

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**Геологический факультет**

«Утверждаю»

декан Геологического факультета

академик Д.Ю. Пушаровский

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ**

**Наименование практики**

**По кристаллографии и кристаллохимии**

Авторы-составители:

**проф. Еремин Н.Н.**

**Гурбанова О.А.**

**Уровень высшего образования: бакалавриат**

**Направление подготовки: 05.03.01 «Геология»**

**Направленность (профиль): «Геохимия»**

**Форма обучения: очная**

Программа одобрена на заседании  
Ученого совета Геологического факультета МГУ

(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ )

Москва, 201\_\_

Рабочая программа практики разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ №1674 от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2017.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## **1. Наименование практики, вид и форма её проведения:**

### **Практика по кристаллографии и кристаллохимии**

- вид практики: учебная
- форма проведения: дискретная

## **2. Цели и задачи практики:**

Целями практики являются: 1. Знакомство с различными методиками синтеза минеральных фаз и с методами исследования результатов экспериментов.

2. Закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях по курсу «Рост кристаллов», «Кристаллохимия», «Инфракрасная и мессбауэровская спектроскопия минералов», «Рентгеноструктурный анализ».

Задачами учебной практики являются: 1. Приобретение практических навыков работы с главными типами аппаратов для синтеза кристаллических фаз. 2. Освоение навыков планирования, подготовки, проведения и обработки результатов экспериментов на примере конкретных задач по моделированию условий синтеза.

## **3. Место практики в структуре ООП бакалавриата:**

Информация о месте дисциплины в учебном плане:

- вариативная часть
- блок: практики, в том числе научно-исследовательская работа
- тип - обязательный
- курс III
- семестр 6

Перечень дисциплин, которые должны быть освоены до начала освоения данной практики:

Практика направлена на закрепление навыков экспериментальной работы, полученных в ходе изучения курсов «Рост кристаллов», «Кристаллохимия», «Инфракрасная и мессбауэровская спектроскопия минералов», «Рентгеноструктурный анализ», «Минералогия»

## **4. Место, время и способ проведения практики**

- Способ проведения практики – выездная и стационарная.
- Период проведения практики – июнь.
- Практика проводится:
  - Выездная часть в ИЭМ РАН, г. Черноголовка Московской обл.,
  - Стационарная часть в ФНИЦ «Кристаллография и фотоника», г. Москва и на

Геологическом факультете МГУ

- Во время практики в ИЭМ РАН каждый студент проводит небольшое экспериментальное исследование, включающее подготовку и проведение эксперимента, описание и аналитическое изучение полученных образцов.
- В ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» получают практические навыки работы с оборудованием для изучения объектов методом мессбауэровской спектроскопии, исследуя образцы, полученные в ИЭМ РАН, или образцы из сферы научных интересов сотрудников ФНИЦ «Кристаллография и фотоника».

## **5. Требования к результатам освоения практики**

В соответствии с ОС МГУ и «Оценочными и методическими материалами формирования компетенций, оценивания уровня знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности у обучающихся и выпускников» освоение практики направлено на формирование следующих компетенций:

ОПК-1.Б. Способность осознавать социальную значимость своей будущей профессии, владение высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (формируется частично).

ОПК-3.Б. Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).

ОПК-4.Б. Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).

ПК-1.Б. Способность самостоятельно осуществлять сбор геологической информации, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых/лабораторных исследований (в соответствии с профилем подготовки) (формируется частично).

ПК-3.Б. Способность в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в получении и интерпретации информации (в соответствии с профилем подготовки) (формируется частично).

ПК-5.Б. Способность применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения геологической информации (формируется частично).

ПК-8.Б. Готовность к работе на современных полевых/лабораторных приборах, установках и оборудовании в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).

ПК-15.Б. Способность организовывать мероприятия, направленные на соблюдение правил по охране труда и контроль за соблюдением правил техники безопасности (формируется частично).

СПК-1.Б. Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области наук геохимического цикла (формируется частично).

Планируемые результаты обучения. В результате прохождения практики

обучающийся должен:

**знать:** мировые достижения в области синтеза кристаллических фаз; устройство, возможности и границы областей применимости распространенных установок высоких температур и давлений;

**уметь:** поставить задачу эксперимента по синтезу кристаллических фаз, провести его и обработать его результаты, документировать исследования, интерпретировать полученные результаты, применять на практике методы обработки, анализа и обобщения геологической информации, работать в составе научно-исследовательского коллектива, составлять отчет по результатам работ

**владеть:** методами проведения и обработки результатов эксперимента, навыками проведения мероприятий по соблюдению правил техники безопасности, высокой мотивацией к выполнению лабораторных геологических исследований.

#### 4. Структура и содержание практики

Общая продолжительность практики составляет 3 недели.

Общая трудоемкость практики составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часа.

Виды учебной работы на практике и ее трудоёмкость:

№ п/п	Раздел практики	Виды учебной работы, трудоемкость на практике включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Формы текущего контроля
		Учебные задачи (содержание) этапа	Трудоёмкость, ак.час	
1	Подготовительный этап	Инструктаж по технике безопасности, знакомство с различными типами установок, постановка проблемы и задачи исследования, научно-исследовательская работа студентов по поставленным задачам, которая ведется на основе имеющихся современных литературных данных.	45	Устный опрос
2	Экспериментальный этап	Подготовка и проведение опытов. Контроль достижений условий равновесия, задание необходимой окислительно-восстановительной обстановки. Освоение практических навыков работы с различными установками высоких температур и давлений.	50	Устный опрос
3	Этап	Обработка, анализ и	45	Устный опрос

	обработки полученных результатов и написания отчета.	систематизация полученной информации, подготовка отчета по практике.		
4	Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)		4	
	ИТОГО:		144	

Содержание практики по разделам и темам:

### **Раздел 1. Подготовительный этап.**

Студенты знакомятся со следующими методиками:

- синтез в платиновых ампулах на установках УВД 10000
- ампульной методикой изучения минеральных равновесий в гидротермальных условиях
- синтез в вакуумированных ампулах из кварцевого стекла порошкообразных образцов халькогенидов и интерметаллидов, а также определение фазовых отношений с их участием.
- синтез в расплаве карбоната
- гидротермальный синтез

Обсуждаются вопросы безопасности при работе с экспериментальным оборудованием.

Под руководством одного из сотрудников ИЭМ РАН студенту предлагается небольшая задача для экспериментального моделирования. Темы задач лежат в сфере научных интересов сотрудников ИЭМ и по возможности совпадают или близки к курсовым научно-исследовательским работам студентов.

Студенту для изучения и анализа предлагается необходимая литература. Формулируется цель экспериментальной работы.

### **Раздел 2. Экспериментальный этап.**

Определяются параметры эксперимента. Под руководством сотрудников ИЭМ студентами проводится подготовка образцов, постановка опыта, вывод в режим и закалка. Обсуждаются методы контроля достижения равновесия в ходе опытов, способы задания необходимой окислительно-восстановительной обстановки. Студенты описывают полученные образцы и готовят их к аналитическому исследованию. В рамках практики каждый студент совместно с сотрудниками ИЭМ проводит микронзондовое исследование продуктов эксперимента.

### **Раздел 3. Этап обработки полученных результатов и написания отчета.**

Полученные аналитические данные обобщаются, систематизируются и сводятся в таблицы и диаграммы.

В отчете студенты описывают особенности установки, на которой проводились эксперименты, и все этапы проделанной работы. В соответствии с поставленной целью формулируются выводы.

### **Раздел 4. Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)**

По 1 части практики в ИЭМ РАН

Зачет по практике проводится в виде презентации. Каждый студент делает доклад (5-10 мин.) и отвечает на вопросы преподавателей.

Под руководством одного из сотрудников ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН студент методом мессбауэровской спектроскопии студент изучает продукты синтеза, полученные в ИЭМ РАН или образцы, находящиеся в сфере научных интересов сотрудников.

Промежуточная аттестация по 2 части практики в ФНИЦ «Кристаллография и фотоника». Зачет по практике проводится в виде презентации. Каждый студент делает доклад (5-10 мин.) и отвечает на вопросы преподавателей.

Промежуточная аттестация на кафедре. Зачет по практике проводится в виде презентации. Каждый студент делает доклад (5-10 мин.) и отвечает на вопросы преподавателей.

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов, типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости**

Работа с экспериментальным и аналитическим оборудованием требует специальной квалификации и проводится при непосредственном участии сотрудников ИЭМ.

Для самостоятельной работы студентам предоставляется изучение и анализ литературного материала, обработка, систематизация и обобщение полученных данных. В ходе практики результаты самостоятельной работы проверяются при индивидуальном устном опросе. Вопросы формулируются на основании темы экспериментальной работы студентов. Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для осуществления текущего контроля успеваемости.

Примерные вопросы для устного опроса по результатам подготовительного этапа:

1. Главные составные части нагревательных печей.
2. Устройство термопары.
3. Типы затворов. Устройство самоуплотняющихся затворов.
4. Затвор типа «чечевица».
5. Устройство и назначение мультипликатора.
6. Различия автоклава и экзоклава.
7. Сходство и различия принципиального устройства распространенных установок с внутренним нагревом (газостаты, цилиндр-поршень, наковальни с лункой).
8. Принципы получения сверхвысоких давлений.

Примерные вопросы для устного опроса по результатам экспериментального этапа:

1. Достижение в опыте чистоты системы.
2. Исходные вещества для опытов. Введение в опыт летучих веществ.
3. Степень заполнения автоклавов, вкладышей, ампул.
4. Параметры закалки.
5. Принцип работы кислородных буферов. Метод двойных ампул.
6. Метод подхода к равновесию с разных сторон.
7. Метод моновариантной реакции.
8. Методы контроля фазовых превращений во время опытов.

Примерные вопросы для устного опроса по результатам этапа обработки данных:

1. Критерии достижения условия равновесия в эксперименте.
2. Равновесные и закалочные фазы.
3. Баланс масс как критерий оценки качества эксперимента.
4. Методы изучения продуктов опытов.
5. Особенности статистической обработки экспериментальных данных.

Элемент самостоятельной работы студентов – написание итогового отчета по практике.

Примерный план отчета:

1) Введение.

Краткое описание современного состояния проблемы, цель и задачи исследования.

2) Техника эксперимента.

Описание установки, на которой проводятся опыты: механизмы создания, регулировки и измерения давления и температуры. Точность определения температуры и давления.

Скорость закалки образцов.

3) Методика проведения эксперимента.

Расчет исходного состава шихты, используемые реактивы, содержание флюидов.

Фугитивность кислорода. Продолжительность и режим экспериментов.

4) Описание полученных результатов.

Внешний вид, минеральный и химический состав образцов. Таблицы и диаграммы, характеризующие особенности фазовых отношений в продуктах экспериментов.

5) Обсуждение результатов и выводы.

Обобщение полученных данных. Сопоставление с данными предыдущих работ.

Планирование дальнейших исследований по теме. Выводы.

## **6. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации (зачет с оценкой)**

Защита отчета по практике проводится в виде презентации. Каждый студент делает доклад (5-10 мин.) и отвечает на вопросы преподавателей.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для осуществления промежуточной аттестации:

Влияние температуры и давления на состояние кристаллического вещества.

Экспериментальные результаты, положенные в основу теории кристаллизационной дифференциации.

Экспериментальные эффекты, объясняющие изменения процессов дифференциации с глубиной.

Экспериментальные данные о поведении элементов-примесей при дифференциации расплавов.

Особенности алюмосиликатных систем с солевыми компонентами и связанные с ними петрологические проблемы.

Экспериментальные основания современных представлений о структуре алюмосиликатных расплавов.

Основные результаты экспериментального моделирования процессов синтеза кристаллического вещества.

Правила отбора для ИК и КР спектров.

Правило альтернативного запрета

Расчет числа внутренних колебаний треугольного иона заданной симметрии в заданной пространственной группе.

Расчет числа внутренних колебаний тетраэдрического иона заданной симметрии в



заданной пространственной группе.

Отличительные черты спектров силикатов с различной степенью конденсации кремнекислородных полиэдров

Колебания молекулы воды.

Итоговая оценка выводится по результатам защиты отчёта, качества подготовки студентом его текстовой и графической части, общей подготовленности студента к работе с экспериментальными установками.

### Шкала оценивания

	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
<b>Знания</b>	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания о мировых достижениях в области экспериментального моделирования процессов синтеза; устройстве, возможностях и границах областей применимости распространенных установок высоких температур и давлений.	Общие, но не структурированные знания о мировых достижениях в области экспериментального моделирования процессов синтеза; устройстве, возможностях и границах областей применимости распространенных установок высоких температур и давлений.	Систематические знания о мировых достижениях в области экспериментального моделирования процессов синтеза; устройстве, возможностях и границах областей применимости распространенных установок высоких температур и давлений.
<b>Умения</b>	Умения отсутствуют	Отдельные умения при постановке задач эксперимента, его проведении и обработке результатов, документировании и исследовании, интерпретации полученных результатов, применении на практике методов обработки, анализа и обобщения	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения при постановке задач эксперимента, его проведении и обработке результатов, документировании и исследовании, интерпретации полученных результатов, применении на	Успешные и систематические умения при постановке задач эксперимента, его проведении и обработке результатов, документировании и исследовании, интерпретации полученных результатов, применении на практике методов обработки,

		полученной информации, работы в составе научно-исследовательского коллектива, составлении отчета по результатам работ	практике методов обработки, анализа и обобщения полученной информации, работы в составе научно-исследовательского коллектива, составлении отчета по результатам работ	анализа и обобщения полученной информации, работы в составе научно-исследовательского коллектива, составлении отчета по результатам работ
<b>Владения (навыки, опыт)</b>	Навыки (владения, опыт) отсутствуют	Фрагментарное владение методами проведения и обработки результатов эксперимента, навыками проведения мероприятий по соблюдению правил техники безопасности	В целом сформированное владение методами проведения и обработки результатов эксперимента, навыками проведения мероприятий по соблюдению правил техники безопасности	Владение методами проведения и обработки результатов эксперимента, навыками проведения мероприятий по соблюдению правил техники безопасности

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение практики

Основная литература: Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Батанова А.М., Щекина Т.И., Плечов П.Ю. Экспериментальная и техническая петрология. М: Научный мир. 2000. 415 с.

Дополнительная литература: Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Щекина Т.И., Батанова А.М. Методическое руководство к занятиям по курсу «Экспериментальная и техническая петрология» \ М: Научный мир. 2003. 80 с.

## 8. Материально-техническое обеспечение практики

Оборудование:

1) СВГД-7

Внутренний диаметр -50 мм, рабочая длина 330 мм.

Давление рабочее, аргон, <6 кбар.

Температура рабочая, <1300°С.

Количество электровводов 12.

Изменяемый наклон СВГД.

СВГД-13

Внутренний диаметр -40 мм, рабочая длина 320 мм.

Давление рабочее, аргон, <7.5 кбар.

Температура рабочая, <1250°C.

Количество электровводов 6

Изменяемый наклон СВГД.

лазер SPI Lasers (1064 нм, 50 и 100 Вт)

лазерная головка UniHead на базе лазерной головы FCS производства Precitec KG (Германия)

цифровая камера GigE uEye (SUXGA, 2048x1536)

спектрометр QE65000 Ocean Optics.

#### **Гидротермальные установки высокого давления**

Внешний нагрев и холодный затвор. Вертикальное расположение. Среда компримирования – вода.

Внутренний диаметр 10 мм, 6 мм; высота 200 мм и 150 мм.

Рабочие параметры:  $T \leq 700$  C;  $P \leq 400$  МПа.

#### **Автоклавное оборудование**

Печи резистивные, цилиндрические, для автоклавов, с регулируемым градиентом температуры, максимальная температура 750 C.

Размеры рабочего цилиндра:

диаметр 170мм, высота 500мм,

диаметр 175мм, высота 600мм,

диаметр 175мм, высота 420мм,

диаметр 120мм, высота 550мм,

диаметр 120мм, высота 500мм,

#### **Рентгеновский дифракционный анализ**

"Дрон-7" – рентгеновский дифрактометр для анализа порошков.

Рентгеновский дифрактометр D8 ADVANCE фирмы Bruker с приставкой для определения фазового состава зерен ~ 5 мкм.

Рентгеновский дифрактометр D2 Phas

#### **Рентгеноспектральный анализ**

Цифровой сканирующий микроскоп Tescan Vega TS5130MM (Camscan MV2300), изготовленный фирмой s.r.o. Tescan (Чешская Республика), с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 450 с полупроводниковым Si(Li) детектором INCA PentaFET x3, изготовленный фирмой Oxford Instruments (Великобритания); данный комплект оборудования находится в эксплуатации с мая 2002 г.;

Цифровой сканирующий микроскоп Tescan Vega II XMU с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 450 с полупроводниковым Si(Li) детектором INCA x-sight и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700; данный комплект оборудования находится в эксплуатации с декабря 2006 г.

В группе имеется оборудование для подготовки образцов для исследований на электронных сканирующих микроскопах:

поляризационный микроскоп Nikon Eclipse LV100 Pol с цифровой камерой Nikon DS-Fi1 и контрольным блоком Nikon DS-L2, изготовленный фирмой Nikon (Япония), в эксплуатации с февраля 2007 г.;

вакуумный пост EMITECH K550X для магнетронного напыления на исследуемые образцы золотого токопроводящего покрытия с приставкой EMITECH K250 для термического напыления углеродного токопроводящего покрытия, изготовленные фирмой Quorum Technologies Ltd. (Великобритания), находится в эксплуатации с декабря 2006 г.;

вакуумный пост Eiko IB-3 для магнетронного напыления на исследуемые образцы серебряного токопроводящего покрытия, изготовленная фирмой Eiko Engineering Co (Япония), с приставкой для термического напыления углеродного токопроводящего покрытия, изготовленной фирмой ООО "Системы для микроскопии и анализа" (Москва, РФ), в эксплуатации с 2005 года.

вакуумный пост ВУП-2 для термического напыления на исследуемые образцы углеродного токопроводящего покрытия, находится в эксплуатации с 1975 г.

**Мессбауэровская спектроскопия**

Мессбауэровский спектрометр Ms-1104Em (производства НИИ физики, Ростов на Дону). Спектрометр снабжен проточным криостатом на жидком азоте.

Мессбауэровский спектрометр Ms - 1104Em – 1 (производства НИИ физики, Ростов на Дону).

**9. Авторы-составители** (разработчики программы, *в том числе из вузовского сообщества и представителей работодателей*):

Зав. каф. кристаллографии и кристаллохимии

геологического факультета МГУ

чл-корр.РАН, д.х.н. проф. Еремин Н.Н.

Ассистент каф. кристаллографии и кристаллохимии

геологического факультета МГУ

к.х.н. Гурбанова О.А.