

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Лицей №1»

<p>«Согласовано» Педагогическим советом МАОУ Лицей №1</p> <p>Протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.</p>	<p>«Согласовано» Зам. директора по УВР МАОУ Лицей № 1 _____ / _____ «_____» _____ 20__ г.</p>	<p>«Утверждаю» директор МАОУ Лицей № 1 _____/_____ Е.Н. Куксенко Приказ № _____ от «_____» _____ 20__ г.</p>
--	---	--

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА  
социально-гуманитарная  
**«Зеленая химия»**  
**2-ой год обучения**

Возраст: 16-18 лет  
Срок реализации: 1 год

Автор составитель программы:  
Данилова Татьяна Сергеевна,  
педагог дополнительного образования

Красноярск, 2024

## **Пояснительная записка**

Рабочая программа дополнительного образования по химии «зеленая химия для устойчивого развития» для 10-11 классов составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования к результатам освоения основной программы основного общего образования (Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования»), с учётом Примерной программы воспитания (протокол Федерального учебно-методического объединения по общему образованию № 3/22 от 23.06.2022) и Примерной основной образовательной программы основного общего образования (протокол Федерального учебно-методического объединения по общему образованию № 1/22 от 18.03.2022).

Программа является составной частью учебно-воспитательного процесса и одной из форм организации свободного времени учащихся, направлена на:

- систематизацию и расширение знаний учащихся в области зеленой химии;
- формирование у учащихся умений самостоятельной работы с текстами;
- повышение мотивации и интереса учащихся к обучению, активизация их самостоятельной учебно-познавательной деятельности.

- Цель программы: формирование и развитие компетенций обучающихся в области естественнонаучных знаний и умений, направления 'зеленой химии';

представлений об экологическом мониторинге и ответственного отношения к окружающей среде, приобретение опыта практической проектной и исследовательской деятельности в естественнонаучном направлении, необходимого для самоопределения и профессиональной ориентации.

Задачи:

сформировать у обучающихся:

- систему знаний основных экологических понятий и законах, овладение основными научными методами;
- формирование устойчивого познавательного интереса к изучению естественнонаучных дисциплин;
- формирование практических умений по освоению методик зеленой химии;
- повышение качества естественнонаучного общего образования школьников на основе интеграции и преемственности содержания общего и дополнительного образования;
- формирование навыков грамотной постановки задач, возникающих в практической деятельности, их решения, работы с информационными источниками, критического мышления, коммуникации, умения презентовать результаты своей деятельности.

## **Описание места учебного предмета в учебном плане**

Рабочая программа разработана для учащихся 10-11 классов, рассчитана на 102 часа в год (9 часов в неделю).

## Планируемые результаты освоения учебного курса

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- важнейшие принципы и направления развития 'зеленой химии';
  - современные стратегии развития мировой промышленности и программы производителей химической продукции, направленные на сохранение окружающей среды и достижение устойчивого развития общества;
  - основные подходы и приемы проведения 'зеленого' химического синтеза;
  - принципы выбора исходных материалов, реагентов, растворителей, условий проведения реакций с точки зрения общей эффективности химического синтеза;
  - технологические аспекты внедрения и аппаратное оформление 'зеленых' химических процессов;
  - экологические преимущества каталитических химических процессов;
  - специфику проведения химических реакций без органических растворителей;
  - подходы к получению продуктов из возобновляемых источников сырья.
- Должен уметь:
- оперировать ключевыми понятиями 'зеленая химия' и 'устойчивое развитие';
  - оценивать эффективность проведения химических реакций и их экологические последствия;
  - анализировать существующие методики эксперимента и технологии получения химических веществ с точки зрения их безопасности для окружающей среды и человека;
  - предложить новые безопасные способы проведения химических процессов и внедрять их в лабораторных и производственных условиях;
  - применять современные информационные технологии при решении практических задач по реализации 'зеленых' химических процессов.

Должен владеть:

- методологией безопасного проведения химических процессов в лабораторных условиях и особенностями проведения процесса масштабирования лабораторных технологий
- основами стратегии организации 'зеленых' химических производств;
- подходами к анализу деятельности предприятия химической промышленности с позиций концепции более безопасного производства.

*Личностные результаты:*

- развитие логического, алгоритмического мышления;
- формирование ответственного отношения к учению, готовности и способности обучающихся к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к обучению и познанию;
- формирование целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития химии;
- формирование осознанного и ответственного отношения к собственным поступкам;
- формирование коммуникативной компетентности в общении и сотрудничестве со сверстниками, взрослыми в процессе образовательной деятельности.

### *Метапредметные результаты:*

- умение самостоятельно определять цели и своего обучения, ставить и формулировать для себя новые задачи в учебе и познавательной деятельности, развивать мотивы и интересы своей познавательной деятельности;
- умение самостоятельно планировать пути достижения целей, в том числе альтернативные, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных задач;
- умение соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии изменяющейся ситуацией;
- умение оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности ее решения;
- владение основами самоконтроля, самооценки, принятия решений и осуществления осознанного выбора в учебной и познавательной деятельности;
- умение определять понятия, создавать обобщения, устанавливать аналогии, классифицировать, самостоятельно выбирать основания и критерии для классификации, устанавливать причинно-следственные связи;
- умение создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач;
- смысловое чтение, умение находить в тексте важные для решения задачи параметры;
- умение организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность с учителем и сверстниками; формулировать, аргументировать и отстаивать свое мнение;
- формирование и развитие компетентности в области использования химических технологий.

### *Предметные результаты:*

- понимать важнейшие принципы и направления развития 'зеленой химии';
- умение анализировать принципы выбора исходных материалов, реагентов, растворителей, условий проведения реакций с точки зрения 'зеленых' химических процессов;
- оперировать ключевыми понятиями 'зеленая химия' и 'устойчивое развитие';
- оценивать эффективность проведения химических реакций и их экологические последствия;
- анализировать существующие методики эксперимента и технологии получения химических веществ с точки зрения их безопасности для окружающей среды и человека;
- предлагать новые безопасные способы проведения химических процессов и внедрять их в лабораторных и производственных условиях;
- применять современные информационные технологии при решении практических задач по реализации 'зеленых' химических процессов.

## Структура курса

№	Название темы	Количество часов
1.	Тема 1. Возникновение "зеленой химии". Принципы и направления "зеленой химии".	3
2.	Тема 2. Концепция устойчивого развития и роль химии в его осуществлении.	9
3.	Тема 3. Химический синтез и "зеленая химия".	18
4.	Тема 4. Катализ и "зеленая химия".	12
5.	Тема 5. Альтернативные растворители.	18
6.	Тема 6. "Зеленая" аналитическая химия.	12
7.	Тема 7. Токсикология химических продуктов. "Зеленая химия" и нанотоксикология.	12
8.	Тема 8. Возобновляемые источники энергии и сырья.	12
9.	Тема 9. Законодательство в природоохранной деятельности.	6
	Итого:	102

## Содержание курс

### **Тема 1. Возникновение "зеленой химии". Принципы и направления "зеленой химии".**

Предмет и задачи "зеленой химии". Хронология развития "зеленой химии". Двенадцать принципов "зеленой химии" Пола Анастаса и Джона Уорнера. Направления развития "зеленой химии". Внедрение "зеленых" технологий в промышленное производство. Знания в области "зеленой химии" как фактор повышения социальной ответственности специалиста.

### **Тема 2. Концепция устойчивого развития и роль химии в его осуществлении.**

Понятие "устойчивое развитие". Модель устойчивого развития и его показатели. "Более чистое производство" как актуальная стратегия развития мировой промышленности. Проблемы современного химического производства: нестабильность процессов, отходы, ограниченность углеводородного сырья и источников энергии. Программа мировых производителей химической продукции "Ответственная забота" и ее вклад в устойчивое развитие.

### **Тема 3. Химический синтез и "зеленая химия".**

Меры эффективности химических реакций: выход продукта, селективность (хемоселективность, региоселективность, стереоселективность). Примеры "экономных" реакций с точки зрения принципа экономии атомов: реакции присоединения, перегруппировки. Примеры "неэкономных" реакций: реакции отщепления, замещения, окисления. E-фактор — это параметр, который показывает, сколько килограммов отходов приходится на каждый килограмм конечного продукта при химическом производстве. E-фактор в различных отраслях химической промышленности, особенности фармацевтической отрасли. Стратегия и тактика органического синтеза, число стадий, общий выход. Принципы выбора исходных материалов, реагентов, растворителей, условий проведения реакций с точки зрения общей эффективности химического синтеза.

### **Тема 4. Катализ и "зеленая химия".**

Катализаторы гомогенные, гетерогенные, биокатализаторы. Основные

параметры катализаторов. Модификаторы, промоторы и каталитические яды. Преимущества каталитических химических процессов перед некаталитическими с точки зрения "зеленой химии". Регенерация и переработка катализаторов. Примеры применения цеолитов. Катализ наночастицами. Понятия о мицеллярном и микрогетерогенном катализе. Представление о металлокомплексном катализе и органокатализе. Примеры "зеленых" гомогенных каталитических реакций.

Общие представления о биокатализе и биокатализаторах. Ферменты (энзимы) и рибозимы. 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.

Каталитические реакции окисления. Пероксид водорода как "зеленый" окислитель. Получение и свойства пероксида водорода, механизмы окислительного действия. Применение пероксида водорода для удаления вредных веществ из сточных вод, почвы, промышленных газовых выбросов.

### **Тема 5. Альтернативные 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 CO<sub>2</sub> (scCO<sub>2</sub>) как растворитель: преимущества и недостатки. СК-CO<sub>2</sub> экстракты - абсолютно натуральными, экологичными и безопасными продуктами. Их используют в косметических целях. Экстракция с помощью scCO<sub>2</sub>, декофеинизация кофе.

Сверхкритическая вода и ее использование. Вода как "зеленый" растворитель: преимущества и недостатки. Особые свойства воды как растворителя, примеры использования: реакции гидратации, гидрирования.

Ионные жидкости, типичные представители. Преимущества ионных жидкостей перед классическими органическими растворителями. 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.

### **Тема 6. "Зеленая" аналитическая химия.**

Подходы, обеспечивающие при осуществлении химических анализов уменьшение негативного воздействия на окружающую среду. Устранение пробоподготовки за счет использования прямых определений, в том числе неинвазивных и дистанционных. Автоматизация анализа: проточно-инжекционный анализ. Миниатюризация приборов и процедур: микроэкстракция (твердофазная или жидкость-жидкостная), "лаборатории на чипе" (lab-on-a-chip) и др.

### **Тема 7. Токсикология химических продуктов. "Зеленая химия" и нанотоксикология.**

Токсичность химических веществ для человека и биосферы, период и пути разложения в природе, токсичность вторичных продуктов. Поверхностно-активные вещества (ПАВ), пестициды и др. токсиканты в окружающей среде. Воздействие ПАВ на окружающую среду и человека. Скорость биоразложения ПАВ. Защита окружающей среды как стимул поиска новых безопасных ПАВ.

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.

## **Тема 8. Возобновляемые источники энергии и сырья.**

Проблема истощения ископаемых видов топлива. Возобновляемые источники энергии и их вклад в общее мировое энергетическое производство.

Биомасса как источник энергии. 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).

Недостатки дизельного топлива, получаемого из нефти. Дизельное топливо из возобновляемых источников сырья (биодизель) и его преимущества. Биодизельное топливо из рапсового масла. Состав растительных масел, получение биодизельного топлива переэтерификацией триглицеридов. Смесевое биодизельное топливо.

Химические продукты из возобновляемых источников сырья. Состав биомассы. Целлюлоза и крахмал как основные перерабатываемые компоненты биомассы. Некоторые химические продукты, получаемые из биомассы: глюкоза, молочная кислота, аскорбиновая кислота. Полимерные материалы из возобновляемых источников сырья, биопластики. Получение и применение полимеров молочной кислоты полилактидов.

## **Тема 9. Законодательство в природоохранной деятельности.**

Системы экологического менеджмента: ISO 14001, европейский эко-менеджмент и аудит (EMAS). Законодательные документы, регламентирующие охрану окружающей среды в химической промышленности: требования к химической продукции. Согласованная на Глобальном Уровне Система Классификации и Маркировки Химической Продукции  
Экомаркировка.

### Календарно-тематическое планирование

№	Название темы	Количество часов
1.	Предмет и задачи "зеленой химии". Хронология развития "зеленой химии".	3
2.	Модель устойчивого развития и его показатели.	3
3.	Проблемы современного химического производства	3
4.	Программа мировых производителей химической продукции "Ответственная забота" и ее вклад в устойчивое развитие.	3
5.	Меры эффективности химических реакций: выход продукта, селективность.	3
6.	Реакции присоединения, перегруппировки.	3
7.	Реакции отщепления, замещения, окисления.	3
8.	E-фактор в различных отраслях химической промышленности, особенности фармацевтической отрасли	3
9.	Стратегия и тактика органического синтеза.	3
10.	Принципы выбора исходных материалов, реагентов, растворителей, условий проведения реакций.	3
11.	Основные параметры катализаторов.	3
12.	Модификаторы, промоторы и каталитические яды. Регенерация и переработка катализаторов.	3
13.	Преимущества каталитических химических процессов перед некаталитическими с точки зрения "зеленой химии".	3
14.	Примеры применения цеолитов. Катализ наночастицами.	3
15.	Органические растворители и летучие органические соединения - влияние на окружающую среду и здоровье человека.	3
16.	Сверхкритический CO <sub>2</sub> (scCO <sub>2</sub> ) как растворитель: преимущества и недостатки.	3
17.	Вода как "зеленый" растворитель: преимущества и недостатки.	3
18.	Особые свойства воды как растворителя, примеры использования: реакции гидратации, гидрирования.	3
19.	Ионные жидкости из возобновляемых источников сырья. Примеры использования ионных жидкостей в "зеленых" химических процессах.	3
20.	Бифазные растворители	3
21.	Осуществление химических анализов уменьшение негативного воздействия на окружающую среду.	3
22.	Дистанционное определение.	3
23.	Миниатюризация приборов и процедур.	3

24.	Микроэкстракция твердофазная или жидкость-жидкостная. Лаборатории на чипе.	3
25.	Токсичность химических веществ для человека и биосферы	3
26.	Воздействие ПАВ на окружающую среду и человека. Скорость биоразложения ПАВ.	3
27.	Нанотоксикология. Участие наночастиц в круговороте веществ в окружающей среде.	3
28.	Перспективы развития нанобиотехнологии.	3
29.	Проблема истощения ископаемых видов топлива. Возобновляемые источники энергии.	3
30.	Биомасса как источник энергии. Биогаз.	3
31.	Биодизель, биоэтанол.	3
32.	Полимерные материалы из возобновляемых источников сырья, биопластики.	3
33.	Системы экологического менеджмента.	3
34.	Экомаркировка.	3
	Итого:	102

#### Список литературы:

1. Егоров, В. В. Экологическая химия : учебное пособие / В. В. Егоров. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург
2. Другов, Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов : руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. -

#### Дополнительная литература:

1. Химические основы экологии : учебное пособие / В. Ю. Орлов, А. Д. Котов, А. И. Русаков, И. В. Волкова. - Москва : Лаборатория знаний, 2018. - 350 с. - ISBN 978-5-00101-611-3. -