

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Химия высокочистых веществ

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы  
Неорганическая химия

---

Форма обучения  
очная, очно-заочная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.05 Химия высокочистых веществ относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н.1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н.2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н.1: Знать: принципы организации технологических процессов получения веществ в высокочистом состоянии. Уметь: самостоятельно сформировать принципиальную схему очистки вещества, обосновать выбор методов очистки, предложить возможность аппаратного оформления процессов очистки. Владеть: Базовыми алгоритмами составления схем получения простых и сложных неорганических веществ в высокочистом состоянии  ПК-1-н.2: Знать: основные этапы исторического формирования научного понятия «высокочистое вещество»; современную классификацию веществ по степени чистоты; теоретические основы влияния природы и формы примесей на свойства веществ; теоретические основы и аппаратное	Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>оформление базовых процессов разделения смесей.</p> <p>Уметь:</p> <p>применять изученные теоретические закономерности для решения практических задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками работы с учебной и научной литературой по химии высокочистых веществ.</p>		
<p>ПК-1-нх: Способен использовать современные методы неорганической химии для получения высокочистых неорганических веществ и материалов</p>	<p>ПК-1-нх.1: Использует известные методики очистки неорганических веществ и материалов</p>	<p>ПК-1-нх.1:</p> <p>Знать: современные способы получения высокочистых веществ и материалов.</p> <p>Уметь: проводить сравнительный анализ методов глубокой очистки веществ, выявлять преимущества и ограничения методов.</p> <p>Владеть: навыками выбора метода разделения смесей для очистки конкретных веществ.</p>	<p>Проектная работа</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>
<p>ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-2-н.2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-2-н.2:</p> <p>Знать:</p> <p>современные достижения химии высокочистых веществ, содержание примесей в наиболее чистых образцах неорганических соединений и используемые для их очистки методы.</p> <p>Уметь:</p> <p>формировать перечень литературных данных, необходимых для достижения поставленных задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками поиска специальной и справочной литературы по заданной тематике.</p>	<p>Тест</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

ПК-3-н: Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-3-н.1: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными ПК-3-н.2: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	ПК-3-н.1: Знать: исторические этапы и современные достижения химии высокочистых веществ. Уметь: систематизировать научную информацию и сопоставлять ее с литературными данными по содержанию примесей в образцах высокочистых неорганических веществ. Владеть: Навыками систематизации и сравнительного анализа информации.  ПК-3-н.2: Знать: Основные исторические этапы и современные тенденции получения и анализа высокочистых неорганических веществ. Уметь: Прогнозировать возможности очистки конкретных неорганических соединений с использованием различных методов и перспективные области их использования в современной науке и технике. Владеть: навыками аппроксимации экспериментальных данных.	Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
--	---	--	------	---------------------------------

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
в том числе		
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>		
- занятия лекционного типа	36	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16	18
- КСР	2	2

<b>самостоятельная работа</b>	<b>108</b>	<b>124</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>54</b> <b>экзамен</b>	<b>36</b> <b>экзамен</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе								
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы		Всего				
	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	
Тема 1. Исторические этапы развития проблемы получения высокочистых веществ	14	16	4	4	2	2	6	6	8	10	
Тема 2. Влияние природы и формы примесей на свойства веществ	16	18	4	4	2	2	6	6	10	12	
Тема 3. Теоретические основы процессов разделения смесей	64	70	16	16	6	8	22	24	42	46	
Тема 4. Принципы организации процессов получения высокочистых веществ	34	38	8	8	2	2	10	10	24	28	
Тема 5. Современные достижения химии высокочистых веществ	32	36	4	4	4	4	8	8	24	28	
Аттестация	54	36									
КСР	2	2						2	2		
Итого	216	216	36	36	16	18	54	56	108	124	

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).
- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: Чурбанов М.Ф., Вельмузов А.П. Химия

высокочистых неорганических веществ: учебное пособие. - Н. Новгород: ННГУ, 2015. - 170 с.

### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

#### 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

##### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Высокочистым называется вещество, в котором:

1) до минимально возможных значений снижено содержание лимитируемых примесей;

- 2) до минимально возможных значений снижено содержание всех примесей;
- 3) снижено содержание лимитируемых примесей до уровня, на котором они не оказывают влияния на требуемое свойство;
- 4) снижено содержание отдельных примесей до уровня  $10^{-8}$  % масс.

Ответ: 2.

2. Среди перечисленных методов очистки веществ к химическим методам относится:

- 1) ректификация;
- 2) зонная плавка;
- 3) карбонильный метод;
- 4) нормальная направленная кристаллизация.

Ответ: 3.

3. Очистка кремния гидридным методом является:

- 1) химическим методом с изменением химической формы основы;
- 2) химическим методом с изменением химической формы примесей;
- 3) химическим методом с изменением химических форм основы и примесей;
- 4) физико-химическим методом очистки.

Ответ: 1.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н**

1. В азотной кислоте маркировки «осч. 21 – 5» определено содержание:

- 1) 5 неорганических примесей;
- 2) 21 неорганической примеси;
- 3) 21 неорганической примеси и 5 органических примесей;
- 4) 5 неорганических примесей и 21 органической примеси.

Ответ: 2.

2. При использовании германия в качестве полупроводникового материала лимитируемой примесью является:

- 1) углерод;
- 2) кремний;
- 3) мышьяк;

4) кислород.

Ответ: 3.

3. Для получения высокочистого германия используют:

- 1) только химические методы разделения смесей;
- 2) только физико-химические методы разделения смесей;
- 3) совокупность химических и физико-химических методов разделения;
- 4) необходимость применения методов разделения смесей отсутствует.

Ответ: 3.

### **5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н**

1. Физические методы разделения смесей по сравнению с химическими методами:

- 1) обеспечивают больший эффект разделения;
- 2) обеспечивают меньший эффект разделения;
- 3) обеспечивают одинаковый эффект разделения;
- 4) эффект разделения зависит от природы очищаемого вещества и отделяемой примеси.

Ответ: 4.

2. Эффективность разделения веществ в ректификационной колонне выше:

- 1) в отборном режиме работы колонны;
- 2) в безотборном режиме работы колонны;
- 3) при чередовании отборного и безотборного режимов;
- 4) не зависит от режима работы колонны.

Ответ: 2.

3. Эффект очистки одной и той же смеси методом нормальной направленной кристаллизации и зонной плавкой с одним проходом расплавленной зоны:

- 1) выше при использовании нормальной направленной кристаллизации;
- 2) выше при использовании зонной плавки с одним проходом расплавленной зоны;
- 3) одинаков;
- 4) вещество, которое можно очистить нормальной направленной кристаллизацией, нельзя очистить зонной плавкой

Ответ: 3.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Проектная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-нх

Индивидуальная проектная работа на тему «История, современное положение и перспективы получения вещества в высокочистом состоянии».

*Содержательный план работы:*

1. Характеристика вещества:
  - 1) физические свойства;
  - 2) химические свойства (лучше с классификацией – реакции без изменения степеней окисления, окислительно-восстановительные реакции – если есть);
  - 3) области применения вещества.
2. Требования, предъявляемые к степени чистоты вещества.
3. Исторические способы очистки вещества и достигнутые пределы по степени чистоты (если есть, *желательно – со ссылками на литературные источники*).
4. Современное состояние очистки вещества:
  - 1) используемые методы очистки;
  - 2) используемые методы анализа;
  - 3) достигнутые значения по содержанию отдельных примесей и общему содержанию примесей.

*Со ссылками на литературные источники!*

Можно посмотреть не только учебную литературу, но и статьи, патенты и т.д.

5. Перспективы в очистке вещества.

*Формат представления работы:*

презентация с последующей защитой.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Проектная работа)



Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продемонстрированы базовые	Продемонстрированы базовые	Продемонстрированы навыки	Продемонстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	подход к решению нестандартных задач
--	--	--	--	---	---	--	--------------------------------------

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Оценка	Критерии оценивания
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н (Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)**

1. Дайте определения понятиям: высокочистое вещество, особо чистое вещество, лимитируемая примесь.
2. Перечислите основные подходы к классификаций веществ по степени чистоты.
3. Дайте определение понятиям: основное вещество, примесь.
4. Перечислите формы нахождения примесей в веществах.
5. Что называют областью примесной чувствительности?
6. Приведите примеры влияния примесей на оптические и химические свойства веществ.
7. Дайте определение элементарного разделительного процесса.
8. Что вкладывают в понятие «метод разделения смесей»?

9. Что называют коэффициентом разделения?

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-нх** (Способен использовать современные методы неорганической химии для получения высокочистых неорганических веществ и материалов)

1. Перечислите виды методов, применяемых для очистки веществ.
2. На чём основаны химические методы разделения смесей?
3. Приведите примеры химических методов с изменением химической формы основы и с изменением химической формы примесей.
4. Чем определяются предельные возможности химических методов?
5. Что называют «химическими транспортными реакциями»?
6. На чём основано разделение при использовании дистилляционных методов?
7. Что такое перегонка, ректификация? В каких вариантах они могут быть проведены?
8. На чём основано разделение при использовании кристаллизационных методов?
9. Что такое нормальная направленная кристаллизация, противоточная кристаллизация, зонная плавка?
10. В чём заключается сущность зонной плавки?

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н** (Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Каково суммарное содержание количественно определённых неорганических примесей в азотной кислоте марки «осч 21-5»?
2. Какую информацию можно получить из маркировки вещества «оп-3 осч 16-4»?
3. Какими методами в настоящее время получают высокочистую серу?
4. Каково содержание примесей разных групп в наиболее чистых образцах серы?
5. Какими методами в настоящее время получают высокочистый мышьяк?
6. Каково содержание примесей разных групп в наиболее чистых образцах мышьяка?
7. Чем обусловлена необходимость получения веществ, содержащих моноизотопные элементы?
8. Какие методы используют для получения высокочистого моноизотопного кремния-28 в настоящее время?
9. Каково содержание кремния-28 в лучших образцах?
10. Какие методы используют для получения высокочистых металлов в настоящее время?

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н** (Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Приведите примеры влияния примесей на свойства веществ, которые были известны человечеству с древнейших времён.
2. Перечислите основные исторические периоды развития понятия «высокочистое вещество».
3. Как изменялось суммарное содержание примесей в образцах наиболее чистых веществ в разные периоды?
4. В чём заключается отличие понятий «высокочистое вещество» и «особо чистое вещество»?
5. Почему концентрация примесей является случайной величиной?
6. Дайте общую сравнительную характеристику химических и физико-химических методов разделения смесей.
7. Проведите сравнительный анализ возможностей использования химических методов с изменением формы основы и химических методов с изменением форм примесей в практике получения высокочистых веществ.
7. В чём заключаются преимущества и ограничения гидридного метода очистки?
8. В чём состоят преимущества и недостатки галогенидного метода очистки?
9. В чём заключаются преимущества и недостатки метода МОС?
10. Дайте общую сравнительную характеристику дистилляционных и кристаллизационных методов разделения смесей.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Девярых Григорий Григорьевич. Введение в теорию глубокой очистки веществ / АН СССР, Секция хим.-технол. и биол. наук. - М. : Наука, 1981. - 320 с. : ил. - 2.50., 62 экз.
2. Девярых Григорий Григорьевич. Глубокая очистка веществ : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1990. - 191, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000073-7 : 0.40., 39 экз.

Дополнительная литература:

1. Девярых Г. Г. Выставка-коллекция веществ особой чистоты / [Отв. ред. Г. Г. Девярых]. - М. : Наука, 2003. - 236 с. : ил., 1 л. портр. - ISBN 5-02-006483-1 : 30.00., 2 экз.
2. Девярых Григорий Григорьевич. Высокочистые халькогены : моногр. / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, РАН, Ин-т химии высокочистых веществ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 1997. - 244 с. - 25.00., 1 экз.
3. Девярых Григорий Григорьевич. Летучие неорганические гидриды особой чистоты / АН СССР, Ин-т химии. - М. : Наука, 1974. - 206 с. : с черт. - 1.53., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Тихонова Елена Леонидовна, кандидат химических наук.

Рецензент(ы): Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Пермин Дмитрий Алексеевич, кандидат химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.05.2023 г., протокол № 7.