

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ.Н.С.КУРНАКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИОНХ РАН)

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИОНХ РАН
чл.-корр.РАН В.К.Иванов
«03» 2020г.



Программа
дополнительного профессионального образования
(повышение квалификации)

**«Растровая электронная микроскопия
для изучения микроструктуры материалов»**

Москва
2020 г.

1. Дополнительная профессиональная программа повышения профессиональной квалификации разработана на основании требований соответствующего Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.04.02 Химия, физика и механика материалов (уровень магистратуры), утвержденным приказом от 17 июля 2017 г. № 670 Министерством образования и науки РФ.

2. Рассмотрено и одобрено директором ИОНХ РАН, чл.-корр.РАН В.К.Ивановым, приказ № 41-асп от 03.11.2020 г.

3. Разработчики:

Баранчиков Александр Евгеньевич - кандидат химических наук, доцент, заведующий Лабораторией синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья ИОНХ РАН;

Япрынцева Алексей Дмитриевич - старший преподаватель, научный сотрудник Лаборатории синтеза функциональных материалов и переработки минерального сырья ИОНХ РАН.

Пояснительная записка

Программа «Растровая электронная микроскопия для изучения микроструктуры материалов» охватывает основные вопросы по проведению измерений различными методами постановки электронно-микроскопических исследований для решения разнообразных структурных задач.

Программа данного курса направлена на подготовку специалистов, способных работать в современных условиях в области разработки и производства наносистем, требующих широких знаний как в области проектирования и технологии производства электронных систем, так и в методах их сертификации и измерений.

Курс разработан на основе оптимального соотношения теоретических и прикладных вопросов растровой электронной микроскопии для изучения микроструктуры материалов.

Программа разработана в соответствии с нормативными документами:

- Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказом Минобрнауки России от 01 июля 2013 г. № 499 (ред. от 15.11.2013 г.) «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам» (Зарегистрировано в Минюсте России 20 августа 2013 г. № 29444);
- Приказом Минобрнауки России от 12 сентября 2013 г. № 1061 «Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования» (с изменениями на 30 августа 2019 года);
- Приказом Минобрнауки России от 17 июля 2017 г. № 670 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 04.04.02 Химия, физика и механика материалов»;
- Проектом Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ Об утверждении профессионального стандарта «Научный работник (научная (научно-исследовательская) деятельность)».

Основная цель программы: совершенствование профессиональных компетенций слушателей в области растровой электронной микроскопии для изучения микроструктуры материалов.

1 . Требования к результатам освоения программы

1.1. Планируемые результаты освоения программы

В результате освоения программы повышения квалификации слушатель должен обладать следующие компетенции:

Код компетенции	Совершенствуемые компетенции	Планируемые результаты
ПК - 1	Готовность, основанная на реальном опыте работы, к проведению самостоятельных научно-исследовательских работ в области химии, физики, механики, наук о материалах и нанотехнологий, требующих широкой фундаментальной междисциплинарной подготовки и владения навыками современных экспериментальных методов.	Знать: - виды и принципы работы приборов электронной микроскопии; - информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов; - примеры решения современных материаловедческих задач с использованием данных методов анализа.
		Уметь: - осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики; - получить и провести содержательную интерпретацию научного результата; - делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента.
		Владеть: - навыками выбора метода микрорентгеноспектрального анализа для решения конкретной научно-исследовательской задачи; - навыками расчета размера частиц

		по адсорбционным данным; - навыками обработки нанокристаллических образцов.
ПК-2	Способность выработки новых теоретических подходов и принципов дизайна материалов и наноматериалов с заданными свойствами, решение фундаментальных задач в области современного фундаментального материаловедения и нанотехнологий.	Знать: - современные проблемы физики и химии.
		Уметь: - обработать данные, полученные на электронном микроскопе – применительно к конкретным образцам-наноматериалам. - использовать знания для решения фундаментальных и прикладных задач, технологических задач;
		Владеть: - навыками постановки электронно-микроскопических исследований для решения разнообразных структурных задач. - навыками подготовки поверхности образцов для исследований.
ПК-3	Способность к разработке новых, оригинальных и высокоэффективных, технологий получения современных материалов, биоматериалов и наноматериалов.	Знать: - способы защиты, хранения информации при проведении научных исследований.
		Уметь: - создавать авторские и пользоваться стандартными банками компьютерных программ и банками данных.
		Владеть: - навыками получения изображения в растровом электронном микроскопе и формировании спектров характеристического рентгеновского излучения; - навыками анализа возможности создания новых методик и технологий на базе проведенных исследований.

ПК-4	Готовность к экспертному исследованию с помощью современных методов анализа природы химических, физических и механических свойств материалов и наноматериалов, а также характера изменения реальной структуры материалов при вариации состава и условий синтеза.	Знать: - современные достижения наук о материалах при анализе влияния микро- и наномасштаба на механические, физические, поверхностные и другие материалы, взаимодействия материалов с окружающей средой; - методики подготовки изучаемых объектов, обработки и анализа результирующей информации. Уметь: - извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях; - самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации. Владеть: - навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
ПК-5	Готовность к самостоятельной высококвалифицированной эксплуатации современного синтетического и аналитического оборудования и приборов по избранному направлению исследований	Знать: - устройство растрового электронного микроскопа и основ физических процессов, протекающих в твердом теле при взаимодействии с электронным пучком; - порядок работы в программном обеспечении микроскопа и анализаторов.

		Уметь: - выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования вещества с помощью нано- и микросистемного оборудования - правильно интерпретировать полученные результаты.
		Владеть: - навыками использования растрового электронного микроскопа для исследования микроструктуры материалов.
ПК-6	Готовность к научной организации эксперимента, логистики средств и времени, проектирование научно-исследовательских работ в области наук о материалах и нанотехнологий.	Знать: - теорию, методы и способы организации научного эксперимента.
		Уметь: - организовывать и контролировать эффективное использование необходимых ресурсов. - представлять научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований в научных публикациях; - подавать заявки на изобретения.
		Владеть: - навыками анализа, систематизации результатов исследования; - навыками представления научно-обоснованных выводов по результатам экспериментальных исследований в виде научных отчетов, публикаций, проектов, презентаций.

1.2. Требования к слушателям (категории слушателей).

К освоению дополнительной профессиональной программы допускаются: лица, имеющие высшее образование.

1.3. Форма обучения: очная.

1.4. Трудоемкость: 36 ч.

2. Объем и содержание программы

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной деятельности	Зачетны е единицы	Академические часы, из них по семестрам:
Аудиторные занятия (всего):	1	36
Лекционные занятия (ЛЗ)		4
Практические занятия (ПЗ)		10
Лабораторные работы (ЛР)		10
Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации (СР)		8
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		4 Зачет
Общая трудоемкость	1	36

2.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№	Наименование модуля, темы	Содержание	Количество часов/форма занятий			
			ЛЗ	ПЗ	ЛР	СР
1.	Модуль 1. Теоретические основы растровой электронной микроскопии Тема 1.1. Основы метода растровой электронной микроскопии, взаимодействие электронов с веществом. Тема 1.2. Принципы формирования изображений и контраста в просвечивающей электронной микроскопии.	Базовые сведения о растровой электронной микроскопии (РЭМ), Принципы интерпретации полученных данных. Упругое взаимодействие. Отраженные электроны. Неупругое взаимодействие. Вторичные электроны. Дифракционная микроскопия (светлопольное, темнопольное изображения). Микроскопия высокого разрешения (изображение решетки, высокоразрешающее изображение).	2			
2.	Тема 1.3. Рентгеноспектральный микроанализ	Генерация рентгеновского излучения. Анализ рентгеновского излучения. Особенности (достоинства и недостатки) рентгеноспектрального микроанализа.	2			
3.	Тема 1.4. Основные узлы растрового электронного микроскопа.	Конструкция растрового электронного микроскопа. Разрешающая способность растрового микроскопа. Полупроводниковые и сцинтилляционные детекторы. Узлы растрового электронного микроскопа.		2	2	
4.	Тема 1.5. Требования к образцам, анализируемым методом растровой электронной микроскопии	Требования, предъявляемые к образцам, анализируемым методом растровой микроскопии. Преимущества растровой электронной микроскопии.		2	2	2
5.	Модуль 2. Общие вопросы материаловедения. Тема 2.1. История развития материаловедения. Современные проблемы материаловедения.	История развития материалов и история развития общества. Тенденция машиностроения. Разработка новых материалов. Технологические методы обработки материалов. Приоритетные направления развития науки,		2	2	2

		технологий и техники в России.					
	<u>Тема 2.2.</u> Классификация материалов. <u>Тема 2.3.</u> Строение материалов.	Классификация материалов по их назначению. Классификация материалов по условиям применения материала. Классификация твердых материалов по микроструктуре. Строение материалов.	2	2	2	2	
	<u>Тема 2.4.</u> Подготовка объектов для исследований и особые требования к ним. <u>Тема 2.5.</u> Микроскопический метод исследования металлов и сплавов.	Представление о микро и макроанализе металлических материалов; изучение устройства, принцип работы и основные характеристики металлографических микроскопов; технология приготовления микрошлифов; приобретение навыка использования металлографического микроскопа для исследования микроструктуры металлов и сплавов. Факторы, влияющие на качество получаемого изображения, разрешение и глубина фокуса в растровой микроскопии.	2	2	2	2	
			4	10	10	8	
		Зачёт	4				
		Итого:	36				

3. Учебный план

Наименование	Формы контроля				Всего часов				ЗЕТ	
					По плану	в том числе			Экспертное	Факт
	Экзамены	Зачеты	Зачеты с оценкой	Рефераты		По ЗЕТ	Ауд	СРС		
Растровая электронная микроскопия для изучения микроструктуры материалов			4		1	36	24	8	1	1

3.1. Календарный учебный график

Мес	Сентябрь				29 - 5	Октябрь			27 - 2	Ноябрь				Декабрь				29 - 4	Январь			Февраль				23 - 1	Март				Апрель				27 - 3	Май																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 28		6 - 12	13 - 19	20 - 26		3 - 9	10 - 16	17 - 23	24 - 30	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 28		19	20	21	22	23	24	25		16 - 22	96	27	28	29	30	31	32		33	34	35	36	37	11 - 17	39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
I группа																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

	I группа	II группа
Образовательная подготовка	4	4
П Практика		
Практика (рассред.)		
Н Научно-исследовательская работа и выполнение исследовательской работы		
Научно-исследовательская работа и выполнение исследования	28	28
Э Экзамены		
Г Государственная итоговая аттестация (итоговая аттестация)	4	4
К Каникулы		
Итого	36	36

4. Образовательные технологии

Технология процесса обучения по программе «Растровая электронная микроскопия для изучения микроструктуры материалов» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- б) самостоятельная работа слушателей;
- в) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;
- г) зачёт.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации слушателей

Образовательная деятельность обучающихся предусматривает следующие виды учебных занятий и учебных работ: лекции, практические и семинарские занятия, лабораторные работы, круглые столы, мастер-классы, мастерские, деловые игры, ролевые игры, тренинги, семинары по обмену опытом, выездные занятия, консультации, выполнение аттестационной,

дипломной, проектной работы и другие виды учебных занятий и учебных работ, определенные учебным планом.

Самостоятельная работа слушателей предполагает проработку лекционного материала в читальном зале библиотеки, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию, приборам, базы данных, к ресурсам Интернет.

Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

Освоение дополнительной профессиональной образовательной программы завершается итоговой аттестацией обучающихся в форме сдачи зачёта.

Лицам, успешно освоившим соответствующую дополнительную профессиональную программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдаются документы о квалификации: удостоверение о повышении квалификации.

6. Формы аттестации слушателей по программе

Текущий и промежуточный контроль осуществляется в виде:

- обсуждений промежуточных результатов работы, проделанных на растровом электронном микроскопе;
- выступления с докладом на конференциях;
- выступление с докладом на коллоквиуме лабораторий;
- выступление на секции Ученого совета с докладом;
- тестов;
- практических заданий и т.п.

Итоговая аттестация.

Освоение дополнительной профессиональной образовательной программы повышения квалификации завершается итоговой аттестацией обучающихся в форме сдачи зачета.

Материалы по текущему и промежуточному контролю, итоговой аттестации приведены в ФОС по программе повышения квалификации «Растровая электронная микроскопия для изучения микроструктуры материалов».

7. Организационно-педагогические условия реализации программы

7.1. Общесистемное обеспечение реализации программы

ИОНХ РАН располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов подготовки и работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к одной или нескольким электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам) и к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) ИОНХ РАН.

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий и квалификацией работников, ее использующих и поддерживающих.

Квалификация руководящих и научно-педагогических работников организации соответствует квалификационным характеристикам, установленным в Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел "Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования", утвержденном приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 11 января 2011 г. № 1н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 23 марта 2011 г., регистрационный № 20237), и профессиональным стандартам.

7.2. Кадровые условия реализации

Реализация программы обеспечивается руководящими и научно-педагогическими работниками ИОНХ РАН, имеющими ученую степень и публикации в ведущих отечественных и/или зарубежных рецензируемых научных журналах и изданиях, осуществляющими самостоятельную научно-исследовательскую деятельность.

7.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения успешного проведения всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы слушателей ИОНХ РАН располагает необходимой материально-технической базой. Аудитории для проведения занятий оснащены компьютерами и проекторами для показа мультимедийных презентаций.

Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российских научным базам данных имеют доступ к электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Информация о материально-технической базе, используемой при осуществлении образовательной деятельности по программе	
№ аудитории/форма проведения занятия	Наименование оснащенного помещения, с перечнем основного оборудования (с указанием количества)
Ауд. 16 для проведения практических занятий	Сканирующий (растровый) электронный микроскоп CarlZeissNVision 40 – 1 шт. Компьютер в комплекте: системный блок interCorei3 - 2 шт. Монитор черный Beng – 2шт. Клавиатура – 2шт. Мышь – 2шт. Стол – 1 шт.
Ауд.719. для проведения лабораторных занятий	Набор химической посуды, вытяжные шкафы, столы лабораторные. Аналитические весы – AdventurePro, Магнитная мешалка – AreHeatingMagneticstirrer, Магнитная мешалка – IKAC-MAGSH7, Магнитная мешалка – YELLOWWLineMSHbasic, Магнитная мешалка – IKARhbasic, Печь-Электродепо, центрифуга – Velocity 15M (microcentrifuge), Вакуумная установка – КПFLABoPORT, Вакуумная установка – BUCHIvacuumControllerV -800,

	Магнитная вешалка – IKARHdigital, УЗ ванна – ULTRASONICCLEANERCT – 406, Центрифуга – ЕВА 20, Спектрофотометр - СФ -56 ЛОМО-СПЕКТР6 Аналитические весы – ScoutPro. Офисные столы, стулья, лабораторные столы для приборов.
Ауд.401 для проведения лабораторных занятий	Мешалка магнитная с подогревом HeidolphMRHei-Standart – 4 шт. Мешалка магнитная многокомпозиционная с подогревом IKART 5 - 1 шт. Весы электронные аналитические AcculabALT – 80d4-I, Ультрафиолетовая лампа VL-6.LC – 1шт., Устройство просушки химической посуды «Экоприбор» – 1шт., Водяная баня HarryGestigkeitGMBH MU85/ER, Аквадистиллятор ДЭ-4-2– 1шт.
Комната 619 для проведения практических и лабораторных занятий	Весы электронные аналитические AcculabALT – 80d4-I, Ультрафиолетовая лампа VL-6.LC Прямой промышленный микроскоп Olympus BX43/ Монокристалльный рентгеновский дифрактометр Bruker P4 Монокристалльный рентгеновский дифрактометр Bruker SMART Монокристалльный рентгеновский дифрактометр Enraf-Nonius CAD4/ Низкотемпературная приставка Oxford Cryojet Офисные столы, стулья, лабораторные столы для приборов, компьютеры.
Ауд. 87а для проведения лекционных занятий	Стол, стулья, доска настенная, посадочные места на 18 человек, проекционное оборудование, экран. Доступ в интернет и обеспечение доступа в ЭИОС института. Переносной ноутбук – 2 шт. Указка лазерная – 1шт. Микрофон – 1 шт.
Читальный зал для самостоятельной работы	Учебное помещение для самостоятельной работы: Стол 18 шт., стулья 18 шт. Справочная и методическая литература (доступна в библиотеке БЕН РАН). Компьютерный класс на 1 место с доступом к основным мировым базам данных.
Комната 209б. Хранение и профилактическое обслуживание учетного оборудования	Компьютер в комплекте: системный блок interCorei3 - 1шт. Монитор черный Beng. Клавиатура – 2шт. Мышь – 2шт. Компьютер в комплекте: Системный блок inter Core i5/8Gb ddr4/ASUS Монитор BengGW 2270 черный МФУ – 1шт. МФУ imageRUNNER C3051, цветной Проектор SonyVPL –DW 122. Экран на штативе ClassicScutum 160*160 Экран мобильный 180*180 в комплекте DSK -1102.

7.4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Д. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. Москва: Техносфера, 2004. – 384 с.
2. Власов А.И., Елсуков К.А., Косолапов И.А.. Электронная микроскопия. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 168 с.
3. Д. Синдо, Т. Оикава. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. М.: Техносфера, 2006. – 256 с.
4. Characterization of Nanophase Materials. Ed. Z.L. Wang. Wiley-VCH Verlag GmbH. 2000.
5. Cazaux J. From the physics of secondary electron emission to image contrasts in scanning electron microscopy // J. Electron Micr., 2012. V.61. P.261–284.
6. G. Li, Q. Shi, S.J. Yuan, K.G. Neoh, E.T. Kang, X. Yang. Alternating Silica/Polymer Multilayer Hybrid Microspheres Templates for Double-shelled Polymer and Inorganic Hollow Microstructures // Chem. Mater. 2010. V.22. P.1309–1317.
7. V. Klang, C. Valenta, N.B. Matsko. Electron microscopy of pharmaceutical systems // Micron. 2013. V.44. P.45–74.
8. C.C. Müller-Goymann. Physicochemical characterization of colloidal drug delivery systems such as reverse micelles, vesicles, liquid crystals and nanoparticles for topical administration // Eur. J. Pharm. Biopharm. 2004. V.58. P.343–356.

Дополнительная литература:

1. Современные проблемы физической химии наноматериалов / Учреждение Российской акад. наук Ин-т физ. химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН ; под общ.ред. А. Ю. Цивадзе. - Москва: Граница, 2008. - 569 с.

2. T. Borodina, D. Grigoriev, E. Markvicheva, H. Möhwald, D. Shchukin. Vitamin E Microspheres Embedded Within a Biocompatible Film for Planar Delivery // *Adv. Eng. Mater.* 2011. V.13. P.B123–B130.
3. R.F. Egerton. *Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM.* Springer-Verlag, 2005. – 202 p.
4. V. GalvánJosa, S.R. Bertolino, J.A. Riveros, G. Castellano. Methodology for processing backscattered electron images. Application to Aguada archaeological paints // *Micron.* 2009. V.40. P.793–799.
5. A.-F. Gourgues-Lorenzon. Application of electron backscatter diffraction to the study of phase transformations: present and possible future // *J. Microscopy-Oxford.* 2009. V.233. P.460–473.
6. D.-H. Kim, W.R. Park, J.H. Kim, E.C. Cho, E.J. An, J.-W. Kim, S.-G. Oh. Fabrication of pseudo-ceramide-based lipid microparticles for recovery of skin barrier function // *Coll. Surf. B.* 2012. V.94. P.236–241.
7. J. Yao, S. Radin, P.S. Leboy, P. Ducheyne. The effect of bioactive glass content on synthesis and bioactivity of composite poly (lactic-co-glycolic acid)/bioactive glass substrate for tissue engineering // *Biomaterials.* 2005. V.26. P.1935–1943.
8. D. Lickorish, J.A.M. Ramshaw, J.A. Werkmeister, V. Glattauer, C.R. Howlett. Collagen–hydroxyapatite composite prepared by biomimetic process // *J. Biomed. Mater. Res.* 2004. V.68A. P.19–27.
9. T. Chen, J. Fu. An intelligent anticorrosion coating based on pH-responsive supramolecular nanocontainers // *Nanotechnology.* 2012. V.23. P.505705.
10. Kirk S.E., Skepper J.N., Donald A.M. Application of environmental scanning electron microscopy to determine biological surface structure // *J. Microscopy-Oxford.* 2009. V.233. P.205–224.
11. D.A. Loy, K.J. Shea. Bridged Polysilsesquioxanes. Highly Porous Hybrid Organic-Inorganic Materials // *Chem. Rev.* 1995. V.95. P.1431–1442.

12. G. Chinga-Carrasco, N. Averianova, M. Gibadullin, V. Petrov, I. Leirset, K. Syveruda. Micro-structural characterisation of homogeneous and layered MFC nano-composites // Micron. 2013. V.44. P.331–338.
13. Blackford J.R. Sintering and microstructure of ice: a review // J. Phys. D. 2007. V.40. P.R355–R385.
14. Неорганические материалы, 2016 (7,8,9,10,11,12). Журнал.

7.5. Перечень электронных информационных ресурсов (электронно-библиотечные ресурсы и системы; информационно-справочные системы и др.), необходимых для освоения программы

1. База данных Scopus^R издательства Elsevier B.V. (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 19.10.2020г. № 1189);
2. Электронный ресурс Freedom Collection издательства Elsevier B.V. (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 17.07.2020г. № 742);
3. База данных Reaxys^R издательства Elsevier B.V. (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 10.07.2020г. № 712);
4. Базы данных Web of Science (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 07.07.2020г. № 692);
5. База данных CSD-Enterprise (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 02.11.2020г. № 1226);
6. База данных Science Online (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 25.06.2020г. № 636);
7. База данных CSD-Enterprise (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 02.11.2020г. № 1226);
8. База данных SciFinderⁿ (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 25.06.2020г. № 635);

9. Базы данных издательства Springer Nature (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 17.07.2020г. № 743);

10. База данных Royal Society of Chemistry (Заявление – соглашение о предоставлении доступа к письму РФФИ от 20.10.2020г. № 1196);

11. Научная электронная библиотека Elibrary.ru (Лицензионное соглашение № 503 от 26.11.2018 г. (срок действия – бессрочно)).

Авторы программы:

Доцент, к.х.н.

Ст.преподаватель




А.Е.Баранчиков

А.Д.Япрынцев