

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Донецкий государственный университет»

Химический факультет  
Кафедра неорганической химии



П.А. Машаров

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Укрупнённая группа направлений подготовки	04.00.00 Химия
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	04.04.01 Химия
Магистерская программа	Химия
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная, очно-заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц  
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Современные методы синтеза и исследования соединений редких и редкоземельных элементов» для обучающихся по направлению подготовки 04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчики:

доцент кафедры неорганической химии,  
канд. хим. наук, доцент



Е.Е. Белоусова

доцент кафедры неорганической химии,  
канд. хим. наук, доцент



Н.В. Яблочкова

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры неорганической химии.  
Протокол от 26.03.2024 г. № 14

Заведующий кафедрой



Н.В. Яблочкова

СОГЛАСОВАНО:

Декан химического факультета  
28.03.2024 г.



С.Г. Бахтин

Учебно-методическая комиссия химического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель



Р.И. Лыга

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы,  
д-р хим. наук, проф.  
28.03.2024 г.



А.С. Алемасова

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

Изучение данной дисциплины основывается на базе программ бакалавриата: «Химия твердого тела», «Координационная химия», «Химическая технология», а также сопутствующей дисциплины «Теоретические основы координационной химии».

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Знания и умения, полученные в ходе изучения дисциплины «Современные методы синтеза и исследования соединений редких и редкоземельных элементов» являются основой для прохождения научно-исследовательской работы и преддипломной практики, используются при написании магистерской диссертации.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	04.04.01 Химия (Магистерская программа: Химия)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.7 Современные методы синтеза и исследования соединений редких и редкоземельных элементов
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц/ всего часов	2 / 72

### 2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	2	3	-	11	22	39	72	зачет
Очно-заочная	2	4	-	3	6	63	72	зачет

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Ознакомить студентов с наиболее распространенными методами получения неорганических соединений редких и редкоземельных элементов, важных функциональных материалов, раскрыть специфику их физических и химических свойств, которые непосредственно связаны с условиями синтеза. Ознакомить с основными физико-химическими методами исследования неорганических соединений. Освещение главных требований, которые предъявляются современными наукой и техникой к материалам на основе соединений редких и редкоземельных элементов, путей удовлетворения этих требований за счет внедрения инновационных технологий их синтеза. Научить студентов на основе общетеоретических знаний проводить целенаправленный синтез координационных соединений и с помощью современных методов исследования изучать их строение и свойства.

#### 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

##### 4.1. Компетенции

ОПК-2. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

##### 4.2. Индикаторы компетенций

ОПК-2.1. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик, проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе, проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования

##### 4.3. Результаты обучения

ОПК-2.1.1. Знает правила работы с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ОПК-2.1.2. Умеет проводить синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик, стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе, исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

#### 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
1. Основные понятия, теоретические основы курса	1.1 Ведение. Содержание и задачи курса. Основные понятия, теоретические основы курса. 1.2 Химический синтез. 1.3 Классификация методов синтеза. 1.4 Основные требования к реакциям синтеза.
2. Проведение синтеза в различных условиях	2.1 Реакции в водном растворе. 2.2 Реакции в газовой фазе. 2.3 Твердофазные реакции.
3. Основные принципы неорганического синтеза соединений редких и редкоземельных элементов	3.1 Теоретические представления различных методов синтеза неорганических соединений, методология подготовки, осуществление целенаправленного синтеза неорганических веществ. 3.2 Планирование синтеза. 3.3 Анализ химической реакции. 3.4 Термодинамические факторы. 3.5 Реакции в гомогенных или гетерогенных условиях. 3.6 Способы отделения и очистки синтезированного соединения. 3.7 Идентификация и анализ результатов.
4. Современные методы синтеза соединений редких и редкоземельных элементов	4.1 Способы достижения высокой степени однородности химического состава исходной реакционной смеси. 4.2 Технология керамических материалов. 4.3 Криохимическая технология. 4.4 Золь-гель технология. 4.5 Вакуумная конденсация. 4.6 Пиролиз аэрозолей металлорганических соединений. 4.7 Соосаждение малорастворимых соединений.

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
	4.8 Распылительное высушивание раствора. 4.9 Распылительный отжиг компонентов раствора. 4.10 Темплатный синтез.
5. Современные физико-химические методы анализа	5.1 Физико-химические методы анализа. 5.2 Электрохимические, спектральные, тепловые, хроматографические методы анализа. 5.3 ИК-спектроскопия. 5.4 Рентгенофазовый, рентгеноструктурный, рентгеноспектральный анализы.
6. Синтез и свойства функциональных материалов. Ферроэлектрики. Сегнетоэлектрики. Электродные материалы	6.1 Ферроэлектрики. 6.2 Сегнетоэлектрики. 6.3 Кристаллы со структурой перовскита. 6.4 Получение высокоплотной керамики. 6.5 Цитратный метод синтеза титаната стронция-бария. 6.6 Синтез ниобата магния-свинца. 6.7 Промышленно значимые особенности сегнетоэлектриков. 6.8 Электродные материалы, способы их синтеза.
7. Синтез и свойства функциональных материалов. Ионные проводники	7.1 Материалы с высокой ионной подвижностью. 7.2 Купраты стронция и РЗЭ. 7.3 Твердые электролиты. Механизм их проводимости. 7.4 Ионные кристаллы. Типы дефектов в ионных кристаллах. 7.5 Классификация твердых электролитов. 7.6 Применение твердых электролитов. 7.7 Проблема целенаправленной модификации свойств твердых электролитов.
8. Синтез и свойства функциональных материалов. ВТСП. Катализаторы. Люминесцентные материалы.	8.1 ВТСП-купраты, модифицированные РЗЭ. 8.2 Катализаторы. 8.3 Синтез материалов с заданным размером частиц и высокой удельной площадью поверхности. 8.4 Люминесцентные материалы. Синтез материалов с люминесцентными свойствами.
9. Строение комплексной частицы	9.1 Природа сил комплексообразования. 9.2 Строение комплексной частицы. 9.3 Типы полиэдров. 9.4 Обзор теоретических представлений о строении координационных соединений.
10. Образование циклических комплексных соединений	10.1 Особенности образования циклических комплексных соединений. 10.2 Взаимное влияние внутрисферных заместителей. 10.3 Закономерность трансвлияния.
11. Получение и реакции координационных соединений	11.1 Реакции замещения в водных и неводных средах, в отсутствии растворителя. 11.2 Термическая диссоциация твердых комплексов. 11.3 Реакции окисления и восстановления. 11.4 Синтез транс- и цис- изомеров. 11.5 Получение карбониллов металлов и металлоорганических соединений. 11.6 Химия комплексных соединений d- и f-элементов. 11.7 Синтез комплексных соединений d- и f-элементов.
12. Синтез биологически	12.1 Направленный синтез биологически активных

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
активных координационных соединений	координационных соединений. 12.2 Кинетика и механизм реакций координационных соединений

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Основные понятия, теоретические основы курса			1	3	4
2. Проведение синтеза в различных условиях			2	3	5
3. Основные принципы неорганического синтеза соединений редких и редкоземельных элементов			2	4	6
4. Современные методы синтеза соединений редких и редкоземельных элементов		2	1	3	6
5. Современные физико-химические методы анализа			2	4	6
6. Синтез и свойства функциональных материалов. Ферроэлектрики. Сегнетоэлектрики. Электродные материалы		2	2	4	8
7. Синтез и свойства функциональных материалов. Ионные проводники		2	2	3	7
8. Синтез и свойства функциональных материалов. ВТСП. Катализаторы. Люминесцентные материалы.		1	2	3	6
9. Строение комплексной частицы			2	3	5
10. Образование циклических комплексных соединений			2	3	5
11. Получение и реакции координационных соединений		2	2	3	7
12. Синтез биологически активных координационных соединений		2	2	3	7
ИТОГО ЗА КУРС	-	11	22	39	72

### 6.2. Форма обучения – очно-заочная, курс – 2, семестр – 4

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Основные понятия, теоретические основы курса			0,5	4	4,5
2. Проведение синтеза в различных условиях			0,5	5	5,5
3. Основные принципы неорганического синтеза соединений редких и редкоземельных элементов			0,5	5	5,5
4. Современные методы синтеза		1	0,5	5	6,5

соединений редких и редкоземельных элементов					
5. Современные физико-химические методы анализа			0,5	5	5,5
6. Синтез и свойства функциональных материалов. Ферроэлектрики. Сегнетоэлектрики. Электродные материалы			0,5	5	5,5
7. Синтез и свойства функциональных материалов. Ионные проводники		1	0,5	6	7,5
8. Синтез и свойства функциональных материалов. ВТСП. Катализаторы. Люминесцентные материалы.			0,5	6	6,5
9. Строение комплексной частицы			0,5	6	6,5
10. Образование циклических комплексных соединений			0,5	5	5,5
11. Получение и реакции координационных соединений		1	0,5	5	6,5
12. Синтез биологически активных координационных соединений			0,5	6	6,5
ИТОГО ЗА КУРС	-	3	6	63	72

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Химический синтез.
2. Классификация методов синтеза.
3. Основные требования к реакциям синтеза.

#### Раздел 2

4. Реакции в водном растворе (окислительно-восстановительные реакции, реакции ионного обмена, реакции комплексообразования).
5. Реакции в газовой фазе (теоретические принципы, основные трудности, типы, реакции, имеющие практически важное значение, технология проведения газотранспортных реакций).
6. Твердофазные реакции (влияние разных факторов (дисперсности, гомогенности, природы компонентов смеси, температуры, давления и др.) на скорость и глубину протекания твердофазных реакций).
7. Современное оборудование для диспергирования твердых веществ.
8. Влияние температуры и скорости ее повышения на конечный результат синтеза, понятие о температуре Таммана.
9. Выбор условий и реагентов для осуществления синтеза при помощи твердофазной реакции.
10. Преимущества и недостатки керамической технологии.
11. Новые направления твердофазных технологий.

#### Раздел 3

12. Теоретические представления различных методов синтеза неорганических соединений.

13. Методология подготовки и осуществление целенаправленного синтеза неорганических веществ.

14. Планирование синтеза.

15. Анализ химической реакции.

16. Термодинамические факторы, выбор температуры и других условий, сдвиг равновесия в сторону необходимого продукта реакции.

17. Реакции в гомогенных или гетерогенных условиях.

18. Способы отделения и очистки продукта.

19. Идентификация и анализ результатов.

#### Раздел 4

20. Способы достижения высокой степени однородности химического состава исходной реакционной смеси.

21. Технология керамических материалов.

22. Криохимическая технология.

23. Золь-гель технология.

24. Вакуумная конденсация.

25. Пиролиз аэрозолей металлоорганических соединений.

26. Соосаждение малорастворимых соединений.

27. Распылительное высушивание раствора.

28. Распылительный отжиг компонентов раствора.

29. Темплатный синтез.

#### Раздел 5

30. Физико-химические методы анализа, их классификация и основные приемы.

31. Электрохимические, спектральные, тепловые, хроматографические методы анализа.

32. ИК-спектроскопия.

33. Рентгенофазовый, рентгеноструктурный, рентгеноспектральный анализы.

#### Раздел 6

34. Ферроэлектрики.

35. Сегнетоэлектрики.

36. Кристаллы со структурой перовскита.

37. Получение высокоплотной керамики.

38. Цитратный метод синтеза титаната стронция-бария.

39. Синтез ниобата магния-свинца.

40. Промышленно значимые особенности сегнетоэлектриков.

41. Электродные материалы, способы их синтеза.

#### Раздел 7

42. Материалы с высокой ионной подвижностью. Способы их синтеза.

43. Купраты стронция и РЗЭ.

44. Твердые электролиты. Механизм их проводимости.

45. Ионные кристаллы. Типы дефектов в ионных кристаллах.

46. Классификация твердых электролитов.

47. Применение твердых электролитов.

48. Проблема целенаправленной модификации свойств твердых электролитов.

#### Раздел 8

- 49. ВТСП-купраты, модифицированные РЗЭ. Способы их синтеза.
- 50. Катализаторы.
- 51. Синтез материалов с заданным размером частиц и высокой удельной площадью поверхности.
- 52. Люминесцентные материалы. Синтез материалов с люминесцентными свойствами.

#### Раздел 9

- 53. Природа сил комплексообразования.
- 54. Строение комплексной частицы.
- 55. Типы полиэдров.
- 56. Обзор теоретических представлений о строении координационных соединений.

#### Раздел 10

- 57. Особенности образования циклических комплексных соединений.
- 58. Взаимное влияние внутрисферных заместителей.
- 59. Закономерность трансвлияния.

#### Раздел 11

- 60. Реакции замещения в водных и неводных средах, в отсутствии растворителя.
- 61. Термическая диссоциация твердых комплексов.
- 62. Реакции окисления и восстановления.
- 63. Синтез транс- и цис- изомеров.
- 64. Получение карбониллов металлов и металлоорганических соединений.
- 65. Химия комплексных соединений d- и f-элементов: правила Иергенсена, Пейроне и Курнакова; реакции совместной кристаллизации и окисления комплексных соединений.
- 66. Синтез комплексных соединений d- и f-элементов: закономерность трансвлияния; реакции нейтрализации, совместной кристаллизации и восстановления; реакции внутрисферных заместителей.

#### Раздел 12

- 67. О некоторых путях направленного синтеза биологически активных координационных соединений.
- 68. Кинетика и механизм реакций координационных соединений.

#### 7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Комплексная переработка фосфогипса с извлечением редкоземельных элементов.
2. Экономически эффективная переработка промышленных отходов с извлечением РЗЭ.
3. Применение и методы выращивания монокристаллов.
4. Применение РЗЭ для производства магнитов.
5. Применение РЗЭ для производства конструкционных материалов.
6. Применение редких элементов для производства катализаторов для нефтехимии.
7. Применение РЗЭ для производства высококачественной оптики и стекла.
8. Применение редких и редкоземельных элементов в химической промышленности.
9. Применение редких и редкоземельных элементов в черной и цветной металлургии.
10. Применение редких и редкоземельных элементов в электронике и электротехнике.
11. Применение редких и редкоземельных элементов в качестве люминофоров.
12. Применение редких и редкоземельных элементов в ядерной энергетике.
13. Получение титана, циркония и гафния в виде металлов. Применение.
14. Редкоземельное спектроскопическое зондирование.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Проверка теоретических знаний проводится на практических занятиях по всем темам, с использованием контрольных вопросов, практические навыки отрабатываются на лабораторных работах.

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, ответы на вопросы, решение задач и т.п.), выполнение всех лабораторных работ с соблюдением требований техники безопасности, умение правильно интерпретировать результаты и обосновать исследования.

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-12	Организационно-учебная работа в аудитории	10
	Лабораторные работы (подготовка, выполнение, защита)	30
	Самостоятельная работа (подготовка реферата и доклада по выбранной теме)	30
	Итоговые беседы по теоретическому материалу	30
ИТОГО		100
Общий итог за семестр (зачет)		Зачтено/100

### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - теоретические материалы оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - теоретические материалы оформляются в виде электронного документа;
  - задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- зачет проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- теоретические материалы оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере;
- зачёт проводится в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 9-м учебном корпусе (г. Донецк, ул. Щорса, д. 17а).

Практические занятия проводятся в аудитории на группу, оборудованной доской, мультимедийным проектором и экраном, комплектом учебной мебели для студентов, рабочим местом преподавателя.

Лабораторные занятия по данному курсу проводятся в химической лаборатории, оснащенной необходимым оборудованием и реактивами.

Дополнительное обеспечение: Wi-Fi доступ в корпусах университета, текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных.

При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 11.1. Основная литература

1. Яблочкова Н.В., Белоусова Е.Е. Чебышев К.А. Современные методы синтеза и исследования соединений редких и редкоземельных элементов [Электронный ресурс]: уч. пособ. для студентов ОУ Магистр хим. ф-та. – Донецк: ДонНУ, 2016. – Текст: электронный.

2. Яблочкова Н.В. Современные методы синтеза неорганических и органометаллических соединений [Текст]: уч.-метод. пособ. Для студ. 1 курса ОКР «Магистр» хим. ф-та / Н.В. Яблочкова, А.С. Штонда, А.В. Игнатов; Донецкий нац. ун-т, хим. ф-т, каф. неорган. химии. – Донецк: ДонНУ, 2013. – 107 с.

#### 11.2. Дополнительная литература

1. Варюхин В.Н. Наноматериалы / В.Н. Варюхин., С.В. Терехов. – Донецк: ДонНУ, 2016. – 348 с.

2. Рыжонков Д. И. Наноматериалы: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. Москва: Бином. Лаборатория знаний. 2008. 365 с.

3. Азаренков, Н.А. Наноструктурные покрытия и наноматериалы: Основы получения. Свойства. Области применения: Особенности современного наноструктурного направления в нанотехнологии / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк, Д.А. Колесников. - М.: КД Либроком, 2013. – 368 с.

4. Колмаков, А.Г. Основы технологий и применение наноматериалов / А.Г. Колмаков, С.М. Баринов, М.И. Алымов. - М.: Физматлит, 2013. – 208 с.

5. Алексеенко, А. А. Функциональные материалы на основе диоксида кремния, получаемые золь-гель методом / А. А. Алексеенко, А. А. Бойко, Е. Н. Подденежный. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 183 с.

6. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах. Книга 1: Учебник для вузов / Коровин С.С., Зими́на Г.В., Резник А.М. и др. / Под ред. С.С. Коровина – М.: «МИСИС», 1996. – 376 с.

7. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах. Книга 2: Учебник для вузов / Коровин С.С., Зими́на Г.В., Резник А.М. и др. / Под ред. С.С. Коровина – М.: «МИСИС», 1999. – 464 с.

8. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах. Книга 3: Учебник для вузов / Коровин С.С., Букин В.И., Фёдоров П.И., Резник А.М. / Под ред. С.С. Коровина – М.: «МИСИС», 2003. – 440 с.

9. Белоусова Е.Е., Кривобок В.И., Розанцев Г.М., Чотий К.Ю. // Химизм осаждения  $M(III)$  в системах  $M(NO_3)_3-Na_2WO_4-HNO_3-H_2O$ , где  $M(III) = Al, Ga, In, Sc, Y$ . – Журн. неорган. химии. – 1992. – Т.37, №11. – С.2590-2597.

10. Белоусова Е.Е., Розанцев Г.М., Кривобок В.И. // Способ получения паравольфрамов элементов III группы. – Патент Российской Федерации №260503 от 11.09.1995.

11. Белоусова Е.Е., Кривобок В.И., Розанцев Г.М., Земскова О.В. // Условия синтеза декавольфрамов некоторых элементов третьей группы. – Журн. неорган. химии. – 2005. – Т.50, №8. – С.1371-1376.

12. Семченко Г.Д. Золь-гель процесс в керамической технологии. – Харьков. – 1997. – 143 с.

13. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2001. – 224 с.

14. Михайлов О.В. Что такое темплатный синтез // Соросовский обзорный журнал. – 1999. – № 10. – С. 42-50.

15. Локшин Э.П. Разработка технологий извлечения редкоземельных элементов при сернокислотной переработке хибинского апатитового концентрата на минеральные удобрения / Э.П. Локшин, О.А. Тареева; под ред. П.Б. Громова. – Апатиты: КНЦ РАН, 2015. – 268 с.

## 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская

государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014. – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт**: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016. – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив** ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

### 13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. MicrosoftOffice (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. MicrosoftVisualStudio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, AdobeAcrobatReader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).