

**Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»**

СОГЛАСОВАНО

И.о. директора РМЦ ДОД

 /Н.В. Медведева/
«25» 05 2026 г.



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по развитию

 /Ю.П. Максименко/
«25» 05 2026 г.



**Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
«Чистый город: хвойный патруль»**

Возраст обучающихся: 14-17 лет

Срок реализации: 1 год

Объем: 72 академических часа

г. Сургут, 2026 год

Автор программы:

Кукуричкин Глеб Михайлович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры экологии и биофизики, Сургутский государственный университет.

Богданова Дарья Викторовна, лаборант ЦКП, младший научный сотрудник НОЦ ИЕиТН СурГУ.

Бордей Римма Ханифовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сургутский государственный университет.

Наконечный Николай Владимирович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры экологии и биофизики, Сургутский государственный университет.

Мороз Ольга Александровна – лаборант кафедры экологии и биофизики, Сургутский государственный университет.

Согласовано:

И.о. директора Регионального модельного
центра дополнительного образования детей
Ханты-Мансийского автономного округа –
Югры



Н.В. Медведева

Анонс программы

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Чистый город: хвойный патруль» разработана для обучающихся 8–10 классов, стремящихся к проектной и исследовательской деятельности в области экологии и биологии. Программа сочетает в себе теоретическую базу биоиндикации и прикладные методы мониторинга качества атмосферного воздуха с использованием хвойных растений.

Целью программы является формирование у обучающихся комплекса компетенций, необходимых для проведения самостоятельного научного исследования: от постановки гипотезы до публичной защиты результатов. Программа развивает практические навыки работы с лабораторным оборудованием, полевыми определителями и методами статистической обработки экологических данных. Особое внимание уделяется подготовке материалов для участия в научно-практических конференциях и экологических конкурсах.

Программа рассчитана на обучающихся в возрасте 14–17 лет (8–10 классы).

Основные разделы программы:

- Методология научного поиска: алгоритм разработки экологического проекта, выбор объектов и точек мониторинга.
- Анатомия и физиология хвои: изучение реакции ассимиляционного аппарата на аэротехногенное загрязнение (анализ хлорозов, некрозов и состояния эпикуткулярного воска).
- Лабораторный практикум: морфометрические измерения, работа с микроскопией и химическими индикаторами загрязнения.
- Проектная мастерская: обработка полевых данных, визуализация результатов в виде экологических карт и подготовка тезисов исследовательской работы для экспертной защиты.

1. Пояснительная записка

Введение

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Чистый город: хвойный патруль» направлена на формирование у школьников целостного представления об экологическом мониторинге городских территорий. Программа разработана для обучающихся 8–10 классов, стремящихся к проектной и исследовательской деятельности в области экологии и биологии.

Экологическое образование играет ключевую роль в формировании у школьников ответственного отношения к природе, понимания взаимосвязей в экосистемах и необходимости бережного использования ресурсов. Актуальность экологии Севера для обучающихся обусловлена рядом факторов, связанных с уникальными экологическими проблемами региона, необходимостью формирования экологической культуры и ответственности у молодого поколения, а также с глобальными экологическими вызовами.

Задачами программы является популяризация и развитие естественнонаучного и инженерного образования, связанные с технологическим развитием страны, обеспечением её конкурентоспособности и решением актуальных проблем общества. Программа направлена на подготовку будущих лидеров науки и технологий для решения задач приоритетных направлений социально-экономического развития автономного округа.

В основе программы лежит метод биоиндикации - оценка качества атмосферного воздуха по состоянию хвойных растений (сосны обыкновенной). Программа объединяет теоретические основы биологии, химии и географии с практическими полевыми исследованиями, позволяя учащимся не только изучать экологию, но и вносить реальный вклад в мониторинг состояния своего района.

При реализации программы «Чистый город: хвойный патруль» учитываются образовательные интересы и способности участников, в том числе, направленные на их профессиональное самоопределение в одной из самых перспективных сфер.

1.1. Направленность: естественно-научная.

1.2. Актуальность программы:

Актуальность программы «Чистый город: хвойный патруль» продиктована необходимостью формирования экологического мышления в условиях высокой антропогенной нагрузки на северные экосистемы. Программа разработана в строгом соответствии с приоритетами Стратегии социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2030 года, где экологическая безопасность и сохранение природного потенциала региона выделены как ключевые факторы качества жизни населения.

Программа создает условия для знакомства обучающихся с современными вопросами экологии города, биоиндикации, исследования с применением современных геоинформационных систем (ГИС) и баз данных.

1.3. Цель программы: формирование у обучающихся системы актуальных экологических знаний и комплекса исследовательских компетенций, необходимых для самостоятельного проведения мониторинга городской среды с применением методов биоиндикации и цифровых технологий картографирования.

Задачи программы:

Сформировать систему знаний в области экологии, лесоведения и физиологии растений, достаточную для понимания механизмов антропогенного воздействия на биосферу.

Освоить методику биоиндикации атмосферного воздуха по состоянию хвойных растений (анализ морфометрических параметров, некрозов и хлорозов ассимиляционного аппарата).

Изучить алгоритм реализации экологического проекта: от постановки научной гипотезы и выбора точек мониторинга до верификации результатов.

Ознакомить с современным инструментарием эколога: работой в ГИС-системах, методами дистанционного зондирования и цифровой обработки данных мониторинга.

Развить практические навыки работы с профильным лабораторным оборудованием, оптической микроскопией и полевыми определителями.

Сформировать умение анализировать сложные биологические объекты и выявлять причинно-следственные связи между качеством среды и состоянием живых систем.

Развить навыки цифровой грамотности через использование специализированного ПО для статистического анализа и визуализации экологических данных (инфографика, карты).

Совершенствовать навыки академического письма и публичного выступления в рамках подготовки к научно-практическим конференциям и конкурсам.

Стимулировать интерес к профессиональному самоопределению в высокотехнологичных сферах экологии, биологии и рационального природопользования.

Воспитывать ответственное отношение к экологическому состоянию городской среды и готовность к участию в природоохранных инициативах.

Повышать мотивацию к достижению успеха и развитию лидерских качеств через защиту собственных проектных решений перед экспертным сообществом.

1.4. Отличительная особенность программы:

Программа содержит конвергентный подход, объединяющий классическую биоиндикацию с современными цифровыми технологиями. В отличие от общеразвивающих курсов экологии, данная программа предлагает узкую специализацию на изучении хвойных растений как высокоточных

индикаторов состояния городской среды. Обучающиеся не просто осваивают теорию, проходя полный цикл научного исследования: от полевого сбора биоматериала и сложной лабораторной микроскопии до статистической обработки данных и создания цифровых экологических карт в ГИС-системах.

Программа выстроена на принципах практико-ориентированного обучения в реальной городской среде. Объектами исследования становятся конкретные парки и микрорайоны, что повышает личную вовлеченность старшеклассников в решение экологических проблем своего города. Особое внимание уделяется формированию профессионального портфолио: итогом обучения становится индивидуальный проект, полностью готовый к защите на научно-практических конференциях и конкурсах регионального и федерального уровней.

Образовательный процесс имеет ярко выраженный профориентационный вектор, знакомя обучающихся с профессиями будущего на стыке экологии, аналитики данных и урбанистики. Это позволяет школьникам 14–17 лет не только получить навыки работы с высокотехнологичным оборудованием, но и осознанно подойти к выбору будущей специальности в области рационального природопользования и «зеленых» технологий.

1.1. Адресат программы:

Программа рассчитана на обучающихся в возрасте от 14-17 лет (8-10 классы) общеобразовательных организаций.

Наполняемость групп 15 человек.

1.2. Объем программы: 72 академических часа

1.3. Форма и режим занятий:

Занятия проводятся в очном формате – 2 академических часа в неделю. Формы очной организации образовательного процесса предполагает проведение коллективных занятий.

1.9. Уровень освоения программы: базовый.

1.10. Планируемые результаты:

Предметные

Будут знать:

- теоретические основы биоиндикации: механизмы влияния аэротехногенного загрязнения на анатомию, физиологию и биохимический состав хвойных растений;
- принципы фотометрического анализа: устройство и назначение спектрофотометра, физические основы измерения оптической плотности растворов;
- методологию научного поиска: структуру исследовательского проекта, правила постановки гипотезы и выбора контрольных точек мониторинга;
- цифровой инструментарий: основы работы в геоинформационных системах (ГИС) и программном обеспечении для статистической обработки данных.

Будут уметь:

- проводить пробоподготовку: самостоятельно готовить навески растительного материала и экстрагировать пигменты (хлорофиллы и каротиноиды) с помощью растворителей;
- работать на спектрофотометре: калибровать прибор, проводить измерения на заданных длинах волн и снимать показатели оптической плотности;
- выполнять расчёты: вычислять концентрацию пигментов и индексы состояния среды на основе полученных лабораторных данных;
- визуализировать данные: строить графики зависимостей и наносить результаты мониторинга на цифровые карты города;
- презентовать результаты: оформлять тезисы исследовательской работы и защищать свои выводы перед экспертной аудиторией.

Будут владеть:

- навыком лабораторного анализа: безопасной и точной работы с химическими реактивами, лабораторной посудой и прецизионным оборудованием;
- навыком системного анализа: сопоставления визуальных признаков повреждения хвои (некрозы, хлорозы) с результатами биохимического (спектрофотометрического) исследования;
- навыком цифрового мониторинга: использования ГИС-технологий для оценки экологической ситуации на локальных участках города;
- навыком научного письма: культурой оформления исследовательских проектов в соответствии с требованиями ведущих научно-практических конференций.

Метапредметные результаты:**Будут развиты:**

- навыки коммуникации и межличностного общения;
- умения организации и управления собственной деятельностью;
- умения работы с информационными источниками: анатомическими атласами, наглядными анатомическими пособиями.

Личностные результаты:**Будут проявлять:**

- ответственное отношение к проведению экспериментов (работа с реактивами и дорогостоящим спектрофотометром), бережное обращение с объектами живой природы при сборе проб;
- осознание социальной значимости создаваемого проекта (экологической карты или исследования), как реального вклада в мониторинг городской среды.

1.10. Формы контроля и подведения итогов реализации программы

Текущий контроль с целью непрерывного отслеживания уровня усвоения материала, выполнения работ и стимулирования обучающихся. Для реализации текущего контроля в процессе объяснения теоретического

материала преподаватель обращается к обучающимся с вопросами и короткими заданиями; в процессе выполнения практических работ преподаватель контролирует и оценивает выполненные этапы работы.

Тематический контроль в виде выполнения практических работ, устный опрос по изученному теоретическому материалу.

2. Организационно-педагогические условия реализации программы

2.1. Учебный план на 2026-2027 уч. год

№ п/п	Наименование раздела	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	2	3	4	5	6
1	Полевой этап: Полевой мониторинг	16	4	12	Журнал, пробы
1.1	Биоиндикация: выбор объектов и точек сбора в городе	4	2	2	Карта локаций
1.2	Методика и техника сбора биоматериала (хвои)	4	2	2	Инструктаж ТБ
1.3	Полевой выезд №1: Сбор проб в фоновой зоне (парк)	4	0	4	Образцы хвои
1.4	Полевой выезд №2: Сбор проб в импактной зоне (дороги)	4	0	4	Образцы хвои
2	Морфометрия и анатомия хвои	14	4	10	Протокол НИР
2.1	Анализ повреждений: некрозы и хлорозы	4	2	2	Таблицы данных
2.2	Расчет индексов жизненного состояния древостоя	4	1	3	Расчетные листы

2.3	Микроскопия: изучение устьиц и воскового налета	6	1	5	Микрофотографии
3	Спектрофотометрический практикум	18	4	14	База данных
3.1	Фотометрия: устройство и калибровка прибора	4	2	2	Допуск к работе
3.2	Экстракция пигментов: растирание и фильтрация.	6	1	5	Растворы
3.3	Измерения на спектрофотометре и снятие данных.	4	0	4	Журнал замеров
3.4	Биохимические расчеты концентрации пигментов.	4	1	3	Итоговые цифры
4	Обработка данных и ГИС-картография	12	4	8	Эко-карта
4.1	Статистика: корреляционный анализ в Excel.	6	2	4	Графики
4.2	ГИС-технологии: создание цифровых слоев карты.	6	2	4	Файл проекта
5	Проектная мастерская и защита	12	4	8	Готовый проект
5.1	Оформление текста работы и тезисов.	6	2	4	Черновик НИР
5.2	Подготовка презентации и итоговая защита.	6	2	4	Публичная защита
	всего	72	20	52	

2.2. Календарный учебный график на 2026-2027 уч. год

Год обучения	Дата начала обучения	Дата окончания обучения	Всего учебных недель	Количество учебных часов	Режим занятий*
2026-2027	07.09.2026	24.05.2027	36	72	офлайн

*занятия проводятся 1 раз в неделю по 2 академических часа

3. Условия реализации программы:

3.1. Материально-техническое обеспечение:

Занятия проводятся в лекционной аудитории с проектором по адресу ул. Энергетиков 22, А529.

Помещение для проведения занятий соответствует санитарно-гигиеническим требованиям. В процессе обучения учащиеся и педагог строго соблюдают правила техники безопасности.

3.2. Оборудование:

№ п/п	Наименование	Кол-во	Ед. изм.
1	Аналитическое оборудование		
1.1	Спектрофотометр (видимая область, например, ПЭ-5400ВИ)	1	шт.
1.2	Весы лабораторные электронные (точность 0,001 г)	2	шт.
1.3	Центрифуга лабораторная (от 3000 об/мин)	1	шт.
1.4	Микроскоп биологический (увеличение до 1000х)	5	шт.
2	Лабораторная посуда и инструменты		
2.1	Ступка фарфоровая с пестиком (диаметр 100 мм)	8	шт.
2.2	Кювета стеклянная для спектрофотометра (10 мм)	4	пара
2.3	Пробирки центрифужные с крышкой (15 мл)	50	шт.
2.4	Дозатор пипеточный переменного объема (1–5 мл)	3	шт.
2.5	Наконечники для дозатора (5 мл)	100	шт.
2.6	Колба мерная с пробкой (50 мл)	10	шт.
2.7	Цилиндр мерный (25 мл)	5	шт.

2.8	Пинцет медицинский	8	шт.
2.9	Скальпель со сменными лезвиями	5	шт.
3	Реактивы и расходные материалы		
3.1	Спирт этиловый (96%) или Ацетон (ЧДА)	5	л
3.2	Магний углекислый	0.1	кг
3.3	Песок кварцевый очищенный	0.5	кг
3.4	Вода дистиллированная	10	л
3.5	Фильтры бумажные «белая лента» (диаметр 90 мм)	1	упак.
3.6	Перчатки нитриловые (размеры S, M, L)	3	упак.
4	Полевое снаряжение		
4.1	Пакет бумажный (крафт) для проб	100	шт.
4.2	Маркер перманентный (черный)	5	шт.
4.3	Рулетка измерительная (5 м)	3	шт.

3.3. Кадровое обеспечение программы:

– Занятия по программе базового кружка проводят преподаватели СурГУ:

- Кукуричкин Глеб Михайлович – к. биол. н., с.н.с., доцент кафедры экологии и биофизики;
- Богданова Дарья Викторовна, лаборант ЦКП, м.н.с. НОЦ ИЕиТН;
- Бордей Римма Ханифовна – к. биол. н., с.н.с.

3.4. Информационное обеспечение:

Сайт Регионального модельного центра дополнительного образования детей – <http://argo.surgu.ru/>

3.5. Методическое обеспечение программы:

Методы обучения, используемые в программе: практические занятия с использованием наглядных пособий.

С целью вовлечения в продуктивную учебную деятельность обучающихся будут использованы:

- объяснительно-иллюстративный (информационный);

- метод демонстрации;
- интерактивный и поисковой методы;
- практический (наблюдение, эксперимент, упражнения);
- методы устного контроля и самоконтроля.

3.6. Программное обеспечение:

- ПО (NextGIS/QGIS);
- iNaturalist

3.7. Информационные источники:

Основные:

1. Ашихмина, Т. Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие для вузов / Т. Я. Ашихмина. – Москва: Академический проект, 2020. – 416 с. – Текст: непосредственный.
2. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова. – Москва: Академия, 2003. – 256 с. – Текст: непосредственный.
3. Методы биоиндикации атмосферного загрязнения: методические указания / составители: Н. В. Степанов [и др.]. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. – 44 с. – Текст: непосредственный.
4. Определитель растений Ханты-Мансийского автономного округа / под ред. И.М. Красноборова. – Новосибирск; Екатеринбург: Баско, 2006. – 206 с.
5. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учебное пособие для вузов / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – Москва: Владос, 2003. – 288 с. – Текст: непосредственный.
6. Экологический мониторинг. Методы биоиндикации: учебное пособие / под редакцией О. П. Мелеховой. – Москва: МГУ, 2007. – 174 с. – Текст: непосредственный.

Список литературы для обучающихся

1. Атлас новых профессий 3.0. / под редакцией Д. Варламовой, Д. Судакова. – Москва: Альпина Паблишер, 2020. – 456 с. – Текст: непосредственный.
2. Биологический контроль состояния окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования / О. П. Мелехова [и др.]. – 3-е изд., стер. – Москва: Академия, 2010. – 288 с. – Текст: непосредственный.
3. Миркин, Б. М. Экология: 10–11 классы: учебное пособие / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Москва: Вентана-Граф, 2019. – 384 с. – Текст: непосредственный.

Электронные ресурсы

1. iNaturalist: открытая база данных наблюдений за природой. – URL: [inaturalist.org](https://www.inaturalist.org) (дата обращения: 25.05.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2. NextGIS: программное обеспечение для создания карт и работы с геоданными. — URL: nextgis.ru (дата обращения: 25.05.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

3. Экодело: портал экологических проектов. – URL: ecodelo.org (дата обращения: 25.05.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

**Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»**

СОГЛАСОВАНО
И.о. директора РМЦ ДОД
Н.В.Медведева
«15» 05 2026 г.



**Рабочая программа
«Чистый город: хвойный патруль»**

Возраст обучающихся: 14 -17лет

Срок реализации: 1 год

Объём: 72 академических часа

Автор программы:

Кукуричкин Глеб Михайлович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры экологии и биофизики, Сургутский государственный университет.

Наконечный Николай Владимирович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры экологии и биофизики, Сургутский государственный университет.

Бордей Римма Ханифовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сургутский государственный университет.

Мороз Ольга Александровна – лаборант кафедры экологии и биофизики, Сургутский государственный университет.

Богданова Дарья Викторовна, лаборант ЦКП, младший научный сотрудник НОЦ ИЕиТН СурГУ.

Согласовано:

И.о. директора Регионального модельного
центра дополнительного образования
детей Ханты-Мансийского автономного
округа – Югры



Н.В. Медведева

1. Цель и планируемые результаты образовательного модуля:

Цель программы: формирование у обучающихся системы актуальных экологических знаний и комплекса исследовательских компетенций, необходимых для самостоятельного проведения мониторинга городской среды с применением методов биоиндикации и цифровых технологий картографирования.

Результаты программы:

Предметные

Будут знать:

- теоретические основы биоиндикации: механизмы влияния аэротехногенного загрязнения на анатомию, физиологию и биохимический состав хвойных растений;
- принципы фотометрического анализа: устройство и назначение спектрофотометра, физические основы измерения оптической плотности растворов;
- методологию научного поиска: структуру исследовательского проекта, правила постановки гипотезы и выбора контрольных точек мониторинга;
- цифровой инструментарий: основы работы в геоинформационных системах (ГИС) и программном обеспечении для статистической обработки данных.

Будут уметь:

- проводить пробоподготовку: самостоятельно готовить навески растительного материала и экстрагировать пигменты (хлорофиллы и каротиноиды) с помощью растворителей;
- работать на спектрофотометре: калибровать прибор, проводить измерения на заданных длинах волн и снимать показатели оптической плотности;
- выполнять расчёты: вычислять концентрацию пигментов и индексы состояния среды на основе полученных лабораторных данных;
- визуализировать данные: строить графики зависимостей и наносить результаты мониторинга на цифровые карты города;
- презентовать результаты: оформлять тезисы исследовательской работы и защищать свои выводы перед экспертной аудиторией.

Будут владеть:

- навыком лабораторного анализа: безопасной и точной работы с химическими реактивами, лабораторной посудой и прецизионным оборудованием;
- навыком системного анализа: сопоставления визуальных признаков повреждения хвои (некрозы, хлорозы) с результатами биохимического (спектрофотометрического) исследования;
- навыком цифрового мониторинга: использования ГИС-технологий для оценки экологической ситуации на локальных участках города;

– навыком научного письма: культурой оформления исследовательских проектов в соответствии с требованиями ведущих научно-практических конференций.

Метапредметные результаты:

Будут развиты:

- навыки коммуникации и межличностного общения;
- умения организации и управления собственной деятельностью;
- умения работы с информационными источниками: анатомическими атласами, наглядными анатомическими пособиями.

Личностные результаты:

Будут проявлять:

- ответственное отношение к проведению экспериментов (работа с реактивами и дорогостоящим спектрофотометром), бережное обращение с объектами живой природы при сборе проб;
- осознание социальной значимости создаваемого проекта (экологической карты или исследования), как реального вклада в мониторинг городской среды.

Периодичность и продолжительность занятий: занятия проводятся в очном формате 4 академических часа в неделю.

2. Учебный план на 2026-2027 уч. год

№ п/п	Наименование раздела	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	2	3	4	5	6
1	Полевой этап: Полевой мониторинг	16	4	12	Журнал, пробы
1.1	Биоиндикация: выбор объектов и точек сбора в городе	4	2	2	Карта локаций
1.2	Методика и техника сбора биоматериала (хвои)	4	2	2	Инструктаж ТБ

1.3	Полевой выезд №1: Сбор проб в фоновой зоне (парк)	4	0	4	Образцы хвои
1.4	Полевой выезд №2: Сбор проб в импактной зоне (дороги)	4	0	4	Образцы хвои
2	Морфометрия и анатомия хвои	14	4	10	Протокол НИР
2.1	Анализ повреждений: некрозы и хлорозы	4	2	2	Таблицы данных
2.2	Расчет индексов жизненного состояния древостоя	4	1	3	Расчетные листы
2.3	Микроскопия: изучение устьиц и воскового налета	6	1	5	Микрофотографии
3	Спектрофотометрический практикум	18	4	14	База данных
3.1	Фотометрия: устройство и калибровка прибора	4	2	2	Допуск к работе
3.2	Экстракция пигментов: растирание и фильтрация	6	1	5	Растворы
3.3	Измерения на спектрофотометре и снятие данных	4	0	4	Журнал замеров

3.4	Биохимические расчеты концентрации пигментов	4	1	3	Итоговые цифры
4	Обработка данных и ГИС-картография	12	4	8	Эко-карта
4.1	Статистика: корреляционный анализ в Excel	6	2	4	Графики
4.2	ГИС-технологии: создание цифровых слоев карты.	6	2	4	Файл проекта
5	Проектная мастерская и защита	12	4	8	Готовый проект
5.1	Оформление текста работы и тезисов	6	2	4	Черновик НИР
5.2	Подготовка презентации и итоговая защита	6	2	4	Публичная защита
	Итого:	72	20	52	

3. Календарный учебный график на 2026-2027 уч. год

Год обучения	Дата начала обучения	Дата окончания обучения	Всего учебных недель	Количество учебных часов	Режим занятий*
2026-2027	07.09.2026	24.05.2027	36	72	очно

*занятия проводятся 1 раз в неделю по 2 академических часа

4. Календарно-тематическое планирование на 2026-2027 уч. год.

Дата проведения	Наименование темы (лекции / практики)	Кол-во часов		
		Всего	Теория	Практика
08.09.2026	Биоиндикация: хвойные как «живые датчики» чистоты воздуха	2	1	1
15.09.2026	Анализ карты города и выбор точек мониторинга	2	1	1
22.09.2026	Методика полевого сбора хвои: правила и стандарты	2	1	1
29.09.2026	Инструктаж по технике безопасности и подготовка инвентаря	2	1	1
06.10.2026	Полевой выезд №1: Сбор проб в фоновой зоне (парк/лес) - ч. 1.	2	0	2
13.10.2026	Полевой выезд №1: Завершение сбора и маркировка - ч. 2.	2	0	2
20.10.2026	Полевой выезд №2: Сбор проб в импактной зоне (дороги) - ч. 1.	2	0	2
27.10.2026	Полевой выезд №2: Завершение сбора у промзоны - ч. 2.	2	0	2
03.11.2026	Лабораторный анализ: идентификация некрозов и хлорозов	2	1	1
10.11.2026	Морфометрия: измерение параметров хвоинок и ведение таблиц	2	1	1
17.11.2026	Методика расчета индекса жизненного состояния (ИЖС) деревьев	2	1	1
24.11.2026	Определение средней продолжительности жизни хвои в точках сбора	2	0	2
01.12.2026	Микроскопия: изучение устьичного аппарата хвойных - ч. 1.	2	1	1

08.12.2026	Практикум: подсчет забитых пылью устьиц и фотосъемка - ч. 2.	2	0	2
15.12.2026	Подготовка к фотометрии: строение кутикулы и роль воска	2	0	2
22.12.2026	Фотометрия: физические основы и устройство спектрофотометра	2	1	1
29.12.2026	Правила эксплуатации оборудования и работа с кюветами	2	1	1
12.01.2027	Химия пигментов: подготовка реактивов и навесок хвои.	2	1	1
19.01.2027	Экстракция пигментов: растирание проб в ступках - ч. 1.	2	0	2
26.01.2027	Получение вытяжек: фильтрация и центрифугирование — ч. 2.	2	0	2
02.02.2027	Замеры на спектрофотометре: снятие оптической плотности	2	0	2
09.02.2027	Повторные измерения и верификация данных прибора	2	0	2
16.02.2027	Математическая обработка данных: формулы Хольма-Веттштейна	2	1	1
02.03.2027	Анализ результатов: динамика хлорофилла в точках мониторинга	2	0	2
09.03.2027	Статистика: расчет средних значений и ошибок в MS Excel	2	1	1
16.03.2027	Корреляционный анализ: связь загрязнения с биохимией растения	2	1	1
23.03.2027	ГИС-технологии: введение в работу с ПО (NextGIS/QGIS)	2	1	1
30.03.2027	Практикум: создание цифровых слоев и привязка координат	2	1	1

06.04.2027	Визуализация данных: оформление итоговой экологической карты	2	0	2
13.04.2027	Работа над легендой карты и графическим дизайном проект	2	0	2
20.04.2027	Академическое письмо: структура и логика научного текста	2	1	1
27.04.2027	Оформление разделов «Методы» и «Результаты» по ГОСТ	2	1	1
04.05.2027	Дизайн научной презентации и визуализация выводов	2	0	2
11.05.2027	Проектная мастерская: доработка тезисов и консультации	2	0	2
18.05.2027	Предзащита: репетиция выступления и работа с вопросами	2	0	2
25.05.2027	Итоговая конференция: публичная защита проектов	2	0	2
Итого:		72	20	52

5. Содержание программы

Тема 1. «Биоиндикация: хвойные как «живые датчики» чистоты воздуха» Изучение механизмов реакции сосны и ели на городской смог и токсичные газы. Определение роли биологического индикатора в системе современного экологического мониторинга. Анализ карты города и выбор контрастных зон исследования: от рекреационных парков до транспортных развязок.

Теория: Понятие мониторинга и биоиндикации. Почему хвойные (сосна обыкновенная, ель колючая) являются универсальными индикаторами загрязнения атмосферы. Влияние диоксида серы и оксидов азота на хвойные экосистемы.

Практика: Работа с картой города, определение зон с разной антропогенной нагрузкой (фоновая, транспортная, промышленная).

Тема 2. «Методика полевого сбора: выбор точек и правила отбора проб» Освоение научных стандартов отбора растительных проб для обеспечения достоверности данных. Определение возраста хвои по мутовкам

и изучение правил маркировки пакетов. Прохождение инструктажа по технике безопасности при ведении работ в городской среде и вблизи проезжей части.

Теория: Правила репрезентативности выборки. Определение возраста побегов (1-й, 2-й, 3-й годы жизни). Инструктаж по технике безопасности при работе на полевых точках.

Практика: Отработка навыков маркировки пакетов (этикетирование) и фиксации GPS-координат контрольных точек.

Тема 3. «Полевой выезд №1: Сбор биоматериала в рекреационных зонах» Проведение первичного сбора материала в эталонной экологической зоне (лесном массиве или парке). Фиксация точных GPS-координат деревьев и заполнение полевых журналов. Формирование «контрольной группы» образцов для последующего сравнения с техногенными пробами.

Теория: Особенности экологии парковых зон. Ожидаемые показатели «чистой» зоны.

Практика: Полевой выезд в парк/лес. Сбор проб хвои, заполнение полевого дневника, первичная гербаризация образцов.

Тема 4. «Полевой выезд №2: Сбор проб вблизи автомагистралей и ТЭЦ»

Сбор биоматериала в точках с максимальной антропогенной нагрузкой: промышленных районах и участках у автомагистралей. Визуальная оценка угнетения деревьев под воздействием пыли и выхлопных газов на месте. Фиксация характеристик окружающей инфраструктуры и интенсивности транспортного потока.

Теория: Специфика аэротехногенного загрязнения у дорог (мелкодисперсная пыль, тяжелые металлы).

Практика: Полевой выезд в «грязную» зону. Сбор проб в условиях высокой техногенной нагрузки.

Тема 5. «Морфометрический анализ: шкалы некрозов и хлорозов хвои» Лабораторное исследование внешних признаков повреждения хвои: поиск хлорозов (пятнистости) и некрозов (отмирания тканей). Применение специализированных шкал для оценки состояния ассимиляционного аппарата. Измерение линейных параметров хвоинок для выявления задержки роста в зонах загрязнения.

Теория: Анатомия повреждений хвои. Классификация некрозов (точечные, краевые) и хлорозов. Шкалы визуальной оценки состояния по Федоровой.

Практика: Лабораторная работа по визуальному анализу собранной хвои. Измерение параметров хвоинок (длина, ширина) штангенциркулем.

Тема 6. «Расчет индексов жизненного состояния и продолжительности жизни хвои»

Математическая обработка визуальных наблюдений и перевод данных в цифровые показатели. Расчет класса повреждения хвои и определение средней продолжительности её жизни. Категорирование состояния древостоя:

от «здорового» до «сильно ослабленного» на основе полученных коэффициентов.

Теория: Математические формулы расчета класса повреждения хвои. Понятие «средний возраст хвои» как индикатор устойчивости дерева.

Практика: Расчет индекса жизненного состояния (ИЖС) для каждой исследуемой точки. Сведение данных в общую таблицу.

Тема 7. «Микроскопия: изучение состояния устьиц и эпикуттикулярного воска»

Исследование микроструктуры хвои под увеличением для анализа состояния защитного воскового налета. Применение метода отпечатков для изучения устьичного аппарата, отвечающего за газообмен. Подсчет доли устьиц, забитых пылевыми частицами и сажей, для оценки масштаба поражения тканей.

Теория: Строение устьичного аппарата хвойных. Функция воскового налета и его деградация под воздействием газов.

Практика: Изготовление микропрепаратов (отпечатков эпидермиса). Подсчет количества забитых пылью устьиц. Микрофотосъемка образцов.

Тема 8. «Фотометрические методы: устройство и калибровка спектрофотометра»

Изучение физических принципов работы спектрофотометра и закона поглощения света веществами. Ознакомление с правилами эксплуатации аналитического оборудования и требованиями ТБ при работе с химреактивами. Проведение калибровки прибора по чистому растворителю.

Теория: Оптические методы анализа. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Устройство спектрофотометра. Техника безопасности при работе с растворителями (спирт, ацетон).

Практика: Настройка длин волн (440, 644, 662 нм), калибровка прибора по контрольной пробе.

Тема 9. «Химия пигментов: экстракция хлорофилла (лабораторный практикум)»

Выполнение лабораторных процедур по извлечению фотосинтетических пигментов из растительных тканей. Проведение весового дозирования навесок, растирания в ступках и добавления стабилизаторов молекул. Получение спиртовых экстрактов методом фильтрации или центрифугирования.

Теория: Биохимия фотосинтеза. Структура хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов. Роль стабилизаторов (мел/

Практика: Измельчение хвои в фарфоровых ступках с песком, получение спиртовых вытяжек, центрифугирование растворов.

Тема 10. «Замеры оптической плотности вытяжек на спектрофотометре» Проведение измерений поглощения света растворами на строго определенных длинах волн. Снятие показателей экстинкции для хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов. Соблюдение регламента работы с кюветным отделением для получения прецизионных данных.

Теория: Понятие экстинкции (поглощения). Влияние чистоты экстракта на результат.

Практика: Работа с кюветами, измерение оптической плотности каждой пробы на нескольких длинах волн.

Тема 11. «Биохимические расчеты: концентрация пигментов в опытных группах»

Применение уравнений Хольма-Веттштейна для расчета концентрации пигментов в мг/г сырой массы. Сравнительный анализ содержания хлорофилла в парковых и придорожных образцах. Выявление биохимического отклика растений на стрессовое воздействие городской среды.

Теория: Уравнения для расчета концентрации пигментов (формулы Хольма-Веттштейна).

Практика: Расчет содержания хлорофиллов в мг/г сырой массы. Анализ соотношения Хл *a* / Хл *b*.

Тема 12. «Основы статистики: обработка данных и поиск корреляций в Excel» Обработка массивов данных в MS Excel с вычислением средних значений и стандартных ошибок. Поиск математических зависимостей (корреляций) между уровнем нагрузки и физиологическим состоянием растений. Построение гистограмм

Теория: Понятие статистической достоверности. Коэффициент корреляции Пирсона.

Практика: Построение диаграмм зависимостей (например, «расстояние от дороги — уровень хлорофилла»).

Тема 13. «ГИС-технологии: введение в цифровое картографирование мониторинга»

Освоение профессионального ПО для работы с геоданными (ПО Аксиома). Привязка результатов лабораторных анализов к точкам на электронной карте по GPS-координатам. Изучение принципов создания тематических слоев в геоинформационных системах.

Теория: Принципы работы в геоинформационных системах (ПО Аксиома). Создание слоев.

Практика: Импорт координат точек сбора. Создание тематической карты города.

Тема 14. «Визуализация результатов: создание итоговой экологической карты»

Трансформация табличных данных в визуальный картографический продукт. Применение цветовой индикации для обозначения зон экологической комфортности городской среды. Оформление легенды карты и подготовка итогового макета проекта к презентации.

Теория: Правила картографии и оформления легенды карты.

Практика: Окрашивание зон мониторинга в соответствии с уровнем загрязнения (зеленая, желтая, красная зоны).

Тема 15. «Академическое письмо: структура и оформление текста проекта» Формирование навыков написания научного отчета: от введения и

методики до списка литературы. Формулирование обоснованных выводов и практических рекомендаций по озеленению города. Оформление работы согласно стандартам научно-практических конференций.

Теория: Требования к оформлению НИР. Цитирование литературы по ГОСТу.

Практика: Написание разделов «Материалы и методы», «Результаты исследования» и «Выводы».

Тема 16. «Дизайн научной презентации и ораторское мастерство исследователя»

Разработка визуального ряда для защиты проекта с использованием принципов научной инфографики. Тренировка навыков публичного выступления и соблюдения регламента (тайминга). Отработка техники ответов на вопросы и аргументации собственной позиции.

Теория: Принципы визуализации данных на слайдах. Техника ответов на сложные вопросы экспертов.

Практика: Отработка выступления (тайминг 5–7 минут). Создание макета презентации.

Тема 17. «Проектная мастерская: доработка тезисов и консультации»

Финальная верификация всех расчетов, графических материалов и текстовых формулировок. Проведение «предзащиты» с получением рецензий от педагога и коллег. Устранение ошибок и доведение исследовательской работы до итогового уровня качества.

Теория: Рецензирование работ, типичные ошибки в выводах.

Практика: Индивидуальные консультации по доработке текстов проектов и исправлению ошибок в расчетах.

Тема 18. «Итоговая конференция: публичная защита проектов и аттестация» Публичное представление результатов работы «Хвойного патруля» перед экспертной комиссией. Участие в научной дискуссии и защита сформулированных выводов. Подведение итогов курса и получение рекомендаций для участия во внешних конкурсах.

Теория: Правила ведения научной дискуссии.

Практика: Презентация итогов «Хвойного патруля» перед экспертной комиссией. Рефлексия.

6. Формы контроля и подведения итогов реализации модуля

Оценка качества освоения программы осуществляется в форме текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итоговой аттестации обучающихся.

Текущий контроль успеваемости: осуществляется в форме устных вопросов по темам программы.

Итоговая аттестация: реализация программы завершается итоговой аттестацией, которая проводится на основе принципов объективности и независимости оценки качества подготовки обучающихся. Итоговая аттестация проводится в форме фронтального опроса.

7. Оценочные средства

Вопросы для текущего контроля и фронтальный опроса:

Блок «Биоиндикация и полевой мониторинг»:

1. Почему именно хвойные растения считаются «классическими» биоиндикаторами чистоты воздуха?
2. В чем разница между «фоновой» точкой мониторинга и «импактной»?
3. Как визуально определить возраст побега сосны или ели в полевых условиях?
4. Зачем при сборе проб фиксировать точные GPS-координаты дерева?
5. Перечислите основные источники техногенного загрязнения в нашем городе. Какие вещества они выбрасывают?
6. Опишите правила репрезентативности выборки: сколько деревьев и хвоинок нужно исследовать, чтобы результат считался достоверным?

Блок «Морфометрия и микроскопия»:

1. Что такое некроз и чем он отличается от хлороза?
2. Как загрязнение воздуха влияет на продолжительность жизни хвои?
3. Какую функцию выполняет эпикутикулярный воск на поверхности хвоинки?
4. Что происходит с устьицами растений в зонах сильного запыления?
5. Текущий контроль:
6. Объясните методику расчета индекса жизненного состояния (ИЖС) дерева.
7. Опишите алгоритм приготовления микропрепарата-отпечатка для изучения устьичного аппарата.

Блок «Спектрофотометрия и биохимия»:

1. На каком физическом принципе основана работа спектрофотометра?
2. Для чего в процессе растирания хвои в ступку добавляют карбонат магния или мел?
3. Какие основные пигменты мы извлекаем при приготовлении спиртовой вытяжки?
4. Почему кювету спектрофотометра нельзя трогать пальцами за рабочие (прозрачные) грани?
5. Опишите этапы пробоподготовки: от взятия навески до получения прозрачного экстракта.
6. Зачем при измерениях используется «холостая проба» (чистый растворитель)?
7. Как изменение соотношения хлорофилла а к хлорофиллу b помогает понять состояние растения?

Блок «ГИС и статистика»:

1. Что такое корреляция и как она помогает подтвердить нашу гипотезу?
2. Для чего в экологии используются ГИС-технологии?
3. Что означают цвета «экологического светофора» на итоговой карте?

4. Назовите основные элементы оформления научной карты (легенда, масштаб, слои).
5. Какие требования предъявляются к формулировке выводов в исследовательской работе?