

## ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### *Виктория Сергеевна Михайленко*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, обучающийся, тел. (983)132-17-79, e-mail: michailenko-vs@mail.ru

### *Мария Дмитриевна Горбунова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, обучающийся, тел. (962)791-52-74, e-mail: md.gorbunova01@mail.ru

### *Татьяна Вячеславовна Ларина*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры фотоники и приборостроения, тел. (923) 707-87-53, e-mail: larina\_t\_v@mail.ru

В данной работе рассмотрены особенности свойств ультрадисперсных материалов (УДМ). Материалы с размером морфологических элементов менее ста нанометров в ряде стран в 80-х гг. XX в. получили название наноматериалов, в нашей стране еще ранее – ультрадисперсных материалов. Цель данного исследования: дать определение ультрадисперсным материалам, рассмотреть методы их получения, указать их применение, а также определить значимость УДМ. При анализе данной темы, нами выявлены сферы применения УДМ.

**Ключевые слова:** Ультрадисперсные материалы, наноматериалы, дисперсные системы, ультрадисперсные алмазы, фуллерены, нанотрубки, методы получения, ультрадисперсные порошки

## FEATURES OF PROPERTIES OF ULTRA DISPERSED MATERIALS

### *Vitoria S. Mihaylenko*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (983)132-17-79, e-mail: michailenko-vs@mail.ru

### *Maria D. Gorbunova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (962)791-52-74, e-mail: md.gorbunova01@mail.ru

### *Tatiana V. Larina*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Senior Lecturer, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (923)707-87-53, e-mail: larina\_t\_v@mail.ru

In this work, features of the properties of ultradispersed materials are considered. Materials with morphological elements size less than one hundred nanometers in a number of countries in the 80s. XX century received the name of nanomaterials, in our country even earlier – ultrafine materials. The purpose of this study: to give a definition of ultrafine materials, to consider the methods of their preparation, to indicate their application, and also determine the significance of UDM. When analyzing this topic, we identified the areas of application of UDM.

**Keywords:** ultrafine materials, nanomaterials, disperse systems, ultrafine diamonds, fullerenes, nanotubes, production methods, ultrafine powders

## *Введение*

Актуальность данной темы определяется резким возрастанием интереса современной науки и технологии к низкоразмерным системам. Материалы с размером морфологических элементов менее ста нанометров в ряде стран в 80-х гг. XX в. получили название наноматериалов, в нашей стране еще ранее – ультрадисперсных материалов [1–5].

Целью данной работы является изучение ультрадисперсных материалов. Задачи: ознакомиться с теоретическими аспектами ультрадисперсных материалов, рассмотреть методы их получения и применения.

## *Методы и материалы*

К ультрадисперсным материалам, согласно распространенным определениям, относят материалы или системы с размером морфологических элементов менее 100 нм (нанометров). Выделение таких материалов в отдельный класс первоначально было обусловлено обилием экспериментальных фактов, подтверждающих изменение характеристик материала с уменьшением размера частиц порошка, толщины пленки, диаметра кристалла до нескольких десятков нанометров. Высокий прикладной интерес к ультрадисперсным материалам определяется эффективностью их применения в различных технологических областях – от создания конструкционных материалов до фармакологии.

Согласно принятому определению, ультрадисперсные среды, или ультрадисперсные системы, как и ультрадисперсные материалы, характеризуются настолько малым размером морфологических элементов – частиц кристаллитов, зерен, пор и др., что он соизмерим с одной или несколькими фундаментальными физическими величинами этого вещества. Причем соизмеримость может быть в одном, двух или трех измерениях.

Особое ультрадисперсное состояние твердых тел – наличие размерного эффекта – зависимости свойств материалов от их размерных характеристик.

Ультрадисперсные материалы относятся к дисперсным системам. Дисперсная система – это гетерогенная система, одна из фаз которой находится в раздробленном состоянии и распределена в другой фазе, называемой дисперсионной средой. Фаза, находящаяся в раздробленном состоянии – дисперсная фаза. Она состоит из частиц вещества, отделенных поверхностями раздела от дисперсионной среды.

Методы получения ультрадисперсных материалов классифицируют по-разному. Наиболее общая классификация делит все методы на две группы: диспергирование, т.е. измельчение тела, и конденсацию – образование новой фазы в гомогенной системе. Для диспергирования твердых тел используют механические аппараты: дробилки, мельницы, ступки (таблица).

Таким образом, общим условием формирования ультрадисперсных материалов в методах, основанных на конденсации вещества, является сочетание высокой скорости образования центров конденсации с малой скоростью их роста, а это происходит в условиях пересыщения, переохлаждения, перегрева.

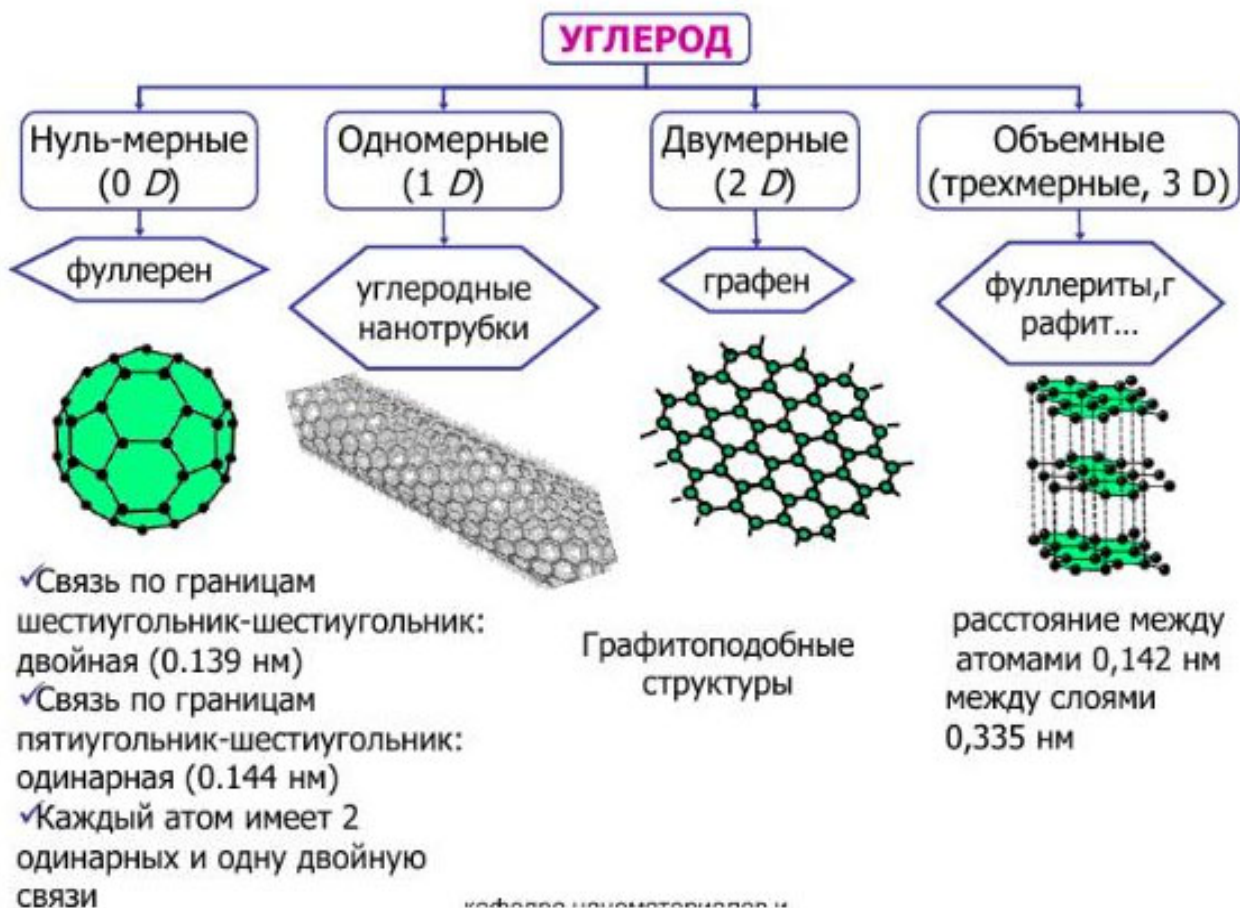
## Основные методы получения ультрадисперсных материалов

Исходный материал и его агрегатное состояние	Основные методы получения	Примечание
Металл в твердой фазе	Электродуговое диспергирование Электрический взрыв проводников в инертном газе или в жидкости	
Металл в газовой фазе	Конденсация в вакууме или газе при пониженном давлении (методы PVD – физическое испарение и осаждение)	Применяют практически для всех металлов. На воздухе частицы окисляются с образованием окисной пленки. Для получения малых частиц с чистой поверхностью используют конденсацию паров металла на поверхность замороженных растворителей (замораживают погружением в жидкий азот). Также применяют органические растворители с добавками ПАВ
Соединения металлов в твердой фазе	Восстановление водородом H <sub>2</sub> или оксидом углерода CO; Термическое разложение	
Соединения металлов в растворах	Осаждение в процессе химического восстановления ионов металлов Электролитическое восстановление	В этих методах получения используют ПАВ, позволяющие резко ограничить размер полученных частиц. Электролитическим способом в присутствии ПАВ получают органозоли – системы, содержащие малые частицы металлов в органических жидкостях
	Эмульсионный метод	Метод включает получение эмульсий – систем, содержащих стабилизированные капли воды (водных растворов соединений металлов) в органических неполярных жидкостях. Размер получаемых в результате реакций металлических частиц ограничен количеством исходного соединения, определяемого размерами капель

Обе группы методов получения ультрадисперсных частиц сопровождаются возникновением новой поверхности, при диспергировании – многократным увеличением ее площади.

Основные и наиболее распространенные методы получения ультрадисперсных металлов: метод испарения и конденсации паров металлов в среде инертного газа; термическое разложение солей; осаждение из растворов; электролитическое осаждение; плазмохимический синтез, электрический взрыв проводников.

Углеродные наноматериалы. К ним относят ультрадисперсные алмазы, фуллерены и нанотрубки (рисунок)



### Углеродные наноматериалы

Ультрадисперсные алмазы отделяют от остальных продуктов взрыва окислением неалмазных форм углерода, их газификацией и химическим растворением металлических примесей. Полученные порошки серого цвета обладают развитой поверхностью  $\sim 300 \text{ м}^2/\text{г}$ . Средний радиус частиц, определенный методом малоуглового рассеяния, составляет  $\sim 2\text{--}3 \text{ нм}$ .

Фуллерены и углеродные нанотрубки – замкнутые поверхностные структуры углерода, проявляющие специфические свойства как своеобразные материалы, как физические объекты и химические системы.

Фуллерены – молекулы из 60, 70, 76 и более атомов углерода, находящихся на поверхности сферы или сфероида.

Углеродные нанотрубки – полые углеродные цилиндры длиной от одного до десятков микрометров и диаметром от единиц до десятков нанометров, образующиеся при конденсации газообразного углерода в вакууме или инертном газе, например, при распылении графита в электрической дуге или лазерном испарении графита.

Применение ультрадисперсных порошков. Ультрадисперсные порошки применяют для получения материалов с повышенной пористостью, используе-

мых при изготовлении электродов аккумуляторов, в топливных элементах, в фильтрах и адсорбентах.

Добавки ультрадисперсных порошков используют при спекании микропорошков различного состава для получения материалов с мелкозернистой структурой, повышенной плотностью, соответственно, повышенными механическими свойствами. Ультрадисперсные добавки применяют для модификации свойств разных матриц, в том числе полимерных: для повышения прочности, износостойкости, микротвердости. Использование ультрадисперсных порошков в качестве компонентов твердофазного синтеза позволяет снижать температуры взаимодействий и получать продукты с новыми свойствами. Различные методы нанесения ультрадисперсных порошков на подложки практикуются при создании зародышевого слоя для наращивания пленок с малым размером зерна. Компактированием ультрадисперсных порошков при высоких давлениях получают наноструктурированные материалы. Диспергированием порошков в различных жидкостях получают высокодисперсные системы с жидкой средой.

Наноструктурированные материалы применяют в машиностроении, в частности в производстве турбореактивных двигателей. Керамические наноматериалы используют для изготовления деталей, работающих в условиях неоднородных термических нагрузок, в агрессивных средах [6–11].

### *Заключение*

Таким образом, степень разработки перечисленных выше применений различна, к актуальным проблемам, решение которых необходимо для создания базы нового этапа научно-технического прогресса, относятся необходимость междисциплинарного подхода к изучению ультрадисперсных материалов и подготовка специалистов в этой области.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыжонков Д.И.: Наноматериалы. - М.: БИНОМ, 2010.
2. Кормилицын О.П.: Механика материалов и структур нано- и микротехники. – М.: Академия, 2008.
3. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. – М.: Химия, 2013. – 400 с.
4. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б.Д. Сумм. - 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 240 с.
5. Рыжонков Д.И.: Ультрадисперсные системы: физические, химические и механические свойства. – М.: МИСиС, 2007.
6. Плошкин В.В.: Материаловедение. – М.: Юрайт, 2011.
7. Верещака А.А.: Некоторые аспекты выбора функциональных покрытий для режущих инструментов / А.А. Верещака // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета – 2013. – Т. III. №6. – С. 57-60.
8. Земсков, Ю. П. Материаловедение [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. П. Земсков. – СПб. : Лань, 2019. – 188 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11391>. – Загл. с экрана.

9. Масанский, О. А. Материаловедение и технологии конструкционных материалов [Электронный ресурс] / О. А. Масанский, В. С. Казаков, А. М. Токмин. и др. – Красноярск : СФУ, 2015. – 268 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/> – Загл. с экрана.

10. Арзамасов, В.Б. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Б. Арзамасов, А. А. Черепяхин, В. А. Кузнецов и др. – М. : Форум, 2008. – 272 с. – Режим доступа: <http://znanium.com> – Загл. с экрана.

11. Лахтин, Ю. М. Основы металловедения [Электронный ресурс] : учебник / Ю. М. Лахтин. – М. : НИЦ Инфра-М, 2013. – 272 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363145> – Загл. с экрана.

© В. С. Михайленко, М. Д. Горбунова, Т. В. Ларина, 2021