

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Декан геологического факультета МГУ  
 академик Д.Ю. Пущаровский  
 «2» сентября 2015 года



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Код и наименование дисциплины (модуля) **Методические аспекты синтеза наноматериалов**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. **Направление подготовки 05.06.01 Науки о Земле. Направленность программы «Минералогия, кристаллография»**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП относится к вариативной части ООП и является элективом для освоения на определенном периоде обучения (2-й год, 3-й семестр)
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>УК-1</b> Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<b>З1 (УК-1)</b> <i>Знать</i> основные методы научно-исследовательской деятельности. <b>У1 (УК-1)</b> <i>Уметь</i> выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. <b>В1(УК-1)</b> <i>Владеть</i> навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками

	выбора методов и средств решения задач исследования
<b>ОПК-1</b> способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области минералогии и кристаллографии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p><b>З1 (ОПК-1) ЗНАТЬ:</b> цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов</p> <p><b>У1 (ОПК-1) УМЕТЬ:</b> составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты</p> <p><b>В1(ОПК-1) ВЛАДЕТЬ:</b> систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
<b>ПК1</b> Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии	<p><b>З1(ПК-1) ЗНАТЬ:</b> методологию теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии</p> <p><b>Код У1(ПК-1) УМЕТЬ:</b> пользоваться результатами современных теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии</p> <p><b>Код В1(ПК-1) ВЛАДЕТЬ:</b> современными методами теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии</p>
<b>ПК2</b> Владение современными методами научных исследований в области минералогии и кристаллографии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	<p><b>З-1(ПК2) ЗНАТЬ:</b> новейшие информационно-коммуникационных технологии в области минералогии и кристаллографии</p> <p><b>У-1(ПК-2) УМЕТЬ:</b> пользоваться новейшими информационно-коммуникационных технологиями в области минералогии и кристаллографии</p> <p><b>В-1(ПК-2) ВЛАДЕТЬ:</b> современными методами научных исследований в области минералогии и кристаллографии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий</p>
<b>ПК4</b> способность выдвигать и обосновывать новые гипотезы в области минералогии и кристаллографии.	<p><b>З-1(ПК4) ЗНАТЬ:</b> современные дискуссионные темы в области минералогии и кристаллографии</p> <p><b>У-1(ПК-4) УМЕТЬ:</b> выдвигать и обосновывать новые гипотезы в</p>

	<p>области минералогии и кристаллографии</p> <p><b>В-1(ПК-4) ВЛАДЕТЬ:</b> методическими навыками проведения дискуссий по обсуждению новых гипотез в области минералогии и кристаллографии</p>
<p><b>ПК5</b> способность обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, законов и теоретических положений в области в области минералогии и кристаллографии.</p>	<p><b>З-1(ПК-5) ЗНАТЬ:</b> новые явления, закономерности и теоретические положения в области минералогии и кристаллографии</p> <p><b>У-1(ПК-5) УМЕТЬ:</b> обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, законов и теоретических положений в области своей научной специальности</p> <p><b>В-1(ПК-5) ВЛАДЕТЬ:</b> навыками выдвижения новых теоретических положений в области минералогии и кристаллографии</p>
<p><b>ПК6</b> способность обобщать и использовать результаты научных исследований в области минералогии и кристаллографии для решения практических задач хозяйственной деятельности.</p>	<p><b>З-1(ПК-6) ЗНАТЬ:</b> практические направления применения результатов своей научной деятельности</p> <p><b>У-1(ПК-6) УМЕТЬ:</b> обобщать и использовать результаты научных исследований для решения практических задач</p> <p><b>В-1(ПК-6) ВЛАДЕТЬ:</b> приемами решения задач прикладного характера на основании результатов своей научной деятельности</p>

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

**Объем дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных единицы, всего 216 часов, из которых 28 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (24 часов занятия лекционного типа, 4 часа занятий семинарского типа), 188 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.**

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия. **Не требуются**

8. Образовательные технологии (отметить, если применяется электронное обучение и дистанционные технологии). Дисциплина реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных технологий кафедры кристаллографии и кристаллохимии, в том числе баз данных кристаллических структур American Mineralogist, MINCRYST и электронных тестов, доступных в режиме удаленного пользователя.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

**Краткая аннотация.** Введение: основные понятия и определения, история возникновения нанотехнологий, примеры нанообъектов. Наноявления в природе. Основы классификации и основные типы структур наноматериалов. Особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах. Избыточная энергия Гиббса малых частиц. Фазовые размерные эффекты. Квантовые размерные эффекты. Электронная микроскопия. Зондовая микроскопия. Инфракрасная и рамановская спектроскопия. Магнитный резонанс. Рентгеновские методы. Компьютерное моделирование наносистем. Формирование наноструктур по принципу «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Золь-гель метод. Получение наночастиц в конденсированных средах. Осаждение из газовой фазы. Самосборка. Кристаллизация в аморфной фазе. Факторы, влияющие на стеклообразование. Стеклование. Вязкость. Кинетика кристаллизации стеклования. Углеродные наноструктуры. Природные нанокристаллы. Разупорядоченные кристаллы. Наноструктурированные кристаллы.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготов-ка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1. Введение. Назначение и задачи курса.	12	2					2	10		10

<p>Понятие о наноматериалах. Общая характеристика проблемы. Наноявления в природе. История развития и области применения наноматериалов и нанотехнологий. Междисциплинарность и мультидисциплинарность. Объекты и методы. Основы классификации и основные типы структур наноматериалов.</p>										
<p><b>Тема 2. Особенности свойств наноструктур и наноматериалов.</b>  Физические причины специфики свойств наноструктур. Размерный эффект. Корреляционный радиус. Структурные, термодинамические и физико-химические свойства.</p>	48	4	2				6	10	26	36
<p><b>Тема 3. Диагностика и методы исследования нанообъектов.</b>  Электронная микроскопия (ПЭМ, СЭМ). Зондовая микроскопия (СТМ, АСМ и др.). Спектроскопические методы (Инфракрасная и рамановская спектроскопия. Магнитный резонанс). Рентгенографические методы. Компьютерное моделирование наносистем.</p>	48	4	2				6	10	32	42

<b>Тема 4. Технологии получения наноматериалов.</b> Формирование наноструктур по принципу «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Золь-гель метод. Получение наночастиц в конденсированных средах. Получение («сборка кластеров»). Осаждение из газовой фазы. Самосборка. Кристаллизация в аморфной фазе. Факторы, влияющие на стеклообразование. Стеклование. Вязкость. Кинетика кристаллизации стеклования. Стеклокерамика.	62	8					8		54	54
<b>Тема 5. Объемные наноструктурированные материалы и углеродные наноструктуры.</b> Углеродные наноструктуры: графен, фуллерены, углеродные нанотрубки и нановолокна и др. Минералогические примеры. Разупорядоченные кристаллы. Наноструктурированные кристаллы. Природные нанокристаллы. Нанореакторы: нанотрубки, мезопористые матрицы (1D), слоистые двойные гидроксиды, глины (2D), цеолиты (3 D).	54	6	2				8	10	36	46
Промежуточная аттестация проходит в виде балльно-рейтинговой системы оценивания рефератов по темам 1-5										
<b>Итого</b>	<b>216</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>40</b>	<b>148</b>	<b>188</b>

\*Текущий контроль успеваемости реализован в рамках подготовки и устной сдачи рефератов по завершенным темам. Предусмотрены интерактивные дистанционные тесты по темам 1-2 (контрольное занятие № 1) и 3-5 (контрольное занятие №2).

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине (модулю).

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

*а) основная литература*

1. Bhushan B. Handbook of nanotechnology. Part 1. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, 953 p.
2. Nanoscale Science and Technology Edited by R. W. Kelsall, I. W. Hamley and M. Geoghegan, 2005 John Wiley & Sons, Ltd
3. Nanostructure Control of Materials. Edited by R. H. J. Hannink and A. J. Hill. Cambridge, England: Woodhead Publishing and Maney Publishing on behalf of the Institute of Materials, Minerals & Mining, 2006, 344 p.
4. Singh S.C., Zeng H., Guo C., Cai W. (Eds). Nanomaterials: Processing and Characterization with Lasers. Willey, 2012, 798 p.
5. Zhang J.Z. Optical properties and spectroscopy of nanomaterials. World Scientific Publishing, 2009, 396 p.
6. Леонюк Н.И. Копорулина Е.В., Волкова Е.А., Мальцев В.В. Рост кристаллов: лабораторный практикум с основами теории. Учебное пособие. М.: ГЕОС, 2014, 145 с.
7. Палатник Л.С, Папилов И.И. Эпитаксиальные пленки. М: Изд. «Наука», 1971, 480 с.
8. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: «Техносфера», 2005, 336 с.
9. Современная кристаллография. Т.3. Образование кристаллов. М.: Изд. «Наука», 1980, 430 с
10. Федоров А.В., Баранов А.В., Литвин А.П., Черевков С.А. Специальные методы измерения физических величин. Уч. пособие. С-Петербург 2014, 131 с.

*б) дополнительная литература*

Richard P. Feynman. «Plenty of Room at the Bottom». <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>

Лекции Научно-образовательного центра по нанотехнологиям МГУ. <http://nano.msu.ru/>

Материалы нанотехнологического сообщества «Нанометр» <http://www.nanometer.ru/>

Нанотехнологии. Азбука для всех.» под ред. Ю.Д. Третьякова. — М.: 11. Ресурсное обеспечение:

11. Ресурсное обеспечение:

- компьютерный класс с выходом в интернет
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
  - лекции Научно-образовательного центра по нанотехнологиям МГУ. <http://nano.msu.ru/>;
  - материалы нанотехнологического сообщества «Нанометр» <http://www.nanometer.ru/>;
  - портал о нанотехнологиях <http://www.nanonewsnet.ru/>;
  - база данных кристаллических структур МИНКРИСТ <http://database.iem.ac.ru/mincryst/> ;
  - программное обеспечение для визуализации кристаллов и кристаллических структур <http://www.shapesoftware.com/>
- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

- <http://database.iem.ac.ru/mincryst/>

[-http://www.shapesoftware.com/](http://www.shapesoftware.com/)

- Описание материально-технической базы. Для проведения занятий: интерактивных лекций-визуализаций, презентаций рефератов на семинарах – используется LCD проектор. Для самостоятельной работы аспирантов используется компьютерный класс с выходом в Интернет, коллекция кристаллических структур кафедры кристаллографии и кристаллохимии, доступная через учебный кабинет кафедры, доступ с базам данным по кристаллохимии и структурным данным, программное обеспечение для решения задач кристаллохимических задач, библиотека геологического факультета МГУ. Для интерактивной самоподготовки используется компьютер с выходом в Интернет. Также может проводиться работа в двух лабораториях кафедры по росту кристаллов.

12. Язык преподавания.: **русский**

13. Преподаватель (преподаватели).: **к.х.н., доцент Е.А. Волкова (volkova@geol.msu.ru)**

## Приложение

### Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) **Избранные главы теоретической кристаллохимии на основе карт компетенций выпускников**

Планируемые результаты обучения	Критерии и показатели оценивания результата обучения					Оценочные средства
	менее 15 баллов по БРС	от 15 до 39 баллов по БРС	от 40 до 59 баллов по БРС	или от 60 до 79 баллов по БРС	80 и более баллов по БРС	
ЗНАТЬ: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных	Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а	Баллы определяются на основе количественных оценок ПК



генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <b>Код З1(УК-1)</b>		генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	
<b>УМЕТЬ:</b> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов <b>Код У1 (УК-1)</b>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	Баллы определяются на основе количественных оценок ПК
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении	Баллы определяются на основе количественных оценок ПК

задач, в том числе в междисциплинарны х областях <b>Код В1 (УК-1)</b>		и практических задач	решении исследовательских и практических задач	решении исследовательских и практических задач	исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарны х областях	
ЗНАТЬ: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов <b>Код З1 (ОПК-1)</b>	Отсутств ие знаний	Фрагментарные представления о современных способах использования информационно- коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	В целом успешные, но не систематические представления о современных способах использования информационно- коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных способах использования информационно- коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	Сформированные представления о современных способах использования информационно- коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	Баллы определяются на основе количественн ых оценок ПК
УМЕТЬ: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с	Отсутств ие умений	Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно- теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно- теоретические методы для решения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно- теоретические методы для решения	Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно- теоретические методы для решения научной задачи	Баллы определяются на основе количественн ых оценок ПК

руководителем плану, представлять полученные результаты <b>Код У1(ОПК-1)</b>			научной задачи	научной задачи		
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме <b>Код В1(ОПК-1)</b>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	Успешное и систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	Баллы определяются на основе количественных оценок ПК
Знание методологии теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной

<b>Код З1(ПК-1)</b>						литературы
Уметь пользоваться результатами современных теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии <b>Код У1(ПК-1)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем)
Владеть современными методами теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии <b>Код В1(ПК-1)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков
Знание новейших информационно-коммуникационных технологий в области минералогии и кристаллографии <b>Код З-1(ПК2)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной литературы

<p>Уметь пользоваться новейшими информационно-коммуникационными технологиями в области минералогии и кристаллографии <b>Код У-1(ПК-2)</b></p>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем)
<p>Владеть современными методами научных исследований в области минералогии и кристаллографии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий <b>Код В-1(ПК-2)</b></p>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков
<p>Знать современные дискуссионные темы в области минералогии и кристаллографии <b>Код З-1(ПК4)</b></p>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной

						литературы
Уметь выдвигать и обосновывать новые гипотезы в области минералогии и кристаллографии <b>Код У-1(ПК-4)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем)
Владеть методическими навыками проведения дискуссий по обсуждению новых гипотез в области минералогии и кристаллографии <b>Код В-1(ПК-4)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков
Знать новые явления, закономерности и теоретические положения в области минералогии и кристаллографии <b>Код З-1(ПК-5)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной литературы
Уметь обобщать и использовать	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита

результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, законов и теоретических положений в области своей научной специальности <b>Код У-1(ПК-5)</b>						реферата (по количеству тем)
Владеть навыками выдвижения новых теоретических положений в области минералогии и кристаллографии <b>Код В-1(ПК-5)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков
Знать практические направления применения результатов своей научной деятельности <b>Код З-1(ПК-6)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной литературы

Уметь обобщать и использовать результаты научных исследований для решения практических задач <b>Код У-1(ПК-6)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем)
Владеть приемами решения задач прикладного характера на основании результатов своей научной деятельности <b>Код В-1(ПК-6)</b>	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие виды оценочных средств:

- индивидуальное собеседование,
- рефераты по темам
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие виды оценочных средств

- практические контрольные задания

**Типовые вопросы, темы рефератов и контрольные практические задания, необходимые для оценки результатов обучения**

1. Основы классификации и основные типы структур наноматериалов.
2. Общая характеристика проблемы наноявлений в природе.
3. Особенности физических свойств наноструктур и наноматериалов.
4. Получение наночастиц в конденсированных средах.



5. Формирование наноструктур методом золь-гель
6. Особенности получения стеклокерамики.
7. Мезопористые матрицы: особенности получения и применения.
8. Структура, механизмы роста и физические свойства фуллеренов и углеродных нанотрубок.
9. Особенности процессов самосборки в наносистемах, синтеза в аморфных и упорядоченных матрицах.
10. Спектроскопические методы исследования наноматериалов.
11. Объёмные наноструктурированные материалы.
12. Размерные эффекты в гетерогенных системах.
13. Методы определения размеров малых частиц.

**Разработчик** МГУ им. М.В. Ломоносова,  
Геологический ф-т

Кандидат хим. наук



Волкова Е.А.