

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



СОГЛАСОВАНО

Руководитель РМЦ ДОД

Е.С. Титаренко

«02» 03 20 26 г.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по развитию

В.А. Безуевская

«02» 03 20 26 г.

**Региональная сетевая
дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
«Инженерные биологические системы»
(1 год обучения)**

Направленность: естественно-научная
Уровень освоения программы: базовый
Возраст учащихся: 14-15 лет (8-9 классы)
Срок реализации: 1 год
Объем: 220 академических часов

город Сургут, 2026 год

Автор программы:

Безуевская Валерия Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, проректор Сургутского государственного университета;

Самойленко Зоя Анатольевна, к.б.н., доцент, преподаватель кафедры биологии и биотехнологии СурГУ;

Проворова Олеся Владимировна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики СурГУ;

Волохова Марина Анатольевна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики СурГУ.

Согласовано:

Руководитель Регионального модельного
центра дополнительного образования
детей Ханты-Мансийского автономного
округа – Югры

Е.С. Титаренко

1. Пояснительная записка

1.1. Актуальность программы

Программа напрямую связана с приоритетными направлениями Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: ситифермерство, гидропоника, вертикальные фермы и управляемое растениеводство становятся критически важными технологиями для обеспечения продовольственной безопасности в условиях растущей урбанизации, изменения климата и сокращения пригодных для сельского хозяйства земель. Профессии в области инженерных биологических систем входят в список наиболее перспективных и востребованных направлений ближайшего будущего.

Специалисты в области биотехнологий относятся к профессиям будущего. Программа позволяет школьникам познакомиться с передовым направлением науки и определить свою профессиональную траекторию в перспективной области.

Агробиотехнологии как одно из прорывных научных направлений привлекает внимание мотивированных школьников, ориентированных на построение успешной карьеры в наукоемких отраслях. Участие в профиле «Инженерные биологические системы» Национальной технологической олимпиады открывает дополнительные возможности для поступления в ведущие университеты страны на льготных условиях.

Программа кружка находится на стыке биологии, химии, информатики и инженерии и способствует формированию у учащихся междисциплинарного мышления - ключевого навыка для решения комплексных задач современного мира. Интеграция «мокрой биологии» и биоинформатики отражает реальную практику работы современных биотехнологических лабораторий.

Программа целенаправленно развивает ключевые компетенции, необходимые для успешной самореализации в современном мире: проектное и критическое мышление, командная работа, исследовательские навыки.

1.2. Цель программы: создание условий для освоения школьниками фундаментальных основ современных биотехнологий и определения своих интересов в этой перспективной области науки.

Задачи программы:

- формирование практических навыков создания и обслуживания агrobiологических систем (гидропоника, ситифермерство) через исследовательскую и проектную деятельность;
- развитие междисциплинарного мышления на стыке биологии, химии, инженерии и информационных технологий для решения комплексных задач в области устойчивого растениеводства;
- подготовка к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Инженерные биологические системы» через освоение методов анализа биологических процессов и управления параметрами среды.

1.3. Отличительная особенность программы

Целостный междисциплинарный подход – программа интегрирует знания из биологии, химии, экологии, информатики и инженерии в единую систему, формируя у учащихся комплексное понимание биологических процессов и их практического применения в современных технологических решениях.

Практико-ориентированная методика обучения – более 70% учебного времени отводится практическим работам, экспериментам и проектной деятельности. Каждое теоретическое положение закрепляется через непосредственный опыт и наблюдение.

Модульная структура с логической преемственностью – программа состоит из взаимосвязанных модулей («Клетка», «Ботаника и физиология растений», «Основы химии», «Микробиология», «Основы гидропоники и ситифермерства»), выстроенных в логике «от микроуровня к макросистемам».

Проектный подход с полным циклом реализации – учащиеся не только получают теоретические знания, но и применяют их в полноценных проектах (выращивание микрозелени, конструирование мини-гидропонных установок), проходя все этапы от планирования до анализа результатов.

Постоянная связь с реальными технологическими задачами – все теоретические знания и практические навыки непосредственно связываются с работой гидропонных систем, ситиферм и экологических установок.

Целенаправленная подготовка к Национальной технологической олимпиаде – программа включает разбор заданий прошлых лет, формирование компетенций, необходимых для успешного участия в олимпиаде, и систематическую практику решения олимпиадных задач.

Интегрированное развитие soft и hard skills – наряду с предметными компетенциями программа целенаправленно развивает критическое мышление, навыки командной работы, документирования результатов, презентации проектов и организации исследовательского процесса.

1.4. Адресат программы

Программа предназначена для реализации в кружках, открытых на базе учреждений среднего общего или дополнительного образования.

Программа разработана для обучающихся в возрасте 14-15 лет (8-9 классы), ориентированных на построение успешной карьеры в наукоемких отраслях в области биотехнологий и здравоохранения.

Участники кружка, успешно завершившие программу, могут продолжить обучение по программе углубленного уровня на следующий учебный год.

Наполняемость групп для занятий в школьном кружке – 15-25 человек.

1.5. Срок освоения программы и ее объем

Программа рассчитана на 220 академических часов на протяжении одного учебного года. Из них – 144 часа реализуются на базе кружка в учреждении среднего

общего или дополнительного образования, 40 часов – на базе Сургутского государственного университета (для участников, прошедших конкурсный отбор и ориентированных на участие в профиле «Инженерные биологические системы» Национальной технологической олимпиады) и 36 часов – онлайн, на платформе «Таланты-2030».

При необходимости педагог – наставник кружка может разработать 2 отдельные рабочие программы на 1 и 2 полугодие по 72 часа. Рекомендуемые названия программ: «От клетки к растению: биологические основы инженерных систем» (для 1-го полугодия), «Инженерные системы и технологии выращивания растений» (для 2-го полугодия).

1.6. Форма и режим занятий:

Занятия проводятся:

- по программе базового кружка в очном/онлайн формате – 4 академических часа в неделю;
- в каникулярные периоды занятия могут проводиться в базовом кружке в формате образовательного интенсива/хакатона.

Формы организации образовательного процесса предполагают проведение коллективных занятий (15-25 человек), малыми группами (4-6 человек) и индивидуально в формате консультаций при подготовке к участию в НТО.

1.7. Уровень освоения программы: базовый.

1.8. Планируемые результаты

Предметные результаты обучения 1- го года обучения

- Объяснять принципы Научно-технологической олимпиады в контексте личного образовательного и профессионального развития в области биоинженерии (уровень: понимание).
- Анализировать структуру и функции различных компонентов клетки (мембраны, органоиды, ядро) в контексте их роли как основы для создания инженерных биологических систем (уровень: анализ).
- Объяснять молекулярные основы биологических процессов и свойств биомолекул с использованием фундаментальных химических концепций в контексте биоинженерии (уровень: применение).
- Применять базовые конструкции языка Python (переменные, условия, циклы, функции, строки, списки, словари) для моделирования биологических процессов и анализа данных биоинженерных систем (уровень: применение).
- Проектировать простые биологические устройства на основе природных механизмов с использованием принципов синтетической биологии (уровень: синтез).
- Выполнять базовые лабораторные процедуры культивирования микроорганизмов, работы с ферментами и создания биосенсоров в процессе решения практических биоинженерных задач (уровень: применение).

- Характеризовать влияние современных биоинженерных разработок на различные отрасли промышленности, медицины и экологии (уровень: понимание).
- Применять принципы биомиметики для создания технических решений, основанных на природных механизмах и структурах (уровень: применение).
- Анализировать этические аспекты и потенциальные риски использования инженерных биологических систем в современном обществе (уровень: анализ).

Метапредметные результаты 1-го года обучения

Познавательные

- Анализировать биологическую и химическую информацию о растениях и средах их выращивания, выделяя ключевые закономерности.
- Формулировать гипотезы о влиянии различных факторов на рост и развитие растений в инженерных биологических системах.
- Систематизировать данные наблюдений за ростом растений с использованием таблиц, графиков и диаграмм.
- Моделировать биологические и экологические процессы, происходящие в гидропонных системах и ситифермах.
- Интерпретировать результаты экспериментов по выращиванию растений в различных условиях.

Регулятивные

- Планировать последовательность действий при создании и обслуживании гидропонных установок.
- Контролировать основные параметры среды выращивания растений (рН, ЕС, температура, освещение).
- Оценивать эффективность применяемых методов культивации растений на основе экспериментальных данных.
- Корректировать условия выращивания растений при выявлении проблем в развитии культур.
- Соблюдать правила безопасности при работе с техническими системами и химическими растворами.

Коммуникативные

- Представлять результаты наблюдений и экспериментов в форме структурированных отчетов и презентаций.
- Использовать специальную терминологию при обсуждении вопросов агробиотехнологий и инженерных систем.
- Эффективно работать в команде при создании и обслуживании инженерных биологических систем.
- Аргументированно обосновывать выбор технологических решений при проектировании биосистем.
- Документировать процесс и результаты проектной деятельности с использованием цифровых инструментов.

Работа с информацией

- Осуществлять поиск достоверной информации о современных методах выращивания растений.
- Интерпретировать данные, представленные в формате таблиц параметров питательных растворов и режимов освещения.
- Использовать цифровые инструменты для сбора и анализа данных о росте растений.
- Критически оценивать информацию о современных агротехнологиях, представленную в различных источниках.

Личностные результаты программы 1-го года обучения

Ценностное отношение к научному познанию

- Формулировать собственное отношение к перспективам развития городского сельского хозяйства и устойчивых пищевых систем.

Экологическая культура и ответственность

- Понимать значение устойчивых технологий производства пищи для решения глобальных проблем.

Коммуникативная культура

- Уважительно относиться к мнению участников команды при разработке проектов инженерных биосистем.
- Конструктивно воспринимать обратную связь о результатах проектной деятельности.
- Эффективно распределять обязанности в группе при обслуживании биологических систем.

Исследовательская позиция

- Проявлять аккуратность и внимательность при проведении измерений и наблюдений.
- Задавать вопросы, направленные на оптимизацию биологических и инженерных процессов.
- Демонстрировать настойчивость в достижении результатов при выращивании растений.

Профессиональное самоопределение

- Описывать свои интересы в области агробиотехнологий и инженерных биологических систем.
- Оценивать собственные сильные и слабые стороны в контексте работы с техническими и биологическими системами.

1.9. Формы контроля и подведения итогов реализации программы

Текущий контроль

- Лабораторные работы по микроскопии и анализу растительных тканей. Оценивание правильности выполнения процедур, качества изготовленных микропрепаратов, точности зарисовок и описаний наблюдаемых структур.

- Лабораторный журнал. Участники кружка ведут структурированный лабораторный журнал, в котором документируют наблюдения за ростом растений, параметры среды, результаты экспериментов и их интерпретацию. Журнал проверяется педагогом ежемесячно с предоставлением развернутой обратной связи.
- Практические работы по приготовлению питательных растворов и анализу параметров среды. Оценивается точность расчетов, правильность приготовления растворов, умение интерпретировать полученные данные и корректировать условия выращивания.
- Тематические тесты проводятся после завершения каждого модуля и включают как теоретические вопросы, так и практические задачи на понимание ключевых концепций клеточной биологии, ботаники, химии и микробиологии в контексте инженерных биологических систем.
- Интерактивные опросы проводятся в начале занятий для проверки усвоения предыдущего материала с использованием онлайн-платформы и интерактивных инструментов для мгновенной обратной связи.

Промежуточный контроль

- Мини-проекты по выращиванию микрозелени и созданию простых гидропонных систем. Групповая работа (3-4 человека) над созданием и обслуживанием мини-систем, документирование параметров роста растений, анализ факторов, влияющих на урожайность. Презентация результатов перед группой с последующим обсуждением.
- Решение кейсов по оптимизации параметров выращивания растений. Анализ реальных проблемных ситуаций из практики ситифермерства и гидропоники. Групповое обсуждение оптимальных подходов к решению на основе полученных знаний.
- Подготовка и представление информационных материалов. Создание постеров о современных системах выращивания растений. Подготовка инфографики по анатомии растений, химическим и биологическим процессам в гидропонных установках.
- Разработка и проведение микроисследований. Планирование и реализация малых исследовательских проектов по сравнению различных субстратов, режимов освещения или составов питательных растворов с анализом полученных данных.

Итоговый контроль

Командный проект по созданию и оптимизации инженерной биологической системы. Выполнение комплексного проекта, объединяющего знания из разных модулей (создание и обслуживание гидропонной установки, выращивание выбранной культуры, оптимизация параметров среды). Работа в малых группах (2-3 человека) с публичной защитой проекта и демонстрацией результатов.

Результативность участия на этапах первого, второго, третьего туров олимпиады НТО профиль «Инженерные биологические системы». Достижения учащихся в рамках олимпиады рассматриваются как объективный внешний показатель эффективности обучения.

2. Организационно-педагогические условия реализации программы

2.1. Учебный план базового кружка «Инженерные биологические системы»

системы»					
№ п/п	Название модуля	Количество часов			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
Раздел 1 «От клетки к растению: биологические основы инженерных систем»					72
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой. Решение олимпиадных заданий	4	8	12	Регистрация на сайте НТО https://ntcontest.ru/ , решение заданий прошлых лет
2	Модуль «Основы химии»	8	12	20	Решение задач, лабораторные и практические работы
3	Модуль «Клетка»	4	10	14	Тестирование, микроскопирование, ведение лабораторного журнала
4	Модуль «Ботаника и физиология растений»	8	14	22	Решение задач, лабораторные и практические работы
5	Практикум по решению задач НТО	-	4	4	Решение задач
Раздел 2 «Инженерные системы и технологии выращивания растений»					72
6	Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства»	10	18	28	Лабораторные и практические работы, тестирование
7	Модуль «Программирование и автоматизация ситифермы»	4	16	20	Практические работы с датчиками, проект по анализу и оптимизация параметров
8	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	6	6	12	Лабораторные и практические работы, тестирование
9	Модуль «Анатомия и физиология человека»	4	4	8	Лабораторные и практические работы, тестирование
10	Конференция кружков	-	4	4	Презентация проектов, участие в дискуссии
11	ИТОГО	48	96	144	

2.2. Региональный компонент программы (вариативные модули) 1 года обучения

№ п/п	Название модуля	Теория	Практика	Всего	Формы контроля
1	Модуль «Образовательный интенсив: подготовка ко 2 этапу НТО» (университет) ¹	5	35	40	Решение олимпиадных заданий второго тура НТО
2	Модуль «Подготовки ко 2 этапу НТО» (онлайн)	12	24 (СР)	36	Решение олимпиадных заданий второго тура НТО
	Итого	17	59	76	

2.3. Календарный учебный график план базового кружка «Инженерные биологические системы», 1-й год обучения на 2026-2027 уч.год

№	Модуль	Часы	Период реализации 2026-2027 уч. г.
1	Знакомство с Национальной технологической олимпиадой	12	10.09.2026-24.09.2026
2	Модуль «Основы химии»	20	01.10.2026-29.10.2026
3	Модуль «Клетка»	14	05.11.2026-26.11.2026
4	Модуль «Ботаника и физиология растений»	22	26.11.2026-14.01.2027
5	Практикум по решению задач НТО	4	21.01.2027
6	Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства»	28	28.01.2027-11.03.2027
7	Модуль «Программирование и автоматизация ситифермы»	20	18.03.2027-15.04.2027
8	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	12	22.04.2027-06.05.2027
9	Модуль «Анатомия и физиология человека»	8	13.05.2027-20.05.2027
10	Конференция кружков	4	27.05.2027
	ИТОГО	144	

2.4. Календарный учебный график вариативных модулей (региональный компонент) 1 года обучения на 2026-2027 уч. г.

№	Модуль	Часы	Период реализации 2026-2027 уч. г.
1	Модуль «Образовательный интенсив: подготовка ко 2 этапу НТО» (БУ ВО СурГУ)	40	26.10.2026-30.10.2026
2	Модуль «Подготовки ко 2 этапу НТО» (онлайн)	36	ноябрь-декабрь 2026
	ИТОГО	76	

¹ Состав участников интенсива определяется на основании результатов отбора (рейтинга)

3. Организационно-педагогические условия реализации программы

3.1. Материально-техническое обеспечение:

- гидропонные установки лаборатории «Ситифермерство»;
- оборудование химической лаборатории.

3.2. Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Модули
1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	КЛ, БОТ, МИК
2	Микроскоп с цифровой камерой	1 шт.	КЛ, БОТ, МИК
3	Набор готовых микропрепаратов	2 набора	КЛ, БОТ
4	Камера Горяева	2 шт.	КЛ
5	рН-метр портативный	4 шт.	ХИМ, ГИД
6	TDS-метр / ЕС-метр	4 шт.	ГИД
7	Весы лабораторные	2 шт.	ХИМ, БОТ, ГИД, МИК, АНА
8	Магнитная мешалка с подогревом	2 шт.	ХИМ
9	Баня водяная	1 шт.	ХИМ
10	Гидропонная установка (стационарная, 3 яруса)	1 шт.	ГИД
11	Светильник диодный Р16 для растений	3 шт.	ГИД
12	Светильник для рассады на прищепке	4 шт.	ГИД
13	LED-фитолампа для DWC-систем	4 шт.	ГИД
14	Помпа multifunctional	1 шт.	ГИД
15	Вентилятор канальный	2 шт.	ГИД
16	Таймер для фитосветильника	4 шт.	ГИД
17	Люксметр	2 шт.	ГИД
18	Термометр лабораторный	4 шт.	ГИД
19	Набор DWC (готовый комплект)	4 компл.	ГИД
20	Контейнер для самостоятельной сборки DWC	4 шт.	ГИД
21	Аквариумный компрессор	4 шт.	ГИД
22	Дрель или шуруповёрт	2 шт.	ГИД
23	Фреза кольцевая 50–55 мм	2 шт.	ГИД
24	Набор Arduino (часть 1)	4 компл.	ПРО
25	Набор Arduino (часть 2, с реле)	4 компл.	ПРО
26	Набор датчиков для ситифермерства (часть 3)	4 компл.	ПРО
27	Набор датчиков для экологии	2 компл.	ПРО
28	Термостат или йогуртница	1 шт.	МИК

№	Наименование	Кол-во	Модули
29	Компьютер или ноутбук	15 шт.	НТО, ОЛ, ПРО, АНА, КОНФ
30	Проектор мультимедийный	1 шт.	НТО, ОЛ, ПРО, АНА, КОНФ
31	Экран для проектора	1 шт.	НТО, КОНФ
32	Маршрутизатор (роутер)	1 шт.	НТО, ПРО
33	Принтер	1 шт.	НТО, ОЛ, КОНФ
34	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	НТО, АНА
35	Холодильник с морозильной камерой	1 шт.	ОБЩ
36	Вытяжной шкаф	1 шт.	ХИМ
37	Лупа ручная	8 шт.	БОТ

Инфраструктурный лист базового кружка на оборудование и расходные материалы размещены в Приложении 2.

3.3. Кадровое обеспечение программы

Занятия проводят по программе базового кружка педагоги дополнительного образования, имеющие высшее образование в области биологии и/или химии, прошедшие повышение квалификации по программе дополнительного профессионального образования в организации-разработчике профиля (<https://ntcontest.ru/tracks/nto-school/>) и/или в организации, выполняющей функции регионального оператора деятельности технологических кружков (<http://argo.surgu.ru/ploshhadka-podgotovki-k-nto/>), выданный не позднее трех лет, предшествующих дате реализации программы технологического кружка.

Для проведения занятий по модулю «Программирование и автоматизация ситифермы» привлекается педагог дополнительного образования, имеющий высшее образование в области информационных технологий, студенты вузов (начиная с 3-го курса), обучающиеся по направлениям подготовки в области ИТ. В случае отсутствия возможности по привлечению педагогов с указанными компетенциями, занятия ведет педагог – наставник кружка с использованием онлайн-ресурсов на образовательных платформах.

3.4. Информационное обеспечение:

- Образовательная платформа «Таланты 2030» Сургутского государственного университета – <https://talents.surgu.ru/>. На платформе размещены материалы по модулям программы для участников кружков и педагогов.
- Сайт Регионального модельного центра дополнительного образования детей - <http://argo.surgu.ru/>

На сайте Регионального модельного центра дополнительного образования детей публикуется информация о графике образовательных интенсивов на учебный год, их содержании и правилах конкурсного отбора участников.

3.5. Методическое обеспечение программы

1. Учебно-методические материалы

- Конспекты занятий с визуальными схемами и иллюстрациями на платформе «Таланты 2030» СурГУ;
- Рабочие тетради с заданиями разного уровня сложности;
- Протоколы лабораторных работ с пошаговыми инструкциями на платформе «Таланты 2030» СурГУ;
- Глоссарий биологических и химических терминов на платформе «Таланты 2030» СурГУ; Справочные материалы по базовым концепциям молекулярной биологии и генетики на сайте Биомолекула;
- Материалы для подготовки к НТО и профильным олимпиадам;
- Методические карты модулей и рекомендации по проведению занятий
- «Инженерные биологические системы», 1-й год обучения (Приложение 1).

2. Наглядные пособия

- Гербарий основных семейств покрытосеменных растений;
- Коллекция микропрепаратов растительных тканей и органов;
- Комплект таблиц по анатомии и морфологии растений;
- Модели клеточных структур и органоидов;
- Модели ДНК, РНК, белков и других биомолекул.

3. Электронные ресурсы

- Презентации к каждому занятию;
- Видеоматериалы, демонстрирующие биологические процессы и методики;
- Онлайн-тесты для самопроверки.

4. Оценочные материалы

- Тестовые задания по каждому модулю программы с разным уровнем сложности;
- Практические задания для оценки навыков работы с лабораторным оборудованием;
- Критерии оценки мини-проектов и итоговых проектных работ;
- Шаблон лабораторного журнала.

3.6. Информационные источники

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ботаника. Учебник для вузов. В 4 томах. Т. 2. Физиология растений / П. Зитте, Э. В. Вайлер, Й. В. Кадерайт [и др.] ; на основе учебника Э. Страсбургера [и др.] ; пер. с нем. О. В. Артемьевой [и др.] ; под ред. В. В. Чуба. – Москва : Академия, 2008. – 496 с. – ISBN 978-5-7695-2745-6.

2. Хелдт, Ганс-Вальтер. Биохимия растений / Ганс-Вальтер Хелдт ; пер. с англ. М. А. Брейгиной [и др.] ; под ред. А. М. Носова, В. В. Чуба. – Москва : Бином.

Лаборатория знаний, 2011. – 471 с. – (Лучший зарубежный учебник). – ISBN 978-5-94774-795-9.

3. Физиология растений : учебник для студентов вузов / Н. Д. Алехина, Ю. В. Балнокин, В. Ф. Гавриленко [и др.] ; под ред. проф. И. П. Ермакова. – Москва : Академия, 2005. – 640 с. – ISBN 5-7695-1669-0.

4. Заборская О.Ю. Труд (Технология). Растениеводство и животноводство : 7-8-е классы : учебное пособие / О.Ю. Заборская, О.Н. Логвинова. – Москва : Просвещение, 2025. – 127 с.

5. Медведев, С. С. Физиология растений : учебник для студентов и аспирантов биол. фак. ун-тов / С. С. Медведев ; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ, 2004. – 336 с. – ISBN 5-288-03347-1.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Biochemistry and Molecular Biology of Plants / edited by Bob B. Buchanan, Wilhelm Gruissem, Russell L. Jones. – 2-ed. – Chichester, West Sussex : Wiley-Blackwell, 2015. – 1264 p. – ISBN 978-0470714225.

2. Биология Campbell. В 3 томах. Том 1. Химия жизни. Клетка. Генетика / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.] ; перевод с английского О. В. Аверчевой, К. А. Андреевой, М. Д. Барановской. – Москва: Диалектика, 2023. – 672 с. – ISBN 978-5-907203-88-4.

3. Биология Campbell. В 3 томах. Том 2. Механизмы эволюции. Эволюция и биоразнообразие. Растительные формы жизни / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.]; под редакцией М. М. Половицкой, О. Н. Шиловой, Д. М. Мартыновой. – Москва: Диалектика, 2023. – 576 с. – ISBN 978-5-907515-13-0.

4. Биология Campbell. В 3 томах. Том 3. Животные формы жизни и их функционирование. Экология / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.] ; под редакцией М. М. Половицкой, О. Н. Шиловой, Д. М. Мартыновой. – Москва: Диалектика, 2023. – 575 с. – ISBN 978-5-907705-68-5.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Биотехнологии: генная инженерия // Stepik : [сайт]. – 2013–2025. – URL: <https://stepik.org/course/94/info> (дата обращения: 12.08.2025).

2. Химия для всех // Stepik : [сайт]. – 2013–2025. – URL: <https://stepik.org/course/136548/promo> (дата обращения: 12.08.2025).

3. Базовый курс по биологии // Stepik : [сайт]. – 2013–2025. – URL: <https://stepik.org/course/78909/promo> (дата обращения: 12.08.2025).

4. Электронная библиотека учебных материалов по химии // ChemNet : [сайт]. – URL: <https://www.chem.msu.su/rus/elibrary> (дата обращения: 12.08.2025).

5. Мануйлов, А. В. Основы химии. Интернет-учебник / А. В. Мануйлов, В. И. Родионов // Новосибирский государственный университет : [сайт]. – 2001–2025. – URL: <http://www.hemi.nsu.ru> (дата обращения: 13.08.2025).

6. 12 методов в картинках: генная инженерия. Часть I, историческая / О. Волкова, О. Пташник // Биомолекула: [сайт]. – 2007-2025. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-gennaia-inzheneriia-chast-i-istoricheskaiia?ysclid=I6d9rebws9167381293> (дата обращения: 02.07.2025).

7. Биоинформатика и геномика: 10 лекций биоинформатика Михаила Гельфанда о технологиях анализа молекулярно-биологических данных // ПостНаука : [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://postnauka.org/courses/42433> (дата обращения: 02.07.2025).

8. Биология клетки : 10 лекций биолога Евгения Шеваля об устройстве и функционировании самой элементарной живой системы // ПостНаука : [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://postnauka.org/courses/17529> (дата обращения: 02.07.2025).

9. Технология управления свойствами биологических объектов: методы биоинформатики и молекулярной биологии // VK Видео: социальная сеть. – 2021-2025. – URL: https://vkvideo.ru/playlist/-205185234_21 (дата обращения: 02.07.2025).

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

СОГЛАСОВАНО
Руководитель РМЦ ДООД
/Е.С. Титаренко/
« 02 » 03 2026 г.



**Рабочая программа базового кружка
«Инженерные биологические системы»
(1 год обучения)**

Возраст обучающихся: 14-15 лет

Срок реализации: 1 год

Объем: 144 академических часа

г. Сургут, 2026 год

Авторы программы:

Безуевская Валерия Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, проректор БУ ВО, СурГУ;

Самойленко Зоя Анатольевна, к.б.н., доцент, преподаватель кафедры биологии и биотехнологии, БУ ВО СурГУ;

Проворова Олеся Владимировна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики, БУ ВО СурГУ;

Волохова Марина Анатольевна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики, БУ ВО СурГУ.

Согласовано:

Руководитель Регионального модельного центра дополнительного образования детей Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

Е.С. Титаренко

1. Цель программы и планируемые результаты обучения

Цель: создание условий для освоения школьниками фундаментальных основ современных биотехнологий и определения своих интересов в этой перспективной области науки.

Планируемые результаты

Предметные/Образовательные:

1. Объяснять принципы Научно-технологической олимпиады в контексте личного образовательного и профессионального развития в области биоинженерии (уровень: понимание).
2. Анализировать структуру и функции различных компонентов клетки (мембраны, органоиды, ядро) в контексте их роли как основы для создания инженерных биологических систем (уровень: анализ).
3. Объяснять молекулярные основы биологических процессов и свойств биомолекул с использованием фундаментальных химических концепций в контексте биоинженерии (уровень: применение).
4. Применять базовые конструкции языка Python (переменные, условия, циклы, функции, строки, списки, словари) для моделирования биологических процессов и анализа данных биоинженерных систем (уровень: применение).
5. Проектировать простые биологические устройства на основе природных механизмов с использованием принципов синтетической биологии (уровень: синтез).
6. Выполнять базовые лабораторные процедуры культивирования микроорганизмов, работы с ферментами и создания биосенсоров в процессе решения практических биоинженерных задач (уровень: применение).
7. Характеризовать влияние современных биоинженерных разработок на различные отрасли промышленности, медицины и экологии (уровень: понимание).
8. Применять принципы биомиметики для создания технических решений, основанных на природных механизмах и структурах (уровень: применение).
9. Анализировать этические аспекты и потенциальные риски использования инженерных биологических систем в современном обществе (уровень: анализ).

Метапредметные/Развивающие:

1. Анализировать биологическую и химическую информацию о растениях и средах их выращивания, выделяя ключевые закономерности.
2. Формулировать гипотезы о влиянии различных факторов на рост и развитие растений в инженерных биологических системах.
3. Систематизировать данные наблюдений за ростом растений с использованием таблиц, графиков и диаграмм.

4. Моделировать биологические и экологические процессы, происходящие в гидропонных системах и ситифермах.

5. Интерпретировать результаты экспериментов по выращиванию растений в различных условиях.

Регулятивные:

1. Планировать последовательность действий при создании и обслуживании гидропонных установок.

2. Контролировать основные параметры среды выращивания растений (рН, ЕС, температура, освещение).

3. Оценивать эффективность применяемых методов культивации растений на основе экспериментальных данных.

4. Корректировать условия выращивания растений при выявлении проблем в развитии культур.

5. Соблюдать правила безопасности при работе с техническими системами и химическими растворами.

Коммуникативные:

1. Представлять результаты наблюдений и экспериментов в форме структурированных отчетов и презентаций.

2. Использовать специальную терминологию при обсуждении вопросов агробιοтехнологий и инженерных систем.

3. Эффективно работать в команде при создании и обслуживании инженерных биологических систем.

4. Аргументированно обосновывать выбор технологических решений при проектировании биосистем.

5. Документировать процесс и результаты проектной деятельности с использованием цифровых инструментов.

Работа с информацией:

1. Осуществлять поиск достоверной информации о современных методах выращивания растений.

2. Интерпретировать данные, представленные в формате таблиц параметров питательных растворов и режимов освещения.

3. Использовать цифровые инструменты для сбора и анализа данных о росте растений.

4. Критически оценивать информацию о современных агротехнологиях, представленную в различных источниках.

Личностные/Воспитательные:

1. Ценностное отношение к научному познанию – формулировать собственное отношение к перспективам развития городского сельского хозяйства и устойчивых пищевых систем.

2. Экологическая культура и ответственность - понимать значение устойчивых технологий производства пищи для решения глобальных проблем.

3. Коммуникативная культура:

- уважительно относиться к мнению участников команды при разработке проектов инженерных биосистем;
- конструктивно воспринимать обратную связь о результатах проектной деятельности;
- эффективно распределять обязанности в группе при обслуживании биологических систем.

4. Исследовательская позиция:

- проявлять аккуратность и внимательность при проведении измерений и наблюдений;
- задавать вопросы, направленные на оптимизацию биологических и инженерных процессов;
- демонстрировать настойчивость в достижении результатов при выращивании растений.

5. Профессиональное самоопределение:

- описывать свои интересы в области агробиотехнологий и инженерных биологических систем.
- оценивать собственные сильные и слабые стороны в контексте работы с техническими и биологическими системами.

Периодичность и продолжительность занятий: занятия проводятся в очном формате 1 раз в неделю по 4 академических часа.

2. Учебный план на 2026-2027 уч.г.

№ п/п	Название модуля	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
Раздел 1 «От клетки к растению: биологические основы инженерных систем»					
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой. Решение олимпиадных заданий	12	4	8	Регистрация на сайте НТО https://ntcontest.ru/ , решение заданий прошлых лет
2	Модуль «Основы химии»	20	8	12	Решение задач, лабораторные и практические работы
3	Модуль «Клетка»	14	4	10	Тестирование, микроскопирование, ведение лабораторного журнала
4	Модуль «Ботаника и физиология растений»	22	8	14	Решение задач, лабораторные и практические работы

5	Практикум по решению задач НТО	4		4	Решение задач
	Итого по 1 разделу	72	24	48	
Раздел 2 «Инженерные системы и технологии выращивания растений»					
6	Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства»	28	10	18	Лабораторные и практические работы, тестирование
7	Модуль «Программирование и автоматизация ситифермы»	20	4	16	Практические работы с датчиками, проект по анализу и оптимизация параметров
8	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	12	6	6	Лабораторные и практические работы, тестирование
9	Модуль «Анатомия и физиология человека»	8	4	4	Лабораторные и практические работы, тестирование
10	Конференция кружков	4	-	4	Презентация проектов, участие в дискуссии
	Итого по 2 разделу	72	24	52	
	Итого:	144	48	96	

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

Год обучения	Дата начала обучения	Дата окончания обучения	Всего учебных недель	Количество учебных часов	Режим занятий*
2026-2027	10.09.2026	27.05.2027	36	144	очно

*занятия проводятся в очном и/или онлайн 1 раз в неделю по 4 академических часа

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

№	Дата проведения	Наименование лекции	Количество часов		
			Всего	Теория	Практика
Раздел 1 «От клетки к растению: биологические основы инженерных систем»			72	24	48
1.	10.09.2026-24.09.2026	Знакомство с Национальной технологической олимпиадой	12	4	8
2.	01.10.2026-29.10.2026	Модуль «Основы химии»	20	8	12
3.	05.11.2026-26.11.2026	Модуль «Клетка»	14	4	10
4.	26.11.2026-14.01.2027	Модуль «Ботаника и физиология растений»	22	8	14

5.	21.01.2027	Практикум по решению задач НТО	4	–	4
Раздел 2 «Инженерные системы и технологии выращивания растений»			72	24	52
6.	28.01.2027-11.03.2027	Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства»	28	10	18
7.	18.03.2027-15.04.2027	Модуль «Программирование и автоматизация ситифермы»	20	4	16
8.	22.04.2027-06.05.2027	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	12	6	6
9.	13.05.2027-20.05.2027	Модуль «Анатомия и физиология человека»	8	4	4
10.	27.05.2027	Конференция кружков	4	-	4
Итого:			144	48	96

5. Содержание программы

Раздел 1. От клетки к растению: биологические основы инженерных систем

Модуль 1. Введение в инженерные биологические системы и Национальную технологическую олимпиаду

- Понятие об инженерных биологических системах, примеры в окружающем мире.
- Обзор программы кружка, знакомство с лабораторным оборудованием.
- Национальная технологическая олимпиада (НТО): структура, профиль «Инженерные биологические системы», этапы, командная работа.
- Основы научного метода: наблюдение, вопрос, гипотеза, эксперимент, вывод.
- Устройство светового микроскопа, правила работы, единицы измерения (мкм, нм).
- Приготовление временных микропрепаратов (кожица лука, клетки томата, элодея, хромoplastы моркови, устьица герани).
- Ведение лабораторного журнала: зарисовки, указание увеличения, даты, условий.
- Регистрация на платформе НТО, разбор и решение простых заданий отборочных этапов прошлых лет.

Модуль 2. Основы химии

- Биогенные элементы: углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера. Макро- и микроэлементы растений.
- Строение атома, атомный номер, атомная масса. Периодическая система Д.И. Менделеева.

- Типы химических связей: ковалентная (полярная и неполярная), ионная, водородная.
- Вода – основа жизни: строение молекулы, полярность, водородные связи, гидрофильность и гидрофобность. Уникальные свойства воды.
- Растворы: растворитель и растворённое вещество. Диффузия, осмос.
- Концентрация растворов. Расчётные задачи (масса вещества, объём, концентрация).
- Электролиты и неэлектролиты. Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Ионы в биологических растворах.
- Кислоты и основания. Индикаторы (лакмус, фенолфталеин, природные индикаторы – краснокочанная капуста, каркаде).
- Водородный показатель (рН), шкала рН. Измерение рН с помощью индикаторной бумаги и рН-метра. Буферные системы.
- Химический анализ среды для выращивания растений: параметры рН, TDS (общая минерализация), ЕС (электропроводность). Подготовка проб, интерпретация результатов.

Модуль 3. Клетка

- Клеточная теория, общий план строения клетки. Прокариоты и эукариоты.
- Клеточная мембрана: жидкостно-мозаичная модель, транспорт веществ (пассивный и активный), осмос. Клеточная стенка растений.
- Ядро, цитоплазма. Немембранные и мембранные органоиды (рибосомы, ЭПС, комплекс Гольджи, лизосомы, митохондрии). Сравнение растительной и животной клеток.
- Пластиды (хлоропласты, хромопласты, лейкопласты) и вакуоли растительной клетки. Пигменты (хлорофиллы, каротиноиды). Клеточный сок.
- Энергетические процессы: митохондрии, клеточное дыхание. Взаимосвязь дыхания и фотосинтеза.
- Фотосинтез: световая и темновая фазы. Факторы, влияющие на интенсивность фотосинтеза (свет, CO₂, температура). Практическое значение для гидропоники.
- Клеточный цикл, митоз и мейоз. Рост растений и деление клеток в точках роста.

Модуль 4. Ботаника и физиология растений

- Основные типы растительных тканей (образовательные, покровные, проводящие, механические, основные).
- Корень: зоны корня, первичное и вторичное строение. Типы корневых систем (стержневая, мочковатая). Видоизменения корней.
- Мини-проект «Выращивание микрозелени» (редис, горчица, кресс-салат): выбор культур, подготовка семян и субстратов, посев. Мониторинг роста

(освещённость, влажность, температура), ведение лабораторного журнала. Сбор урожая, расчёт урожайности, дегустация. Презентация результатов.

- Побег: строение стебля и почек. Первичное и вторичное строение стебля однодольных и двудольных. Типы ветвления.
- Агротехнические приёмы формирования побеговой системы: обрезка, пасынкование, прищипывание. Влияние условий выращивания.
- Агротехника корневых систем: факторы развития, методы стимуляции корнеобразования (черенкование, стимуляторы). Требования к субстратам.
- Генеративные органы: цветок (строение, формулы и диаграммы), соцветия, опыление (типы). Плоды (типы, строение, распространение). Семя (строение, прорастание).
- Низшие и высшие споровые растения: водоросли, мхи, хвощи, плауны, папоротники. Жизненные циклы.
- Семенные растения: голосеменные и покрытосеменные. Основные классы и семейства покрытосеменных. Значение растений для медицины, сельского хозяйства, биотехнологии.

Модуль 5. Практикум по решению задач НТО

- Комплексный разбор и решение заданий отборочного этапа НТО профиля «Инженерные биологические системы» (задачи прошлых лет, включая расчетные, логические и междисциплинарные). Анализ типичных ошибок. Работа в малых группах, взаимопроверка.

Раздел 2. Инженерные системы и технологии выращивания растений

Модуль 6. Основы гидропоники и ситифермерства

- Понятия гидропоники и ситифермерства. История, преимущества (экономия воды, круглогодичный урожай). Примеры применения.
- Типы гидропонных систем: DWC (глубоководная культура), NFT, периодическое затопление, капельный, фитильный. Выбор DWC для учебного проекта.
- Вода для гидропоники: требования к pH, TDS, жесткости. Лабораторная работа №1 «Анализ воды» (измерение pH и TDS, заполнение паспорта воды).
- Субстраты (керамзит, перлит, вермикулит, минеральная вата). Элементы питания растений: макроэлементы (N, P, K, Ca, Mg, S) и микроэлементы (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo). Признаки дефицита (хлороз и др.).
- Питательный раствор. Раствор Кнопа: состав, расчёт навесок для заданного объёма, порядок растворения. Лабораторная работа №2 «Приготовление питательного раствора».
- Сквозной проект «Моя ситиферма» (выращивание салата листового в DWC, 28 дней):
 - Этап 1 (анализ воды) – измерение исходных параметров.
 - Этап 2 (приготовление раствора) – расчет и смешивание.

Этап 3 (сборка установки и посадка) – подготовка контейнера, аэрация, сетчатые горшки, керамзит, высадка рассады.

- LED-освещение: спектры (красный – 660 нм, синий – 450 нм), фотосинтетически активная радиация (ФАР), PPFD. Типы ламп (биколор, полный спектр). Фотопериод (растения короткого, длинного, нейтрального дня). Настройка таймера.

- Мониторинг параметров раствора: pH, ЕС, температура. Калибровка pH-метра. Ведение журнала проекта (ежедневно/через день).

- Корректировка раствора: изменение pH (pH Up/Down), долив воды при повышении ЕС, полная замена раствора (каждые 7–14 дней).

- Диагностика состояния растений по внешнему виду: дефицит азота (желтеют старые листья), железа (желтеют молодые листья), избыток солей (бурые края), недостаток света (вытянутые бледные побеги), недостаток кислорода (коричневые корни).

- Признаки готовности салата к уборке (розетка из 6–10 листьев, высота 15–20 см, возраст 28–35 дней). Предотвращение стрелкования.

Этап 4 (сбор урожая и анализ): срезка, взвешивание каждого растения, расчёт продуктивности (г/растение, г/л раствора). Анализ факторов успеха/неудач.

- Защита проекта «Моя ситиферма» (презентация, демонстрация журнала наблюдений). Знакомство с вертикальными фермами (iFarm, AeroFarms, Plenty) – будущее ситифермерства.

Модуль 7. Программирование и автоматизация ситифермы (Arduino)

- Основы работы с платформой Arduino Uno: структура скетча (setup, loop), цифровые пины. Практика «Мигающий светодиод».

- Цифровой ввод, условный оператор if/else. Последовательный монитор (Serial Monitor). Практика «Включение светодиода по кнопке».

- Аналоговый ввод (analogRead, диапазон 0–1023). Датчики: фоторезистор (освещённость), датчик влажности почвы FC-28. Функции map, constrain.

- Калибровка датчика FC-28 (сухой/влажный субстрат). Датчик температуры и влажности воздуха DHT11/22: подключение, библиотека DHT.h, проверка ошибок (isnan).

- Объединение нескольких датчиков в одной программе (DHT + FC-28 + фоторезистор + светодиод-индикатор).

- Жидкокристаллический дисплей LCD 1602 по интерфейсу I2C: вывод текста и чисел, позиционирование курсора. Создание автономной системы мониторинга (температура, влажность воздуха, влажность почвы, освещённость).

- Исполнительные компоненты: мини-насос, вентилятор, светодиодная лента. Подключение через реле (внешнее питание). Функция millis() вместо delay для тайминга.

- Управление освещением: светодиодная лента (библиотека FastLED, RGB-цвета, массив светодиодов). Создание пользовательских функций.
- Проект «Гроубокс» (командная работа): выбор конфигурации (набор датчиков и исполнительных устройств), составление блок-схемы алгоритма, сборка схемы, написание и отладка кода. Интеграция автополива (по FC-28), охлаждения (по DHT), автоматической подсветки (по фоторезистору). Тестирование системы.
- Защита проекта «Гроубокс» (демонстрация работающей установки, презентация, ответы на вопросы). Итоговый тест по модулю.

Модуль 8. Микробиология и экологическая биотехнология

- Мир микроорганизмов: пять групп (бактерии, грибы, водоросли, простейшие, вирусы). Формы бактерий (кокки, бациллы, спираллы).
- Строение прокариотической клетки (нуклеоид, клеточная стенка, жгутики). Отличия от эукариот. Типы питания (автотрофы, гетеротрофы).
- Бактерии в ситифермерстве: полезные (*Lactobacillus*, *Azotobacter*) и вредные (*Salmonella*). Грибковые болезни растений (мучнистая роса, фитофтороз, корневая гниль). Одноклеточные водоросли (хлорелла, спирулина) – перспективные объекты биотехнологии.
- Экологическая роль микроорганизмов: редуценты, круговорот азота (азотфиксация, аммонификация, нитрификация). Особенности гидропонных систем (отсутствие естественной почвенной микрофлоры).
- Мини-проект «Невидимые помощники ситифермы»: закладка образцов воды (водопроводная, из гидропонной установки, почвенная вытяжка) в чашки Петри. Наблюдение за развитием микроорганизмов (визуальная оценка мутности, цвета, запаха) через 7–10 дней. Измерение pH. Сравнение образцов.
- Качество воды: физические, химические, микробиологические показатели. ПДК (предельно допустимая концентрация). Биоиндикация. Ознакомление с СанПиН.
- Биотехнология будущего: биоремедиация загрязненных территорий (ознакомительно). Защита проекта «Невидимые помощники ситифермы» (презентация, выводы о связи микроорганизмов с качеством воды и здоровьем растений). Итоговый тест.

Модуль 9. Анатомия и физиология человека

- Пищеварительная система: основные органы и функции, ферменты. Белки, жиры, углеводы (КБЖУ). Расчёт калорийности (1 г белка = 4 ккал, 1 г жира = 9 ккал, 1 г углевода = 4 ккал). Расчёт калорийности и КБЖУ продукции ситифермы (микрозелень, салат) по справочным данным.
- Витамины (жирорастворимые – А, D, E, К; водорастворимые – С, группа В) и минеральные вещества (железо, кальций, калий, магний). Суточные нормы для подростков.

- Лекарственные растения, перспективные для ситиферм: базилик, мята, мелисса, ромашка, календула. Действующие вещества, применение. Связь с заданием финала НТО (сырьё для мази).
- Влияние загрязнения среды на здоровье человека: загрязнители в воде и пище, биоаккумуляция. Роль контроля качества воды (ПДК) для безопасности продукции ситифермы.
- Сбалансированный рацион питания. Составление спецификации биологических объектов в формате НТО (название, КБЖУ, калорийность, витамины, условия выращивания). Групповой проект «Меню из ситифермы» (выбор культур, расчёт КБЖУ на день, обоснование выбора). Презентация результатов.

Модуль 10. Конференция кружков

- Публичная презентация лучших проектов, выполненных в течение учебного года (ситиферма, гроубокс, микробиологическое исследование, меню/спецификация).
- Дискуссия по результатам проектной деятельности. Рефлексия: связь изученного с задачами НТО, профессиональное самоопределение, приобретенные компетенции.
- Подведение итогов обучения.

Методические карты модулей и рекомендации по проведению занятий «Инженерные биологические системы», 1-й год обучения (Приложение 1).

6. Формы контроля и подведения итогов реализации программы **Текущий контроль**

1. Лабораторные работы по микроскопии и анализу растительных тканей. Оценивание правильности выполнения процедур, качества изготовленных микропрепаратов, точности зарисовок и описаний наблюдаемых структур.

2. Лабораторный журнал. Участники кружка ведут структурированный лабораторный журнал, в котором документируют наблюдения за ростом растений, параметры среды, результаты экспериментов и их интерпретацию. Журнал проверяется педагогом ежемесячно с предоставлением развернутой обратной связи.

3. Практические работы по приготовлению питательных растворов и анализу параметров среды. Оценивается точность расчетов, правильность приготовления растворов, умение интерпретировать полученные данные и корректировать условия выращивания.

4. Тематические тесты проводятся после завершения каждого модуля и включают как теоретические вопросы, так и практические задачи на понимание ключевых концепций клеточной биологии, ботаники, химии и микробиологии в контексте инженерных биологических систем.

5. Интерактивные опросы проводятся в начале занятий для проверки усвоения предыдущего материала с использованием онлайн-платформы и интерактивных инструментов для мгновенной обратной связи.

Промежуточный контроль

1. Мини-проекты по выращиванию микрозелени и созданию простых гидропонных систем. Групповая работа (3-4 человека) над созданием и обслуживанием мини-систем, документирование параметров роста растений, анализ факторов, влияющих на урожайность. Презентация результатов перед группой с последующим обсуждением.

2. Решение кейсов по оптимизации параметров выращивания растений. Анализ реальных проблемных ситуаций из практики ситифермерства и гидропоники. Групповое обсуждение оптимальных подходов к решению на основе полученных знаний.

3. Подготовка и представление информационных материалов. Создание постеров о современных системах выращивания растений. Подготовка инфографики по анатомии растений, химическим и биологическим процессам в гидропонных установках.

4. Разработка и проведение микроисследований. Планирование и реализация малых исследовательских проектов по сравнению различных субстратов, режимов освещения или составов питательных растворов с анализом полученных данных.

Итоговый контроль

1. Командный проект по созданию и оптимизации инженерной биологической системы. Выполнение комплексного проекта, объединяющего знания из разных модулей (создание и обслуживание гидропонной установки, выращивание выбранной культуры, оптимизация параметров среды). Работа в малых группах (2-3 человека) с публичной защитой проекта и демонстрацией результатов.

2. Результативность участия на этапах первого, второго, третьего туров олимпиады НТО профиль «Инженерные биологические системы». Достижения учащихся в рамках олимпиады рассматриваются как объективный внешний показатель эффективности обучения.

Формирующие оценочные мероприятия по каждой теме приведены в Приложении 1.

**Методические карты модулей и рекомендации по проведению занятий
«Инженерные биологические системы»
1 год обучения**

Методическая карта модуля
«Введение в инженерные биологические системы и НТО»
(12 часов, 6 занятий по 2 ак. часа)

Ключевой результат обучения по модулю – объяснять принципы научно-технологической олимпиады в контексте личного образовательного и профессионального развития.

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Знакомство с инженерными биологическими системами	• Что такое инженерные биологические системы: простыми словами о сложном; • Примеры инженерных биологических систем вокруг нас; • Обзор программы кружка и основных модулей	• Входная анкета «Что я знаю о растениях и технологиях выращивания»; • Интерактивная экскурсия по лаборатории с демонстрацией оборудования» • Игра «Найди применение» (участникам предлагается придумать применение для различных видов оборудования); • Составление простой схемы «Что нужно растению для роста»	• Объяснять простыми словами, что такое инженерные биологические системы • Приводить примеры инженерных биологических систем из повседневной жизни
2. Что такое НТО и как решать интересные задачи	• Национальная технологическая олимпиада: что это и почему это интересно; • Как устроена НТО: отборочные этапы и финал простыми словами; • Знакомство с профилем «Инженерные биологические системы»; • Какие задачи решают участники олимпиады (с примерами простых задач); • Работа в команде: почему это важно и как распределять роли	• Викторина «Что я узнал о НТО»; • Решение упрощённой демо-версии задачи из отборочного этапа прошлых лет (подсчёт количества растений на установке); • Групповая игра «Построй башню» на развитие командной работы; • Обсуждение «Какая роль в команде мне ближе»	• Объяснять своими словами, что такое Национальная технологическая олимпиада; • Описывать особенности профиля «Инженерные биологические системы»; • Решать простые задачи, аналогичные заданиям отборочного этапа

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
3. Как ученые исследуют мир: основы научного метода	Кто такие учёные и как они проводят исследования; • Научный метод простыми словами: наблюдение, вопрос, гипотеза, эксперимент, вывод; • Как правильно наблюдать за растениями; • Как задавать исследовательские вопросы; • Как спланировать простой эксперимент; • Как представлять результаты исследований	• Практическая работа «Научный метод»: формулировка наблюдения, вопроса и гипотезы на примере роста растений» • Упражнение «Придумай исследовательский вопрос» (о факторах, влияющих на рост растений); • Мини-игра «Детективы» (определение причин проблем с растениями по подсказкам)	• Называть основные шаги научного метода; • Формулировать простые исследовательские вопросы; • Предлагать способы проверки простых гипотез о росте растений
4. Микроскопия и визуализация клеток	• Устройство светового микроскопа; • Правила работы с микроскопом; • Приготовление микропрепаратов; • Основные методы микроскопии; • Единицы измерения в микроскопии	• Практическая работа: знакомство с устройством микроскопа; • Упражнения по настройке освещения и фокусировке; • Составление инструкции по работе с микроскопом; • Изучение готовых микропрепаратов из набора	• Описывать устройство светового микроскопа; • Настраивать микроскоп для работы; • Рассчитывать увеличение микроскопа; • Изготавливать простые временные микропрепараты
5. Основы микроскопической техники и ведение лабораторного журнала	• Принципы ведения лабораторного журнала; • Оформление результатов микроскопирования; • Интересные растительные объекты для микроскопирования: кожица лука, клетки томата, эпидермис листа элодеи, волоски тыквы, хромопласты моркови, пыльца цветов, устьица герани;	Лабораторная работа «Изготовление временных микропрепаратов различных растительных клеток»; • Оформление результатов наблюдений в лабораторном журнале с зарисовками, указанием увеличения, даты, условий наблюдения;	• Изготавливать временные микропрепараты растительных клеток с использованием различных красителей; • Вести лабораторный журнал в соответствии с научными стандартами; • Документировать результаты микроскопических исследований в виде

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	Техника фотографирования и зарисовки микропрепаратов	- Составление сравнительной таблицы «Клетки растений под микроскопом»; - Создание фотоатласа микропрепаратов (с использованием смартфонов или микроскопа с камерой)	рисунков, фотографий и описаний
6. Регистрация на НТО и разбор интересных заданий прошлых лет	- Как зарегистрироваться на платформе НТО; - Знакомство с интерфейсом и навигацией сайта олимпиады; - Простые задачи из отборочных этапов прошлых лет по профилю ИБС; - Повторение ключевых знаний по биологии растений	- Практическая работа: регистрация на платформе НТО (при наличии технической возможности); - Разбор и решение заданий прошлых лет (с упрощёнными расчётами); - Работа в парах: взаимная проверка знаний по биологии растений; - Итоговый опрос «Что я узнал и чему научился»	Решать простые задачи отборочного этапа с минимальной помощью

Методические рекомендации по проведению модуля

«Введение в инженерные биологические системы и НТО»

Организация работы с перевернутым классом

Теоретический материал по каждой теме размещён на платформе в виде готовых конспектов. Обучающиеся изучают конспект до занятия. Основное время занятия используется для формирующих оценочных мероприятий: практических работ, обсуждений, игр, решения задач. Занятие начинается с короткой проверки понимания прочитанного (5-7 минут): мини-опрос, викторина, задание на соотнесение терминов и определений.

Методика проведения практических работ

Разделение участников на малые группы (3-4 человека). Предоставление четких инструкций и критериев оценивания. Обязательное обсуждение результатов и рефлексия. Связь практических заданий с реальными задачами из олимпиады.

Работа с заданиями прошлых лет

Анализ типовых ошибок участников. Обсуждение стратегий решения сложных заданий. Объяснение системы оценивания. Предоставление дополнительных заданий для самостоятельной работы.

Занятия по микроскопированию и ведению лабораторного журнала

Начинать с изучения готовых микропрепаратов для формирования базовых навыков. Постепенно переходить к изготовлению временных препаратов, используя наборы «Органы растений». Использовать микроскоп с камерой для преподавателя для демонстрации микропрепаратов всей группе. Заранее подготовить растительные образцы: свежие листья элодеи, срезы моркови с хромопластами, кожицу чешуи лука, волоски с листьев тыквы или герани, пыльцу цветов.

Организация лабораторного журнала

Используйте тетради в клетку формата А4 с плотными страницами. Разработайте и распечатайте шаблон первой страницы с полями для заполнения: ФИО, дата начала, тема проекта. Обучите структурированию записей: дата, цель наблюдения, материалы и методы, результаты, выводы.

Мотивационные аспекты

Рассказ об успехах предыдущих участников олимпиады. Объяснение перспектив, которые открывает победа в НТО. Создание позитивной и поддерживающей атмосферы.

Методическая карта модуля

«Основы химии»

(20 часов, 10 занятий по 2 ак.часа)

Ключевой результат обучения – описывать основные химические понятия и измерять параметры водных растворов (рН, TDS, EC) для оценки их пригодности при выращивании растений.

Содержание занятий

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Химические элементы, важные для жизни	• Углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера: их роль в живых организмах; • Положение биогенных элементов в периодической системе; • Макро- и микроэлементы растений, в организме человека; • Органогены: что	• Лабораторная работа: обнаружение углерода в органических веществах (обугливание); • Составление схемы «Биогенные элементы и их функции»; • Групповое обсуждение «Почему именно эти элементы важны для жизни?»	• Перечислять основные биогенные элементы; • Описывать роль основных биогенных элементов в организме; • Объяснять, почему именно эти элементы стали основой жизни; • Анализировать содержание элементов в разных биологических структурах

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	делает элементы важными для жизни		
2. Строение атома. периодическая система Менделеева	• Понятие атом. Структура атома. протоны, нейтроны, электроны; • Атомный номер и атомная масса; • Периодическая система элементов. Биогенные элементы в таблице Менделеева и их электронные оболочки	Практическая работа: Моделирование атомов углерода, азота, кислорода с помощью конструктора или пластилина; • Мини-исследование: Определение элементного состава минеральных удобрений по этикеткам, сравнение с потребностями растений; • Расчет количества протонов, нейтронов, электронов в изотопах биогенных элементов • Групповая работа «Создание «паспортов» биогенных элементов (C, N, O, P, S) с указанием их роли в организмах»; • Мини-доклады «Почему этот элемент важен для жизни?» (каждая группа - свой элемент)	• Описывать строение атома (протоны, нейтроны, электроны); • Определять атомный номер и атомную массу элемента по таблице Менделеева; • Находить биогенные элементы в периодической системе
3. Химические связи: как атомы объединяются в молекулы	• Ковалентная связь: полярная и неполярная; • Ионная связь • Водородная связь и ее особенности; • Электроотрицательность элементов; • Значение разных типов связей для биологических молекул	• Практическая работа с моделями молекул: определение типа связи; • Заполнение сравнительной таблицы типов химических связей; • Игра «Составь молекулу» с использованием атомных карточек	• Различать основные типы химических связей; • Объяснять механизм образования ковалентной и ионной связи; • Приводить примеры биологически важных молекул с разными типами связей
4. Вода - основа жизни	• Строение молекулы воды; • Понятие о полярности молекулы воды;	• Лабораторная работа: исследование свойств воды (поверхностное натяжение, растворяющая способность) • Создание схемы «Вода в	• Описывать строение молекулы воды • Перечислять уникальные свойства воды;

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Агрегатные состояния воды; • Уникальные свойства воды и их значение для жизни; • Понятие о диполе и дипольном моменте; • Механизм образования водородных связей; • Гидрофильные и гидрофобные взаимодействия; • Биологические функции воды	организме: где и зачем»; • Мини-исследование «Сколько воды в разных продуктах питания»; • Демонстрационные опыты по полярности молекул; • Моделирование водородных связей между молекулами воды	• Объяснять, почему вода является полярной молекулой; • Описывать механизм образования водородной связи
5. Растворы и их значение для биологических процессов	• Понятие о растворах и растворимости; • Растворитель и растворенное вещество; • Гидратация ионов в растворах; • Диффузия и осмос; • Биологические жидкости как сложные растворы	• Практическая работа «Тестирование растворимости различных веществ (соль, сахар, мел, масло) с объяснением результатов»; • Мини-исследование «Сравнение скорости растворения сахара при разной температуре и размере кристаллов»; • Демонстрационный опыт «Осмос с помощью целлофанового мешочка»	• Объяснять, что такое раствор, растворитель и растворённое вещество; • Описывать процесс растворения; • Объяснять явления диффузии и осмоса на простых примерах
6. Концентрация растворов	• Понятие о растворах и растворимости; • Растворитель и растворённое вещество; • Гидратация ионов в растворах; • Диффузия и осмос; • Биологические жидкости как	• Решение задач на расчет концентрации растворов; • Типология расчетных задач на концентрацию; • Лабораторная работа «Приготовление растворов заданной концентрации»	• Объяснять, что такое раствор, растворитель и растворённое вещество; • Описывать процесс растворения; • Объяснять явления диффузии и осмоса на простых примерах

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	сложные растворы		
7. Электролиты и их диссоциация	• Понятие об электролитах и неэлектролитах; • Механизм электролитической диссоциации; • Сильные и слабые электролиты; • Степень диссоциации; • Ионы в растворах и их биологическая роль; • Электролитный баланс в организме	• Лабораторная работа «Определение электропроводности различных растворов»; • Составление схем диссоциации различных электролитов» • Демонстрационный опыт «Проводимость биологических жидкостей»	• Различать электролиты и неэлектролиты на примерах; • Описывать механизм электролитической диссоциации; • Приводить примеры биологически важных ионов
8. Кислоты и основания. Индикаторы	• Понятие о кислотах и основаниях; • Классификация и номенклатура кислот и оснований; • Сила кислот и оснований; • Кислоты и основания в живых организмах; • Индикаторы	• Лабораторная работа «Определение кислот и оснований с помощью индикаторов»; • Составление таблицы «Кислоты и основания в организме человека»; • Демонстрационные опыты с природными индикаторами (сок краснокочанной капусты)	• Различать кислоты и основания с помощью индикаторов; • Приводить примеры кислот и оснований в живых организмах; • Описывать принцип действия индикаторов
9. pH и его роль в биологических процессах	• Водородный показатель; • шкала pH; • Измерение pH; • pH в живых организмах; • Понятие о буферных системах	• Лабораторная работа «Измерение pH различных растворов (водопроводная вода, питательные растворы, почвенные вытяжки) с использованием pH-метра и сравнение с показаниями индикаторной бумаги»; • Эксперимент с природными индикаторами «Приготовление индикаторов из краснокочанной капусты и чая каркаде, тестирование их на растворах разной кислотности с	• Объяснять понятие pH и его связь с концентрацией ионов водорода в растворе; • Использовать шкалу pH (0-14) для определения кислотности и щелочности растворов; • Называть оптимальные значения pH для основных биологических жидкостей; • Объяснять принцип работы буферных

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		фотофиксацией изменения цвета»; • Расчетные задачи на шкалу pH; • Мини-проект «Исследование pH различных продуктов питания/косметических средств/средств бытовой химии и их влияния на кислотно-щелочной баланс организма»; • Демонстрационный опыт «Работа буферной системы - добавление кислоты и щелочи к буферному раствору и дистиллированной воде с измерением изменений pH»	систем на примере бикарбонатного буфера крови; • Использовать различные методы измерения pH (pH-метр, индикаторная бумага, жидкие индикаторы)
10. Химический анализ среды для роста растений	• Зачем биотехнологу анализировать воду и питательный раствор; • Основные параметры водной среды: pH, TDS (общая минерализация), электропроводность (ЕС); • Принципы и особенности работы измерительных приборов; • Подготовка проб для анализа; • Анализ результатов и регулирование показателей	• Опрос и мини-викторина по целям анализа среды и значению pH, TDS, ЕС; • Использование индикаторной бумаги и датчиков pH/TDS/EC (демонстрация); • Лабораторная работа: «Измерение pH, ЕС, TDS различных растворов», внесение данных в лабораторный протокол; • Обсуждение: как понять, пригодна ли среда для растений; что делать, если pH или солёность вне нормы	• Называть основные параметры водной среды для выращивания растений (pH, TDS, ЕС); • Измерять pH, TDS и ЕС растворов с помощью приборов; • Определять пригодность воды или раствора для выращивания растений на основе pH и TDS; • Вести лабораторный протокол химического анализа среды

Межмодульные связи

Модуль является пререквизитом для модуля «Основы гидропоники и ситифермерства»:

1. **Занятие 5** (растворы) и **занятие 6** (концентрация) - основа для приготовления питательного раствора Кнопа (гидропоника, занятие 5);
2. **Занятие 7** (электролиты) - основа для понимания электропроводности питательного раствора (гидропоника, занятие 4);
3. **Занятия 9-10** (рН, анализ среды) - основа для мониторинга параметров раствора (гидропоника, занятия 3, 9, 10).

Методические рекомендации по проведению модуля «Химия»

Организация перевернутого класса

Теоретический материал размещён на платформе в виде конспектов с иллюстрациями. Обучающиеся изучают конспект до занятия. Поскольку школьники не изучали химию в школе, конспекты должны быть написаны простым языком с большим количеством иллюстраций и примеров из повседневной жизни. На занятии первые 5-10 минут отводятся на проверку понимания (мини-опрос, викторина). Основное время (60-70%) используется для лабораторных работ, практических заданий, решения задач.

Организация и структура занятий

Теоретическая часть: 30-40% времени (25-35 минут). Практическая часть: 40-50% времени (35-45 минут). Обсуждение результатов и рефлексия: 10-20% времени (10-15 минут). Используйте цветные схемы и модели для лучшего восприятия материала. Обучайте ведению лабораторного журнала: запись целей опыта, действий, результатов, выводов.

Интеграция с инженерно-биологической практикой

Демонстрируйте на каждом занятии, как химические навыки и понятия используются при выращивании растений, работе с гроубоксом и анализе среды. Привязывайте обсуждение теоретических вопросов к задачам из реальных инженерных, олимпиадных и биотехнологических проектов.

Решение олимпиадных и прикладных задач

По завершении одного-двух занятий включайте короткие задания и разбор задач НТО профиля «Инженерные биологические системы». Решайте практические кейсы: «Определение оптимального рН для выращивания конкретных культур», «Расчёт необходимого количества удобрений для приготовления питательного раствора», «Корректировка состава питательного раствора по результатам химического анализа».

Игровые методы обучения

Использование игровых форматов для повышения вовлечённости: «Химический детектив» - определение неизвестных веществ по их свойствам; «Формульное лото» - составление формул веществ по названиям; «Химический конструктор» - моделирование молекул и химических реакций.

Использование доступных материалов

Природные индикаторы: сок краснокочанной капусты (меняет цвет в зависимости от pH), чай каркаде (красный в кислой среде, синий/зелёный в щелочной), куркума (жёлтая в кислой среде, красно-коричневая в щелочной).

Темы, отложенные на второй год обучения

Расчёт массовых долей элементов в растворе. Осмотическое давление растворов. Титрование ЭДТА (определение жёсткости воды). Расширенная номенклатура и классификация неорганических соединений. Окислительно-восстановительные реакции в биосистемах.

Методическая карта модуля

«Клетка»

(14 часов, 7 занятий по 2 ак. часа)

Ключевой результат обучения по модулю – описывать строение растительной клетки и объяснять связь клеточных процессов с условиями выращивания растений в гидропонных системах.

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Клетка как структурная и функциональная единица живого	• История открытия клетки и развития клеточной теории; • Общий план строения клетки; • Разнообразие клеток: прокариоты и эукариоты; • Принципы клеточной организации растений в условиях традиционного и гидропонного выращивания	• Тестирование «Основные положения клеточной теории»; • Заполнение таблицы «Сравнение методов изучения клетки»; • Работа с интерактивной моделью клетки (онлайн-ресурс или приложение); • Анализ фотографий клеток различных организмов с подписями структур	• Называть основные положения клеточной теории; • Различать прокариотические и эукариотические клетки на схемах; • Описывать общий план строения клетки
2. Клеточные мембраны и поверхностный аппарат клетки	• Строение и функции биологических мембран; • Жидкостно-мозаичная модель мембраны; • Проницаемость мембран; • Транспорт веществ через мембрану;	• Лабораторная работа «Наблюдение плазмолиза и деплазмолиза в клетках кожицы лука в растворах соли разной концентрации»; • Составление схемы «Способы транспорта	• Описывать строение клеточной мембраны и клеточной стенки; • Называть способы транспорта веществ через мембрану; • Наблюдать и описывать явления плазмолиза и деплазмолиза

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	пассивный и активный; • Особенности поверхностного аппарата растительной клетки: клеточная стенка	веществ через мембрану»; • Решение задач на осмос и диффузию; • Создание модели клеточной мембраны из подручных материалов	
3.Ядро, цитоплазма и органоиды клетки	• Цитоплазма и ее функции; • Органоиды движения: реснички, жгутики; • Немембранные органоиды: рибосомы, клеточный центр, микротрубочки; • Мембранные органоиды: эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы; • Сравнение растительной и животной клеток	• Заполнение таблицы «Органоиды клетки и их функции»; • Изучение органоидов на готовых микропрепаратах из набора; • Составление «паспорта» органоида (структура, функции, особенности); • Игра «Узнай органоид по описанию»	• Называть основные органоиды клетки и их функции; • Определять органоиды на микропрепаратах и схемах; • Различать растительную и животную клетки на схемах
4. Пластиды и вакуоли растительной клетки	• Типы пластид: хлоропласты, хромопласты, лейкопласты; • Строение и функции хлоропластов; • Пигменты пластид: хлорофиллы, каротиноиды; • Вакуоли растительных клеток: строение и функции; • Клеточный сок и его состав	• Лабораторная работа «Изучение хлоропластов в клетках листьев комнатных растений»; • «Извлечение пигментов из листьев растений и красных/оранжевых овощей с помощью спирта»; • Составление сравнительной таблицы «Типы пластид»; • Лабораторный опыт «Наблюдение антоцианов в клеточном соке краснокочанной капусты»	• Различать типы пластид на микропрепаратах и по описанию; • Описывать строение и функции хлоропластов и вакуолей; • Выделять пигменты из растительных тканей и называть их
5. Энергетически	• Источники энергии для клетки;	• Составление схемы «Энергетический обмен	• Описывать строение и функции митохондрий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
е процессы в клетке	• Митохондрии: строение и функции; • Клеточное дыхание: этапы и значение; • Взаимосвязь процессов дыхания и фотосинтеза; • Энергетический обмен в растительной клетке и его значение для роста растений	- в клетке»; • Работа с готовыми микропрепаратами митохондрий; • Составление сравнительной таблицы «Дыхание и фотосинтез»; • Лабораторный опыт «Обнаружение выделения CO₂ прорастающими семенами с помощью известковой воды»	• Называть этапы клеточного дыхания • Объяснять взаимосвязь процессов дыхания и фотосинтеза в растительной клетке
6. Фотосинтез как основа жизни растений	• Световая и темновая фазы фотосинтеза; • Факторы, влияющие на интенсивность фотосинтеза • Экологическое значение фотосинтеза; • Практическое применение знаний о фотосинтезе для оптимизации выращивания растений; • Связь фотосинтеза с продуктивностью растений	• Лабораторная работа «Влияние света на образование крахмала в листьях (проба с йодом)»; • Составление схемы «Фазы фотосинтеза»; • Анализ данных о влиянии разных условий на интенсивность фотосинтеза • Создание памятки «Оптимальные условия для фотосинтеза в гидропонной системе	• Описывать световую и темновую фазы фотосинтеза; • Называть факторы, влияющие на интенсивность фотосинтеза; • Обнаруживать крахмал в листьях растений с помощью пробы с йодом
7. Деление клеток и рост растений	• Клеточный цикл; • Митоз: фазы и значение; • Мейоз: фазы и значение; • Особенности деления клеток в точках роста растений; • Практическое значение знаний о клеточном делении для выращивания растений	• Изучение готовых микропрепаратов с фазами митоза; • Составление сравнительной таблицы «Митоз и мейоз»; • Создание динамической модели митоза с помощью цветной бумаги или пластилина	- Называть фазы митоза и мейоза; • Различать фазы митоза на микропрепаратах; • Объяснять связь между делением клеток и ростом растений

Методические рекомендации по проведению модуля «Клетка»

Организация перевёрнутого класса

Теоретический материал по каждой теме (клеточная теория, строение мембран, органоиды, фотосинтез, деление клеток) размещён на платформе в виде конспектов с иллюстрациями и схемами. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые 5-7 минут отводятся на проверку понимания прочитанного. Основное время занятия (40-50 минут) используется для лабораторных работ, составления таблиц, решения задач, работы с микропрепаратами.

Практикоориентированность занятий

Формулируйте проблемные вопросы, связанные с гидропонным выращиванием: «Почему растения вянут при избытке удобрений?», «Как повысить эффективность фотосинтеза?». Объясняйте, как клеточные процессы влияют на продуктивность растений в гидропонной установке. Показывайте примеры заданий из олимпиады НТО, где требуются знания о клетке.

Межмодульные связи

Занятие 2 (мембраны, осмос): опирается на знания о растворах из модуля «Основы химии» (занятие 5). Занятие 5-6 (дыхание, фотосинтез): связь с модулем «Основы гидропоники», занятия 7-8, LED-освещение. На каждом занятии выделяйте время для установления связей между клеточным строением и реальными явлениями в гидропонных системах.

Методическая карта модуля «Ботаника и физиология растений»

(22 ч, 11 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения по модулю «Ботаника и физиология растений» - описывать морфологические, анатомические и физиологические особенности растений для обоснования условий их выращивания в гидропонных системах.

Хронология сквозного проекта «Выращивание микрозелени»

Микрозелень редиса / горчицы / кресс-салата: 7-14 дней от посева до урожая.

Неделя	Занятия	Этап проекта	Статус микрозелени
1	1-2: Ткани, Корень	Теория	-
2	3-4: Запуск проекта, Наблюдение	ПОСЕВ. Мониторинг роста	День 0: посев семян
3	5-6: Завершение проекта, Побег	СБОР УРОЖАЯ. Презентация	День 7-10: готова к уборке
4	7-8: Агротехника побега, Агротехника корня	Теория	-

5	9-10: Генеративные органы, Споровые растения	Теория	-
6	11: Семенные растения	Теория	-

Содержание занятий

Тема занятий	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в ботанику. Основные растительные ткани	• Ботаника как наука, её связь с другими науками • Клеточное строение растений (повторение) • Основные типы растительных тканей: образовательные, покровные, проводящие, механические, основные • Функции различных тканей растений	• Тестирование «Типы растительных тканей» • Составление таблицы «Типы растительных тканей и их функции» • Лабораторная работа: изготовление и изучение временных микропрепаратов растительных тканей с использованием микроскопа; зарисовка микропрепаратов с указанием структурных элементов	Называть основные типы растительных тканей • Описывать функции различных типов тканей в жизнедеятельности растений • Изготавливать временные микропрепараты растительных тканей
2. Корень: анатомическое и микроскопическое строение	• Корень как вегетативный орган растения • Зоны корня и их функции • Первичное и вторичное строение корня • Корневые системы: стержневая, мочковатая, смешанная • Видоизменения корней и их функции	• Лабораторная работа: изучение микропрепаратов строения корня • Заполнение сравнительной таблицы «Типы корневых систем» • Зарисовка препаратов «Зоны корня» • Решение задач на определение типа корневой системы по фотографиям растений	• Описывать зоны корня и их функциональное значение • Различать типы корневых систем по внешнему виду • Определять структуры на микропрепаратах поперечного среза корня
3. Выращивание микрорзелени (Проект, этап 1: ПОСЕВ)	• Микрорзелень: понятие, особенности, питательная ценность • Виды растений, подходящие для выращивания микрорзелени (редис, горчица, кресс-салат,	• Старт мини-проекта по выращиванию микрорзелени: выбор культур и обоснование выбора • Подготовка семян к проращиванию	• Называть культуры, подходящие для выращивания микрорзелени • Подготавливать семена к проращиванию с

	подсолнечник, базилик, руккола) • Подготовка семян к проращиванию (сортировка, дезинфекция, замачивание) • Выбор подходящих субстратов для микрозелени (агровата, перлит, кокосовое волокно)	(сортировка, замачивание) • Подготовка субстрата (агроваты) и контейнеров • Высев семян и их распределение по поверхности субстрата • Оформление первой страницы лабораторного журнала с планом проекта, фиксацией исходных данных и гипотезой • Заполнение таблицы начальных параметров в лабораторном журнале	учётom видовых особенностей • Планировать эксперимент по выращиванию микрозелени • Вести лабораторный журнал с фиксацией всех этапов проекта
4. Мини-проект «Выращивание микрозелени»: наблюдение и анализ роста (Проект, этап 2: МОНИТОРИНГ)	• Факторы, влияющие на рост и развитие микрозелени (свет, влажность, температура) • Методы контроля параметров среды выращивания • Особенности развития микрозелени разных культур • Фенологические наблюдения и измерения • Проблемы при выращивании микрозелени и пути их решения	• Измерение высоты ростков и документирование результатов в лабораторном журнале • Фотофиксация этапов роста микрозелени • Составление графика роста для различных культур	• Измерять и документировать параметры роста растений • Описывать наблюдаемые изменения в развитии микрозелени • Строить график роста по собранным данным
5. Мини-проект «Выращивание микрозелени»: завершение проекта и презентация результатов (Проект, этап 3: СБОР УРОЖАЯ)	• Оценка готовности микрозелени к сбору урожая • Критерии качества микрозелени • Техника сбора урожая микрозелени • Расчёт урожайности различных культур	• Сбор урожая микрозелени и оценка его качества • Измерение массы собранного урожая и расчёт урожайности • Дегустация выращенной	• Определять оптимальные сроки сбора урожая микрозелени • Рассчитывать урожайность различных культур • Оценивать качество

	• Оценка вкусовых качеств и органолептических свойств • Анализ результатов проекта	микрозелени с оценкой вкусовых качеств • Подготовка групповой презентации по результатам проекта • Публичная защита презентации и обсуждение результатов	полученной продукции по комплексу признаков • Презентовать результаты проекта
6. Побег: анатомическое и микроскопическое строение	• Побег как вегетативный орган растения • Строение и функции стебля • Первичное и вторичное строение стебля • Типы ветвления побегов • Почки: строение, типы, расположение	• Лабораторная работа: изучение микропрепаратов строения стебля и почек; зарисовка схемы строения побега • Составление сравнительной характеристики стеблей однодольных и двудольных растений • Составление коллекции типов почек различных растений	• Называть части побега и типы почек растений • Различать на микропрепаратах строение стебля однодольных и двудольных растений • Описывать взаимосвязь между анатомическим строением стебля и его функциями
7. Агротехнические приёмы формирования побеговой системы	• Обрезка и формирование кроны растений • Пасынкование, прищипывание, пикировка • Влияние условий выращивания на развитие побеговой системы • Факторы, влияющие на рост побегов	• Разработка плана формирования побеговой системы для конкретных видов растений • Практическое применение методов формирования растений • Анализ влияния различных агротехнических приёмов на развитие растений	• Называть основные агротехнические приёмы формирования побеговой системы • Описывать влияние обрезки и прищипывания на развитие растений
8. Агротехнические приёмы формирования корневых систем	• Факторы, влияющие на развитие корневой системы • Методы стимуляции корнеобразования • Способы размножения растений	• Составление инструкции по правильному уходу за корневой системой растений в гидропонной установке	• Называть факторы, влияющие на развитие корневой системы • Описывать методы

	использованием корней • Требования к субстратам для развития корневой системы	• Подготовка черенков для выращивания в различных субстратах • Наблюдение и документирование процесса корнеобразования • Практическая работа: «Черенкование растений и стимуляция корнеобразования»	стимуляции корнеобразования • Подготавливать черенки для вегетативного размножения растений
9. Генеративные органы растений	• Цветок: строение, функции • Соцветия и их биологическое значение • Опыление и его типы • Плоды: типы, строение, способы распространения • Семя: строение, типы, прорастание	• Составление формулы и диаграммы цветка • Определение типов соцветий и плодов по коллекционному материалу • Составление схемы классификации плодов • Лабораторная работа: «Изучение строения цветков и плодов различных растений»	• Описывать строение цветка и его основные части • Определять типы соцветий и плодов по коллекционному материалу • Объяснять взаимосвязь между строением цветка и способом опыления
10. Высшие и низшие споровые растения	• Принципы классификации растений • Низшие растения: водоросли, их систематика и представители • Жизненные циклы водорослей • Высшие споровые растения: мхи, хвощи, плауны, папоротники • Особенности жизненных циклов высших споровых	• Составление сравнительной таблицы основных отделов растений • Зарисовка схем жизненных циклов представителей разных групп • Определение представителей различных групп по гербарному материалу • Лабораторная работа: «Изучение представителей низших и высших споровых растений»	• Называть основные группы споровых растений и их представителей • Описывать особенности строения и размножения различных групп растений • Определять принадлежность растений к систематическим группам по морфологическим признакам
11. Семенные растения и их значение	• Голосеменные и покрытосеменные растения • Жизненные циклы семенных растений	• Составление определительных карточек для распознавания	• Называть представителей основных семейств покрытосеменных растений

	• Основные классы и семейства покрытосеменных • Значение различных групп растений для человека	важнейших семейств покрытосеменных • Создание информационного буклета о хозяйственном значении различных групп растений • Составление списка растений, используемых в гидропонных системах • Лабораторная работа: «Определение растений с помощью определителя»	• Описывать значение различных групп растений для медицины, сельского хозяйства и биотехнологии • Определять растения с помощью определительных карточек
--	---	--	---

Методические рекомендации по проведению модуля «Ботаника и физиология растений»

Организация перевёрнутого класса

Теоретический материал по каждой теме (ботаника как наука, типы тканей, строение органов, классификация растений) размещён на платформе в виде конспектов с иллюстрациями. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые 5-7 минут отводятся на проверку понимания прочитанного (мини-опрос, задание на соотнесение). Основное время (не менее 70%) используется для практических и лабораторных работ, обсуждений, решения задач.

Лабораторные работы (этапы проекта «Выращивание микрозелени»)

1. Занятие 3: Посев семян микрозелени, оформление лабораторного журнала
2. Занятие 4: Мониторинг роста, измерения, фотофиксация
3. Занятие 5: Сбор урожая, расчёт урожайности, защита презентации

Рекомендации по проведению мини-проекта «Выращивание микрозелени»

Занятие 3 (запуск проекта): приготовьте коллекцию семян различных культур, продемонстрируйте образцы готовой микрозелени. Разделите участников на группы по 3-4 человека, каждая группа выбирает 2-3 культуры. Обеспечьте каждую группу лотками, ковриками для микрозелени, семенами. Для повышения мотивации объявите конкурс на лучший урожай.

Занятие 4 (наблюдение): организуйте фотофиксацию роста растений через равные промежутки времени. Разработайте таблицу для фиксирования параметров: высота ростков, состояние семядолей, цвет. Подготовьте простые инструменты для измерений: линейки, весы.

Занятие 5 (завершение): подготовьте ножницы для срезки, чистые контейнеры для сбора урожая, весы. Разработайте критерии оценки качества: внешний вид, аромат, вкус, урожайность. Создайте шаблон для презентации: цель, методы, наблюдения, результаты, выводы. Организуйте дегустацию.

Наглядность и визуализация

Использовать натуральные объекты, гербарии, коллекции семян и плодов. Применять анимации и видеофрагменты для демонстрации динамичных процессов. Обучать созданию схем и моделей растительных структур.

Формирование исследовательских навыков

Обучать методике научного исследования: наблюдение, гипотеза, эксперимент, анализ, выводы. Тренировать умение документировать результаты наблюдений и экспериментов. Развивать навыки критического анализа полученных данных.

Методическая карта модуля «Основы гидропоники и ситифермства» (28 часов, 14 занятий)

Ключевой результат обучения – проектировать и собирать гидропонную установку DWC, готовить питательный раствор и выращивать салат от посадки до урожая.

Хронология сквозного проекта «Моя ситиферма»

Салат листовой в системе DWC: 28 дней от посадки до урожая

Неделя	Занятия	Этап проекта	Статус салата
1	1-2: Введение, типы систем	Теория	—
2	3-4: Вода, субстраты, элементы	Лаб 1: Анализ воды	—
3	5-6: Раствор, сборка DWC	Лаб 2-3: Раствор + ПОСАДКА	День 0
4	7-8: Освещение	Мониторинг	Неделя 1: адаптация
5	9-10: Мониторинг, корректировка	Мониторинг	Неделя 2: рост корней
6	11-12: Диагностика, подготовка	Наблюдение	Неделя 3: набор массы
7	13-14: Сбор урожая, защита	Лаб 4: УРОЖАЙ	Неделя 4: готов!

Содержание

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в гидропонику и ситифермерство	- Понятие гидропоники — выращивание растений без почвы - Ситифермерство — городское земледелие в закрытых помещениях	- Входное тестирование - Составление словаря терминов: гидропоника,	- Объяснять, что такое гидропоника и ситифермерство - Называть 3 преимущества

	- История: от висячих садов Вавилона до вертикальных ферм - Преимущества: экономия воды (до 90%), контроль питания, круглогодичный урожай - Применение: космические станции, Арктика, рестораны, мегаполисы - Обзор сквозного проекта «Моя ситиферма»: от анализа воды до урожая салата	аэропоника, аквапоника, субстрат, питательный раствор Обсуждение: «Зачем выращивать растения без почвы?»	беспочвенного выращивания Приводить примеры применения гидропоники
2. Типы гидропонных систем	- Классификация гидропонных систем по способу подачи раствора - Глубоководная культура (DWC): корни погружены в аэрируемый раствор - Система питательного слоя (NFT): тонкая плёнка раствора по наклонному лотку - Периодическое затопление (Ebb & Flow): циклическая подача раствора - Капельный полив: точечная подача к каждому растению - Фитильная система: пассивная подача через капиллярный фитиль - Выбор системы DWC для проекта: простота, надёжность, наглядность	- Составление сравнительной таблицы 5 систем - Работа со схемами: определение типа системы по изображению - Обоснование выбора DWC для школьного проекта	- Называть 5 типов гидропонных систем - Объяснять принцип работы DWC - Обосновывать выбор системы для конкретной задачи
3. Вода для гидропоники	- Вода — основа питательного раствора (95–99%) - Требования к качеству воды для гидропоники - pH воды — показатель кислотности (повторение модуля химии) - Оптимальный pH для гидропонии: 5,5–6,5 - TDS — общая минерализация (ppm): сколько солей растворено - Жёсткость воды: влияние кальция и магния - Связь с модулем химии: занятия 9–10 (pH, анализ среды)	- Лабораторная работа: анализ воды - Заполнение паспорта воды - Формулирование вывода о пригодности воды	- Измерять pH и TDS воды - Оценивать пригодность воды для гидропонии - Объяснять влияние жёсткости на растения

	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 (Проект, этап 1): Анализ воды: измерение pH и TDS. Заполнение «Паспорта воды». Вывод о пригодности для гидропоники		
4. Субстраты и элементы питания растений	- Субстрат — опора для корней (не источник питания!) - Керамзит: пористые гранулы из обожжённой глины — основной субстрат для DWC - Другие субстраты: перлит, вермикулит, минеральная вата (ознакомительно) - Критерии выбора: инертность, воздухопроницаемость, многоразовость Элементы питания растений: - Макроэлементы (нужны в больших количествах): - Азот (N): рост листьев - Фосфор (P): развитие корней - Калий (K): устойчивость, качество урожая - Кальций (Ca), магний (Mg), сера (S) - Микроэлементы: железо (Fe) — главный, + Mn, Zn, Cu, B, Mo - Признак дефицита азота: хлороз (пожелтение) старых листьев	- Практическая работа: изучение свойств керамзита - Заполнение таблицы «Элемент — функция — признак дефицита» - Мнемоника: N-P-K = Листья-Корни-Качество	- Объяснять функцию субстрата в гидропонике - Называть 6 макроэлементов и их роль - Определять дефицит азота по хлорозу листьев
5. Питательный раствор: состав и приготовление	- Питательный раствор — водный раствор минеральных солей - Раствор Кнопа — классический рецепт (1860 г.) - Состав раствора Кнопа (5 солей): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — источник кальция и азота (1 г/л) KNO_3 — источник калия и азота (0,25 г/л) MgSO_4 — источник магния и серы (0,25 г/л) KH_2PO_4 — источник калия и фосфора (0,25 г/л)	- Лабораторная работа: приготовление раствора - Решение задачи на расчёт навески - Контрольные измерения pH и ЕС готового раствора	- Называть 5 солей раствора Кнопа - Рассчитывать навеску соли для заданного объёма - Готовить раствор с соблюдением порядка растворения

	• KCl — источник калия (0,125 г/л) • Связь с модулем химии: занятие 6 (концентрация растворов) • Порядок растворения: фосфат → нитраты → сульфат → хлорид • ЕС (электропроводность) — показатель концентрации солей ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 (Проект, этап 2): • Приготовление 3 л раствора Кнопа: расчёт навесок, взвешивание, растворение, контроль pH и ЕС Задача для разбора: Рассчитайте массу $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ для 3 л раствора Кнопа (концентрация 1 г/л). Решение: $m = C \times V = 1 \text{ г/л} \times 3 \text{ л} = 3 \text{ г}$		
6. Сборка установки DWC и посадка салата	Компоненты установки DWC: — Резервуар: непрозрачный контейнер 5–10 л — Крышка с отверстиями под сетчатые горшки • Сетчатые горшки (5 см) с керамзитом • Аэратор: компрессор + распылитель воздуха • Техника безопасности при работе с инструментами • Сборка: разметка → вырезание отверстий → установка аэратора → заливка раствора Салат листовой — идеальная культура для DWC: • Быстрый рост: 28–35 дней до урожая • Развитая корневая система • Оптимальный pH: 5,5–6,5, ЕС: 1,2–1,8 мСм/см ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 (Проект, этап 3): • Сборка установки DWC, заливка раствора Кнопа, посадка рассады салата (3–5 растений), запуск аэрации, первая запись в журнал	• Практическая работа: сборка установки и посадка • Проверка герметичности и работы аэрации • Первая запись в журнал проекта: дата, pH, ЕС, фото	• Собирать установку DWC из компонентов • Проверять работу аэрации • Высаживать рассаду салата в систему

7.LED-освещение: спектры и фотосинтез	Статус проекта: салат — неделя 1 (адаптация после посадки) • Свет — источник энергии для фотосинтеза • Фотосинтетически активная радиация (ФАР): 400–700 нм • Хлорофилл поглощает красный (660 нм) и синий (450 нм) свет • Роль красного света: цветение, плодоношение, вытягивание • Роль синего света: рост листьев, компактность, толщина стебля • Типы LED-ламп: • Биколор: красный + синий (экономичный) • Полный спектр: имитация солнечного света (универсальный) • PPFD ($\text{мкмоль/м}^2/\text{с}$) — количество фотонов для фотосинтеза • Оптимальный PPFD для салата: 200–400 $\text{мкмоль/м}^2/\text{с}$ • Мониторинг салата: проверка pH, EC, состояния листьев	• Анализ спектра поглощения хлорофилла (график) • Сравнение биколорных и полноспектральных ламп • Запись в журнал: состояние салата, pH, EC	• Объяснять влияние красного и синего света на растения • Различать типы LED-ламп для растений • Понимать значение показателя PPFD
8. LED-освещение: фотопериод	• Статус проекта: салат — неделя 1–2 (активный рост корней) • Фотопериод — продолжительность светового дня • Растения короткого дня: цветут при <12 ч света (хризантемы) • Растения длинного дня: цветут при >14 ч света (пшеница) • Нейтральные растения: не зависят от длины дня (салат, томаты) • Оптимальный фотопериод для салата: 14–16 часов света • Использование таймеров для автоматизации освещения • Расчёт количества ламп для площади выращивания • Задача для разбора:	• Расчёт количества ламп для площади • Настройка таймера на 16 часов света • Запись в журнал: высота растений, количество листьев	• Подбирать фотопериод для конкретной культуры • Рассчитывать количество ламп для площади • Настраивать таймер освещения

	• Лампа 30 Вт освещает площадь 0,25 м². Сколько ламп нужно для установки площадью 1 м²? • Решение: $1 \text{ м}^2 \div 0,25 \text{ м}^2 = 4$ лампы • Мониторинг салата: появление новых листьев, рост корней		
9. Мониторинг параметров раствора	Статус проекта: салат — неделя 2 (интенсивный рост листьев) • Регулярный мониторинг — ключ к успеху в гидропонике • Оптимальные значения для салата: • — pH: 5,5–6,5 (влияет на доступность элементов) • — ЕС: 1,2–1,8 мСм/см (концентрация солей) • — Температура раствора: 18–22°C • Калибровка приборов: буферные растворы pH 4,0 и 7,0 • Частота измерений: ежедневно или через день • Ведение журнала наблюдений: дата, pH, ЕС, уровень раствора, состояние растений • Практика: измерение параметров в установке проекта	• Практика измерения pH и ЕС в установке • Калибровка pH-метра (демонстрация) • Анализ журнала наблюдений: выявление тенденций	• Измерять pH и ЕС раствора • Интерпретировать результаты измерений • Вести журнал наблюдений
10. Корректировка раствора	Статус проекта: салат — неделя 2–3 (формирование розетки) • Почему меняется pH раствора: • Поглощение ионов растениями • Испарение воды • Жизнедеятельность микроорганизмов • Корректировка pH: • - pH растёт → добавить кислоту (pH Down) • - pH падает → добавить щёлочь (pH Up) • Почему меняется ЕС: • - ЕС растёт (испарение) → долить чистую воду	• Практика корректировки pH до оптимального диапазона • Принятие решения: долить воду или заменить раствор • Фотофиксация состояния растений	• Корректировать pH раствора • Принимать решение о доливке воды или замене раствора • Объяснять причины изменения pH и ЕС

	• - ЕС падает (поглощение солей) → добавить концентрированный раствор • Периодичность полной замены раствора: каждые 7–14 дней • Практика: корректировка pH в установке проекта		
11. Развитие салата: диагностика состояния	Статус проекта: салат — неделя 3 (активный набор массы) • Признаки здорового салата: • Ярко-зелёные упругие листья • Белые или кремовые корни • Равномерный рост всех растений • Диагностика проблем по внешнему виду: • Жёлтые старые листья → дефицит азота • Жёлтые молодые листья → дефицит железа • Бурые края листьев → избыток солей (высокий ЕС) • Вытянутые бледные растения → недостаток света • Коричневые корни → недостаток кислорода, проверить аэрацию • Анализ данных журнала: график изменения pH, ЕС, высоты растений	• Оценка состояния растений по чек-листу • Построение графика роста (высота по дням) • Диагностика: есть ли признаки дефицита?	• Оценивать состояние растений по внешнему виду • Диагностировать дефицит азота и железа • Анализировать данные журнала наблюдений
12. Развитие салата: подготовка к сбору урожая	Статус проекта: салат — неделя 3–4 (завершение роста) • Признаки готовности салата к уборке: • Сформированная розетка из 6–10 листьев • Высота 15–20 см • Листья достигли товарного размера • Возраст 28–35 дней от посадки • Важно: не допустить стрелкования (цветения)	• Оценка готовности салата к уборке • Прогноз урожая по текущему состоянию • Подготовка материалов для презентации проекта	• Определять готовность салата к уборке • Распознавать признаки стрелкования • Прогнозировать урожай

	- Признаки стрелкования: вытягивание центра розетки, горький вкус - Продуктивность — масса урожая с единицы площади ($\text{г}/\text{м}^2$) или с растения ($\text{г}/\text{шт}$) Задача для разбора: В установке 4 растения салата. Прогнозируемая масса одного растения 50 г. Рассчитайте ожидаемый урожай. Решение: $4 \times 50 \text{ г} = 200 \text{ г}$ - Подготовка к защите проекта: структура презентации		
13. Сбор урожая и анализ результатов	Статус проекта: салат — неделя 4 (СБОР УРОЖАЯ) Техника сбора урожая: - Срезка всей розетки над корнем - Или сбор отдельных листьев (для продления плодоношения) - Взвешивание урожая: каждое растение отдельно Расчёт продуктивности: $\text{г}/\text{растение} = \text{общая масса} \div \text{количество растений}$ $\text{г}/\text{л раствора} = \text{общая масса} \div \text{объём раствора}$ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 (Проект, этап 4): - Сбор урожая, взвешивание каждого растения, расчёт средней продуктивности, фотофиксация - Анализ результатов: - Сравнение с ожидаемым урожаем - Что повлияло на результат? - Что можно улучшить?	- Лабораторная работа: сбор и взвешивание урожая - Расчёт продуктивности системы - Анализ: факторы успеха и неудач	- Правильно собирать урожай салата - Рассчитывать продуктивность системы - Анализировать результаты эксперимента
14. Защита проекта «Моя ситиферма»	Итоговое занятие модуля - Вертикальные фермы — будущее ситифермерства: - Многоярусные системы выращивания - Примеры: iFarm (Россия), AeroFarms (США), Plenty (США)	- Защита проекта (презентация) - Ответы на вопросы по проекту - Итоговый тест по модулю	- Презентовать результаты проекта - Описывать принципы вертикальных ферм

	• Производительность до 390 урожаев в год • Защита проекта «Моя ситиферма»: • Презентация результатов (5–7 минут) • Демонстрация журнала наблюдений • Ответы на вопросы • Структура презентации: • 1. Цель проекта • 2. Этапы работы (с фото) • 3. Результаты: урожай, продуктивность • 4. Выводы: что получилось, что улучшить • Подготовка к олимпиаде НТО: обзор типов заданий		• Формулировать выводы и рекомендации
--	---	--	---

Межмодульные связи

Модуль опирается на знания из модуля «Основы химии»:

- Занятие 3: требует знания pH из химии (занятие 9);
- Занятие 4: требует знания электролитической диссоциации из химии (занятие 7);
- Занятие 5: требует знания концентрации растворов из химии (занятие 6).

Методические рекомендации по проведению модуля «Основы гидропоники и ситифермства»

Лабораторные работы (этапы проекта)

- Занятие 3: Анализ воды (pH, TDS) → Паспорт воды;
- Занятие 5: Приготовление раствора Кнопа (3 л) → Готовый раствор;
- Занятие 6: Сборка DWC + посадка салата → Работающая система;
- Занятие 13: Сбор урожая + расчёт продуктивности → Урожай + журнал;

Примечания

- Рассада салата: можно использовать готовую рассаду (возраст 7–10 дней) или вырастить заранее;
- Между занятиями: назначить дежурных для ежедневного мониторинга (pH, ЕС, состояние растений);
- Журнал проекта: единый документ, который ведётся на протяжении всего модуля;
- Задачи адаптированы для первого года: простые расчёты навесок и продуктивности.

Методическая карта модуля «Программирование Arduino для автоматизации биосистем» (20 часов, 10 занятий по 2 ак.часа)

Ключевой результат обучения - проектировать и собирать автономные системы управления микроклиматом на базе Arduino: интегрировать сенсорные модули (температура, влажность воздуха, влажность почвы, освещённость) и исполнительные механизмы (полив, охлаждение, подсветка), программировать пользовательский интерфейс на LCD-дисплее и анализировать данные для оптимизации условий выращивания.

Модель организации учебного процесса

Распределение материалов

Материал	Размещение	Для кого	Назначение
Конспект по теории	Платформа	Ученик	Изучение теории до занятия (домашняя подготовка)
Инструкция к практической работе	Платформа	Ученик	Изучение алгоритма действий до занятия + выполнение на занятии
Методическая карта	Методическая папка сети	Наставник	Планирование и проведение занятия

Доступ наставника

Ресурс	Что использует наставник
Методическая карта	Структура занятия, хронометраж, оценивание, результаты обучения
Платформа	Просмотр конспектов и инструкций для контроля содержания, изученного учениками

Логика перевёрнутого класса

Тип А - занятие с теорией (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)

Этап	Ученик	Наставник
До занятия	Изучает конспект на платформе, отвечает на вопросы самопроверки	Изучает методкарту, просматривает конспект на платформе
Начало занятия (10–15 мин)	Отвечает на вопросы экспресс-опроса	Проводит экспресс-опрос, уточняет сложные моменты
Основная часть (60–70 мин)	Выполняет практику по инструкции с платформы	Консультирует, помогает, проверяет промежуточные результаты
Завершение (5–10 мин)	Демонстрирует результат работы	Проверяет результаты, даёт обратную связь

Тип Б — занятие - практическая (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

Этап	Ученик	Наставник
До занятия	Изучает инструкцию к ПР на платформе: цель, схема, код	Изучает методкарту и инструкцию, готовит оборудование
Начало занятия (5–10 мин)	Задаёт вопросы по инструкции	Проводит экспресс-опрос, инструктаж по ТБ

Основная часть (70–80 мин)	Выполняет ПР по инструкции	Консультирует, помогает с отладкой кода и сборкой
Завершение (5–10 мин)	Демонстрирует результат	Проверяет работоспособность, принимает работу

Хронология сквозного проекта «Автономная система управления микроклиматом»

Неделя	1	2	3	4	5
Занятия	1–2	3–4	5–6	7–8	9–10
Тип занятий	А + АБ	АБ + АБ	АБ + АБ	АБ + АБ	Б + Б
Материалы на платформе (до занятия)	Конспект 1, Инструкция ПРН№1	Конспект 2, Инструкция ПРН№2; Конспект 3, Инструкция ПРН№3–5	Конспект 4, Инструкция ПРН№6–7; Конспект 5, Инструкция ПРН№8–9	Конспект 6, Инструкция ПРН№10–11; Конспект 7, Инструкция ПРН№12	Конспект 8
Этап проекта	Базовая схема	Датчики и мониторинг	Автономный мониторинг	Исполнительные компоненты	Гроубокс + защита

Содержание занятий

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
1	Введение в Arduino	A	Конспект 1 Инструкция ПРН№1	Изучить конспект: - Компоненты Arduino Uno: плата, макетная плата, резисторы, перемычки, светодиод - Структура скетча: <code>setup()</code>, <code>loop()</code> - Цифровой пин, GND, 5V - Функции <code>pinMode</code>, <code>digitalWrite</code>, <code>delay</code>; параметры <code>OUTPUT</code>, <code>HIGH</code>, <code>LOW</code> - Комментарии в коде - Техника безопасности Ознакомиться с инструкцией ПРН№1	Экспресс-опрос (10 мин): - Что делают <code>setup()</code> и <code>loop()</code>? - Зачем нужен резистор? - Что означает <code>OUTPUT</code>? Практическая работа №1 «Мигающий светодиод» (60 мин): - Сборка схемы со светодиодом - Написание и загрузка скетча - Изменение частоты мигания - Задание «световой маячок» Завершение (10 мин): - Демонстрация работающей схемы - Рефлексия	- Результаты экспресс-опроса - Работающая схема со светодиодом - Успешная загрузка скетча	- Называть компоненты Arduino Uno - Объяснять структуру скетча - Собирать схему на макетной плате - Загружать и изменять скетч
2	Цифровой ввод и условный оператор	AB	Конспект 2 Инструкция ПРН№2	Изучить конспект: - Функция <code>digitalRead</code> - Переменные: тип <code>int</code>, глобальные переменные, правила именования - Условный оператор <code>if/else</code> и операторы сравнения <code>Serial Monitor</code>: функции <code>Serial.begin</code>, <code>Serial.print</code>, <code>Serial.println</code>	Экспресс-опрос (10 мин): - Чем отличается <code>digitalWrite</code> от <code>digitalRead</code>? - Как записать «если значение больше 10»? - Зачем нужен <code>Serial Monitor</code>? Практическая работа №2 «Включение светодиода по кнопке» (60 мин):	- Результаты экспресс-опроса - Работающая схема с кнопкой - Корректный вывод в <code>Serial Monitor</code>	- Использовать <code>digitalRead</code> - Применять условный оператор <code>if/else</code> - Объявлять и использовать переменные - Выводить данные в <code>Serial Monitor</code>

				Ознакомиться с инструкцией ПРН№2	- Сборка схемы со светодиодом и кнопкой - Написание кода с digitalRead и if/else - Вывод состояния кнопки в Serial Monitor - Усложнение: разные режимы мигания при нажатии Завершение (10 мин): - Демонстрация работы - Обсуждение: где в скетче нужна кнопка?	- Результаты экспресс-опроса - Работающие сборки с фоторезистором и FC-28 - Корректный вывод значений в Serial Monitor	- Подключать компоненты к аналоговым пинам - Использовать analogRead - Применять функции map и constrain - Выводить данные в Serial Monitor
3	Аналоговый ввод: фоторезистор и датчик влажности почвы FC-28	АБ	Конспект 3 Инструкции ПРН№3, ПРН№4	Изучить конспект: - Аналоговый пин: отличие от цифрового - Функция analogRead, диапазон 0-1023 - Фоторезистор: принцип работы - Датчик FC-28: устройство, аналоговый и цифровой выходы - Константы, функции map и constrain Ознакомиться с инструкциями ПРН№3, ПРН№4	- Экспресс-опрос (10 мин): - Что возвращает analogRead? - Чем аналоговый пин отличается от цифрового? - Что делает функция map? - Практическая работа №3 «Фоторезистор» (30 мин): - Сборка схемы с фоторезистором - Написание кода, вывод значений в Serial Monitor - Проверка реакции на изменение освещённости - Практическая работа №4 «FC-28» (30 мин): - Сборка схемы с FC-28 - Написание кода, вывод значений в Serial Monitor	- Результаты экспресс-опроса - Работающие сборки с фоторезистором и FC-28 - Корректный вывод значений в Serial Monitor	- Подключать компоненты к аналоговым пинам - Использовать analogRead - Применять функции map и constrain - Выводить данные в Serial Monitor

4	Калибровка датчика FC-28 и температуры и влажности воздуха DHT	АБ	Конспект 4 Инструкции ПРН№5, ПРН№6, ПРН№7	Изучить конспект: - Понятие калибровки датчика - Датчик DHT11/DHT22: назначение, принцип работы - Библиотека DHT.h: установка и подключение - Создание объектов в Arduino - Функции readHumidity, readTemperature - Тип данных float, директива #define - Проверка работоспособности: функция isnan Ознакомиться с инструкциями ПРН№5, ПРН№6, ПРН№7	- Проверка в сухом субстрате - Завершение (10 мин): - Демонстрация работающих датчиков - Обсуждение: что значат числа 0–1023 для растения?	- Экспресс-опрос (10 мин): - Зачем калибровать датчик? - Что измеряет DHT? - Чем float отличается от int? - Практическая работа №5 «Калибровка FC-28» (20 мин): - Измерение показателей в сухом и влажном субстрате - Корректировка кода ПРН№4 с функцией map - Проверка откалиброванных значений - Практическая работа №6 «Подключение DHT» (25 мин): - Установка библиотеки DHT.h - Сборка схемы с DHT и светодиодом	- Результаты экспресс-опроса - Откалиброванный датчик FC-28 - Работающая объединённая сборка трёх датчиков	- Калибровать датчик с помощью map - Устанавливать библиотеки - Создавать объекты - Проверять датчики через isnan - Объединять несколько датчиков в одну программу
---	--	----	--	---	---	--	--	--

5	LCD- дисплей: вывод данных	АБ	Конспект 5 Инструкции ПРН№9	Изучить конспект: - Назначение LCD 1602 для автономной работы - Интерфейс I2C: преимущества, 4 провода - Библиотеки Wire.h и LiquidCrystal_I2C.h - Инициализация дисплея - Функции: init, backlight, setCursor, print, clear Ознакомиться с инструкциями ПРН№8, ПРН№9	- Написание кода, проверка isnap при намеренной ошибке Практическая работа №7 «Объединение датчиков» (25 мин): - Сборка: DHT + FC-28 + фоторезистор + светодиод - Вывод всех параметров в Serial Monitor Завершение (10 мин): - Демонстрация объединённой сборки - Рефлексия	- Результаты экспресс-опроса - Работающий дисплей с выводом данных - Автономная система мониторинга трёх параметров	Экспресс-опрос (10 мин): - Зачем нужен дисплей для ситифермы? - В чём преимущества I2C? - Что делает setCursor? Практическая работа №8 «Подключение дисплея» (30 мин): - Установка библиотек Wire.h и LiquidCrystal_I2C.h - Сборка схем: LCD + DHT - Вывод текста и данных температуры - Проверка при создании ошибки Практическая работа №9 «Автономная система мониторинга» (40 мин):	- Подключать LCD 1602 через I2C - Выводить текст и числа на дисплей - Использовать позиционирование курсора - Собирать автономную систему мониторинга
---	-------------------------------------	----	-----------------------------------	---	--	---	---	--

6	Исполните льные компонент ы: автополи в и охлаждени е	АБ	Конспект 6 Инструкции ПРН№11	Изучить конспект: • Мини-насос и вентилятор: назначение, ограничения • Почему нельзя подключать напрямую к Arduino • Реле: принцип работы, подключение • Функция millis(): работа без delay • Внешнее питание • Техника безопасности при работе с 12В Ознакомиться с инструкциями ПРН№10, ПРН№11	• Сборка: LCD + DHT + FC-28 + фоторезистор • Вывод всех параметров на дисплей • Компоновка данных на двух строках • Запись значений в журнал Завершение (10 мин): • Демонстрация автономной работы • Обсуждение: чем дисплей лучше Serial Monitor?	• Соблюдение ТБ • Работающий автополив • Работающее охлаждение • Корректная реакция на изменение условий	• Подключать исполнительные компоненты через реле • Использовать функцию millis() • Настраивать автополив по FC-28 • Настраивать охлаждение по DHT
---	---	----	------------------------------------	---	---	---	---

7	Исполните льные компонент ы: освещени е. Создание функций	АБ	Конспект 7 Инструкция ПРН№12	Изучить конспект: - Светодиодная лента: устройство, подключение - Библиотека FastLED.h - Массив светодиодов CRGB - Функции: addLeds, setBrightness, clear, show, fill_solid - RGB-цвета: задание числами - Создание пользовательских функций: синтаксис, параметры, return	Практическая работа №11 «Охлаждение» (35 мин): - Сборка: LCD + DHT + вентилятор + реле - Вентилятор включается при превышении температуры - Проверка с горячей поверхностью Завершение (10 мин): - Демонстрация обеих систем - Обсуждение: где в ситиферме нужен каждый компонент?	Экспресс-опрос (10 мин): - Почему ленту нельзя подключить напрямую к пину? - Как задать красный цвет в RGB? - Зачем создавать собственные функции? Практическая работа №12 «Освещение» (60 мин): - Установка FastLED.h - Сборка: LCD + фоторезистор + светодиодная лента - Лента включается при низкой освещённости	Результаты экспресс-опроса - Работающая сборка со светодиодной лентой - Код, структурированый через пользовательские функции	- Подключать и настраивать светодиодную ленту - Использовать библиотеку FastLED - Создавать пользовательские функции - Подключать компоненты с внешним питанием
---	--	----	---------------------------------	--	---	---	--	--

8-9	Проект «Гроубокс» : сборка и отладка	АБ	Конспект 8 (занятие 8)	Ознакомиться с инструкцией ПРН№12 Изучить конспект (перед занятием 8): • Варианты конфигурации системы гроубокса • Структура презентации: цель, схема, компоненты, блок-схема алгоритма, выводы • Блок-схемы: обозначения, правила построения • Критерии оценивания Перед занятием 9: • Завершить сборку и подготовить презентацию	Занятие 8: Вводная часть (10 мин): • Деление на команды (2 человека) • Выбор конфигурации гроубокса, согласование с наставником Проектная работа (70 мин): • Составление блок-схемы алгоритма • Сборка конструкции гроубокса • Написание и начальная отладка кода Завершение (10 мин): • Промежуточная демонстрация прогресса • Планирование работы на занятие 9 Занятие 9:	• Реализация логики через пользовательские функции • Проверка с непрозрачным материалом Завершение (10 мин): • Демонстрация работы • Обсуждение: как объединить все три компонента в гроубоксе?	Занятие 8: • Утверждённая конфигурация гроубокса • Составленная блок-схема алгоритма • Прогресс в сборке Занятие 9: • Работающая система • Готовая презентация • Успешная предзащита	• Самостоятельно выбирать конфигурацию системы • Составлять блок-схемы алгоритмов • Интегрировать датчики и исполнительные механизмы • Работать в команде • Тестировать систему в разных условиях
-----	--------------------------------------	----	------------------------	--	--	--	--	---

10	Защита проектов «Гроубокс»	Б	—	Финальная проверка работоспособности системы. Подготовка к выступлению.	Проектная работа (65 мин): • Завершение сборки и отладки кода • Создание презентации • Внутреннее тестирование командой Предзащита (20 мин): • Каждая команда показывает систему (3–4 мин) • Обратная связь от наставника	• Качество презентации • Работающий гроубокс • Ответы на вопросы • Результаты итогового теста	• Презентовать результаты проекта • Аргументированно отвечать на вопросы • Анализировать свою работу и работу других команд • Формулировать выводы и рекомендации
					Вводная часть (10 мин): • Проверка готовности гроубоксов • Напоминание критериев оценивания • Распределение порядка выступлений Защита проектов (60 мин): • Презентация результатов (7–10 мин на команду) • Демонстрация работающей установки • Ответы на вопросы наставника и других команд Подведение итогов (20 мин):		

							• Обратная связь по каждому проекту • Итоговый тест по модулю (5-7 вопросов) • Рефлексия: что получилось, что можно улучшить • Анонс следующего модуля			
--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--

Методическая карта модуля «Микробиология и экологическая биотехнология»

(12 часов, 6 занятий по 2 ак. часа)

Ключевой результат обучения - описывать основные группы микроорганизмов, объяснять их роль в природных экосистемах и инженерных биологических системах, проводить простые микробиологические наблюдения и оценивать качество воды с использованием биоиндикации.

Связь с финалом НТО

Модуль формирует базовые знания для решения задач финального этапа, связанных с анализом проб (задача 3), диагностикой состояния растений (задача 4), пониманием биологического восстановления территорий (теоретическая часть) и оценкой качества воды. На втором году обучения эти знания углубляются в направлении биопрепаратов, биоремедиации нефтепродуктов и расчётов КОЕ.

Хронология сквозного проекта «Невидимые помощники ситифермы»

Мини-проект: наблюдение за развитием микроорганизмов в образцах воды и субстрата из гидропонной установки

Неделя	Занятия	Этап проекта	Статус
1	1-2: Мир микроорганизмов, Бактерии	Теория	—
2	3-4: Грибы и водоросли, Закладка образцов	СТАРТ ПРОЕКТА	День 0: закладка образцов
3	5-6: Анализ результатов, Защита	АНАЛИЗ И ЗАЩИТА	День 7-10: анализ и презентация

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Мир микроорганизмов: введение	• Что такое микроорганизмы: определение, размеры, распространение • Пять групп микроорганизмов: бактерии, грибы, водоросли, простейшие, вирусы • Микроорганизмы вокруг нас: полезные и вредные • Основные формы бактериальных клеток: кокки, бациллы, спириллы	• Тестирование «Пять царств невидимого мира» • Составление схемы «Пять групп микроорганизмов» с примерами и средой обитания • Лабораторная работа: изучение готовых микропрепаратов бактерий (кокки, бациллы, спириллы) из набора; зарисовка в лабораторный журнал • Обсуждение: «Какие микроорганизмы живут в	• Называть пять основных групп микроорганизмов и приводить примеры представителей • Описывать роль микроорганизмов в повседневной жизни человека • Различать основные формы бактериальных клеток на микропрепаратах

	История: Левенгук, Пастер - открытие микромира	нашей гидропонной установке?»	
2. Бактерии: строение, питание, значение	- Строение прокариотической клетки: нуклеоид, клеточная стенка, жгутики, рибосомы (без деталей пептидогликана) - Отличие прокариотической клетки от эукариотической (повторение модуля «Клетка») - Типы питания: автотрофы и гетеротрофы - Бактерии в ситифермерстве: полезные (Lactobacillus, Azotobacter) и вредные (Salmonella)	- Заполнение сравнительной таблицы «Прокариоты и эукариоты» - Составление «паспортов» полезных и вредных бактерий: Lactobacillus, Azotobacter, Pseudomonas, Salmonella - Мини-викторина «Автотроф или гетеротроф?»	- Описывать строение прокариотической клетки и называть её основные компоненты - Различать типы питания микроорганизмов: автотрофы и гетеротрофы - Приводить примеры полезных бактерий для ситифермерства
3. Грибы и водоросли в экосистемах	- Микроскопические грибы: строение гифов и мицелия - Плесневые грибы: Penicillium, Aspergillus -- значение и опасность - Грибковые болезни растений: мучнистая роса, фитофтороз, корневая гниль -- признаки и последствия - Одноклеточные водоросли: хлорелла и спирулина как перспективные объекты биотехнологии - Почему водоросли интересны для космических станций (утилизация CO₂, выработка O₂) -- связь с задачей НТО	- Лабораторная работа: изучение плесневых грибов под микроскопом (выращенных заранее на хлебе); зарисовка спорангиев - Работа с определительной карточкой «Болезни растений»: определение типа заболевания по фотографиям поражённых растений - Составление памятки «Признаки грибковых заболеваний в ситиферме: на что обратить внимание»	- Описывать строение плесневых грибов и одноклеточных водорослей - Объяснять, почему появление плесени в гидропонике является проблемой - Определять признаки грибковых заболеваний растений по фотографиям и описанию симптомов - Называть примеры микроводорослей, используемых в биотехнологии

4. Микроорганизмы в круговороте веществ. Старт проекта	• Понятие экосистемы и роль микроорганизмов-редуцентов • Круговорот азота: азотфиксация, аммонификация, нитрификация (ознакомительно, без расчётов) • Почвенная микрофлора и её значение для плодородия • Почему в гидропонике нет естественной почвенной микрофлоры и что это означает для выращивания	• СТАРТ МИНИ-ПРОЕКТА «Невидимые помощники ситифермы»: закладка образцов (вода из-под крана, вода из гидропонной установки, почвенная вытяжка) в чашки Петри или прозрачные контейнеры • Составление схемы круговорота азота с указанием роли микроорганизмов на каждом этапе • Оформление первой страницы проекта в лабораторном журнале: гипотеза, план наблюдений, описание образцов	• Объяснять роль микроорганизмов в круговороте веществ в природе • Описывать круговорот азота и называть основные стадии • Планировать наблюдение за микробиологическими процессами (формулировать гипотезу, план наблюдений) • Объяснять, почему в гидропонике необходимо искусственно обеспечивать растения азотом
5. Качество воды и биоиндикация. Анализ результатов проекта	• Понятие о качестве воды: физические, химические, микробиологические показатели • Понятие ПДК (предельно допустимая концентрация): зачем она нужна, примеры ПДК для питьевой воды • Биоиндикация: определение загрязнения воды по живым организмам • СанПиН: ознакомление с документом (связь с задачей 3 финала) • Простые методы оценки: мутность, цвет, запах, pH	• Лабораторная работа: анализ образцов из проекта: визуальная оценка (мутность, цвет, запах), измерение pH, сравнение образцов • Наблюдение и описание микроорганизмов, развившихся в образцах за неделю (без идентификации видов, на уровне "обнаружено/не обнаружено", «обильный рост/слабый рост») • Заполнение таблицы результатов в лабораторном журнале: образец, наблюдения, pH, вывод • Обсуждение: «Какую воду безопасно использовать для полива растений?»	• Объяснять понятие ПДК и его значение для оценки качества воды • Проводить визуальную оценку качества воды (мутность, цвет, запах) и формулировать выводы • Описывать различия между образцами воды по визуальным и микробиологическим признакам • Заполнять протокол анализа воды с фиксацией результатов
6. Микроорганизмы и человек.	• Обобщение модуля: микроорганизмы как	• Подготовка и защита групповой презентации по результатам проекта	• Презентовать результаты проекта с

Защита проекта	союзники и враги в ситифермерстве • Микроорганизмы и безопасность пищевых продуктов: почему важна гигиена при сборе урожая • Биотехнология будущего: использование микроорганизмов для очистки загрязнённых территорий (биоремедиация -- ознакомительно)	«Невидимые помощники ситифермы» (структура: гипотеза, методы, результаты, выводы) • Итоговый тест по модулю (10 вопросов) • Рефлексия: «Что я узнал о невидимом мире и как это поможет мне на олимпиаде?»	использованием данных лабораторного журнала • Формулировать выводы о связи микроорганизмов с качеством воды и здоровьем растений • Решать простые тестовые задания по микробиологии
----------------	--	---	---

Разграничение содержания 1-го и 2-го года обучения

Тема	1-й год (базовый)	2-й год (продвинутый)
Группы микроорганизмов	Ознакомительно: 5 групп, формы, примеры	Углублённо: КОЕ, кривая роста культуры, фазы
Строение бактерий	Общий план: нуклеоид, стенка, жгутики	Детали: пептидогликан, грамположительные/граммотрицательные
Роль в экосистемах	Круговорот азота (схема), роль редуцентов	Расчёт массовых потоков азота в аквапонике
Болезни растений	Визуальное определение по фотографиям	Диагностика по чек-листу, подбор биопрепаратов
Биоремедиация	Ознакомительно: понятие и примеры	Алгоритм очистки от нефти, расчёт массы препарата
Качество воды	Визуальная оценка, pH, понятие ПДК	Комплексный анализ (pH, TDS, EC, аэрация)
Биопрепараты	Не изучаются	Фитоспорин, Триходермин, протокол внесения

Межмодульные связи

Модуль опирается на знания из следующих модулей первого года:

- Модуль «Клетка» (занятие 1): строение прокариотической и эукариотической клетки;
- Модуль «Ботаника и физиология растений» (занятие 6): понятие фотосинтеза (связь CO_2/O_2);
- Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства» (занятия 1-4): гидропонные системы, контроль параметров среды.

Модуль формирует знания, необходимые для модулей второго года:

- «Микробиология и экологическая биотехнология» 2-го года (PGPR, биопрепараты, биоремедиация нефтепродуктов, расчёт КОЕ)
- «Биохимия растительной продукции» (качество воды, влияние на состав продукции).

Методические рекомендации по проведению модуля «Микробиология и экологическая биотехнология» (12 ак.часов, 6 занятий)

Организация перевёрнутого класса

Теоретический материал по каждой теме (группы микроорганизмов, строение бактерий, круговорот азота, качество воды) размещён на платформе в виде конспектов с иллюстрациями. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые 5-7 минут отводятся на проверку понимания прочитанного (мини-опрос, задание на соотнесение терминов). Основное время (не менее 70%) используется для лабораторных работ, составления таблиц, обсуждений, решения задач.

Лабораторные работы

1. Занятие 1: Изучение готовых микропрепаратов бактерий (кокки, бациллы, спириллы).

2. Занятие 3: Изучение плесневых грибов под микроскопом; определение болезней растений по фотографиям.

3. Занятие 4: Закладка образцов для проекта «Невидимые помощники ситифермы».

4. Занятие 5: Анализ качества воды (визуальная оценка, pH); наблюдение развития микроорганизмов.

5. Занятие 6: Защита проекта; итоговый тест.

Подготовка материалов для лабораторных работ

Занятие 1: подготовить набор готовых микропрепаратов бактерий из комплекта. Занятие 3: за 5-7 дней до занятия заложить образцы хлеба во влажную камеру для развития плесени; подготовить фотографии поражённых растений для определительных карточек. Занятие 4: подготовить стерильные контейнеры для образцов; обеспечить доступ к гидропонной установке для отбора воды. Занятие 5: подготовить pH-метр или индикаторную бумагу.

Связь с олимпиадой НТО

На каждом занятии обращайтесь внимание обучающихся на то, как изучаемый материал связан с задачами финала: анализ неизвестных проб (задача 3), диагностика состояния растений (задача 4), биологическое восстановление территорий (теоретическая часть). Используйте упрощённые примеры из заданий прошлых лет.

Безопасность

Работа с микроорганизмами на первом году обучения ограничена наблюдением готовых микропрепаратов и закрытых образцов. Не допускается открытие контейнеров с культурами. После работы обязательно мытьё рук. Утилизация образцов проводится наставником.

Методическая карта модуля «Анатомия и физиология человека»

(10 часов, 5 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – объяснять связь между питательной ценностью растительной продукции и потребностями организма для обоснования выбора культур при проектировании ситифермы.

Связь с финалом НТО

модуль формирует знания, необходимые для составления спецификации биологических объектов (описание КБЖУ, питательной ценности), обоснования выбора растений для выращивания с точки зрения потребностей человека, понимания свойств лекарственных растений (финал 2024-25) и оценки биотехнологических продуктов (пищевое и непищевое назначение).

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Пищеварение и обмен веществ	• Строение пищеварительной системы: основные органы и их функции • Ферменты: что это и зачем нужны • Белки, жиры, углеводы: расщепление и усвоение • КБЖУ: что это значит и как рассчитать калорийность • Калорийность: 1 г белка = 4 ккал, 1 г жира = 9 ккал, 1 г углевода = 4 ккал • Связь с НТО: описание питательной ценности и КБЖУ в спецификации биологических объектов	• Составление схемы «Путь пищи: от рта до клетки» с указанием ферментов и продуктов расщепления • Решение задач на расчёт калорийности рациона по таблице КБЖУ • Практическая работа: расчёт КБЖУ и калорийности микрозелени и салата, выращенных в ситиферме (по справочным данным) • Обсуждение: «Может ли ситиферма полностью обеспечить человека питанием?»	• Описывать основные этапы пищеварения и объяснять роль ферментов • Объяснять разницу между белками, жирами и углеводами как источниками энергии • Рассчитывать калорийность продукта по данным о содержании Б, Ж, У • Заполнять таблицу КБЖУ для растений ситифермы
2. Витамины, минеральные вещества	• Витамины: жирорастворимые (А, D, Е, К) и водорастворимые (С, группа В)	• Составление таблицы «Витамин -- источник - дефицит - растение ситифермы»	• Называть основные витамины и минеральные вещества, содержащиеся в

	• Минеральные вещества: железо, кальций, калий, магний -- функции в организме • Суточные нормы потребления для подростков	• Анализ таблиц состава различных овощей и зелени: какие культуры наиболее ценны для здоровья?	продукции ситифермы • Обосновывать выбор культур для ситифермы с точки зрения питательной ценности • Сопоставлять содержание витаминов в различных культурах с нормативами
3. Лекарственные растения	Лекарственные растения: базилик, мята, мелисса, ромашка, календула -- действующие вещества и применение • Возможность выращивания лекарственных растений в ситиферме • Связь с НТО: задание финала 2024-25 -- сырьё для мази из лекарственных растений	• Практическая работа: составление паспорта лекарственного растения (название, действующие вещества, применение, условия выращивания) • Мини-дебаты: «Какие 5 культур должна выращивать идеальная ситиферма?»	• Составлять паспорт лекарственного растения с описанием действующих веществ и применения
4. Влияние среды на здоровье	• Влияние загрязнения среды на здоровье человека: загрязнители в воде и пище • Понятие о биоаккумуляции загрязнителей в пищевой цепи • Связь с НТО: почему важно контролировать качество воды для полива (ПДК)	• Решение кейса «Загрязнение воды: последствия для здоровья»: анализ ситуации, определение рисков, предложение решений	• Объяснять, почему контроль качества воды и продуктов важен для здоровья человека
5. Питание и здоровье: итоговое занятие	• Обобщение модуля: связь систем органов и питания	• Групповой проект «Меню из ситифермы»: выбор культур, расчёт КБЖУ, обоснование выбора	• Составлять фрагмент спецификации биологических объектов с описанием

	• Понятие сбалансированного рациона • Составление спецификации биологических объектов: как описывать растения для НТО (название, КБЖУ, калорийность, белки, витамины) • Связь с НТО: обоснование выбора растений в спецификации должно учитывать питательную ценность	• Составление фрагмента спецификации биологических объектов (по формату НТО): описание 2-3 культур с указанием КБЖУ, витаминов, условий выращивания • Мини-презентация «Меню из ситифермы» (3 минуты на группу)	КБЖУ и питательной ценности • Обосновывать выбор культур для ситифермы с учётом потребностей организма • Сопоставлять содержание питательных веществ в продукции ситифермы с нормативами • Презентовать результаты групповой работы
--	---	--	--

Межмодульные связи

Модуль опирается на знания из следующих модулей первого года:

- Модуль «Клетка» (занятие 1): общий план строения клетки, понятие ткани;
- Модуль «Ботаника и физиология растений» (занятие 6): фотосинтез (O_2 и CO_2), питательная ценность растений;
- Модуль «Основы химии» (занятия 1, 5): биогенные элементы, растворы;
- Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства» (занятия 1, 4): выбор культур, элементы питания;
- Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология» (занятие 5): качество воды, ПДК.

Модуль формирует знания, необходимые для модулей второго года:

- «Биохимия растительной продукции» (КБЖУ, питательная ценность, функциональные группы);
- «Проектирование и экономика ситиферм» (обоснование выбора культур).

Методические рекомендации по проведению модуля «Анатомия и физиология человека»

Организация перевёрнутого класса

Теоретический материал по каждой теме (системы органов, пищеварение, КБЖУ, витамины, дыхание) размещён на платформе в виде конспектов с иллюстрациями. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые

5-7 минут отводятся на проверку понимания прочитанного (мини-опрос, задание на соотнесение). Основное время (не менее 70%) используется для практических работ, расчётов, обсуждений, решения кейсов.

Лабораторные и практические работы

1. Занятие 1: Расчёт КБЖУ и калорийности продукции ситифермы.
2. Занятие 2: Составление паспорта лекарственного растения.
3. Занятие 4: Решение кейса «Загрязнение воды».
4. Занятие 5: Разработка «Меню из ситифермы» с расчётом КБЖУ; составление спецификации.

Практикоориентированность

Все темы модуля привязаны к задачам ситифермерства и олимпиады НТО. Расчёт КБЖУ - это прямая подготовка к составлению спецификации биологических объектов на финале. Лекарственные растения - тема, которая появилась в задании финала 2024-25 (8-9 класс: сырьё для мази). На каждом занятии показывайте связь с конкретными заданиями олимпиады.

Работа с данными

Подготовьте справочные таблицы: КБЖУ основных культур ситифермы (салат, микрозелень, базилик, руккола, укроп, петрушка); содержание витаминов и минералов; суточные нормы потребления для подростков 14-16 лет. Используйте данные из открытых источников (Роспотребнадзор, справочник «Химический состав пищевых продуктов»).

Групповая работа

Занятие 5 (итоговое) организуется как групповой проект: каждая группа (3-4 человека) разрабатывает «Меню из ситифермы» на 1 день и представляет его перед участниками. Критерии оценки: полнота описания культур, корректность расчётов КБЖУ, обоснованность выбора, качество презентации. Этот формат моделирует защиту решения на финале НТО.

Приложение 2

Инфраструктурный лист программы кружка «Инженерные биологические системы» (1 год обучения) Расчёт на 15 обучающихся (4 команды по 3 - 4 человека).

Условные обозначения

Сокращения модулей

Сокращение	Модуль	Часы
НТО	Урок НТО. Знакомство с НТО. Решение олимпиадных заданий	12
ХИМ	Основы химии	20
КЛ	Клетка	14
БОТ	Ботаника и физиология растений	22
ОЛ	Практикум по решению задач НТО	4
ГИД	Основы гидропоники и ситифермерства	28
ПРО	Программирование и автоматизация ситифермы	20
МИК	Микробиология и экологическая биотехнология	12
АНА	Анатомия и физиология человека	10
КОНФ	Конференция кружков	4

Условия хранения

Обозначение	Значение
КТ	Комнатная температура
ХОЛ	Холодильник (+4°C)
МОП	Морозильник (-20°C)
ОГН	Вдали от источников огня
СВТ	Защита от света

Частота закупки расходных материалов

Код	Значение
Б.1	Ежегодная закупка
Б.2	Закупка раз в 2-3 года
Б.3	Закупка перед занятиями (скоропортящиеся)

Модуль «Урок НТО» (НТО) - 12 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
НТО-01	Компьютер или ноутбук	15 шт.	Windows 10/11 или Linux, ОЗУ не менее 4 ГБ
НТО-02	Проектор мультимедийный	1 шт.	Разрешение не менее 1024×768, яркость не менее 3000 люмен
НТО-03	Экран для проектора	1 шт.	Размер не менее 150×150 см
НТО-04	Маршрутизатор с доступом в интернет	1 шт.	Не менее 20 одновременных подключений
НТО-05	Принтер лазерный или струйный	1 шт.	Формат А4, чёрно-белая печать
НТО-06	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	Размер не менее 100×150 см

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
НТО-Р1	Бумага А4 для печати	пачка	1	Б.1	КТ
НТО-Р2	Картридж для принтера	шт.	1	Б.1	КТ
НТО-Р3	Ручки шариковые синие	шт.	20	Б.1	КТ
НТО-Р4	Карандаши простые	шт.	20	Б.1	КТ
НТО-Р5	Ластики	шт.	10	Б.1	КТ
НТО-Р6	Блокноты или тетради А5	шт.	15	Б.1	КТ

Модуль «Основы химии» (ХИМ) - 20 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ХИМ-01	рН-метр портативный	4 шт.	Диапазон 0-14, точность не хуже 0,02, АТК
ХИМ-02	Индикаторная бумага универсальная рН 1-14	10 упак.	Не менее 100 полосок в упаковке
ХИМ-03	Весы лабораторные	2 шт.	Точность 0,01 г, макс. нагрузка не менее 200 г
ХИМ-04	Магнитная мешалка с подогревом	2 шт.	Объём перемешивания до 1 л
ХИМ-05	Штатив лабораторный с кольцом и лапкой	4 шт.	Высота не менее 50 см

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ХИМ-О6	Плитка электрическая лабораторная	2 шт.	Мощность 500–1000 Вт
ХИМ-О7	Баня водяная	1 шт.	Объём не менее 2 л, до 100°C
ХИМ-О8	Стакан химический 100 мл	16 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-О9	Стакан химический 250 мл	8 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-О10	Колба коническая 100 мл	8 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-О11	Колба коническая 250 мл	4 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-О12	Колба мерная 100 мл	4 шт.	Стекло, класс А или Б
ХИМ-О13	Колба мерная 250 мл	2 шт.	Стекло, класс А или Б
ХИМ-О14	Цилиндр мерный 50 мл	8 шт.	Стекло или пластик
ХИМ-О15	Цилиндр мерный 100 мл	4 шт.	Стекло или пластик
ХИМ-О16	Цилиндр мерный 250 мл	2 шт.	Стекло или пластик
ХИМ-О17	Пробирки стеклянные 10–15 мл	50 шт.	С закруглённым дном
ХИМ-О18	Штатив для пробирок	8 шт.	На 10–20 пробирок
ХИМ-О19	Палочки стеклянные	16 шт.	Длина 20–25 см
ХИМ-О20	Шпатель-ложка	8 шт.	Нержавеющая сталь или пластик
ХИМ-О21	Воронка стеклянная	8 шт.	Диаметр 50–75 мм
ХИМ-О22	Промывалка пластиковая	4 шт.	250–500 мл
ХИМ-О23	Спиртовка	4 шт.	С защитным колпачком
ХИМ-О24	Держатель для пробирок	8 шт.	Деревянный или пластиковый
ХИМ-О25	Ёршик для мытья пробирок	4 шт.	—

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ХИМ-Р1	Натрия хлорид	г	500	Б.1	КТ
ХИМ-Р2	Калия хлорид	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р3	Сахароза (сахар)	г	500	Б.1	КТ
ХИМ-Р4	Глюкоза	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р5	Кислота соляная раствор 10%	мл	100	Б.2	КТ, ОГН
ХИМ-Р6	Натрия гидроксид (гранулы)	г	100	Б.2	КТ, герметично
ХИМ-Р7	Кислота уксусная пищевая 9%	мл	200	Б.1	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ХИМ-Р8	Натрия гидрокарбонат (сода)	г	200	Б.1	КТ
ХИМ-Р9	Натрия гидрофосфат	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р10	Натрия дигидрофосфат	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р11	Кислота лимонная	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р12	Меди сульфат пентагидрат	г	50	Б.2	КТ
ХИМ-Р13	Фенолфталеин раствор 1%	мл	50	Б.2	КТ
ХИМ-Р14	Метилловый оранжевый 0,1%	мл	50	Б.2	КТ
ХИМ-Р15	Буфер калибровочный pH 4,01	мл	250	Б.1	КТ
ХИМ-Р16	Буфер калибровочный pH 7,00	мл	250	Б.1	КТ
ХИМ-Р17	Раствор KCl 3М для электрода	мл	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р18	Спирт изопропиловый для спиртовок	мл	500	Б.1	КТ, ОГН
ХИМ-Р19	Вода дистиллированная	л	5	Б.1	КТ
ХИМ-Р20	Перчатки нитриловые S	пар	30	Б.1	КТ
ХИМ-Р21	Перчатки нитриловые M	пар	30	Б.1	КТ
ХИМ-Р22	Краснокочанная капуста	шт.	1	Б.3	КТ
ХИМ-Р23	Чай каркаде	г	50	Б.3	КТ
ХИМ-Р24	Масло растительное рафинированное	мл	100	Б.3	КТ

Модуль «Клетка» (КЛ) - 14 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
КЛ-О1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	Увеличение 40-400х, светодиодная подсветка, объективы 4х, 10х, 40х
КЛ-О2	Микроскоп биологический с цифровой камерой	1 шт.	До 1000х, тринокулярная насадка, USB-камера не менее 2 Мп
КЛ-О3	Набор готовых микропрепаратов	2 набора	Не менее 40 препаратов: ткани растений, животных, бактерии

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
КЛ-О4	Камера Горяева	2 шт.	Стандартная, глубина 0,1 мм, с покровными стёклами
КЛ-О5	Пинцет анатомический	8 шт.	Нержавеющая сталь, 14-16 см
КЛ-О6	Препаровальные иглы	16 шт.	С пластиковой ручкой
КЛ-О7	Скальпель со сменными лезвиями	8 шт.	Нержавеющая сталь
КЛ-О8	Лезвия сменные для скальпеля	20 шт.	Стерильные
КЛ-О9	Чашки Петри стеклянные	16 шт.	Диаметр 90-100 мм, с крышкой

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
КЛ-Р1	Стёкла предметные	шт.	50	Б.1	КТ
КЛ-Р2	Стёкла покровные 18×18 мм	шт.	100	Б.1	КТ
КЛ-Р3	Метиленовый синий раствор 1%	мл	50	Б.2	КТ, СВТ
КЛ-Р4	Раствор Люголя	мл	50	Б.2	КТ, СВТ
КЛ-Р5	Нейтральный красный раствор 1%	мл	25	Б.2	КТ
КЛ-Р6	Глицерин	мл	50	Б.2	КТ
КЛ-Р7	Йод спиртовой раствор 5%	мл	50	Б.2	КТ, СВТ
КЛ-Р8	Перчатки нитриловые S	пар	20	Б.1	КТ
КЛ-Р9	Перчатки нитриловые M	пар	20	Б.1	КТ
КЛ-Р10	Фильтровальная бумага	лист	30	Б.1	КТ
КЛ-Р11	Пипетки Пастера 3 мл	шт.	50	Б.1	КТ
КЛ-Р12	Вода дистиллированная	л	2	Б.1	КТ
КЛ-Р13	Лук репчатый	шт.	5	Б.3	КТ
КЛ-Р14	Элодея или водное растение	веточек	5	Б.3	В воде
КЛ-Р15	Картофель	шт.	3	Б.3	КТ
КЛ-Р16	Морковь	шт.	2	Б.3	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
КЛ-Р17	Герань (пеларгония) в горшке	шт.	1	Б.3	—
КЛ-Р18	Масло иммерсионное	мл	10	Б.2	КТ

Модуль «Ботаника и физиология растений» (БОТ) - 22 часа

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
БОТ-О1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	Используется из модуля КЛ
БОТ-О2	Микроскоп с цифровой камерой	1 шт.	Используется из модуля КЛ
БОТ-О3	Набор готовых микропрепаратов	2 набора	Из модуля КЛ (срезы корня, стебля, листа)
БОТ-О4	Пинцет анатомический	8 шт.	Из модуля КЛ
БОТ-О5	Препаровальные иглы	16 шт.	Из модуля КЛ
БОТ-О6	Скальпель со сменными лезвиями	8 шт.	Из модуля КЛ
БОТ-О7	Чашки Петри стеклянные	16 шт.	Из модуля КЛ
БОТ-О8	Лупа ручная	8 шт.	Увеличение 5–10×
БОТ-О9	Весы лабораторные	2 шт.	Из модуля ХИМ
БОТ-О10	Линейка 30 см	8 шт.	Для измерения длины корней, побегов

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
БОТ-Р1	Стёкла предметные	шт.	30	Б.1	КТ
БОТ-Р2	Стёкла покровные 18×18 мм	шт.	50	Б.1	КТ
БОТ-Р3	Перчатки нитриловые S	пар	15	Б.1	КТ
БОТ-Р4	Перчатки нитриловые M	пар	15	Б.1	КТ
БОТ-Р5	Фильтровальная бумага	лист	20	Б.1	КТ
БОТ-Р6	Пипетки Пастера 3 мл	шт.	30	Б.1	КТ
БОТ-Р7	Вода дистиллированная	л	2	Б.1	КТ
БОТ-Р8	Семена фасоли или гороха	шт.	50	Б.3	КТ
БОТ-Р9	Семена пшеницы или кресс-салата	г	30	Б.3	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
БОТ-Р10	Комнатное растение (герань, колеус)	шт.	2	Б.3	—
БОТ-Р11	Раствор Люголя	мл	20	Б.2	КТ, СВТ
БОТ-Р12	Вата или марля	упак.	1	Б.1	КТ
БОТ-Р13	Пластиковые стаканы 200 мл	шт.	30	Б.1	КТ
БОТ-Р14	Лезвия сменные для скальпеля	шт.	10	Б.1	КТ

Практикум по решению задач НТО (ОЛ) - 4 часа

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОЛ-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	Из модуля НТО
ОЛ-О2	Проектор мультимедийный	1 шт.	Из модуля НТО
ОЛ-О3	Принтер	1 шт.	Из модуля НТО

Расходные материалы: используются из модуля НТО (бумага, ручки, карандаши).

Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства» (ГИД) - 28 часов

Модуль включает проект по сборке систем DWC (Deep Water Culture). Расчёт: 4 комплекта на 4 команды. Этап 1 - сборка из готового набора DWC; этап 2 - самостоятельная сборка из отдельных компонентов. Оборудование для освещения и управления требует уточнения наличия - позиции, которые могли быть закуплены ранее, отмечены значком *.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ГИД-О1	Гидропонная установка (стационарная)	1 шт.	3 яруса 180×75×55 см, для салатов, пряных трав, микрозелени
ГИД-О2	* Светильник диодный Р16 для растений	3 шт.	Фитосвет полного спектра для гидропонной установки. Проверить наличие
ГИД-О3	* Светильник светодиодный для рассады на прищепке	4 шт.	Для индивидуальных экспериментов команд. Проверить наличие
ГИД-О4	Помпа multifunctional	1 шт.	28 Вт, 1700 л/ч
ГИД-О5	Вентилятор канальный	2 шт.	Для циркуляции воздуха в зоне установки
ГИД-О6	* Таймер для фитосветильника	4 шт.	UST-E32 220 В (1 на стационарную установку + 1 на каждую из 4 DWC-систем, итого 4). Проверить наличие

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ГИД-О7	рН-метр портативный	4 шт.	Из модуля ХИМ (по 1 на команду)
ГИД-О8	TDS-метр / ЕС-метр	4 шт.	Диапазон ЕС 0–20 мСм/см, точность не хуже 2% (по 1 на команду)
ГИД-О9	Термометр лабораторный	4 шт.	Диапазон 0-50°C, точность 0,5°C
ГИД-О10	* Люксметр	2 шт.	Диапазон 0-50 000 лк. Проверить наличие
ГИД-О11	Набор из 10 тестов жидкостных (рН, gH, kH и др.)	2 набора	Для экспресс-анализа воды
ГИД-О12	Весы лабораторные	2 шт.	Из модуля ХИМ
ГИД-О13	Опрыскиватель комнатный	2 шт.	0,5-1 л
ГИД-О14	Стакан мерный 1000 мл (пластик)	4 шт.	Градуированный, по 1 на команду
ГИД-О15	Стакан химический 250 мл	8 шт.	Из модуля ХИМ
ГИД-О16	Колба коническая 1000 мл	2 шт.	Для маточных растворов
ГИД-О17	Шпатель-ложка	8 шт.	Из модуля ХИМ
ГИД-О18	Цилиндр мерный 100 мл	4 шт.	Из модуля ХИМ

Оборудование для сборки систем DWC (4 комплекта на 4 команды)

Этап 1: готовые наборы DWC. Этап 2: сборка из отдельных компонентов. Ниже указаны компоненты для обоих этапов.

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ГИД-D1	Набор для сборки DWC (готовый комплект)	4 компл.	Комплект на 1 команду: контейнер непрозрачный 5–10 л с крышкой, 3–4 сетчатых горшка 5 см, аквариумный компрессор, распылитель воздуха (аэрокамень), шланг силиконовый 50 см
ГИД-D2	Контейнер пластиковый непрозрачный 5–10 л с крышкой	4 шт.	Для самостоятельной сборки DWC (этап 2). Пищевой пластик, с плоской крышкой
ГИД-D3	Аквариумный компрессор	4 шт.	Производительность не менее 3 л/мин, для самостоятельной сборки
ГИД-D4	Распылитель воздуха (аэрокамень)	8 шт.	Диаметр 20–30 мм, цилиндрический или дисковый (по 2 на контейнер)
ГИД-D5	Шланг силиконовый для компрессора (внутр. 4 мм)	4 м	Нарезается по 1 м на команду
ГИД-D6	Сетчатый горшок (net pot) 5 см	20 шт.	Для посадки растений в DWC (по 5 на команду)

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ГИД-D7	Фреза кольцевая (коронка) 50–55 мм	2 шт.	Для вырезания отверстий в крышках контейнеров
ГИД-D8	Дрель или шуруповёрт	2 шт.	Для работы с фрезой (под контролем педагога)
ГИД-D9	* LED-фитолампа на прищепке или подвесная	4 шт.	По 1 на каждую DWC-систему; полный спектр или биколор (красный + синий), мощность 15–30 Вт. Проверить наличие

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ГИД-P1	Семена салата листового (2–3 сорта)	упак.	3	Б.1	КТ, СВТ
ГИД-P2	Семена базилика зелёного и фиолетового	упак.	2	Б.1	КТ, СВТ
ГИД-P3	Семена микрозелени (редис, горчица, подсолнечник)	упак.	5	Б.1	КТ, СВТ
ГИД-P4	Семена рукколы	упак.	1	Б.1	КТ, СВТ
ГИД-P5	Семена укропа и петрушки	упак.	2	Б.1	КТ, СВТ
ГИД-P6	Керамзит мелкий (фракция 5–10 мм)	л	10	Б.1	КТ
ГИД-P7	Минеральные удобрения (комплект для раствора Кнопа)	компл.	1	Б.1	КТ
ГИД-P8	Кальция нитрат $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	г	200	Б.1	КТ
ГИД-P9	Калия нитрат KNO_3	г	100	Б.1	КТ
ГИД-P10	Магния сульфат MgSO_4	г	100	Б.1	КТ
ГИД-P11	Калия дигидрофосфат KH_2PO_4	г	100	Б.1	КТ
ГИД-P12	Калия хлорид KCl	г	50	Б.1	КТ
ГИД-P13	Раствор pH Down (кислота для корректировки pH)	мл	200	Б.1	КТ
ГИД-P14	Раствор pH Up (щёлочь для корректировки pH)	мл	200	Б.1	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ГИД-Р15	Коврик для микрозелени (агровата)	шт.	20	Б.1	КТ
ГИД-Р16	Грунт универсальный	л	50	Б.1	КТ
ГИД-Р17	Перлит агротехнический	л	10	Б.1	КТ
ГИД-Р18	Воронки для посадки (гидропонные горшочки)	шт.	30	Б.1	КТ
ГИД-Р19	Рассадные кассеты	шт.	5	Б.1	КТ
ГИД-Р20	Комплект для рассады (горшки со съёмным дном)	компл.	2	Б.1	КТ
ГИД-Р21	Индикаторная бумага рН 0–12	упак.	2	Б.1	КТ
ГИД-Р22	Буфер калибровочный рН 4,01	мл	100	Б.1	КТ
ГИД-Р23	Буфер калибровочный рН 7,00	мл	100	Б.1	КТ
ГИД-Р24	Вода дистиллированная	л	10	Б.1	КТ
ГИД-Р25	Перекись водорода 3%	мл	200	Б.1	КТ
ГИД-Р26	Фильтры обеззоленные "Красная лента"	упак.	1	Б.1	КТ
ГИД-Р27	Маркер перманентный тонкий чёрный	шт.	5	Б.1	КТ
ГИД-Р28	Перчатки нитриловые S	пар	20	Б.1	КТ
ГИД-Р29	Перчатки нитриловые M	пар	20	Б.1	КТ
ГИД-Р30	Шланг силиконовый (внутр. 5 мм) для полива	м	5	Б.2	КТ
ГИД-Р31	Сетевой фильтр 5 розеток с заземлением	шт.	2	Б.2	КТ

Модуль «Программирование и автоматизация ситифермы» (ПРО)

20 часов

В модуле обучающиеся подключают датчики Arduino к действующим DWC-системам для мониторинга и управления параметрами (температура, влажность, освещение, помпа). Наборы Arduino были закуплены ранее - необходимо проверить комплектность.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ПРО-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	Из модуля НТО; установлены Arduino IDE, Python 3.x
ПРО-О2	Набор микроэлектроники Arduino (часть 1)	4 компл.	Плата Arduino Uno/Nano, макетная плата, провода, резисторы, светодиоды, кнопки (по 1 на команду). Проверить наличие
ПРО-О3	Набор микроэлектроники Arduino (часть 2)	4 компл.	Дисплей LCD 16×2, сервопривод, потенциометр, зуммер, модуль реле 1–2 канала (по 1 на команду). Проверить наличие
ПРО-О4	Набор датчиков для ситифермерства Arduino (часть 3)	4 компл.	Датчики: температуры и влажности (DHT11/22), влажности почвы, освещённости (BH1750 или фоторезистор), уровня воды (по 1 на команду). Проверить наличие
ПРО-О5	Набор электронных датчиков для экспериментов по экологии	2 компл.	Датчики pH, ЕС, растворённого кислорода. Проверить наличие
ПРО-О6	Проектор мультимедийный	1 шт.	Из модуля НТО
ПРО-О7	Маршрутизатор с доступом в интернет	1 шт.	Из модуля НТО

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ПРО-Р1	USB-кабель для Arduino	шт.	4	Б.2	КТ
ПРО-Р2	Батарея 9V («Крона»)	шт.	8	Б.1	КТ
ПРО-Р3	Провода-перемычки для макетной платы (набор)	набор	4	Б.2	КТ
ПРО-Р4	ПО Arduino IDE	—	—	Б.2	—
ПРО-Р5	ПО Python 3.x	—	—	Б.2	—

Программное обеспечение распространяется бесплатно, загружается из сети Интернет.

Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология» (МИК) -12 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
МИК-О1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	Из модуля КЛ

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
МИК-О2	Микроскоп с цифровой камерой	1 шт.	Из модуля КЛ
МИК-О3	Термостат или йогуртница	1 шт.	Поддержание температуры 37-42°C
МИК-О4	Весы лабораторные	2 шт.	Из модуля ХИМ
МИК-О5	Стаканы стеклянные или пластиковые 250 мл	16 шт.	Термостойкие
МИК-О6	Ложки или шпатели пластиковые	16 шт.	Одноразовые или многоразовые
МИК-О7	Плитка электрическая лабораторная	1 шт.	Из модуля ХИМ
МИК-О8	Штатив для пробирок	4 шт.	Из модуля ХИМ

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
МИК-Р1	Чашки Петри пластиковые стерильные	шт.	30	Б.1	КТ
МИК-Р2	Перчатки нитриловые S	пар	15	Б.1	КТ
МИК-Р3	Перчатки нитриловые M	пар	15	Б.1	КТ
МИК-Р4	Пипетки Пастера 3 мл	шт.	30	Б.1	КТ
МИК-Р5	Молоко пастеризованное	л	1	Б.3	ХОЛ
МИК-Р6	Закваска для йогурта или натуральный йогурт	упак.	1	Б.3	ХОЛ
МИК-Р7	Дрожжи сухие хлебопекарные	г	50	Б.3	КТ
МИК-Р8	Сахар	г	100	Б.3	КТ
МИК-Р9	Мука пшеничная	г	200	Б.3	КТ
МИК-Р10	Воздушные шарики	шт.	10	Б.1	КТ
МИК-Р11	Пластиковые бутылки 0,5 л	шт.	10	Б.1	КТ
МИК-Р12	Стёкла предметные	шт.	20	Б.1	КТ
МИК-Р13	Стёкла покровные 18×18 мм	шт.	30	Б.1	КТ
МИК-Р14	Метиленовый синий раствор 1%	мл	20	Б.2	КТ, СВТ

МИК-Р15	Вода дистиллированная	л	1	Б.1	КТ
МИК-Р16	Перекись водорода 3%	мл	100	Б.1	КТ

Модуль «Анатомия и физиология человека» (АНА) - 10 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
АНА-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	Из модуля НТО
АНА-О2	Проектор мультимедийный	1 шт.	Из модуля НТО
АНА-О3	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	Из модуля НТО
АНА-О4	Весы лабораторные	2 шт.	Из модуля ХИМ (для расчёта КБЖУ)

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
АНА-Р1	Бумага А4 для печати	пачка	1	Б.1	КТ
АНА-Р2	Маркеры цветные (набор)	упак.	2	Б.1	КТ
АНА-Р3	Папки-файлы А4	шт.	30	Б.1	КТ
АНА-Р4	Справочные таблицы КБЖУ (ламинированные)	шт.	8	Б.2	КТ

Конференция кружков (КОНФ) – 4 часа

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
КОНФ-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	Из модуля НТО
КОНФ-О2	Проектор мультимедийный	1 шт.	Из модуля НТО
КОНФ-О3	Экран для проектора	1 шт.	Из модуля НТО

Расходные материалы: используются из модулей НТО и АНА (бумага, маркеры, папки).

Общее оборудование для всех модулей

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОБЩ-О1	Халаты лабораторные	15 шт.	Хлопок или смесовая ткань
ОБЩ-О2	Халат лабораторный для педагога	1 шт.	Хлопок или смесовая ткань
ОБЩ-О3	Очки защитные	16 шт.	Поликарбонат, закрытого типа
ОБЩ-О4	Аптечка первой помощи	1 шт.	Укомплектованная
ОБЩ-О5	Огнетушитель порошковый	1 шт.	ОП-4 или ОП-5

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОБЩ-О6	Шкаф для хранения реактивов	1 шт.	Металлический, с замком, вентилируемый
ОБЩ-О7	Шкаф для хранения оборудования	1 шт.	С полками, закрывающийся
ОБЩ-О8	Стол лабораторный	8 шт.	Поверхность устойчива к химическим воздействиям
ОБЩ-О9	Стул лабораторный	16 шт.	Регулируемый по высоте
ОБЩ-О10	Раковина с подводкой воды	1 шт.	С краном-смесителем
ОБЩ-О11	Вытяжной шкаф	1 шт.	Для работы с летучими веществами
ОБЩ-О12	Холодильник с морозильной камерой	1 шт.	Холодильная камера не менее 150 л, морозильная не выше -18°C
ОБЩ-О13	Периодическая система Менделеева (плакат)	1 шт.	Формат не менее А1
ОБЩ-О14	Плакат "Строение клетки"	1 шт.	Формат не менее А1
ОБЩ-О15	Плакат "Строение растительной клетки"	1 шт.	Формат не менее А1
ОБЩ-О16	Лабораторный журнал	15 шт.	Тетрадь в клетку 48 листов

Расходные материалы общего назначения

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ОБЩ-Р1	Полотенца бумажные	рулон	10	Б.1	КТ
ОБЩ-Р2	Салфетки бумажные	упак.	5	Б.1	КТ
ОБЩ-Р3	Мешки для мусора 30 л	шт.	50	Б.1	КТ
ОБЩ-Р4	Моющее средство для лабораторной посуды	мл	500	Б.1	КТ
ОБЩ-Р5	Дезинфицирующее средство для поверхностей	мл	500	Б.1	КТ
ОБЩ-Р6	Скотч прозрачный	шт.	2	Б.1	КТ
ОБЩ-Р7	Скотч малярный (бумажный)	шт.	2	Б.1	КТ

Сводная таблица оборудования по модулям

Позиции, отмеченные *, были закуплены ранее – необходимо проверить наличие и работоспособность перед началом учебного года.

№	Наименование	Кол-во	Модули
1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	КЛ, БОТ, МИК
2	Микроскоп с цифровой камерой	1 шт.	КЛ, БОТ, МИК
3	Набор готовых микропрепаратов	2 набора	КЛ, БОТ
4	Камера Горяева	2 шт.	КЛ
5	pH-метр портативный	4 шт.	ХИМ, ГИД
6	TDS-метр / ЕС-метр	4 шт.	ГИД
7	Весы лабораторные	2 шт.	ХИМ, БОТ, ГИД, МИК, АНА
8	Магнитная мешалка с подогревом	2 шт.	ХИМ
9	Баня водяная	1 шт.	ХИМ
10	Гидропонная установка (стационарная, 3 яруса)	1 шт.	ГИД
11	* Светильник диодный Р16 для растений	3 шт.	ГИД
12	* Светильник для рассады на прищепке	4 шт.	ГИД
13	* LED-фитолампа для DWC-систем	4 шт.	ГИД
14	Помпа многофункциональная	1 шт.	ГИД
15	Вентилятор канальный	2 шт.	ГИД
16	* Таймер для фитосветильника	4 шт.	ГИД
17	* Люксметр	2 шт.	ГИД
18	Термометр лабораторный	4 шт.	ГИД
19	Набор DWC (готовый комплект)	4 компл.	ГИД
20	Контейнер для самостоятельной сборки DWC	4 шт.	ГИД
21	Аквариумный компрессор	4 шт.	ГИД
22	Дрель или шуруповёрт	2 шт.	ГИД
23	Фреза кольцевая 50–55 мм	2 шт.	ГИД
24	* Набор Arduino (часть 1)	4 компл.	ПРО
25	* Набор Arduino (часть 2, с реле)	4 компл.	ПРО
26	* Набор датчиков для ситифермерства (часть 3)	4 компл.	ПРО
27	* Набор датчиков для экологии	2 компл.	ПРО
28	Термостат или йогуртница	1 шт.	МИК
29	Компьютер или ноутбук	15 шт.	НТО, ОЛ, ПРО, АНА, КОНФ
30	Проектор мультимедийный	1 шт.	НТО, ОЛ, ПРО, АНА, КОНФ
31	Экран для проектора	1 шт.	НТО, КОНФ

№	Наименование	Кол-во	Модули
32	Маршрутизатор (роутер)	1 шт.	НТО, ПРО
33	Принтер	1 шт.	НТО, ОЛ, КОНФ
34	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	НТО, АНА
35	Холодильник с морозильной камерой	1 шт.	ОБЩ
36	Вытяжной шкаф	1 шт.	ХИМ
37	Лупа ручная	8 шт.	БОТ

Сводная таблица расходных материалов по частоте закупки

Б.1 - Ежегодная закупка

№	Наименование	Модули	Общее кол-во на год
1	Стёкла предметные	КЛ, БОТ, МИК	100 шт.
2	Стёкла покровные 18×18 мм	КЛ, БОТ, МИК	180 шт.
3	Перчатки нитриловые размер S	КЛ, ХИМ, БОТ, ГИД, МИК	120 пар
4	Перчатки нитриловые размер M	КЛ, ХИМ, БОТ, ГИД, МИК	120 пар
5	Фильтровальная бумага	КЛ, БОТ	50 листов
6	Пипетки Пастера 3 мл	КЛ, БОТ, МИК	110 шт.
7	Вода дистиллированная	КЛ, ХИМ, БОТ, ГИД, МИК	20 л
8	Натрия хлорид	ХИМ	500 г
9	Сахароза (сахар)	ХИМ	500 г
10	Кислота уксусная 9%	ХИМ	200 мл
11	Натрия гидрокарбонат (сода)	ХИМ	200 г
12	Спирт изопропиловый	ХИМ	500 мл
13	Буфер калибровочный pH 4,01	ХИМ, ГИД	350 мл
14	Буфер калибровочный pH 7,00	ХИМ, ГИД	350 мл
15	Семена салата (2-3 сорта)	ГИД	3 упак.
16	Семена базилика	ГИД	2 упак.
17	Семена микрозелени	ГИД	5 упак.
18	Семена рукколы	ГИД	1 упак.
19	Семена укропа и петрушки	ГИД	2 упак.
20	Керамзит мелкий (5-10 мм)	ГИД	10 л
21	Минеральные удобрения (комплект)	ГИД	1 компл.

№	Наименование	Модули	Общее кол-во на год
22	Соли для раствора Кнопа ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , MgSO_4 , KH_2PO_4 , KCl)	ГИД	по 50–200 г
23	Раствор pH Down	ГИД	200 мл
24	Раствор pH Up	ГИД	200 мл
25	Коврик для микрозелени (агровата)	ГИД	20 шт.
26	Грунт универсальный	ГИД	50 л
27	Перлит агротехнический	ГИД	10 л
28	Воронки для посадки	ГИД	30 шт.
29	Перекись водорода 3%	ГИД, МИК	300 мл
30	Батарея 9V («Крона»)	ПРО	8 шт.
31	Чашки Петри пластиковые стерильные	МИК	30 шт.
32	Воздушные шарики	МИК	10 шт.
33	Пластиковые бутылки 0,5 л	МИК	10 шт.
34	Пластиковые стаканы 200 мл	БОТ	30 шт.
35	Лезвия сменные для скальпеля	БОТ	10 шт.
36	Вата или марля	БОТ	1 упак.
37	Маркер перманентный	ГИД	5 шт.
38	Маркеры цветные (набор)	АНА	2 упак.
39	Папки-файлы А4	АНА	30 шт.
40	Бумага А4 для печати	НТО, АНА, КОНФ	2 пачки
41	Картридж для принтера	НТО	1 шт.
42	Ручки шариковые синие	НТО	20 шт.
43	Карандаши простые	НТО	20 шт.
44	Ластики	НТО	10 шт.
45	Блокноты/тетради А5	НТО	15 шт.
46	Полотенца бумажные	ОБЩ	10 рулонов
47	Салфетки бумажные	ОБЩ	5 упак.
48	Мешки для мусора 30 л	ОБЩ	50 шт.
49	Моющее средство для посуды	ОБЩ	500 мл
50	Дезинфицирующее средство	ОБЩ	500 мл
51	Скотч прозрачный	ОБЩ	2 шт.
52	Скотч малярный	ОБЩ	2 шт.
53	Фильтры обеззоленные «Красная лента»	ГИД	1 упак.

№	Наименование	Модули	Общее кол-во на год
54	Индикаторная бумага pH 0–12	ГИД	2 упак.
55	Рассадные кассеты	ГИД	5 шт.
56	Распылитель воздуха (аэрокамень)	ГИД	8 шт.
57	Сетчатый горшок (net pot) 5 см	ГИД	20 шт.

Б.2 - Закупка раз в 2–3 года

№	Наименование	Модули	Общее кол-во на год
1	Метиленовый синий раствор 1%	КЛ, МИК	70 мл
2	Раствор Люголя	КЛ, БОТ	70 мл
3	Нейтральный красный раствор 1%	КЛ	25 мл
4	Глицерин	КЛ	50 мл
5	Йод спиртовой раствор 5%	КЛ	50 мл
6	Масло иммерсионное	КЛ	10 мл
7	Калия хлорид	ХИМ	100 г
8	Глюкоза	ХИМ	100 г
9	Кислота соляная раствор 10%	ХИМ	100 мл
10	Натрия гидроксид (гранулы)	ХИМ	100 г
11	Натрия гидрофосфат	ХИМ	100 г
12	Натрия дигидрофосфат	ХИМ	100 г
13	Кислота лимонная	ХИМ	100 г
14	Меди сульфат пентагидрат	ХИМ	50 г
15	Фенолфталеин раствор 1%	ХИМ	50 мл
16	Метиловый оранжевый 0,1%	ХИМ	50 мл
17	Раствор KCl 3М для электрода pH-метра	ХИМ	100 мл
18	Шланг силиконовый (5 мм)	ГИД	5 м
19	Сетевой фильтр 5 розеток	ГИД	2 шт.
20	USB-кабель для Arduino	ПРО	4 шт.
21	Провода-перемычки для макетной платы	ПРО	4 набора
22	Справочные таблицы КБЖУ (ламинированные)	АНА	8 шт.
23	Линейка 30 см	БОТ	8 шт.

Б.3 - Закупка перед занятиями (скоропортящиеся)

№	Наименование	Модули	Кол-во	Срок закупки
1	Лук репчатый	КЛ	5 шт.	За 1-2 дня
2	Элодея или водное растение	КЛ	5 веточек	За 1-2 дня
3	Картофель	КЛ	3 шт.	За 1-2 дня
4	Морковь	КЛ	2 шт.	За 1-2 дня
5	Герань (пеларгония) в горшке	КЛ	1 шт.	За неделю
6	Краснокочанная капуста	ХИМ	1 шт.	За 1-2 дня
7	Чай каркаде	ХИМ	50 г	За неделю
8	Масло растительное рафинированное	ХИМ	100 мл	За неделю
9	Семена фасоли или гороха	БОТ	50 шт.	За 1-2 дня
10	Семена пшеницы или кресс-салата	БОТ	30 г	За неделю
11	Комнатное растение (герань, колеус)	БОТ	2 шт.	За неделю
12	Молоко пастеризованное	МИК	1 л	В день занятия
13	Закваска/натуральный йогурт	МИК	1 упак.	За 1-2 дня
14	Дрожжи сухие хлебопекарные	МИК	50 г	За неделю
15	Сахар	МИК	100 г	За неделю
16	Мука пшеничная	МИК	200 г	За неделю

Примечания

1. Количество расходных материалов рассчитано на 15 обучающихся (4 команды по 3-4 человека) и один учебный год (144 академических часа).
2. При расчёте учтён запас 10-15% на случай повторных экспериментов и брака.
3. Оборудование приобретается один раз и используется не менее 5 лет при надлежащем уходе.
4. Позиции, отмеченные значком *, были закуплены в прошлом учебном году. Перед началом занятий необходимо провести инвентаризацию: проверить работоспособность наборов Arduino, наличие всех датчиков и компонентов, состояние фитосветильников, таймеров и люксметров. По результатам инвентаризации скорректировать план закупок.
5. Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства» предусматривает два этапа сборки DWC-систем: этап 1 - из готового набора (ознакомительная сборка), этап 2 - самостоятельная сборка из отдельных компонентов (контейнер,

компрессор, распылитель, горшочки, керамзит). На каждую из 4 команд предусмотрен отдельный комплект. Все работы с дрелью/шуруповёртом проводятся под непосредственным контролем педагога.

6. Соли для приготовления раствора Кнопа ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , MgSO_4 , KH_2PO_4 , KCl) указаны отдельно от комплекта минеральных удобрений, поскольку используются для учебного приготовления раствора по рецепту с расчётом навесок.

7. Модули «Клетка» и «Основы химии» используют то же оборудование, что и программа «Геномное редактирование». При параллельной реализации обеих программ необходимо согласовать расписание.

8. Хранение реактивов: КТ - в закрытом шкафу при 15-25°C; ХОЛ - при +2...+8°C; МОР - при -18°C и ниже; ОГН - в металлическом шкафу, отдельно от источников нагрева; СВТ- в тёмной таре или закрытом шкафу.

9. Перед началом учебного года необходимо проверить сроки годности всех реактивов и работоспособность оборудования.

10. При работе с кислотами, щелочами и другими опасными веществами обязательно использование защитных очков и перчаток под руководством педагога.

11. Все работы с нагревательными приборами, электрооборудованием и электроинструментом (дрель) проводятся под непосредственным контролем педагога.

12. Семена рекомендуется приобретать у специализированных поставщиков с всхожестью не менее 85%. Предпочтение - скороспелым сортам для получения результата в рамках учебного цикла.

13. Программное обеспечение (Arduino IDE, Python 3.x) распространяется бесплатно, загружается из сети Интернет.