

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Химический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Химия твердого тела

Кафедра неорганической химии и химической экологии

Образовательная программа
04.04.01. – Химия

Профиль подготовки
Неорганическая химия и химия силикатных материалов

Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, факультативная дисциплина

Махачкала – 2021

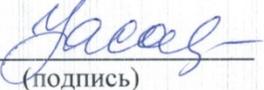
Рабочая программа дисциплины «Химия твердого тела» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01. - Химия от «13» июля 2017г. №655

Разработчик: кафедра неорганической химии и химической экологии, к.х.н., доц. Вердиев Н.Н.

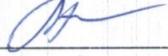
Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры неорганической химии и химической экологии
от «26» 01 2021г., протокол № 5

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.
(подпись) (Ф.И.О)

на заседании Методической комиссии химического факультета
от «19» 02 2021г., протокол № 6

Председатель  Гасангаджиева У.Г.
(подпись) (Ф.И.О)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим
управлением «03» 03 2021г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Химия твердого тела» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений и является факультативной дисциплиной ОПОП магистратуры по направлению подготовки 04.04.01. – Химия.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой неорганической химии и химической экологии.

Содержание дисциплины «Химия твердого тела» имеет своей целью усвоение фундаментальных знаний в области современной неорганической химии; развитие навыков решения практических задач в области материаловедения.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:– профессиональных – ПК 5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольная работа, коллоквиум* и промежуточный контроль в форме *зачета.*

Объем дисциплины 1 зачетные единицы, в том числе 36 академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
		Лекции и	Лаборато рные занятия	Практиче ские занятия	КСР	консульта ции			
3	36	16	8	8				20	зачет

1. Цель освоения дисциплины.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний по химии, позволяющих решать научно-исследовательские задачи и выработка представлений о процессах связанных с химией твердого тела: изучение процессов кристаллохимии, кристаллографии, синтез и описание твердых тел, изучение кристаллических структур, термодинамика и кинетика твердофазных реакций.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина «Химия твердого тела» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений и является факультативной дисциплиной ОПОП магистратуры по направлению подготовки 04.04.01. – Химия.

Курс «Химия твердого тела» для студентов направления «04.04.01.– «Химия» строится на базе знаний и навыков, полученных студентами при проведении занятий по общим курсам химического и физико-математического направлений.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-5 Способен интерпретировать результаты эксперимента и теоретических расчетов, применяя их при решении практических задач в области неорганической химии	ПК-5.1. Интерпретирует результаты неорганического синтеза с использованием результатов физико-химического анализа полученных веществ	Знает: методы интерпретации эксперимента для решения практических задач органической химии Умеет: интерпретировать результаты синтеза по физико-химическим данным анализа Владеет: методами интерпретации результатов для решения практических задач	Устный опрос, письменный опрос
	ПК-5.2. Использует знание теоретических основ физико-химических методов анализа при выборе способов изучения строения и структуры органических веществ	Знает: теоретические основы физико-химических методов анализа Умеет: выбирать методы изучения строения и структуры органических веществ Владеет: методами физико-химического анализа	Устный опрос, письменный опрос

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 1 зачетные единицы, 36 академических часов.

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1. Химия твердого тела							
1	Кристаллические решетки твердых тел, химическая связь	3	2		2		5	Устный опрос
2	Фазовые диаграммы металлических систем	3	2		2		5	Устный опрос
3	Конгруэнтные соединения, дальтониды, бертоллиды	3	2		2		5	Устный опрос
4	Диффузионные процессы в твердых веществах, полиморфизм	3	2		2		5	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 1</i>		8		8		20	Экзамен
	ИТОГО:		8		8		20	Экзамен

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам, разделам и модулям.

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

1. Кристаллические решетки твердых тел, химическая связь. Твердые тела и структура их кристаллических решеток. Типы химических связей характерных для твердых тел. Металлические системы и соединения, образующиеся в металлических системах.

2. Фазовые диаграммы металлических систем. Неравновесные и точечные дефекты в кристаллических решетках твердых тел. Диаграммы плавкости металлических систем, их разновидности (эвтектические, перитектические, с твердыми растворами).

3. Конгруэнтные соединения, дальтониды, бертоллиды. Соединения постоянного и переменного составов (дальтониды, бертоллиды). Фазовые диаграммы и фазовые равновесия в солевых, оксидно-солевых и оксидных системах, типы диаграмм состояния.

4. Диффузионные процессы в твердых веществах, полиморфизм. Диффузия и химические процессы в твердых веществах. Влияние механических напряжений на диффузию в твердых телах. Полиморфизм и полиморфные переходы, характерные индивидуальным твердым веществам.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

№ п/п	Раздел дисциплины	Результаты лабораторной работы
Модуль 1. Химия твердого тела		
1.	Твердые тела, кристаллические решетки, химическая связь. Лабораторная работа №1. Общие правила работы в химической лаборатории. Электрические нагревательные приборы. Весы и взвешивание. Эксперимент и ошибки эксперимента. Изучение характеристик кристаллических решеток твердых веществ. Фазовые диаграммы металлических систем.	Общие правила работы в химической лаборатории. Электрические нагревательные приборы. Весы и взвешивание. Работы с гигроскопичными неорганическими веществами. Эксперимент и ошибки эксперимента.
2.	Методы исследования МКС и Т-х диаграммы Лабораторная работа №2. Физико-химические методы исследования Т-х диаграмм металлических и солевых систем. Фазовые диаграммы и фазовые равновесия в солевых, оксидно-солевых и оксидных системах, типы диаграмм состояния. Соединения постоянного и переменного составов (дальтониды, бертоллиды)	Ознакомление с установкой дифференциально – термического анализа (ДТА) и принципы работы на установке синхронного термического анализа STA 449 F3. Эксперимент по формированию калибровочной кривой, для выявления фазовых переходов металлов, солей и исследования Т-х диаграмм металлических систем. Построение диаграмм плавкости на основе проведенных экспериментальных данных.
3.	Конгруэнтные соединения, дальтониды, бертоллиды <i>Лабораторная работа №3.</i> Выбор индивидуальных веществ с известными значениями энтальпий фазовых и полиморфных переходов. Соединения постоянного и переменного составов (дальтониды, бертоллиды)	Ознакомление с установкой дифференциально-сканирующего калориметра (ДСК). Установка синхронного термического анализа STA 449 F3. Эксперимент по формированию калибровочной кривой, для выявления величин энтальпий фазовых переходов металлов, оксидов, неорганических солей. Эксперимент по выявлению энтальпий фазовых и полиморфных переходов.
4	Определение структур кристаллических решеток <i>Лабораторная работа №4.</i> Подбор индивидуальных реактивов и смесей с различными типами кристаллических решеток для рентгенофазового анализа	Принципы работы рентгенофазового анализа (РФА). Ознакомление с дифрактометром «Empyrean». Подбор и закаливание образцов для проведения рентгенофазового анализа. Расшифровка рентгенограмм исследованных образцов с использованием картотеки «PANalytical» ICSD Database.

5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование при проведении занятий по неорганической химии инновационных (объяснительно-иллюстративное обучение, предметно-ориентированное обучение, профессионально-ориентированное обучение, проектная методология обучения, организация самостоятельного обучения, интерактивные методы обучения) и традиционных (лекция-визуализация, лекция-презентация, компьютерные симуляции, лабораторная работа, самостоятельная работа) технологий обучения. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах составляет не менее 30 % аудиторных занятий. Предполагается встреча с ведущими учеными республики.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Формы и виды самостоятельной работы студентов по дисциплине устанавливаются следующие:

- проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- проработка пройденных лекционных материалов по конспекту лекций, учебникам и пособиям на основании вопросов, подготовленных преподавателем;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к промежуточному и рубежному контролю;
- подготовка научных докладов и творческих работ.

Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется преподавателем в течение всего семестра в виде:

- устного опроса (фронтального и индивидуального);
- тестирования;
- проведения письменной (контрольной) работы;
- проведения коллоквиума;
- написания и обсуждения реферата (творческого задания) на определенную тему.

Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методическое обеспечение
1	Теоретическая подготовка. Проработка учебного материала.	Устный опрос, тестирование	Лекции, рекомендованная литература, интернет ресурсы. См. разделы 4, 8; 9 данного документа
2	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе	См. разделы 4; 8; 9 данного документа
3	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы	См. разделы 4, 7; 8; 9 данного документа
4	Подготовка к зачету	Устный опрос	См. разделы 4; 7; 8; 9 данного документа

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.

2. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения.

Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

Промежуточный контроль проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы.

Итоговый контроль проводится в виде устного зачета.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

Контрольные вопросы

1. Твердые тела и структура их кристаллических решеток
2. Типы химических связей характерных для твердых тел
3. Металлические системы и соединения, образующиеся в металлических системах
4. Неравновесные и точечные дефекты в кристаллических решетках твердых тел
5. Диаграммы плавкости металлических систем, их разновидности (эвтектические, перитектические, с твердыми растворами).
6. Фазовые диаграммы и фазовые равновесия в солевых, оксидно-солевых и оксидных системах, типы диаграмм состояния.
7. Соединения постоянного и переменного составов (дальтониды, бертоллиды)
8. Полиморфизм и полиморфные переходы, характерные индивидуальным твердым веществам.
9. Диффузия и химические процессы в твердых веществах.
10. Влияние механических напряжений на диффузию в твердых телах.
11. Аппаратура необходимая для проведения дифференциально-термического анализа.
12. Принципы работы на установке STA 449 F3 при выявлении фазовых равновесных состояний металлических систем.
13. Оборудование необходимое для проведения калориметрических измерений.
14. Правила работы на синхронном термическом анализаторе STA 449 F3, при проведении калориметрических измерений по определению величин энтальпий фазовых переходов различных веществ.
15. Аппаратура для проведения рентгенофазовых и рентгеноструктурных исследований.
16. Правила отжига и закалки образцов при идентификации фаз и структуры исследуемых образцов.
17. Направленная диффузия. Первый и второй законы Фика. Взаимная диффузия.
18. Диффузия в нестехиометрических кристаллах и кристаллах, содержащих примеси.
19. Металлическая проводимость. Сверхпроводники первого и второго рода.

20. Полупроводники. Ширина запрещенной зоны простых и бинарных кристаллов.
21. Диффузия ионов в электрическом поле. Числа переноса и их определение.
22. Суперионные проводники.
23. Твердофазные процессы. Термодинамика образования зародыша.
24. Диффузионно- контролируемые реакции. Твердофазный синтез. Рост кристаллов.
25. Нестехиометрия. Взаимодействие дефектов и их ассоциация.
26. Твердые растворы. Условия образования твердых растворов замещения.
27. Основные типы взаимодействия точечных дефектов.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий (допуск, выполнение, сдача работ) – 60 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

письменная контрольная работа - 100 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

а) основная литература:

1. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. - Москва: Физматлит, 2009. - 455 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76611>
2. Колесов, С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник / Колесов, Святослав Николаевич, И. С. Колесов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2008. - 535 с. : ил. - Допущено МО РФ. - ISBN 978-5-06-005950-2 : 584-10.
3. Кригер, В.Г. Избранные главы химии твердого тела : учебное пособие / В.Г. Кригер, А.В. Каленский, М.В. Ананьева; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 139 с.: ил. - ISBN 978-5-8353-1612-0; URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278898>
4. Кригер, В.Г. Избранные главы химии твердого тела : учебное пособие / В.Г. Кригер, А.В. Каленский, М.В. Ананьева ; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 139 с.: ил. - ISBN 978-5-8353-1612-0; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278898>

б) дополнительная литература:

1. Кузьмина, Л.В. Задачник по химии твердого тела: учебное пособие / Л.В. Кузьмина, Е.Г. Газенаур, В.И. Крашенинин. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2010. - 64 с. - ISBN 978-5-8353-1093-7; [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232757>

2. Болдырев В.В. и др. Химия твердого тела / Болдырев В.В. и др. ; А.П. Чупахин, Н.З. Ляхов. - М. : Знание, 1982. - 63 с. : ил. ; 20 см. - (Новое в жизни, науке, технике. Сер. "Химия");

3. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах : учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская и др. ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 168 с. - ISBN 978-5-7882-1549-5; [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427846>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Электронные учебные ресурсы:

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон.б-ка. – Москва, 1999. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. – Яз. рус., англ.

2. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный

3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>.

4. <https://ibooks.ru/>

5. www.book.ru/

6. Химические серверы ChemWeb, ChemExpress Online, ChemNet.com <http://www.Himhelp.ru>

7. Каталог образовательных интернет-ресурсов <http://www.edu.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению программы

Подготовка магистров к занятиям, а также выполнение самостоятельной работы заключается в чтении рекомендуемой литературы, подготовке к лабораторным занятиям и написания контрольной работы. При выполнении самостоятельной работы рекомендуется регулярное повторение пройденного материала, использование сведений по дисциплине, полученные из соответствующих интернет-источников. Для полного освоения материала, в котором встречаются много новых понятий и терминов необходимо строго посещать лекции, лабораторные занятия и своевременно выполнять все задания преподавателя.

Содержание тем, предназначенных для самостоятельного изучения, можно найти в списках основной литературы и дополнительной литературы. Для более углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке вспомогательной литературы.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы с проведением поиска информации в различных поисковых системах, а также пользоваться специализированными сайтами научной литературы по материаловедению доступных с IP-адресов компьютеров, подключенных к локальной сети. При подготовке к итоговой контрольной работе и зачету необходимо тщательно изучить весь материал, который давался на лекциях и лабораторных работах, а также изучить вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения с использованием рекомендованной литературы.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При проведении занятий используются:

а) технические средства:

компьютерная техника и средства связи (проектор, экран, видекамера), проводится компьютерное тестирование, демонстрация мультимедийных материалов, информационные справочные системы, электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных учебной рабочей программой.

б) программные системы:

операционные системы Microsoft Windows XP, Microsoft Vista;

поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo;

специализированное программное обеспечение СДО Moodle, SunRAV Book Office Pro, Sun RAV Test OfficePro;

программное обеспечение по химии <http://www/mdli.com>;

химическое

программное

обеспечение <http://www.acdlabs.com/download/>;

программное обеспечение по химии. Cambridge Soft (Chem Office);

модели молекул TORVS Research Team: Molecular

Models; визуализация молекул (более 175000 трехмерных молекулярных моделей с возможностью поиска) online GIF/PNG creator for chemical structures;

рисование лабораторного оборудования The Glassware Gallery

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями ФГОС ВО кафедра имеет специально оборудованные учебные аудитории для проведения лекционных занятий, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещения для лекционных и практических занятий укомплектованы комплектами электропитания ЩЭ (220 В, 2 кВт, в комплекте с УЗО), специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждого двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (в том числе столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы по неорганической химии. Материально-технические средства для проведения лабораторного практикума по дисциплине неорганическая химия включает в себя: специальное оборудование (комплект электропитания ЩЭ, водоснабжение), лабораторное оборудование (лабораторные весы типа ВЛЭ 250 и ВЛЭ 1100, кондуктометр, термометры, рН-метры, печи трубчатая и муфельная, сушильный шкаф, устройство для сушки посуды, дистиллятор, очки защитные, колбонагреватели, штативы лабораторные, штативы для пробирок), Лабораторная посуда (Стаканы (100, 250 и 500 мл), колбы конические (100 мл), колбы круглодонные (250 мл) колбы плоскодонные (100, 250 и 500 мл), колбы Вюрца (250 и 100 мл), цилиндры мерные (100, 25 и 50 мл), воронки капельные, химические, воронки для хлора, воронки Мюнке, промывалки, U-образные трубки, реакционные трубки, фарфоровые чашки, тигли фарфоровые, холодильники прямой, обратный, воронки лабораторные, дефлегматоры), специальная мебель и оргсредства (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, мультимедиа проектор (переносной) с ноутбуком, экран, стол преподавателя, стул-кресло преподавателя, столы

лабораторные прямоугольного профиля с твердым химическим и термически стойким покрытием, табуреты, вытяжные шкафы лабораторные, мойка).

При проведении занятий используется учебное и лабораторное оборудование: Атомно-абсорбционный спектрометр, Contr AA-700, AnalytikJena, Германия; Спектрофотометр UV-3600 с интегрирующей сферой LISR-3100, UV-3600, Япония; Многоцелевой экспериментальный масс-спектрометрический комплекс ЭМК, Россия; Рентген-флуоресцентный спектрометр EDX-800 HS, Япония; ИК-Фурье спектрометр ИнфраЛИУМ ФТ-02, Россия; Спектрофлуориметр F-700, Япония; Спектрофотометр, SPECORD 210 PlusBU, AnalytikJena, Германия; Спектрометрический комплекс МДР-41 в комплекте с азотным проточным криостатом OptCryo198, Россия; Микроволновая система минерализации проб под давлением, TOPwaveIV, AnalytikJena, Германия; Система капиллярного электрофореза, Капель-105М, ЛЮМЕКС, Санкт-Петербург; Рентгеновский дифрактометр, EmpyreanSeries 2 Фирма Panalytical (Голландия); Дифференциальный сканирующий калориметр, NETZSCH STA 409 PC/PG, Германия; Лабораторная экстракционная система, SFE1000M1-2-FMC-50, Waters, США; Хромато-масс-спектрометр, 7820 Маэстро, США, Россия; Высокоэффективный жидкостной хроматограф, Agilent 1220 Infinity, США.