



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИСТ
Ю.В. Сомова

02.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ

Направление подготовки (специальность)
20.04.01 Техносферная безопасность (далее - стандарт).

Направленность (профиль/специализация) программы
Цифровые решения в экологической и промышленной безопасности

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2026 год

75alci-d6-1

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (далее - стандарт). (приказ Минобрнауки России от 25.05.2020 г. № 678)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности
29.01.2026, протокол № 8


Зав. кафедрой  Ю.В. Сомова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИБИС
02.02.2026 г. протокол № 4

Председатель  Ю.В. Сомова

Рабочая программа составлена:
зав. кафедрой ПЭиБЖД, канд.техн.наук

 Ю.В. Сомова

Рецензент:
и.о. зам. руководителя Уральского межрегионального управления
Росприроднадзора ПЭиБЖД  А.А. Лавриков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Промышленной экологии и безопасности

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.В. Сомова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Промышленной экологии и безопасности

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Ю.В. Сомова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование у обучающихся ключевых представлений и методологических подходов к усовершенствованию химико-технологических процессов для минимизации их вредного воздействия на окружающую среду;
- формирование у обучающихся культуры безопасности и рационального природопользования, при этом вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности человека.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Зеленая химия входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

- Методология и методы научного исследования
- Экологически чистые источники энергии
- Современные проблемы науки и техники
- Планирование и обработка эксперимента
- Принципы создания малоотходных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологических процессов
- Управление рисками, системный анализ и моделирование
- Современные методы контроля состояния природной среды
- Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:
 - Экологически чистые источники энергии
 - Физико-химические процессы защиты окружающей среды
 - Биотехнологические процессы защиты окружающей среды
 - Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
 - Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
 - Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика
 - Производственная – преддипломная практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Зеленая химия» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен разрабатывать и проводить эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации
ПК-1.1	Разрабатывает малоотходные и безотходные технологии и оценивает возможность их использования в организации
ПК-1.2	Обосновывает и рекомендует к применению в организации малоотходные и безотходные технологии
ПК-1.3	Проводит расчеты для эколого-экономического обоснования внедрения в организации новой природоохранной техники и технологий с учетом наилучших доступных технологий в области охраны окружающей среды.

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 34,95 академических часов;
- аудиторная – 34 академических часов;
- внеаудиторная – 0,95 академических часов;
- самостоятельная работа – 37,05 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. «Зелёная химия» – химия в интересах устойчивого развития								
1.1 «Зелёная химия» как наука и мировоззрение. Химия – прошлое, настоящее и будущее. Проблемы экологической этики и химическое производство. Стратегия «конца трубы» и предупредительный подход. Предмет и задачи «зеленой химии». «Зеленая химия»: наука или мировоззрение? Хронология развития «зеленой химии». Двенадцать принципов «зеленой химии» Пола Анастаса и Джона Уорнера. Направления развития «зеленой химии». «Зеленый» химический синтез и основные приемы его проведения: «зеленые» методы активации химических реакций, «зеленые» растворители, катализ, минимизация побочных продуктов в схемах реакций, «зеленый» дизайн химических процессов, использование возобновляемого сырья и	3	1	1	4	Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям	Опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3	

<p>энергии. Внедрение «зеленых» технологий в промышленное производство. Образовательные аспекты «зеленой» химии. Знания в области «зеленой химии» как фактор повышения социальной ответственности специалиста. Роль университетского образования в достижении устойчивого развития</p>							
<p>1.2 Концепция устойчивого развития и роль химии в его осуществлении. Историогенез понятия «устойчивое развитие». Модель устойчивого развития и его показатели. Национальная стратегия устойчивого развития в РФ. «Более чистое производство» как актуальная стратегия развития мировой промышленности. Проблемы современного производства. Реализация концепции «Более чистое производство». Переход от административных методов к методам «зеленой химии». Программа мировых производителей химической продукции «Ответственная забота» («Responsible Care») и ее вклад в устойчивое развитие. Глобальная Стратегия Управления Продуктом (Global Product Strategy, GPS) как часть программы «Ответственная забота»</p>	3	1	1	2	Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям	Опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
<p>1.3 Законодательство в природоохранной деятельности. Системы экологического менеджмента: ISO 14001, EMAS. Законодательные документы, регламентирующие охрану окружающей среды. Экомаркировка</p>		1	1	2	Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям	Опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
<p>1.4 Зеленая химия и нанотоксикология. Международные подходы</p>		2	2	2	Работа с литературой, источниками,	Опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

<p>к оценке токсичности и опасности наночастиц и наноматериалов. Нанотоксикология как новое направление исследований и новая дисциплина. Участие наночастиц в круговороте веществ в окружающей среде. Инновационные лекарственные средства на основе углеродных нанотрубок, дендримеров, нанопроводников, наночастиц и др. и потенциальные области их использования. Биокинетика наночастиц в организме. Механизмы токсикологического действия наночастиц. Перспективы развития нанобиотехнологии</p>						подготовка к практическим занятиям		
Итого по разделу	5		5	10				
2. Основные направления развития «зелёной химии»								
<p>2.1 Химический синтез и «зелёная химия». Меры эффективности химических реакций: выход продукта, селективность (хемоселективность, региоселективность, стереоселективность), атомная эффективность, E-фактор и способы их расчета. Использование атомной эффективности и E-фактора для оценки экологического воздействия химического процесса. Примеры «экономных» реакций с точки зрения принципа экономии атомов: реакции присоединения, перегруппировки. Примеры «неэкономных» реакций: реакции отщепления, замещения, окисления. E-фактор в различных отраслях химической промышленности, особенности фармацевтической отрасли. Стратегия и тактика органического синтеза, число стадий, общий выход. Синтез линейный и конвергентный, борьба с</p>	3	2	2	4		Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям	Опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

<p>«арифметическим демоном». Увеличение молекулярной сложности как основная стратегическая линия. Принципы выбора исходных материалов, реагентов, растворителей, условий проведения реакций с точки зрения общей эффективности химического синтеза</p>								
<p>2.2 Нетрадиционные методы активации химических реакций. Классические методы термического ускорения химических реакций: достоинства и недостатки с точки зрения энергетической эффективности, удобства использования, влияния на окружающую среду. Представление об альтернативных методах активации. Ультразвуковая активация химических процессов, сонохимия. Диапазон применяемых для активации ультразвуковых волн. Механизмы активации ультразвуком, кавитация, генерирование радикальных частиц под действием ультразвука. Влияние ультразвука на гомогенные и гетерогенные химические реакции. Общее представление о соноэлектрохимии. Ультразвуковые преобразователи, оборудование для проведения химических процессов под действием ультразвука. Микроволновая активация химических реакций. Представление о микроволнах (СВЧ). Диапазон микроволн, применяемых в химии. Механизм нагрева вещества микроволнами, влияние полярности вещества на скорость нагрева под действием микроволн. Особенности и преимущества</p>	3	2	2	4		Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям	Опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

<p>микроволнового нагрева в сравнении с классическими методами. «Перегретые» жидкости, реакции в перегретой воде. Лабораторная аппаратура для проведения реакций в условиях микроволнового нагрева, отличия от бытовых микроволновых печей. Проточный микроволновой реактор. Фотохимическая активация химических реакций, общие представления об ее механизме. Квантовый выход. Экологические преимущества фотохимических процессов. Проблемы внедрения фотохимических реакций в промышленность. Примеры фотохимических синтезов: получение капролактама, витамина D и др.</p>								
<p>2.3 Катализ и «зеленая химия». Общие представления о катализе и катализаторах. Каталитический цикл. Некоторые типы катализаторов: гомогенные, гетерогенные, катализаторы фазового переноса, биокатализаторы. Основные параметры катализаторов. Модификаторы, промоторы и каталитические яды. Преимущества каталитических химических процессов перед некаталитическими с точки зрения «зеленой химии» (на примере реакций окисления). Регенерация и переработка катализаторов. Сравнение гомогенных и гетерогенных катализаторов. Цеолиты как катализаторы. Примеры применения цеолитов: каталитический</p>	3	2		2	4	<p>Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям</p>	<p>Опрос. Контрольная работа</p>	<p>ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3</p>

<p>крекинг, получение параксилола, этилбензола, кумола, получение бензина из метанола, гидратация циклогексена. Катализ наночастицами. Понятия о мицеллярном и микрогетерогенном катализе. Представление о металлокомплексном катализе и органокатализе. Примеры «зеленых» гомогенных каталитических реакций. Фотокатализ. Фотокаталитическая минерализация органических веществ, материалы с самоочищающейся поверхностью. Общие представления о биокатализе и биокатализаторых. Ферменты (энзимы) и рибозимы. Молекулярное распознавание. Классификация ферментов. Химические реакции под действием ферментов. Катализ чистыми ферментами и клеточными культурами. Преимущества и недостатки биокатализа, способы решения проблем. Биокатализ в промышленности. Синтез ибупрофена. Метод получения акриламида из акрилонитрила с помощью нитрилгидратазы. Каталитические реакции окисления. Пероксид водорода как «зеленый» окислитель. Получение и свойства пероксида водорода, механизмы окислительного действия. Применение пероксида водорода для контролируемого генерирования галогенов, а также удаления вредных веществ из сточных вод, почвы, промышленных газовых выбросов</p>								
<p>2.4 «Зелёный» дизайн химических процессов. Технологические аспекты внедрения «зеленых» химических процессов.</p>	3	2		2	4	Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим	Опрос. Контрольная работа	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3

<p>Новое аппаратное оформление технологических процессов. Принципы интенсификации технологических процессов: увеличение массо- и теплопереноса, оптимизация продолжительности реакции. Классические реакторы периодического и проточного действия. Недостатки классических реакторов. Новые виды аппаратов в технологических процессах: реакторы с вращающимся диском, каталитические мембранные реакторы, микрореакторы. Многофункциональные реакторы: противоточные реакторы, хроматографические реакторы. Реакционная перегонка, экстракция, кристаллизация. Примеры химических процессов в новых видах реакторов. Дизайн «зеленых» процессов синтеза на примере получения 2-хлорникотиновой кислоты.</p>						<p>занятиям</p>		
<p>2.5 «Зелёные» растворители. Органические растворители и летучие органические соединения – влияние на окружающую среду и здоровье человека. Диметилкарбонат – «зеленый» растворитель и реагент. Проведение химических процессов без растворителей. Сверхкритическое состояние вещества. Сверхкритические среды как растворители для химических процессов, преимущества перед классическими растворителями. Сверхкритический CO₂ (scCO₂) как растворитель: преимущества и недостатки. Примеры химических процессов, проводимых в scCO₂:</p>	<p>3</p>	<p>2</p>	<p>2</p>	<p>4</p>		<p>Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям</p>	<p>Опрос. Контрольная работа</p>	<p>ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3</p>

<p>радикальная полимеризация фторсодержащих мономеров и др. Гидрирование и окисление в scCO₂. Экстракция с помощью scCO₂, декофеинизация кофе. Сверхкритическая вода и ее использование. Вода как «зеленый» растворитель: преимущества и недостатки. Особые свойства воды как растворителя, примеры использования: реакции гидратации, гидрирования. Аналоги классических металлорганических реакций, проводимые в воде. Ионные жидкости, их строение, свойства, типичные представители. Преимущества ионных жидкостей перед классическими органическими растворителями. Каталитические свойства ионных жидкостей. Регенерация ионных жидкостей. Ионные жидкости из возобновляемых источников сырья. Примеры использования ионных жидкостей в «зеленых» химических процессах. Фторированные бифазные растворители: типичные представители, приемы использования и примеры применения в химических процессах</p>								
<p>2.6 Возобновляемые источники энергии и сырья. Проблема истощения ископаемых видов топлива. Сжигание органических веществ как метод получения энергии. Удельная теплота сгорания различных видов топлива. Возобновляемые источники энергии и их вклад в общее мировое энергетическое производство.</p>	3	2	2	4		<p>Работа с литературой, источниками, подготовка к практическим занятиям</p>	<p>Опрос. Контрольная работа</p>	<p>ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3</p>

<p>Биомасса как источник энергии.</p> <p>Непосредственное сжигание сухой биомассы и конверсия биомассы в более удобные для использования твердые, жидкие или газообразные виды топлива. Процессы конверсии биомассы: термолиз, пиролиз, газификация, гидротермолиз, ферментация, переработка в биогаз. Этанол как возобновляемый вид топлива: преимущества и недостатки. Производство и использование этанола, полученного из возобновляемых источников сырья (биоэтанола). Производство и использование биобутанола.</p> <p>Недостатки дизельного топлива, получаемого из нефти. Дизельное топливо из возобновляемых источников сырья (биодизель) и его преимущества.</p> <p>Биодизельное топливо из рапсового масла. Состав растительных масел, получение биодизельного топлива перэтерификацией триглицеридов. Смесевое биодизельное топливо. Химические продукты из возобновляемых источников сырья. Состав биомассы: углеводы, лигнин, жиры, терпены, воска, белки и представление об их химическом строении. Целлюлоза и крахмал как основные перерабатываемые компоненты биомассы. Некоторые химические продукты, получаемые из биомассы: глюкоза, молочная кислота, 1,3-пропандиол, аскорбиновая кислота, леулиновая кислота. Полимерные материалы из возобновляемых источников сырья,</p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

биопластики. Получение и применение полимеров молочной кислоты - полилактидов							
Итого по разделу	12		12	27,05			
Итого за семестр	17		17	34		зачёт	
Итого по дисциплине	17		17	37,05		зачет	

5 Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Зеленая химия» применяются традиционная и информационно-коммуникационная образовательные технологии.

Система организации учебного процесса должна быть ориентирована на индивидуальный подход к учащимся и должна содержать задания разного уровня сложности, разнообразного содержания и, соответственно, оцениваться по-разному.

Практические занятия проводятся с использованием метода – «обучение на основе опыта» для создания аналогий между изучаемыми явлениями и знакомыми магистрам жизненными ситуациями и более глубокого усваивания изучаемых вопросов. Магистрам выдаются задания закрепляющие знания, моделирующие технологические процессы. Высокая степень самостоятельности их выполнения магистрами способствует развитию логического мышления и более глубокому освоению теоретических положений и их практического использования. При собеседовании и экспресс - опросе проводится дискуссия и формулируется вывод об оптимальном режиме обучения.

На практических занятиях применяются также следующие виды обучения: контекстное обучение, междисциплинарное обучение, эвристическая беседа, позволяющие находить ответ на проблему, используя знания, полученные и на других дисциплинах.

Самостоятельная работа обучающихся стимулирует их к самостоятельной проработке тем в процессе выполнения курсовой работы и подготовки к практическим занятиям.

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов интерактивного обучения, включающих в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем;
- самостоятельную поисковую деятельность в решении учебных проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем обучающимися под контролем преподавателя;
- проблемное обучение – стимулирование обучающихся к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы;
- контекстное обучение – мотивация обучающихся к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением;
- обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности обучающихся за счет ассоциации их собственного опыта с предметом изучения;
- индивидуальное обучение – выстраивание обучающимися собственных образовательных траекторий на основе формирования индивидуальных учебных планов и программ с учетом интересов и предпочтений обучающихся;
- междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте конкретной решаемой задачи.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины **а) Основная литература:**

1. Хаханина, Т. И. Химия окружающей среды : учебник для вузов /

Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина, И. Н. Петухов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 233 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00029-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/559624> (дата обращения: 20.02.2026).

2. Жуйкова, Т. В. Экологическая токсикология : учебник и практикум для вузов / Т. В. Жуйкова, В. С. Безель. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 362 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06886-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/564036> (дата обращения: 20.02.2026).

3. Бекман, И. Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия : учебник для среднего профессионального образования / И. Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 497 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17774-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/568741> (дата обращения: 20.02.2026).

4. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : учебник для вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд. — 10-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 557 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20516-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/558298> (дата обращения: 20.02.2026).

5. Исидоров, В. А. Экологическая химия : учебное пособие / В. А. Исидоров. - СПб : Химиздат, 2024. - 304 с. - ISBN 978-5-93808-438-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2145334> (дата обращения: 04.04.2025). - Режим доступа: по подписке.

6. Зелёная химия как инструмент устойчивого развития : учебное пособие / Атласкин А.А., Атласкина М.Е., Воротынцев А.В. [и др.]; сост. Н.П. Тарасова, А.Г. Ишков, С.О. Гоманова. – М.: Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, 2024. – 292 с.: ил. ISBN 978-5-6046546-6-8

б) Дополнительная литература:

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
КРЕДО КАДАСТР 2.1	Д-414-08 от 04.07.2008	бессрочно
КРЕДО КОНВЕРТЕР 2.1	Д-414-08 от 04.07.2008	бессрочно
КРЕДО ТОПОГРАФ 2.1	Д-414-08 от 04.07.2008	бессрочно

Электронные плакаты по дисциплине "Общая химия"	К-278-11 от 15.07.2011	бессрочно
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Стандартный	Д-1534-24 от 18.12.2024 г.	18.12.2026

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические документы и подготовленные проекты документов по технической защите информации ФСТЭК России	https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Зеленая химия» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся предполагает обсуждение на занятиях материала, изложенного в лекционном типе, презентацию и визуализацию материала, который обучающиеся подготовили самостоятельно, а также написание эссе по пройденным темам.

Темы практических занятий:

1. Напишите эссе «Зеленая химия – это научная дисциплина, революционная философия или...». Объем - не менее 1000 знаков, но не более 2000 знаков.
2. Сформулируйте 12 основных принципов «зеленой» химии и их мнемонический вариант (мнемоника – искусство запоминания) «PRODUCTIVELY».
3. Нарисуйте схему и охарактеризуйте главные направления развития «зеленой химии».
4. Приведите два промышленных способа получения фенола из бензола. Напишите балансовое уравнение для каждого процесса. Сравните их по атомной эффективности.
5. Антрахинон – вещество, широко используемое для производства красителей. Рассмотрите его получение по реакции взаимодействия 1,4 – нафтохинона с бутадиеном и бензола с фталевым ангидридом. Опишите механизмы для обеих реакций. Сравните атомную эффективность двух методов.

Примерный перечень заданий для практических занятий в интерактивной форме:

1. Подготовьте мультимедийную презентацию об инновационных лекарственных средствах на основе наночастиц и наноматериалов.
2. Подготовьте мультимедийную презентацию о механизмах токсикологического действия наночастиц на организм человека.
3. Охарактеризуйте международные подходы в оценке токсичности и опасности наночастиц и наноматериалов. Остановитесь на ситуации в отдельных странах. Подготовьте сообщение с мультимедийной презентацией.

Методические рекомендации по подготовке презентаций

Каждую презентацию выполняют группа студентов.

Обязательные структурные элементы презентации:

- Титульный лист.
- После титульного листа на отдельном слайде следует план-содержание, в котором указаны названия всех разделов (пунктов плана) презентации.
- После плана-содержания следует вводная часть. Объем вводной части составляет 1-2 слайда.
- Основная часть презентации может иметь один или несколько разделов и предполагает осмысленное и логичное изложение главных положений и идей, содержащихся в изученной литературе. В презентации рекомендуются ссылки на первоисточники. В том случае если цитируется или используется чья-либо неординарная мысль, идея, вывод, приводится какой-либо цифрой материал, таблицу – обязательно сделайте ссылку на того автора у кого вы взяли данный материал.
- Заключение содержит главные выводы, и итоги из текста основной части, в нем отмечается, как выполнены задачи и достигнуты ли цели, сформулированные в вводной части.

- Презентация может включать графики, таблицы, расчеты.
- Библиография (список литературы) здесь указывается реально использованная для подготовки презентации литература.

Этапы работы над презентацией:

Работу над презентацией можно условно подразделить на три этапа:

1. Подготовительный этап, включающий изучение предмета исследования.
2. Изложение результатов изучения в виде презентации.
3. Устное представление презентации по теме исследования.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1: Способен разрабатывать и проводить эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации		
ПК-1.1:	Разрабатывает малоотходные и безотходные технологии и оценивает возможность их использования в организации	<p>Вопросы к практическим занятиям:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Назовите, по крайней мере, три движущие силы, необходимые для создания EMS, на уровне: а) государства, б) компании, в) потребителя. 2. Что означает каждый из типов EMS, существующей в различных компаниях: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Environmentally Passive <input type="checkbox"/> Steered by the Authorities <input type="checkbox"/> Demand Optimizing <input type="checkbox"/> Environmentally aware <input type="checkbox"/> Environmentally adapted Какой из них является наиболее приемлемым в современных условиях? 3. Приведите примеры предприятий химической, нефтехимической промышленности (по одному на каждом континенте), сертифицированных по ISO 14001. Известны ли случаи, когда предприятия отказывались от EMS? 4. Назовите предприятия химической промышленности в РФ, имеющие сертификат ISO 14001. Проанализируйте причины, сдерживающие развитие EMS. 5. Расшифруйте аббревиатуры REACH и OSOR. Проанализируйте, где и как применяется REACH, как принимают регламент в разных странах, включая Беларусь. 6. Определите движущие силы и препятствия для внедрения REACH.

ПК-1.2:	Обосновывает и рекомендует к применению в организации малоотходные и безотходные технологии	<p style="text-align: center;">Вопросы к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Охарактеризуйте экологические проблемы химических производств и возможные пути их решения. 2. Дайте определение «зеленой» химии. 3. Назовите основные принципы «зеленой» химии и их мнемонический вариант. 4. Перечислите критерии, которым должна отвечать идеальная химическая реакция. 5. В чем заключается разница между химией окружающей среды и «зеленой» химией? 6. Перечислите существующие стратегии решения экологических проблем. 7. Охарактеризуйте основные направления развития «зеленой» химии. 8. Ограничивается ли «зеленая» химия требованиями только к процессу производства химического продукта? Должна ли интересоваться химика дальнейшая «судьба» произведенного продукта? 9. Как «зеленая химия» включается в учебные программы большинства университетов мира: в виде отдельной дисциплины? Вопросы «зеленой» химии включены в программы других химических дисциплин? 10. Что такое устойчивое развитие общества и каковы его основные цели? 11. Перечислите основные положения Национальной стратегии устойчивого развития РФ. 12. Охарактеризуйте основные проблемы химических производств и стратегию «Более чистое производство». 13. Приведите примеры реализации в химической промышленности концепции «Более чистое производство». 14. Сформулируйте принципы и цели программы мировых производителей химической продукции «Ответственная забота». 15. Перечислите основные руководящие документы в области защиты потребителя и работника при использовании химических веществ на производстве. 16. Приведите примеры «экономных» и «неэкономных» реакций с точки
---------	---	---

		<p>зрения принципа экономии атомов.</p> <p>17. Чем линейные схемы синтеза отличаются от конвергентных? Какие схемы лучше?</p> <p>18. Как правильно разработать стратегию «зеленого» химического синтеза?</p>
ПК-1.3:	<p>Проводит расчеты для эколого-экономического обоснования внедрения в организации новой природоохранной техники и технологий с учетом наилучших доступных технологий в области охраны окружающей среды</p>	<p>Задания для практических занятий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выберите два крупнотоннажных современных химических продукта, получаемых с помощью каталитических процессов, и обсудите роль катализаторов с точки зрения экономики и экологии. Почему катализ оказывает меньшее экономическое и экологическое влияние при разработке тонких и фармацевтических продуктов? 2. Реакции окисления часто используются при производстве крупнотоннажных и тонких химических продуктов. Обсудите основные различия в процессах, используемых в каждом секторе, с точки зрения 12 принципов «зеленой химии». 3. Опишите преимущества и недостатки использования клеточных культур в сравнении с выделенными ферментами в промышленных биокаталитических процессах. 4. Обсудите и сравните механизмы переноса энергии при использовании перегретого пара, микроволн, ультразвука. Обсудите роль и ограничения применения растворителей для проведения химических реакций с этими источниками энергии. 5. Выберите любой крупнотоннажный химический продукт и обсудите на его примере, как продвинулся производственный процесс за последние 50 лет с точки зрения экологии и экономичности. 6. Сравните фотохимический и не фотохимический промышленные методы получения капролактама. Обсудите объемы и природу образующихся отходов в каждом процессе, а также энергозатраты. 7. Обсудите преимущества и недостатки использования сверхкритической воды и CO₂ вместо органических растворителей. 8. Найдите и опишите примеры использования сверхкритического CO₂ в химической практике, кроме тех, которые приводились на лекциях. 9. Классический метод синтеза гидрохинона из анилина включает использование стехиометрических количеств диоксида марганца, серной кислоты и металлического железа. <ol style="list-style-type: none"> а) Рассмотрите эффективность этого процесса с точки зрения принципа экономии атомов.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «**Зеленая химия**» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме.

Для получения зачета по дисциплине обучающийся должен знать основные определения и понятия, связанные с инновационным предпринимательством; уметь выделять ключевые аспекты, владеть основными методами анализа научной литературы в инновационного предпринимательства; профессиональным языком в области инновационного предпринимательства и практическими навыками **самостоятельной разработки и использования научно-технической литературы по составлению проекта.**

Показатели и критерии оценивания зачета:

на оценку «зачтено» обучающийся должен показать высокий уровень знания материала по дисциплине не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и продемонстрировать интеллектуальные навыки решения проблем, нахождения уникальных ответов, вынесения критических суждений; продемонстрировать знание и понимание законов дисциплины, умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности;

на оценку «не зачтено» обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации по дисциплине, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, умение критически оценивать свои личностные качества, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.