеты. К таким новым материалам относят **композиционные материалы**.

**Композит** – это искусственно созданный многокомпонентный материал.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

Композиционные материалы, как правило, состоят из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т.д.

Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих.

Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик.

Уникальность композитов состоит в том, что можно заранее спроектировать материал таким образом, чтобы придать изделию из него свойства, необходимые для конкретной области применения.

#### Интересный факт

То, что малые добавки волокна значительно увеличивают прочность и вязкость хрупких материалов, было известно с древнейших времен. Во времена египетского рабства евреи добавляли солому в кирпичи, чтобы они были прочнее и не растрескивались при сушке на жарком солнце. Еще один композит древнего Египта содержал намного больший процент волокон, чем египетские кирпичи. Оболочки для египетских мумий делали из кусков папируса (наполнитель), пропитанных смолой

Более правильным названием для данной группы материалов является термин **«текущие композиты»**, однако, в нашей стране широко применяется также выражение **«жидкие композиты»**, что тоже не является ошибкой или неточностью.

В Российской Федерации уже сложились все базовые предпосылки для формирования самостоятельной композитной отрасли, ведь вне зависимости от того, где применяются изделия из композитов, основные технологические приемы их переработки остаются одним и теми же. Однако до сих пор она пребывает в зачаточном состоянии.

---

#### Особенности применения жидких композиционных материалов

---

Раньше композиционные материалы применялись в основном при создании самолетов и космических аппаратов. Сегодня композиционные материалы вошли в нашу повседневную жизнь и с каждым годом применяются во все большем количестве отраслей.

В *строительной и деревообрабатывающей* отраслях широкое распространение получил новый древесно-полимерный композит **«жидкое дерево»**.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

**Жидкое дерево** – это новый полимерно-древесный композит, созданный немецкими учеными из измельченной древесины, синтетических или органических модификаторов и полимеров. Основным компонентом жидкого дерева является дерево в виде древесной муки – 50-70%. В последнее время начали выпускать жидкое дерево, где доля древесины составляет до 90%. Кроме опилок, в состав композита также могут входить и другие растительные волокна: солома, рисовая шелуха, пенька, ореховая скорлупа, отходы производства растительных масел.

Связующим компонентом может выступать любой термопластичный полимер<sup>1</sup>, но в основном используют полипропилен, полиэтилен и поливинилхлорид. В качестве органических модификаторов применяют казеин<sup>2</sup>, зерновой крахмал, отходы кожевенных и бумажных производств. Использование органических добавок позволяет удешевить производство композита.

В процессе производства в состав жидкого дерева вводят различные добавки-модификаторы: антимикробные средства, светостабилизаторы, температурные стабилизаторы, антиокислители, противоударные модификаторы.

По внешнему виду жидкое дерево напоминает древесину, однако при этом имеет большое количество полезных свойств:

- экологически чистый материал; в составе материала отсутствуют такие вредные вещества, как формальдегиды<sup>3</sup>;
- высокая устойчивость к механическим повреждениям;
- большой температурный диапазон использования: от -50°C до +180°C;
- благодаря антимикробным добавкам не поддается поражению грибкам и бактериям;
- не требует покраски, пропитки маслом и другими средствами, в отличие от дерева;
- высокая пожаробезопасность;
- не рассыхается;
- отличная влагостойкость;
- не выгорает от действия ультрафиолетовых лучей;
- стойкое к действию кислот, щелочей, нефтепродуктов;
- возможна вторичная переработка.

Для обработки жидкого дерева пользуются теми же инструментами, что и для дерева. Его без особых усилий можно подвергать механической обработке: резать, строгать, делать отверстия. Жидкое дерево отлично удерживает шурупы, гвозди, скобы. Для склеивания применяют клей, как и для дерева. Благодаря наличию полимерной составляющей жидкому дереву при нагревании можно придать различную форму, которая сохранится после охлаждения материала.



Рис. 3.1. Бассейн из жидкого дерева

Благодаря большому количеству положительных свойств жидкое дерево широко используется при строительстве. Строительство коттеджей, причалов, бассейнов, бань, балконов и множества других типов построек – вот перечень, в каких случаях применяют этот композитный материал. Жидкое дерево прекрасно смотрится в сочетании с кирпичом, бетоном, стеклом и пластиком. Устойчивость к морозу, солнцу и дождю дает возможность изготавливать из жидкого стекла наружные вентилируемые фасады, террасную доску. Для внутренней отделки используют вагонку, половую доску, обшивку стен, плинтус, декоративные профили, изготовленные из жидкого дерева. Изделия из этого композита также нашли применение в ландшафтном дизайне.

Композиты прочно обосновались и в *медицине*. В настоящее время жидкие композиты выпускают большинство фирм-производителей **стоматологических материалов**.

Более глубокое понимание проблем кариеса, развитие щадящих методов препарирования твердых тканей зубов, совершенствование технологий производства и клинического применения композитных материалов привели к необходимости создания жидких композитов, которые проникали бы в небольшие дефекты, фиссуры<sup>4</sup>, надежно заполняли бы «проблемные» участки кариозной полости.

В настоящее время жидкие композиты выпускают большинство фирм-производителей стоматологических материалов «Filtek Flow» – 3М, «Flow Line» – Heraeus /Kulzer, «Flow It!» – Jeneric/Pentron.

Жидкие композиты имеют модифицированную полимерную матрицу<sup>5</sup> на основе высокотекучих смол. Жидкие композиты обладают достаточной прочностью, хорошими эстетическими характеристиками, рентгеноконтрастностью<sup>6</sup>, высокой эластичностью. Они легко вводятся в кариозную полость из шприца через игольчатый аппликатор. Благодаря высокой тиксотропности<sup>7</sup> (способность растекаться по поверхности, образуя тонкую пленку), материал хорошо проникает в труднодоступные участки и не стекает с обработанной поверхности. Некоторые фирмы производят композиты различной степени текучести: среднетекучие («Flow LF», «Aeliteflo») и сильнотекучие («Flow It!», «AelitefloLV»).

Недостатком жидких композитов является довольно значительная полимеризационная усадка<sup>8</sup> (около 5%).



*Рис. 3.2. Проникновение жидкого композита в полость зуба*

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

Показания к применению жидких композитов:

- пломбирование полостей, дефектов, эрозий эмали и т.д.;
- реставрация мелких сколов эмали;
- пломбирование небольших полостей на жевательной поверхности;
- герметизация фиссур;
- инвазивное<sup>9</sup> и неинвазивное<sup>10</sup> закрытие фиссур;
- пломбирование зубов «методом слоеной реставрации» – создание «начального» (суперадаптивного слоя);
- реставрация сколов фарфора и металлокерамики;
- восстановление краевого прилегания композитных пломб;
- фиксация фарфоровых вкладок и виниров<sup>11</sup>, протезов и прочих зубных систем.

#### Интересный факт

В последнее время среди стоматологических композитов выделили так называемые нанокompозиты. В нанокompозитах в качестве наполнителя используют частицы «наноразмера» (наномеры), которые имеют размер до 0,1 мкм (100 нм). Наномеры имеют тенденцию к агрегации с образованием нанокластеров, поэтому реально нано-композит в качестве наполнителя содержит смесь наномеров и нанокластеров. Нанокластеры ведут себя как отдельные частицы, и современные технологии позволяют управлять их размерами и формой. В результате объединения в одном материале наномеров и нанокластеров материал имеет высокую наполненность (более 75%), что обеспечивает высокую прочность.



*Нанокompозит на основе фосфата кальция, заполняющий «дырку» в зубе. Нанокompозит может «в нужный момент» испускать вещества, поддерживающие уровень pH полости рта, а также восстанавливать минеральные вещества, утраченные зубом*

Текущие композиты применяются для изготовления прокладки под реставрации с целью исключения послеоперационной чувствительности и улучшения краевого прилегания.

Применение текущих композитов также обуславливается их консистенцией (легкость проникновения в труднодоступные места, «смачивающий» эффект) и высокой эластичностью, позволяющей избежать микротравм дентина<sup>12</sup> из-за полимеризационной усадки (снижая риск послеоперационной чувствительности). В отличие от стеклоиономеров<sup>13</sup> они практически нерастворимы в

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

воде, не разлагаются при протравливании и не растрескиваются при высушивании.

Жидкие композиты позволяют улучшить качество лечения. Желательным свойством является продолжающееся выделение фтора в течение всего периода существования реставрации – кариесостатический эффект<sup>14</sup>. Жидкие композиты имеют диапазон наиболее применяемых оттенков, что важно для эстетики. И, наконец, легкость использования – тоже одно из достоинств жидких композитов.

В настоящее время заметна тенденция перехода на **альтернативные источники энергии. Жидкое композитное топливо** получается смешением газовых конденсатов или нефтей, близких к ним по компонентному составу, с тяжелыми фракциями переработки нефти (мазут, вакуумный дистиллят, тяжелый газойль<sup>15</sup> каталитического крекинга и т.д.).

Топливо предназначено для поставки потребителям Российской Федерации и экспорта с целью его использования как топлива для различных тепловых установок и исходного продукта для последующей переработки.

Топливо не допускается к применению в качестве котельного и судового топлива, топлива для бензиновых и дизельных двигателей и бытового растворителя.

Табл. 3.1. Требования к топливу\*

Наименование показателя	Значение показателя для сорта			
	1	2	3	4
1. Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета			
2. Плотность при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	0,750-1,000			
3. Фракционный состав:				
а) температура начала кипения, °C, не ниже	25			
б) объем испарившегося топлива, %, при температуре:				
• до 250°C, не более	65			
• до 350°C, не более	80			
4. Массовая доля серы, %, не более св.	1,0	2,0	2,8	2,8
5. Массовая доля механических примесей, %, не более	0,1			
6. Массовая доля воды, %, не более	0,5			
7. Число омыления, не более	4,0			
8. Массовая доля сульфатной золы, %, не более	1,0			
9. Вязкость кинематическая при 50°C, мм <sup>2</sup> /с, не более		2,0	0,0	

\* Методы испытания: по соответствующим ГОСТам и методикам.

В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 по степени воздействия на организм человека топливо относится к 4-му классу опасности.

## РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### Интересный факт

Процесс производства искусственного композитного жидкого топлива (ИЖКТ) может основываться также и на торфяном гидрогеле. По своим параметрам это топливо напоминает мазут, но по некоторым показателям является во много раз более качественным. Получать искусственное жидкое топливо можно из местных топливных ресурсов. При низких температурах топливо обладает более низкой вязкостью, чем мазут, поэтому без труда перекачивается без предварительного подогрева. Во время производства жидкого топлива в него легко можно добавить различные катализаторы. ИЖКТ может полностью и целиком стать аналогом мазута для котельных. Оборудование при этом менять не придется – только мазутные горелки. Выработка и сжигание торфоугольного топлива – это экологически чистый процесс. Исходным материалом может служить не только уголь, но и отходы углеобогащения и графитного производства. Это еще более удешевляет изготовление, а качество остается прежним.

---

### Перспективы развития композитной отрасли в России

---

Применение жидких композиционных материалов в строительной и деревообрабатывающей отраслях, в медицине и при разработке новых источников энергии – это далеко не единственные примеры успешного внедрения уникальных материалов в нашу жизнь.

Несмотря на целый комплекс проблем в российской композитной отрасли, таких как:

- технологическая отсталость отечественного производства (причем как исходного сырья, так и конечных продуктов);
- отсутствие крупных потребителей композитных изделий в тех областях промышленности, где композиты способны заменить традиционные;
- отсутствие действующей и работоспособной системы технического регулирования, отсутствие современных стандартов, регламентирующих производство и методы испытания композитов, –

в России в настоящий момент формируются условия для ее развития.

Государством была предложена идея инновационного развития промышленности страны с помощью такого инструмента, как *технологические платформы*. Особенностью технологической платформы является учет точек зрения всех заинтересованных сторон (государства, промышленности, научного сообщества и потребителей) с целью формирования условий для распространения в экономике передовых технологий.

Кафедра технологии химических волокон и композиционных материалов (ТХВ и КМ) Ивановского государственного химико-технологического университета готовит специалистов в области получения и переработки полимерных ма-

териалов по специальности «Технология и оборудование производства химических волокон и композиционных материалов на их основе».

Холдинговая компания «Композит» – это крупнейший в России производитель композиционных материалов нового поколения. Холдинговая компания «Композит» создана в 2009 году с целью формирования рынка композиционных материалов в России.

### Вопросы и задания

1. Сформулируйте определение композитных материалов, дайте их классификацию. Приведите примеры жидких композитных материалов (не менее трех). В каких областях они могут быть использованы?
2. Высокая стоимость композитных материалов обусловлена высокой наукоемкостью производства, необходимостью применения специального дорогостоящего оборудования и сырья, а, следовательно, развитого промышленного производства и научной базы страны. За счет каких компонентов/факторов можно удешевить производство композита?
3. При эксплуатации композитных материалов могут выделяться пары, которые часто являются токсичными. Если из композитных материалов изготавливают изделия, которые будут располагаться в непосредственной близости от человека, то для одобрения их производства и применения требуются дополнительные исследования воздействия компонентов композитных материалов на человека. Какие это могут быть исследования?
4. Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними. Армирующие материалы – это элементы, усиливающие менее прочные материалы или изделия из них. Приведите примеры армирующих материалов в композитах.
5. Дайте сравнительную характеристику известного вам жидкого материала и его композитного аналога: раскройте их назначение, выявите достоинства и недостатки. Составьте небольшое эссе на тему «Традиционные материалы или композиты?».

### Литература

1. Маслов Б.П., Гусев Б.Б., Кондращенко В.И. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства. – Изд.: Научный мир. – 2006. – 560 с.
2. Строительный блог – путеводитель для тех, кто любит делать ремонт квартиры своими руками:  
[www.1-metr.com/997-zhidkoe-derevo-velikolepnyj-stroitelnyj-material.html](http://www.1-metr.com/997-zhidkoe-derevo-velikolepnyj-stroitelnyj-material.html)
3. Стоматологический портал:  
[www.stom-portal.ru/karies-zubov/tekuchie-zhidkie-flowable-kompoziti](http://www.stom-portal.ru/karies-zubov/tekuchie-zhidkie-flowable-kompoziti)
4. Национальный стандарт РФ «Топливо жидкое композитное. Технические условия»:  
[www.standartov.ru/norma\\_doc/52/52334/index.htm](http://www.standartov.ru/norma_doc/52/52334/index.htm)
5. Сайт кафедры технологии химических волокон и композиционных материалов (ТХВ и КМ) Ивановского государственного химико-технологического университета:  
[www.isuct.ru/e-publ/portal/dep/thvikm](http://www.isuct.ru/e-publ/portal/dep/thvikm)
6. Сайт холдинговой компании «Композит»:

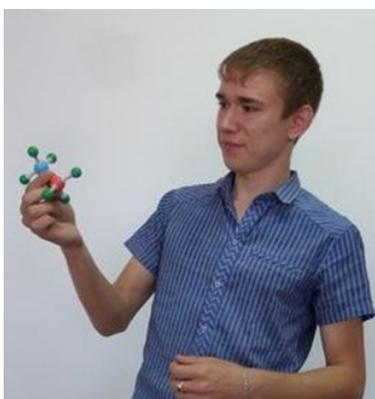
## РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ



**Автор:** Одинцова Екатерина Геннадьевна.

**Область научных интересов:** структурные свойства однокомпонентных и многокомпонентных систем в широком диапазоне параметров состояния по методам классической молекулярной динамики и неэмпирической молекулярной динамики Кара-Парринелло.

**Научные достижения:** опубликовано 2 статьи и 5 тезисов.



**Автор:** Кручин Сергей Олегович.

**Область научных интересов:** химия порфиринов и родственных соединений, экстракция, химическая модификация, комплексообразование, крашение текстильных материалов.

**Научные достижения:** опубликовано 3 статьи, 6 тезисов.

---

### 3.2. Высокотемпературные сверхпроводники и жидкие кристаллы

---

#### Особенности высокотемпературных сверхпроводников

---

На сегодняшний день одной из актуальных задач является разработка новых технологических решений, необходимых для обеспечения эффективной и высокотехнологичной энергетики. В последнее время в системе энергопотребления наблюдаются следующие тенденции:

- значительный рост потребления электроэнергии и необходимость увеличения передаваемой мощности по отдельным линиям электропередачи;
- необходимость использования компактных линий электропередачи (причина: высокая стоимость земли);
- повышенные требования к обеспечению надежности и управляемости работы электрических сетей;
- жесткие условия экологической безопасности.

Возможность эффективного решения этих проблем заключается в применении современных кабельных систем электропередачи. Внедрение сверхпро-

водящих проводов и электротехнического оборудования на базе **высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) материалов** является наиболее результативным подходом.

**Сверхпроводники** – это материалы, не оказывающие сопротивление электрическому току, он передается стопроцентно без потерь.

Мощным толчком к развитию сверхпроводниковых технологий послужило открытие *Георгом Беднорцом* и *Карлом Мюллером* (синтезировали вещество  $Ba-La-Cu-O$ , которое является высокотемпературным сверхпроводником) в 1986 году высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) с критическими температурами перехода в сверхпроводящее состояние, превышающими температуру 77,3 К (температура кипения жидкого азота при нормальном давлении).

Благодаря этому в ВТСП-технологиях появилась возможность замены хладагента<sup>16</sup>. Вместо не возобновляемого и дорогостоящего жидкого гелия (5-10 долларов за 1 литр) стал использоваться значительно более дешевый жидкий азот (0,1-0,3 долларов за 1 литр). Кроме того, это позволило упростить систему криостатирования, повысить ее надежность в эксплуатации, а также сократить эксплуатационные расходы.



Рис. 3.3. Й. Г. Беднорц и К. А. Мюллер

---

## Применение высокотемпературных сверхпроводников

---

К середине 90-х годов были разработаны конструкции 1-го поколения ВТСП-проводов на основе соединения  $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x$  (Bi-2223) (критическая температура – 104 К, критическая плотность тока –  $108 \text{ A/m}^2$ ).

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

Значительные перспективы практического применения ВТСП-технологий открылись при появлении в 2002-2003 годах высокотемпературных сверхпроводников 2-го поколения на основе иттриевых керамик. Плотность тока в сверхпроводниках 2-го поколения в несколько раз выше, чем в сверхпроводниках 1-го поколения. Увеличение плотности тока и использование сравнительно недорогих материалов в сверхпроводниках 2-го поколения дают основание полагать, что стоимость ВТСП-проводов 2-го поколения при массовом производстве может снизиться, что сделает сверхпроводящие кабели экономически более конкурентно-способными по отношению к кабелям традиционного исполнения.

#### Интересный факт

OLED-дисплеи (*Organic Light Emitting Diode*) – это электролюминесцентные дисплеи на органических светоизлучающих полупроводниках. Физически такой дисплей представляет собой цельное устройство, состоящее из нескольких очень тонких органических пленок, заключенных между двумя проводниками. Подача на эти проводники небольшого напряжения (2-8 В) и заставляет дисплей излучать свет. Основу OLED-матрицы составляют полимерные материалы.

Плюсы OLED-дисплеев:

- высокая яркость и контрастность (что должно обеспечивать читаемость дисплея в любых условиях);
- компактность и легкость;
- диапазон рабочих температур (от -30°C до +60°C);
- приличная механическая прочность, гибкость;
- потребляют меньше энергии (в отличие от TFT- и STN-дисплеев).

Сегодня сверхпроводники и изделия на их основе используются в самых различных областях техники и повседневной жизни людей:

- передача электроэнергии;
- создание новых медицинских приборов;
- создание миниатюрных и экономичных моторов и генераторов;
- создание электромагнитов;
- создание транспортных систем нового поколения и т.д.

В последние годы многие компании из различных стран мира ведут интенсивные разработки в области использования **сверхпроводящих кабелей** на основе ВТСП-технологий.

ВТСП-кабели имеют два типа конструкции, принципиально отличающиеся друг от друга: **ВТСП-кабели с холодным диэлектриком (CD)** и **ВТСП-кабели с теплым диэлектриком (RTD)**.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ



Рис. 3.4. Конструкция ВТСП-кабеля с холодным диэлектриком (CD):  
**1, 2** – жидкий азот; **3** – ВТСП-токопроводящая жила; **4** – диэлектрик; **5** – ВТСП-экран; **6** – криостат;  
**7** – оболочка



Рис. 3.5. Конструкция ВТСП-кабеля с теплым диэлектриком (RTD):  
**1** – жидкий азот; **2** – ВТСП-токопроводящая жила; **3** – криостат;  
**4** – диэлектрик; **5** – экран и оболочка

Табл. 3.2. Требования к топливу

ВТСП-кабели с холодным диэлектриком (CD)	ВТСП-кабели с теплым диэлектриком (RTD)
Элемент кабеля окружен коаксиальным сверхпроводящим слоем, предназначенным для экранирования магнитного поля	Нет такого сверхпроводящего слоя
Диэлектрик, «пропитанный» жидким азотом, располагается между токопроводящей жилой из ВТСП-материала и внешним экранирующим слоем	Конструктивно сходен с обычным кабелем
Возможность устранения потерь на переменном токе, вызванных воздействием магнитного поля, создаваемого токами в соседних фазах, а также вихревыми токами, наведенными в металлических частях соседнего оборудования	Требует меньшего расхода сверхпроводящего материала, в ней применяются обычные изоляционные материалы, поэтому стоимость этих кабелей существенно ниже

ВТСП-кабель с теплым диэлектриком по техническим свойствам уступает ВТСП-кабелю с холодным диэлектриком.

Преимущества ВТСП-кабелей по сравнению с традиционно применяемыми кабелями:

- большая пропускная способность при использовании более низкого класса номинального напряжения<sup>17</sup>, при меньших потерях, меньшем весе и компактности;
- пожаробезопасность;
- экологичность и др.

В последнее время большое внимание уделяется разработке интегральных транзисторов, использующих ВТСП-материалы или их комбинации с полупроводниками. Пока ВТСП-транзисторы уступают по характеристикам полупроводниковым приборам. Однако в перспективе они будут играть большую роль в создании ИС, полностью изготовленных на ВТСП-материалах. Сегодня уже созданы первые образцы пассивных СВЧ-компонентов (фильтры, резонаторы, фа-

зовращатели<sup>18</sup>, антенны, линии задержки и др.), рабочие характеристики которых позволяют использовать их в системах мобильной радиосвязи.

Основным ограничением для массового внедрения ВТСП-технологий является отсутствие эффективного производства ВТСП-2 проводов. Используемые в настоящее время методы и подходы не позволяют получить дешевые провода, что и является ключевой причиной, по которой до сих пор нет существенных сдвигов в области наращивания промышленного производства. Производимые зарубежными компаниями ВТСП-2 провода используют энерго- и ресурсоемкие технологии: *импульсное лазерное осаждение, осаждение из паровой фазы, жидкофазная эпитаксия (LPE), разложение металлоорганических соединений (MOD)* и др.

---

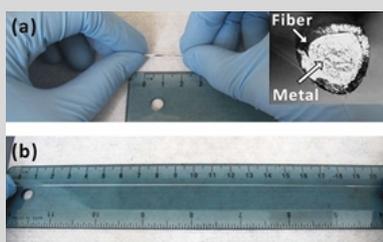
## Перспективы развития ВТСП-технологий в России

---

Сегодня в РФ нет собственного производства ВТСП-2 проводов. Все без исключения разрабатываемые у нас ВТСП-системы и оборудование создаются с использованием проводов зарубежного производства. Поэтому организация отечественного производства ВТСП-2 проводов является одним из ключевых условий реализации общероссийских приоритетных проектов энергосбережения и построения новой высокоэффективной энергетики. Разработанная российскими учеными **нанотехнология получения тонких и толстых функциональных покрытий из наночастиц (Polymer Assisted Nanoparticle Deposition – PAND)** рассматривается в настоящее время как одна из наиболее перспективных для промышленного производства ВТСП-2 проводов.

### Интересный факт

В Университете Северной Каролины (США) разработаны электрические провода, которые можно растянуть, увеличив их длину в восемь (!) раз при полном сохранении функциональности. Необычные изделия можно использовать везде, где применяются их более традиционные (но не высоковольтные) медные или алюминиевые аналоги, от наушников до телефонных зарядных устройств. Интересной особенностью новых проводов является проблема вытекания металла при механическом повреждении обкладки. Кстати, аналогичный вариант со ртутью по понятным причинам даже не рассматривается.



---

## Особенности жидких кристаллов

---

**Жидкие кристаллы (ЖК)** – это термодинамически устойчивые состояния вещества, обладающие одновременно физическими свойствами как жидкостей

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

(текучесть), так и твердых тел (анизотропия). По структуре ЖК представляют собой жидкости, похожие на желе, состоящие из молекул вытянутой формы, определенным образом упорядоченных во всем объеме этой жидкости. Наиболее характерным свойством ЖК является их способность изменять ориентацию молекул под воздействием электрических полей, что открывает широкие возможности для применения их в промышленности. Жидкие кристаллы – это субстанции, демонстрирующие различные фазы (твердое тело, жидкий кристалл или жидкость) при разных температурах.

#### Применение жидких кристаллов

Одно из важных направлений использования жидких кристаллов – это *термография*<sup>19</sup>. Подбирая состав жидкокристаллического вещества, создают индикаторы для разных диапазонов температуры и для различных конструкций. Например, жидкие кристаллы в виде пленки наносят на транзисторы, интегральные схемы и печатные платы электронных схем. Неисправные элементы – сильно нагретые или холодные, неработающие – сразу заметны по ярким цветовым пятнам.



Рис. 3.6. Цифровой ЖК индикатор температуры выхлопных газов

Неисправные элементы – сильно нагретые или холодные, неработающие – сразу заметны по ярким цветовым пятнам.

#### Интересный факт



Жидкие кристаллы получили широкое применение в сферах промышленного производства, а также в ювелирном деле. Некоторое время тому назад необычайной популярностью в США пользовалась новинка ювелирного производства, получившая название «перстень настроения». За год было продано 50 миллионов таких перстней.

В области медицины жидкие кристаллы нашли свое применение в термометрах, приборах для лечения и диагностики.

Врачи получили новые возможности, использование жидкокристаллического индикатора на коже больного позволяет быстро диагностировать скрытое воспаление (даже опухоль).



Рис. 3.7. ЖК-медицинский термометр

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ



Рис. 3.8.  
ЖК-индикатор  
(в интенсивной терапии,  
реанимации)

Благодаря жидким кристаллам обнаруживают пары вредных химических соединений и опасные для здоровья человека гамма- и ультрафиолетовое излучения. На основе жидких кристаллов созданы измерители давления, детекторы ультразвука.

Но самая широкая область применения жидкокристаллических веществ – это информационная техника. Всего лишь несколько лет прошло от первых индикаторов, знакомых всем по электронным часам, до цветных телевизоров с жидкокристаллическим экраном.

Такие телевизоры дают изображение весьма высокого качества, потребляя ничтожное количество энергии от малогабаритного аккумулятора или батареи.

Кроме того, жидкие кристаллы нашли применение и в *смарт-стеклах*.

**Смарт-стекло** (другие используемые названия: «умное стекло», «электрохромное стекло», «стекло с изменяющимися свойствами») – это композит из слоев стекла и различных химических материалов, используемый в архитектуре и производстве для изготовления светопрозрачных конструкций (окон, перегородок, дверей и т. п.), изменяющий свои оптические свойства (опалесценция (матовость), коэффициент светопропускания, коэффициент поглощения тепла и т.д.) при изменении внешних условий, например, освещенности, температуры или при подаче электрического напряжения.



Рис. 3.9. Измеритель  
параметров окру-  
жающей среды



#### Интересный факт

Необычное применение смарт-стекла – огромный стеклянный куб, способный выезжать из здания жилой башни на высоте 88 этажа (Eureka Towers, Мельбурн, Австралия). Куб вмещает в себя 13 человек. Когда он выступает на 3 м, стекло становится прозрачным, предоставляя посетителям обзор Мельбурна с высоты 275 м.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

*Жидкокристаллическое стекло состоит из:*

- внутреннего слоя, образованного совокупностью крохотных жидких кристаллов и заключенного между двумя прозрачными электрическими проводниками на тонкой пленке; проводники связаны с источником тока;
- внешних слоев, сделанных из стекла.

Когда устройство выключено, жидкие кристаллы ориентированы случайно и беспорядочно, рассеивают свет во всех направлениях, за счет чего стекло остается светопропускаемым и молочно-белым. Если устройство включить, под действием тока кристаллы приобретают четкую ориентацию и начинают пропускать свет.

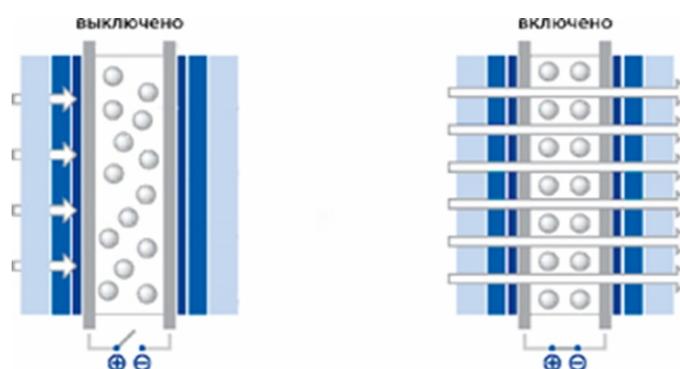


Рис. 3.10. Ориентация кристаллов внутреннего слоя под действием тока

*Преимущества смарт-стекла:*

- позволяет уменьшить потери тепла;
- позволяет сократить расходы на кондиционирование и освещение;
- служат альтернативой жалюзи и механическим затемняющим экранам, шторам;
- не пропускает ультрафиолетовое излучение (в прозрачном состоянии);
- хорошая звукоизоляция;
- гигиенично;
- моментальное переключение из полупрозрачного режима в неактивном состоянии в прозрачный при подаче питания.

*Недостатки смарт-стекла:*

- относительно высокая стоимость;
- необходимость использования электрического напряжения;
- мутность или меньшая прозрачность по сравнению с обычным стеклом.

#### Интересный факт

Панели смарт-стекла, изготовленные с применением специальной звукопоглощающей пленки PVB, используются для акустического зонирования помещений различного назначения.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ



*Рис. 3.11. Использование смарт-стекла для показа*

Главным образом смарт-стекло используется в помещениях – внутренние перегородки и двери, используемые многими компаниями для организации конфиденциальных комнат переговоров. В обычном состоянии такие помещения являются частью внутреннего пространства офиса, но при необходимости служат приватным помещением. Такую же функцию выполняет смарт-стекло в госпиталях для организации комнат осмотра пациентов. Также умное стекло используется в кассовых зонах банков, в зонах отдыха и примерочных в магазинах. В рекламе используются витрины из смарт-стекла, выходящие на улицу, для презентаций и рекламных роликов. При необходимости смарт-стекло может становиться прозрачным для обзора интерьера помещения или выставленных образцов (одежды, машин и т.д.), либо матовым и использоваться в качестве проекционного экрана.

#### Литература

1. Применение высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП): [www.ftemk.mpei.ac.ru/ctl/pubs/etm\\_full/metalsf/10.20.htm](http://www.ftemk.mpei.ac.ru/ctl/pubs/etm_full/metalsf/10.20.htm)
2. Сверхпроводниковые кабели: от лабораторных макетов к полупромышленным образцам: [www.kabel-news.ru/netcat\\_files/90/100/december\\_Sverhprovodnikovye\\_kabeli.pdf](http://www.kabel-news.ru/netcat_files/90/100/december_Sverhprovodnikovye_kabeli.pdf)
3. Жидкие кристаллы прекрасны и загадочны, и поэтому я их люблю. – Нанометр: [www.nanometer.ru/2007/08/09/liquid\\_crystal\\_3905.html](http://www.nanometer.ru/2007/08/09/liquid_crystal_3905.html)

#### Вопросы и задания

1. Какими особенностями обладают высокотемпературные сверхпроводники?
2. В чем заключаются отличия ВТСП-кабеля с холодным диэлектриком от ВТСП-кабеля с теплым диэлектриком? Подумайте и скажите, возможно ли в одном и том же устройстве использовать оба этих кабеля?
3. В чем состоят сходства и различия ВТСП первого и второго поколения?
4. Какие вещества называются жидкими кристаллами?

## РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ



**Автор:** Ситникова Ксения Андреевна.

**Область научных интересов:** термодинамика сольватации азотсодержащих лигандов в бинарных неводных растворителях.

**Научные достижения:** публикации в российских журналах, в том числе 3 статьи и 10 тезисов докладов.

### 3.3. Метод жидкофазного окисления

#### Основы метода жидкофазного окисления

**Метод жидкофазного окисления** («мокрое» сжигание, метод Циммермана) используют для обезвреживания жидких отходов и осадков сточных вод.

Суть метода состоит в окислении кислородом воздуха органических и элементоорганических примесей сточной воды при температуре 150-350°C и давлении 2-28 МПа.

О глубине процесса жидкофазного окисления органической части осадка судят по снижению величины ХПК (*химическая потребность кислорода*). В свою очередь, глубина процесса окисления зависит от температуры. Так, при температуре 200°C ХПК снижается на 50%; для снижения ХПК на 70% и более необходимо поддерживать температуру 250-300°C. Окисление осадка сопровождается выделением тепла. При влажности около 96% этого тепла достаточно для поддержания температурного режима, а энергия затрачивается, в основном, на подачу сжатого воздуха. Интенсивное окисление органического вещества осадка кислородом воздуха происходит в течение 30-40 минут.



#### Продукты жидкофазного окисления

Интенсивному окислению в жидкой фазе способствует высокая концентрация растворенного в воде кислорода, значительно возрастающая при высо-

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

ких давлениях. В зависимости от температуры, давления, концентрации примесей, количества окислителя и продолжительности контактирования, органические примеси окисляются либо с образованием органических кислот (в основном уксусной  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и муравьиной  $\text{HCOOH}$ ), либо полностью, с образованием диоксида углерода, воды и азота. Элементоорганические соединения в щелочной среде окисляются с образованием водных растворов солей (хлоридов, бромидов, фосфатов, нитратов и др.) и оксидов металлов. При окислении соединений, содержащих азот, вероятнее идет образование нитратов. Такие сточные воды нуждаются в доочистке концентрированием, сушкой или другими методами.

#### Достоинства и недостатки метода

Среди *достоинств* метода – возможность очистки большого количества сточных вод без предварительного концентрирования, отсутствие в продуктах окисления вредных веществ, универсальность и др.

*Недостатки*: неполное окисление некоторых веществ, высокая стоимость оборудования, образование накипи на теплопередающих поверхностях, коррозия.

Метод начинает использоваться в целлюлозно-бумажной, фармацевтической, нефтеперерабатывающей и др. отраслях промышленности.

#### Литература

1. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 304 с.
2. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. – Л.: Стройиздат, 1990. – 254 с.

#### Вопросы и задания

1. Что, кроме кислорода, может быть использовано в данном методе в роли окислителя?
2. Перечислите факторы, от которых зависят получаемые продукты окисления органических примесей.
3. В чем состоят сходства и различия жидкофазного восстановления и метода Циммермана?
4. В чем проявляется универсальность данного метода?
5. Какие методы очистки сточных вод можно также привести в пример? Подробно расскажите об одном методе.

## РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### 3.4. Лабораторный практикум

---

#### Задание 1. Производство жидкого дерева

---

Тщательно измельчите древесину и другие растительные волокна, далее смешайте их с термопластичными полимерами и различными добавками (в пропорциях, заданных преподавателем).

Нагревайте готовую смесь до почти жидкого состояния (опишите происходящий процесс сополимеризации).

Выдавите горячий расплав (под давлением!) в специальные формы (в зависимости от вида изделия используют формы нужной конфигурации), затем принудительно охладите залитые расплавом формы.

---

#### Задание 2. Пломбирование полостей

---

Подготовьте полость перед пломбированием (очистка производится с помощью протравочных гелей синего цвета на основе ортофосфорной кислоты (в концентрации 35%) или иных растворов, предложенных преподавателем).

Затем после ирригации полости дистиллированной водой и подсушивания быстро нанесите подготовительный материал (им может быть однокомпонентная бондинговая система V поколения «CharmBond» или иное средство, по усмотрению преподавателя), равномерно распределив его тонким слоем. Дождитесь отверждения нанесенной системы (в случае приведенной выше системы, время отверждения составляет 20 с, засекайте время отверждения нанесенной вами системы). Данная гидрофильная адгезивная система позволяет снизить риск возникновения «постоперативной» чувствительности зуба. Благодаря гидрофильным свойствам чрезмерное высушивание полости сводится к минимуму, что обеспечивает надежную фиксацию композитов к эмали и дентину и дает стабильные отдаленные результаты пломбирования.

На подготовленную таким образом поверхность поместите жидкотекучий композит на гладилке или, выдавливая его из шприца прямо в кариозную полость. Консистенция материала позволяет аккуратно выдавить необходимое количество в полость и на инструмент. Если при прекращении давления на поршень, остаточное количество жидкотекучего композита вытекло из шприца, уберите излишки, а также нежелательные пузырьки воздуха.

Так как все жидкотекучие композиты обладают достаточно большой усадкой по сравнению с другими пломбировочными материалами, то, при необходимости, повторите добавление композитного материала.

## РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

### Задание 3. Определение наличия в жидком композитном топливе тяжелых нефтяных фракций

Сущность метода заключается в определении наличия тяжелых нефтяных фракций, полученных в результате переработки нефти методом по [1], с обработкой данных полученных диаграмм в области температур выкипания до 538°C (1000°F).

Определение проводится с использованием газового хроматографа с пламенно-ионизационным детектором, насадочными колонками и криогенным устройством, позволяющим устанавливать начальную температуру анализа минус 30°C.

Результаты дистилляции представляют в виде таблицы отгона фракции (% масс.) по температурам выкипания, кривой разгонки и диаграммы распределения фракции по температурам кипения.

Диаграмму распределения фракций по температурам кипения используют для установления композитности топлива, и она должна иметь не менее двух максимальных и одного минимального значений процентного содержания фракций при определенных положительных значениях температур. Разности между максимальными и минимальными значениями отгона фракции должны быть не менее 20% относительных, а наличие двух максимумов является обязательным.

Первый максимум соответствует легкой фракции жидкого топлива – газовому конденсату, второй – тяжелой фракции переработки нефти. Зная минимальный процент отгона, рассчитывают содержание тяжелых фракций переработки нефти.

При оформлении результатов определения по [1] дополнительно представляют диаграмму распределения фракций по температурам кипения.

#### **Пример анализа диаграммы:**

На рис. 3.13 приведена диаграмма кривой распределения фракций по температурам выкипания жидкого композитного топлива, представляющего собой смесь газового конденсата и прямогонного мазута, построенная по данным табл. 3.3.

На диаграмме наблюдается четко выраженный минимум в пределах выкипания 240-300°C и два максимума: для газового конденсата – в пределах 120-180°C и мазута – в пределах 420-480°C. Относительная разность между первым максимумом и минимумом составляет более 37%, а между вторым максимумом и минимумом – 39%, что доказывает композитный характер топлива.

[1] АСТМ Д 5307-97 P02E01 – определение распределения по диапазону выкипания сырой нефти методом газовой хроматографии.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

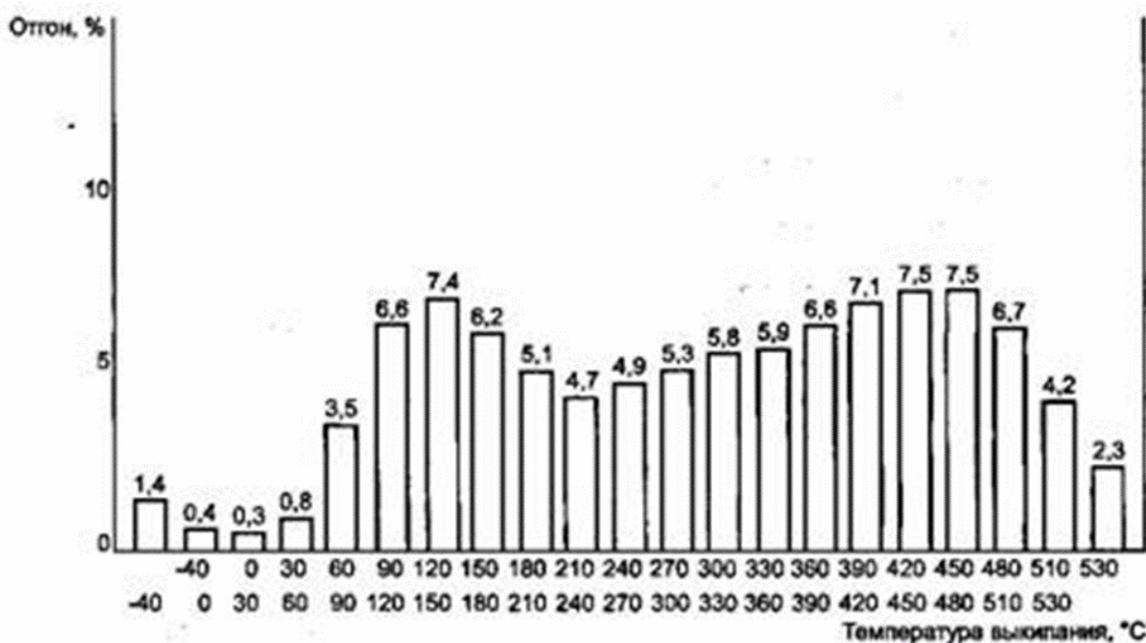


Рис. 3.13. Диаграмма кривой распределения фракций по температурам выкипания жидкого композитного топлива

По диаграмме определяют количество фракций, выкипающих до температуры 360°C, что составляет 58%, а количество тяжелых фракций, выкипающих при температуре выше 360°C, составляет соответственно 42%.

Табл. 3.3. Требования к топливу

Температура выкипания, °C	Отгон, %	Температура выкипания, °C	Отгон, %
минус 40	1,4	270-300	5,3
минус 40-0	0,4	300-330	5,8
0-30	0,3	330-360	5,9
30-60	0,8	360-390	6,6
60-90	3,5	390-420	7,1
90-120	6,6	420-450	7,5
120-150	7,4	450-480	7,5
150-180	6,2	480-510	6,7
180-210	5,1	510-530	4,2
210-240	4,7	530	2,3
240-270	4,9		

На рис. 3.14 приведена диаграмма кривой распределения фракций по температурам выкипания саратовской нефти, построенная по данным табл. 3.4.

Проанализируйте данную диаграмму по аналогии с предыдущей, сделайте сравнительный анализ обеих диаграмм.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

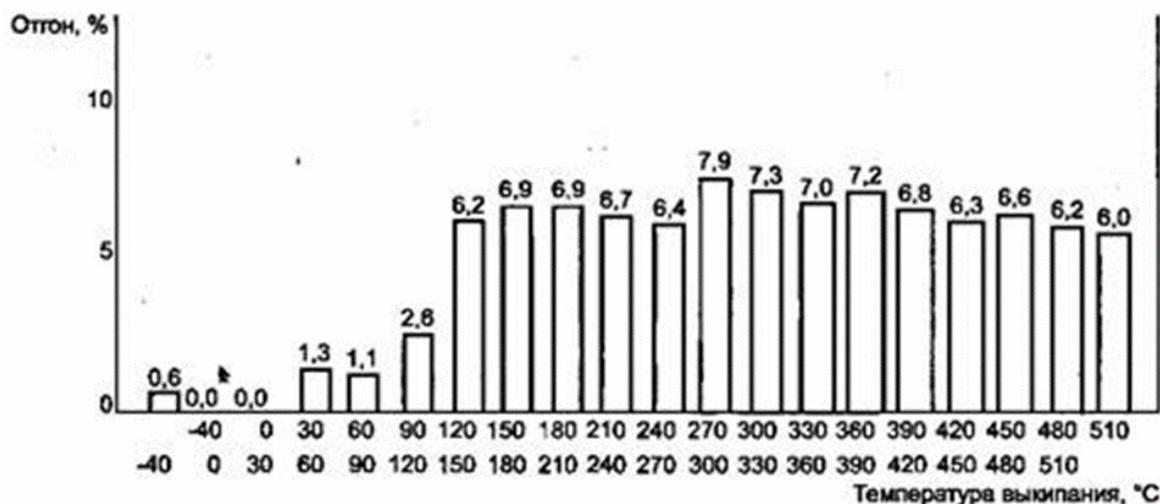


Рис. 3.14. Диаграмма кривой распределения фракций по температурам выкипания саратовской нефти

#### Глоссарий к разделу 3

- 1. Полимер** – высокомолекулярное соединение, вещество с большой молекулярной массой, состоящее из большого числа повторяющихся одинаковых или различных по строению атомных группировок, соединенных между собой химическими или координационными связями в длинные линейные или разветвленные цепи, а также пространственные трехмерные структуры.
- 2. Казеин** – сложный белок, образующийся при створаживании молока.
- 3. Формальдегид** – бесцветный газ с резким запахом, быстродействующий клеточный яд, канцероген.
- 4. Фиссуры** – естественные борозды (углубления) в твердых тканях коронки зуба (эмали).
- 5. Композиты с полимерной матрицей** – композиты, матрицей в которых является высокомолекулярное соединение.
- 6. Рентгеноконтрастные средства** – препараты, заметно отличающиеся по способности поглощать рентгеновское излучение от биологических тканей.
- 7. Тиксотропность** – способность растекаться по поверхности.
- 8. Полимеризационная усадка** – изменение первоначального объема пломбы в ходе отверждения.
- 9. Инвазивный метод** – запечатывание фиссур с предварительной препаровкой измененных тканей.
- 10. Неинвазивный метод** – профилактическая чистка зубов (без вмешательства в биологические структуры зуба).
- 11. Виниры** – зубные микропротезы, с функцией восстановления формы и/или цвета одного зуба или группы из нескольких зубов.
- 12. Дентин** – разновидность костной ткани, составляющая главную массу зуба.

### РАЗДЕЛ 3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СИСТЕМ И МАТЕРИАЛОВ

**13. Стеклоиономеры** – материалы, для которых характерно механическое сцепление с тканью зуба.

**14. Кариеостатический эффект** – выделение фтора в течение всего периода реставрации зубов.

**15. Газойль** – фракции нефти, выкипающие в интервале 200-400°C при перегонке.

**16. Хладагент (холодильный агент)** – рабочее вещество холодильной машины, которое при кипении и в процессе изотермического расширения отнимает теплоту от охлаждаемого объекта и затем, после сжатия, передает ее охлаждающей среде за счет конденсации (воде, воздуху и т.п.).

**17. Номинальное напряжение** – напряжение, на которое рассчитаны источники и приемники электроэнергии (генераторы, трансформаторы) в условиях нормальной работы.

**18. Фазовращатель** – устройство автоматики, преобразовательной и измерительной техники, служащее для изменения фазы электромагнитных колебаний.

**19. Термография** – совокупность методов регистрации и наблюдения теплового излучения, а также ряд методов копирования и создания изображения.

Табл. 3.4. Требования к топливу

Температура выкипания, °С	Отгон, %	Температура выкипания, °С	Отгон, %
минус 40	0,6	240-270	6,4
минус 40-0	0,0	270-300	7,9
0-30	0,0	300-330	7,3
30-60	1,3	330-360	7,0
60-90	1,1	360-390	7,2
90-120	2,6	390-420	6,8
120-150	6,2	420-450	6,3
150-180	6,9	450-480	6,6
180-210	6,9	480-510	6,2
210-240	6,7	510	6,0

Позволяет ли анализ диаграмм распределения фракций по температурам выкипания отличить жидкое композитное топливо от сырой нефти? Если да, то каким образом?

*Учебное издание*

Масленникова Алина Николаевна  
Отлетов Арсений Андреевич  
Дамрина Ксения Витальевна  
Ксенофонтов Александр Андреевич  
Серебрякова Мария Константиновна  
Волкова Мария Анатольевна  
Макаров Владимир Владимирович  
Одинцова Екатерина Геннадьевна  
Кручин Сергей Олегович  
Ситникова Ксения Андреевна  
Шепелев Максим Владимирович  
Вашурин Артур Сергеевич

## **ЖИДКОФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ И МАТЕРИАЛЫ В ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**

*Под редакцией кандидата химических наук,  
старшего научного сотрудника А.С. Вашурина и кандидата химических наук,  
старшего научного сотрудника М. В. Шепелева*

Подписано в печать 10.09.2014  
Усл. печ. л. 6.51. Уч.-изд. л. 7.22 Тираж 100

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный  
химико-технологического университет»  
153000, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7