

**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
«16» 03 20 26 г.



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

Направленность: естественно-научная
Уровень освоения программы: углубленный (продвинутый)
Возраст учащихся: 15-16 лет (9-10 классы)
Срок реализации: 1 год
Объем: 260 академических часов

город Сургут, 2026 год

Автор программы:

Безуевская Валерия Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, проректор 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. 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, экологии, 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 второго года обучения развивает и углубляет компетенции, заложенные в базовом курсе, переходя от изучения общих принципов биотехнологий к применению биологических закономерностей при инженерном проектировании и автоматизации. Эта преемственность обеспечивает системное понимание инженерных биологических систем от макро - до молекулярного уровня.

1.2. Цель программы: создание условий для углубленного освоения школьниками современных методов биохимии, микробиологии, экологической и молекулярной биологии, формирования практических навыков создания и анализа инженерных биологических систем и успешной подготовки к участию в Национальной технологической олимпиаде.

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 ко 2-му и заключительному туру 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 прикладными задачами современной инженерии и биотехнологии.

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 («Химия для инженерных биологических систем», «Биохимия растительной продукции», «Физиология и биохимия растений», «Микробиология и экологическая биотехнология», «Проектирование и экономика ситиферм», «Программирование Arduino для автоматизации биосистем»), выстроенных в логике «от макросистем к инженерным биосистемам».

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 15-16 лет (9-10 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 260 академических часов на протяжении одного учебного года. Из них – 144 часа на базе кружка в учреждении среднего общего или дополнительного образования, 40 часов «Подготовка ко 2 этапу НТО», 40 часов «Подготовка к финалу НТО» – на базе Сургутского государственного университета (для участников, прошедших конкурсный отбор и ориентированных на участие в профиле «Инженерные биологические системы» Национальной технологической олимпиады), 36 часов онлайн (самостоятельная работа).

При необходимости педагог – наставник кружка может разработать 2 отдельные рабочие программы на 1 и 2 полугодие. 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;

– по программе образовательных интенсивов в очном формате – 6-8 акад. часов в день в течение 5 дней.

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: продвинутый.

1.8. Планируемые результаты

Предметные результаты обучения 2-го года обучения

1. Анализировать химический состав питательных растворов для оптимизации условий выращивания различных культур в гидропонных системах *(уровень: применение)*.

2. Анализировать клеточные и биохимические процессы для оптимизации роста растений в контролируемых условиях гидропонных систем *(уровень: анализ)*.

3. Оптимизировать физиологические процессы растений в гидропонных системах на основе анализа факторов среды и потребностей различных культур *(уровень: применение)*.

4. Исследовать микроорганизмы для подбора оптимальных консорциумов в биофильтрах инженерных биологических систем *(уровень: применение)*.

5. Проектировать экономически эффективные гидропонные системы на основе анализа затрат, урожайности и рыночной стоимости продукции *(Уровень: применение)*.

6. Разрабатывать алгоритмы управления инженерными биологическими системами на базе Arduino для автоматизации процессов выращивания растений *(уровень: применение)*.

7. Анализировать молекулярно-биологические процессы для применения в биотехнологиях и инженерных биологических системах *(уровень: анализ)*.

8. Решать олимпиадные задания и выполнять командные проекты *(уровень: применение)*.

Метапредметные результаты 2-го года обучения

Познавательные

1. Анализировать возможности применения микроорганизмов в гидропонных системах.

2. Формулировать гипотезы о зависимости биохимических показателей от условий выращивания.

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 биохимического и генетического анализа.

Регулятивные

1. Планировать производственный цикл.

2. Управлять исполнительными устройствами.

3. Оценивать перспективы развития ситифермерства.

4. Оптимизировать использование площади и ресурсов.

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

Коммуникативные

1. Представлять результаты биохимического анализа в форме научного отчета.

2. Использовать специальную терминологию при обсуждении вопросов агrobiотехнологий 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 результаты программы 2-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 агrobiотехнологий 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

1. Лабораторный журнал. Участники кружка ведут структурированный лабораторный журнал с описанием правил работы с химическими веществами. Журнал проверяется педагогом ежемесячно с предоставлением развернутой обратной связи.

2. Лабораторные работы по измерению параметров различных растворов. Оценивание правильности выполнения процедур измерения параметров растворов различными методами.

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 зелени, оптимизации питательного раствора, сравнению эффективности различных питательных растворов, влиянию стрессовых факторов на рост и развитие растений, применению регуляторов роста для оптимизации урожайности. Групповая работа (3-4 человека), документирование параметров, 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 обучающихся 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» (2 год обучения)

систем» (2 год обучения)					
№ п/п	Название модуля	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
Раздел 1 «Проектирование и автоматизация биотехнологических систем»					
1	Введение	8	2	6	Регистрация на сайте НТО https://ntcontest.ru/ , решение заданий прошлых лет
2	Модуль «Химия для инженерных биологических систем»	16	4	12	Лабораторные работы, решение задач, опросы

3	Модуль «Программирование Arduino для автоматизации биосистем»	18	16	2	Лабораторные и практические работы, решение задач, тесты, демонстрация работы системы и защита проекта
4	Модуль «Проектирование и экономика ситиферм»	14	4	10	Лабораторные и практические работы, решение задач, презентация и защита бизнес-планов
5	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	16	4	12	Лабораторные и практические работы, составление блок-схем и таблиц, тесты, групповая презентация
	Итого по разделу 1:	72	30	42	
	Раздел 2 «Биохимические основы инженерных биологических систем»				
6	Практикум по решению заданий НТО	20	–	20	Решение задач, презентация проектов
7	Модуль «Биохимия растительной продукции»	18	6	12	Лабораторные работы, решение задач, презентация проектов
8	Модуль «Физиология и биохимия растений»	16	4	12	Лабораторные и практические работы, решение задач
9	Модуль «Проектная деятельность и подготовка к конкурсам»	14	2	12	Оформление результатов проекта в формате научной работы и подготовка конкурсной заявки на выбранный конкурс
10	Конференция кружков ИБС	4	-	4	Презентация проектов, участие в дискуссии
	Итого по разделу 2:	72	12	60	
	Итого:	144	42	102	

2.2. Региональный компонент программы (вариативные модули) 2 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
3	Модуль «Образовательный интенсив: подготовка к финалу НТО» (университет) ²	10	30	40	Симуляция финала НТО, командная защита проекта клонирования, эссе, код-ревью
	Итого	27	89	116	

2.3. Календарный учебный график план базового кружка «Инженерные биологические системы» (2 год обучения)

№	Модуль	Часы	Период реализации 2026-2027 уч. г.
1	Введение	8	01.09.2026-13.09.2026
2	Модуль «Химия для инженерных биологических систем»	16	14.09.2026-05.10.2026
3	Модуль «Программирование Arduino для автоматизации биосистем»	18	12.10.2026-15.11.2026
5	Модуль «Проектирование и экономика ситиферм»	14	16.11.2026-06.12.2026
6	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	16	07.12.2026-30.12.2026
7	Практикум по решению заданий НТО	20	11.01.2027-14.02.2027
9	Модуль «Биохимия растительной продукции»	18	15.02.2027-21.03.2027
10	Модуль «Физиология и биохимия растений»	16	15.03.2027-18.04.2027
11	Модуль «Проектная деятельность и подготовка к конкурсам»	14	19.04.2027-21.05.2027
12	Конференция кружков ИБС	4	30.05.2027
	ИТОГО	144	

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

² 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
1.	Халаты лабораторные	15 шт.
2.	Халат для педагога	1 шт.
3.	Очки защитные	16 шт.
4.	Аптечка первой помощи	1 шт.
5.	Огнетушитель	1 шт.
6.	Шкаф для реактивов	1 шт.
7.	Шкаф для оборудования	1 шт.
8.	Стол лабораторный	8 шт.
9.	Стул лабораторный	16 шт.
10.	Раковина с подводкой воды	1 шт.
11.	Вытяжной шкаф	1 шт.
12.	Холодильник с морозильной камерой	1 шт.
13.	Лабораторный журнал	15 шт.
14.	Бюретка с краном, 25 мл	4 шт.
15.	Помпа-дозатор перистальтическая (12 В)	4 шт.
16.	TDS-датчик аналоговый для Arduino	4 шт.
17.	Блок питания 12 В / 2 А	4 шт.
18.	Ступка с пестиком (фарфор)	4 шт.
19.	Спектрофотометр или колориметр (опционально)	1 шт.
20.	Калькулятор	8 шт.
21.	Образовательный конструктор мини-гроубокса с IoT-управлением (ESP32, Wi-Fi, веб-интерфейс, камера, датчики, комплект сити-фермера)	4 компл.
22.	Гроутент многоярусный вертикальный, не менее 60×40×200 см, 5 ярусов, нейлон 420D, светоотражающий слой, вентиляционные рукава, поддон	1 - 4шт.

Инфраструктурный лист и расходные материалы для реализации программы базового кружка 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

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», 2-ой год обучения (Приложение 1).

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.

Электронные ресурсы

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

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-istoricheskaiayscld=16d9rebws9167381293> (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»**



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

Возраст обучающихся: 15-16 лет (9-10 классы)

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: создание условий для углубленного освоения школьниками современных методов биохимии, микробиологии, экологической и молекулярной биологии, формирования практических навыков создания и анализа инженерных биологических систем и успешной подготовки к участию в Национальной технологической олимпиаде.

Планируемые результаты

Предметные результаты:

1. Анализировать химический состав питательных растворов для оптимизации условий выращивания различных культур в гидропонных системах (уровень: применение).
2. Анализировать клеточные и биохимические процессы для оптимизации роста растений в контролируемых условиях гидропонных систем (уровень: анализ).
3. Оптимизировать физиологические процессы растений в гидропонных системах на основе анализа факторов среды и потребностей различных культур (уровень: применение).
4. Исследовать микроорганизмы для подбора оптимальных консорциумов в биофильтрах инженерных биологических систем (уровень: применение).
5. Проектировать экономически эффективные гидропонные системы на основе анализа затрат, урожайности и рыночной стоимости продукции (Уровень: применение).
6. Разрабатывать алгоритмы управления инженерными биологическими системами на базе Arduino для автоматизации процессов выращивания растений (уровень: применение).
7. Анализировать молекулярно-биологические процессы для применения в биотехнологиях и инженерных биологических системах (уровень: анализ).
8. Решать олимпиадные задания и выполнять командные проекты (уровень: применение).

Метапредметные результаты

Познавательные:

1. Анализировать возможности применения микроорганизмов в гидропонных системах.
2. Формулировать гипотезы о зависимости биохимических показателей от условий выращивания.
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 биохимического и генетического анализа.

Регулятивные:

1. Планировать производственный цикл.

2. Управлять исполнительными устройствами.

3. Оценивать перспективы развития ситифермерства.

4. Оптимизировать использование площади и ресурсов.

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

Коммуникативные:

1. Представлять результаты биохимического анализа в форме научного отчета.

2. Использовать специальную терминологию при обсуждении вопросов агробiotехнологий 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 результаты:

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 агrobiотехнологий 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. год

№ п/п	Название модуля	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
Раздел 1 «Проектирование и автоматизация биотехнологических систем»					
1	Введение	8	2	6	Регистрация на сайте НТО https://ntcontest.ru/ , решение заданий прошлых лет
2	Модуль «Химия для инженерных биологических систем»	16	4	12	Лабораторные работы, решение задач, опросы
3	Модуль «Программирование Arduino для автоматизации биосистем»	18	16	2	Лабораторные и практические работы, решение задач, тесты, демонстрация работы системы и защита проекта
4	Модуль «Проектирование и экономика ситиферм»	14	4	10	Лабораторные и практические работы, решение задач, презентация и защита бизнес-планов

5	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	16	4	12	Лабораторные и практические работы, составление блок-схем и таблиц, тесты, групповая презентация
	Итого по разделу 1:	72	30	42	
	Раздел 2 «Биохимические основы инженерных биологических систем»				
6	Практикум по решению заданий НТО	20	-	20	Решение задач, презентация проектов
7	Модуль «Биохимия растительной продукции»	18	6	12	Лабораторные работы, решение задач, презентация проектов
8	Модуль «Физиология и биохимия растений»	16	4	12	Лабораторные и практические работы, решение задач
9	Модуль «Проектная деятельность и подготовка к конкурсам»	14	2	12	Оформление результатов проекта в формате научной работы и подготовка конкурсной заявки на выбранный конкурс
10	Конференция кружков ИБС	4	-	4	Презентация проектов, участие в дискуссии
	Итого по разделу 2:	72	12	60	
	Итого:	144	42	102	

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

Год обучения	Дата начала обучения	Дата окончания обучения	Всего учебных недель	Количество учебных часов	Режим занятий*
2026-2027	01.09.2026	30.05.2027	36	144	очно

*занятия проводятся 1 раз в неделю по 4 академических часа

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

№	Дата проведения	Наименование	Количество часов		
			Всего	Теория	Практика

	01.09.2026-30.12.2026	Раздел 1 «Проектирование и автоматизация биотехнологических систем»	72	30	42
1	01.09.2026-13.09.2026	Введение	8	2	6
2	14.09.2026-05.10.2026	Модуль «Химия растворов для инженерных биологических систем»	16	4	12
3	12.10.2026-15.11.2026	Модуль «Программирование Arduino для автоматизации биосистем»	18	16	2
4	16.11.2026-06.12.2026	Модуль «Проектирование и экономика ситиферм»	14	4	10
5	07.12.2026-30.12.2026	Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология»	14	4	12
6	11.01.2027-30.05.2027	Раздел 2 «Биохимические основы инженерных биологических систем»	72	12	60
7	11.01.2027-14.02.2027	Практикум по решению заданий НТО	20	-	20
8	15.02.2027-21.03.2027	Модуль «Биохимия растительной продукции»	18	6	12
9	15.03.2027-18.04.2027	Модуль «Физиология и биохимия растений»	16	4	12
10	19.04.2027-21.05.2027	Модуль «Проектная деятельность и подготовка к конкурсам»	14	2	12
11	30.05.2027	Конференция кружков ИБС	4	-	4
	Итого:		144	42	102

5. Содержание программы

Раздел 1 «Проектирование и автоматизация биотехнологических систем»

Модуль 1. Введение

Тема 1. «Обзор программы второго года. Повторение ключевых знаний»

Обзор модулей второго года обучения и их взаимосвязей. Новые модули: химия для ИБС, биохимия, физиология, микробиология, проектирование и экономика, программирование Arduino, молекулярная биология. Повторение ключевых знаний первого года: гидропоника, ботаника, основы химии, клетка.

Тема 2. «НТО: структура олимпиады и стратегия подготовки»

Структура НТО: индивидуальный и командный этапы. Профиль «Инженерные биологические системы»: типы заданий. Критерии оценивания на отборочных и финальном этапах. Стратегии распределения времени при решении заданий. Командные роли на финале: биолог, химик, инженер, программист.

Тема 3. «Решение заданий отборочного этапа НТО (часть 1)»

Задания по биологии растений: морфология, анатомия, систематика. Задания по основам гидропонике: типы систем, параметры раствора. Задания по химии: pH, концентрация, свойства растворов. Разбор решений и типичных ошибок.

Тема 4. Решение заданий отборочного этапа НТО (часть 2).

Регистрация. Задания по гидропонике: расчёт продуктивности, анализ параметров среды. Комплексные задания, требующие знаний из нескольких модулей. Подготовка к регистрации и участию в олимпиаде.

Модуль 2. «Химия для инженерных биологических систем»

Тема 1. «Введение в химию растворов для гидропонных систем»

Основные понятия химии: вещество, смесь, раствор, растворитель (повторение). Понятие о растворимости веществ, таблица растворимости. Типы растворов: истинные, коллоидные, суспензии. Эффект Тиндаля. Растворы в гидропонных системах: состав питательных растворов. Связь растворов с жизнедеятельностью растений. Правила безопасной работы с химическими веществами.

Тема 2. «Кислотность растворов и её измерение»

Понятие pH, его химический смысл (повторение). Шкала pH и её значение для живых систем. Методы измерения pH (индикаторы, pH-метры). Влияние pH на доступность элементов питания для растений. Буферные растворы и их значение. Автоматические системы контроля и регулирования pH.

Тема 3. «Химический анализ среды для роста растений»

Основные параметры водной среды: pH, TDS, электропроводность (EC). Принципы и особенности работы измерительных приборов (pH-метр, TDS-метр, EC-метр). Подготовка проб для анализа. Анализ результатов и регулирование показателей. Нормативные значения параметров для различных культур.

Тема 4. «Концентрация растворов и способы её выражения»

Концентрация и способы её выражения (повторение и углубление). Массовая доля растворённого вещества. Молярная концентрация. Разбавление и концентрирование растворов. Приготовление растворов заданной концентрации.

Тема 5. «Пересчёт концентраций и приготовление растворов для гидропоники»

Взаимосвязь между различными способами выражения концентрации. Пересчёт концентраций: PPM, мг/л, ммоль/л. Приготовление растворов для гидропоники: расчёт навесок. Разбавление маточных растворов

Тема 6. «Окислительно-восстановительные процессы в питательных растворах»

Основы окислительно-восстановительных реакций (ОВР). Степени окисления элементов в соединениях. Окислители и восстановители в питательных растворах. Влияние ОВР на доступность элементов (например, железо $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$). Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) раствора.

Тема 7. «Химия в биотехнологическом проекте: приготовление питательной среды»

Простые рецепты питательных растворов: компоненты и их назначение. Совместимость солей в питательных растворах. Последовательность растворения компонентов. Типичные ошибки при приготовлении растворов. Контроль качества приготовленного раствора.

Тема 8. «Решение типовых задач из олимпиады НТО»

Разбор типовых задач на приготовление и разбавление растворов. Комплексные задачи, требующие знаний о концентрации, pH, совместимости солей, ОВР. Стратегии решения многошаговых задач.

Модуль 3. «Программирование Arduino для автоматизации биосистем»

Тема 1. «Программирование Arduino для автоматизации биосистем»

Экспресс-опрос: чем отличается мониторинг от управления? Почему нельзя подключить насос напрямую к пину Arduino? Что такое активный уровень реле? Разбор сложных моментов.

Практика: Сборка схемы: Arduino + модуль реле + светодиодная лента (имитация фитолампы). Написание скетча управления реле через `digitalWrite()`. Эксперимент: управление реле по команде из монитора порта (`Serial.read()`). Составление таблицы «исполнительное устройство -- тип реле - пин подключения».

Демонстрация включения/выключения нагрузки через реле. Обсуждение: какие устройства ситифермы можно подключить через реле?

Тема 2. «Датчик влажности почвы: подключение и калибровка»

Экспресс-опрос: Какой диапазон значений дает `analogRead()`? Зачем калибровать датчик? Какой уровень влажности почвы оптимален для большинства культур?

Практика: подключение датчика влажности почвы к аналоговому входу Arduino. Вывод сырых значений в монитор порта. Калибровка: замер значений для сухого и влажного субстрата. Написание функции пересчета в проценты с использованием `map()` или формулы. Запись калибровочных данных в журнал проекта.

Сравнение калибровочных данных у разных пар. Обсуждение: почему значения различаются?

Тема 3. «Пороговое управление: алгоритм автоматического полива»

Экспресс-опрос: что произойдет, если порог полива совпадет с текущей влажностью? Чем `millis()` лучше `delay()` для управления поливом? Как задать порог 66% в коде?

Практика: Объединение схемы: датчик влажности + реле + насос (имитация светодиодом). Написание кода порогового управления: включение полива при влажности менее 66%. Добавление дозированного полива: включение на 5 секунд. Реализация интервала между дозами не менее 2 минут с помощью `millis()`. Тестирование: имитация изменения влажности погружением датчика в воду. Вывод сообщений в монитор порта: «Полив включен», «Полив прекращен».

Демонстрация работы автополива. Обсуждение: как подобрать порог для разных культур?

Тема 4. «Лабораторная работа № 1: «Автоматический полив с протоколом тестирования»

Экспресс-опрос: Какой порог влажности задан? Какова длительность одной дозы полива? Каков минимальный интервал между дозами?

Инструктаж по ТБ (5 мин). Лабораторная работа 1 (70 мин): Сборка полной схемы автополива с насосом и емкостью. Загрузка и отладка кода. Тестирование по протоколу: (1) полив включается при влажности < 66%; (2) полив длится 5 секунд; (3) повторная доза не ранее чем через 2 минуты; (4) полив не включается при влажности >= 66%. Заполнение протокола тестирования. Фотографирование собранной схемы.

Демонстрация работающей системы наставнику. Обсуждение результатов протокола.

Тема 5. «Датчик TDS/EC: контроль питательного раствора»

Экспресс-опрос: что показывает TDS? В каких единицах измеряется? Какой диапазон TDS оптимален для салата? Зачем контролировать TDS в гидропонике?

Практика (60 мин): Подключение TDS-датчика к Arduino. Вывод значений в монитор порта. Калибровка по дистиллированной воде (TDS ~ 0). Измерение TDS трех проб: водопроводная вода, питательный раствор, дистиллированная вода. Запись результатов в таблицу. Добавление условия: вывод предупреждения при отклонении TDS от нормы.

Сравнение результатов измерений у разных пар. Обсуждение: как TDS связан с качеством питательного раствора?

Тема 6. Лабораторная работа № 2: «Мультисенсорная система мониторинга и управления»

Экспресс-опрос: Сколько датчиков и реле используем? Какие параметры контролируем? Какие решения принимает программа? • Инструктаж (5 мин). Лабораторная работа 2: Сборка мультисенсорной схемы: датчик влажности почвы + фоторезистор + TDS-датчик + 2 реле (насос, фитолампа). Написание интегрированного кода: чтение трех датчиков; пороговое управление поливом (влажность < 66%); управление освещением (освещенность ниже порога); вывод всех параметров и статусов в монитор порта. Тестирование каждого канала управления отдельно. Тестирование совместной работы. Запись результатов в журнал.

Демонстрация работающей системы. Обсуждение: какие параметры добавить для полного контроля?

Тема 7. «Структурная схема автоматики и документирование»

Экспресс-опрос: Какие элементы входят в структурную схему автоматики? Что означают стрелки разного типа? Какие документы по автоматике требуются на НТО?

Практика: Построение структурной схемы собранной системы (от руки или в редакторе): обозначение всех датчиков, контроллера, реле, исполнительных устройств; указание направления потоков данных и управляющих сигналов. Оформление листинга программы с комментариями. Составление итогового протокола тестирования по шаблону НТО. Сопоставление результатов протокола со структурной схемой.

Взаимная проверка схем в парах. Обсуждение типичных ошибок.

Тема 8. «Лабораторная работа № 3: «Масштабирование системы автоматизации»

Экспресс-опрос: Сколько аналоговых входов у Arduino Uno? Хватит ли пинов для 3 зон с датчиками? Как решить проблему нехватки пинов?

Лабораторная работа 3 (70 мин): Анализ текущей схемы: подсчет используемых пинов, определение свободных ресурсов. Проектирование расширенной схемы для гроубокса с 2 зонами полива и 1 зоной освещения.

Модификация кода: добавление второго канала полива с независимым порогом. Тестирование расширенной схемы. Подготовка письменного ответа на вопрос о масштабируемости (формат НТО).

Демонстрация расширенной системы. Обсуждение: ограничения Arduino Uno и пути их преодоления.

Тема 9. «Защита проекта «Автоматическая ситиферма»

Проверка готовности систем всех пар. Напоминание критериев оценивания. Распределение порядка выступлений. Ответы на вопросы.

Лабораторная работа 4 : Установка системы автоматизации на ситиферму (гроубокс). Размещение датчиков в рабочих точках. Запуск системы, проверка корректности показаний. Имитация условий: изменение влажности, затемнение, изменение концентрации раствора. Фиксация реакций системы. Подготовка к выступлению.

Защита проектов (30 мин): Презентация результатов (5--7 мин на пару). Демонстрация работающей системы. Показ структурной схемы и протокола тестирования. Ответы на вопросы наставника и других учеников.

Подведение итогов: обратная связь по проектам. Итоговый тест по модулю (5--7 вопросов). Рефлексия: что получилось, что улучшить. Обсуждение: как полученные навыки применяются на финале НТО?

Модуль 4. «Проектирование и экономика ситиферм»

Тема 1. «Зачем инженеру документация»

Почему без документации проект превращается в хаос? Учебный кейс «Ферма ГринЛайт»: что случилось, когда никто не вёл записи? Виды документации: спецификации, чертежи, журналы наблюдений. Как документация используется на реальных вертикальных фермах? Обзор требований к документации на финале НТО.

Тема 2. «Паспорт растения: от семечка до урожая»

Прослеживаемость продукции: зачем покупателю знать историю салата. Учебный кейс «Ферма Свежий лист»: QR-код на упаковке. Идентификация растений: сорт, фаза развития, внешние признаки. Оценка состояния: здоровое растение, стресс, признаки дефицитов. Что записывать: высота, количество листьев, цвет, тургор, примечания.

Тема 3. «Что на складе: учёт материалов и оборудования»

Учебный кейс «Ферма Агролист»: раствор закончился в пятницу вечером. Список материалов - что нужно для запуска проекта. Спецификация реагентов: название, количество, назначение, влияние на растения. Спецификация оборудования: разбивка по подсистемам (свет, полив, контроль). Как правильная спецификация ускоряет сборку и закупку.

Тема 4. «Нарисуй, чтобы построить: эскизы и схемы»

Учебный кейс: сборка без чертежа -- почему «я и так помню» не работает. От эскиза на бумаге до 3D-модели: уровни инженерной графики. Эскиз размещения: что изображаем, как подписываем, зачем нужен масштаб. Техника безопасности на схеме: размещение воды и электричества. Инструменты: карандаш и бумага, Компас-3D.

Тема 5. «Сколько стоит вырастить салат»

Вопрос на размышление: домашний салат дороже или дешевле магазинного?

Капитальные затраты (CAPEX): оборудование, которое покупаем один раз. Операционные затраты (ОРЕХ): электричество, раствор, расходники. Формула себестоимости: все затраты / весь урожай. Учебный кейс «Ферма Экорост»: как снизили себестоимость салата.

Тема 6. «Окупится ли ферма: расчёты для инвестора»

Учебный кейс «Миша и ферма микророзелени»: цифры школьного проекта. Продуктивность: сколько урожаев в год можно собрать с одного метра. Точка безубыточности: когда доходы начинают покрывать расходы. Срок окупаемости: через сколько месяцев вернутся вложения. Сравнение: почему вертикальная ферма может окупиться быстрее теплицы.

Тема 7. «Защита проекта: от документации к презентации»

Что отличает хороший проект от отличного: критерии оценки. Структура презентации: проблема, решение, результат, цифры. Как говорить об ошибках: «мы узнали, что...» вместо «не получилось». Сборка комплекта: паспорта растений + ВОР + эскиз + экономика.

Модуль 5. «Микробиология и экологическая биотехнология»

Тема 1. «Введение в микробиологию и экологическую биотехнологию»

Понятие микробиологии, вклад Л. Пастера и А. Флеминга. Пять групп микроорганизмов: бактерии, археи, грибы, микроводоросли, простейшие. Направления экологической биотехнологии: биоремедиация, очистка сточных вод, биотопливо, биоконтроль. Чтение этикетки и расчёт концентрации КОЕ/мл.

Тема 2. «Морфология и физиология микроорганизмов»

Строение прокариотической клетки: нуклеоид, клеточная стенка (пептидогликан), жгутики, рибосомы. Формы бактерий: кокки, бациллы, спираллы. Типы питания: автотрофы и гетеротрофы. Типы дыхания: аэробы, анаэробы, факультативные формы. Фазы роста культуры.

Тема 3. «Микроорганизмы в круговороте веществ»

Функции микроорганизмов: деструкция, трансформация, минерализация. Роль редуцентов. Круговорот азота: азотфиксация, аммонификация, нитрификация, денитрификация. Роль нитрифицирующих бактерий в аквапонике и работа биофильтра. Почвенная микрофлора и гумус.

Тема 4. «Влияние микробиоты на усвоение питательных веществ»

Понятие полезной микробиоты и ризосферы. Микориза: механизм расширения площади питания. PGPR-бактерии (*Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*) и их функции. Протокол внесения биопрепаратов в гидропонику.

Тема 5. «Биопрепараты для защиты растений»

Определение биопрепаратов и их избирательность. Механизмы действия: конкуренция, антибиоз, паразитизм (микопаразитизм), индукция устойчивости. Препараты Фитоспорин-М (*Bacillus subtilis*) и Триходермин (*Trichoderma*). Алгоритм диагностики пожелтения листьев и подбор биофунгицидов.

Тема 6. «Влияние условий среды на микробиологические процессы в гидропонике»

Факторы активности микроорганизмов: температура, pH, кислород. Оптимум pH 6,0-6,5 для большинства полезных микроорганизмов. Риски анаэробных зон и появление запаха сероводорода. Методы корректировки параметров среды.

Тема 7. «Микроорганизмы в инженерных биологических системах»

Три функции в промышленных системах: биоремедиация, биостимуляция, биоконтроль. Алгоритм очистки от нефти бактериями-деструкторами (*Pseudomonas*, *Rhodococcus*). Расчёты массы бактерий и объёма препарата для очистки грунта. Технологии будущего: микробные команды и биореакторы.

Раздел 2 «Биохимические основы инженерных биологических систем»

Модуль 6 Практикум по решению заданий НТО

Тема 1. «Анатомия финала: структура задания, критерии, стратегия (Тип А)»

Домашняя подготовка:

Памятка 1 «Структура заключительного этапа НТО ИБС». Структура финала: индивидуальный предметный тур (биология + химия) + командный инженерный тур. Формула итогового балла: Биология $\times 0,15$ + Химия $\times 0,15$ + Командный $\times 0,7$. Перечень продуктов командного тура (3 спецификации, схема размещения, лабораторный журнал, решения задач 1-4, 3D-модель, план эксперимента, расчёт продуктивности, технологическая схема, презентация). Роли в команде. Эволюция заданий 2022-2025;

Экспресс-опрос: вес командного тура; количество спецификаций; четыре роли в команде; изменения в задании 2024-25 по сравнению с 2022-23.

Практика: анализ задания финала 2024-25 в парах – составить перечень продуктов с форматом файла и ответственной ролью; составить план-график работы команды по дням и ролям; индивидуальная матрица компетенций (биология, химия, инженерия, программирование, документирование, экономика, биотехнология) по трём уровням. Объявление состава команд на занятия 4-8.

Тема 2. «Предметные задачи: биология и химия в формате отборочного этапа (Тип А)»

Домашняя подготовка:

Памятка 2 «Типы предметных заданий НТО ИБС». Типы задач по биологии: морфология, систематика, физиология, определение по описанию и изображению, КБЖУ, лекарственные растения. Типы задач по химии: pH и концентрация, приготовление и разбавление растворов, совместимость солей, расчёт навесок, анализ проб. Алгоритмы решения расчётных задач.

Экспресс-опрос: пересчёт массовой доли в г/л; состав раствора Кнопа; фотопериодизм.

Блок 1 – Биология: индивидуальное решение 5 задач за 20 мин; взаимопроверка в парах по эталону.

Блок 2 – Химия: индивидуальное решение 5 задач за 20 мин; взаимопроверка в парах (10 мин).

Разбор: наставник разбирает задачи с наибольшим числом ошибок; формулирование «Контрольных вопросов перед сдачей решения».

Тема 3. «Планирование серии экспериментов (Тип А)»

Домашняя подготовка:

Памятка 3 «Как составить план серии экспериментов для финала НТО». Структура плана (цель, гипотеза, объект, факторы, варианты, контроль, повторности, параметры, сроки, ожидаемые результаты). Требования к гипотезе: проверяемая, конкретная, содержит независимую и зависимую переменные. Примеры из заданий прошлых лет.

Экспресс-опрос: отличие гипотезы от предположения; назначение контрольной группы; минимальное число повторностей.

Задание 1: анализ плана эксперимента из задания финала 2023-24 в парах - выделить все элементы плана, оценить, что задано жёстко, а что на усмотрение команды

Задание 2: составление плана серии экспериментов по кейсу в командах (3–4 чел.). Кейс: «Влияние концентрации питательного раствора (50 %, 100 %, 150 % от стандартной + контроль) на скорость роста микрорзелени за 7 дней».

Задание 3: перекрёстная экспертиза планов по чек-листу. Формулирование «Золотых правил плана эксперимента».

Тема 4. «Технологические схемы и расчёт продуктивности (Тип Б)»

Домашняя подготовка:

Инструкция к практикуму 1. Структура технологической схемы (блоки операций, потоки, параметры). Формулы расчёта продуктивности (г/растение, г/м², г/л раствора, прирост биомассы в сутки). Структура экономического расчёта (затраты, выручка, прибыль, рентабельность).

Инструктаж: формат станционной работы - три кейса по 20 мин, ротация.

Станция А - Биовосстановление: технологическая схема по заданию 2022–23 (оценка загрязнения → выбор фиторемедиантов → подготовка грунта → посадка → мониторинг → оценка), оформление на листе А3.

Станция Б - Расчёт продуктивности и экономика: кейс по заданию 2023–24 - гроубокс, 3 культуры, расчёт урожайности за цикл, количества циклов в год, годовой выручки и прибыли

Станция В - Переработка сырья: технологическая схема получения мази из лекарственных растений (сбор → сушка → измельчение → экстракция → фильтрация → смешивание → фасовка → маркировка) с температурой, временем и пропорциями;

Разбор: сравнение решений, выделение лучших элементов, анализ типичных ошибок.

Тема 5. «Имитация командного тура: приёмка, спецификации, оснащение (Тип Б)»

Домашняя подготовка: легенда кейса имитации финала; структура спецификации биообъектов, оборудования и химреагентов; распределение ролей в команде. Инструктаж: выдача кейса, объяснение правил, старт таймера. Работа команд:

Биолог – спецификация биообъектов (≥3 культуры: описание, КБЖУ, обоснование), начало лабораторного журнала.

Химик – спецификация химреагентов (рецептура раствора, расчёт навесок и концентраций).

Инженер – спецификация оборудования с разбивкой на подсистемы, эскиз размещения объектов в гроубоксе.

Биотехнолог – координация, план эксперимента, начало технологической схемы переработки.

Сдача и экспресс-разбор: проверка комплектности (3 спецификации + схема размещения), обсуждение потерь времени.

Тема 6. «Имитация командного тура: задачи 1-4, план эксперимента (Тип Б)»

Домашняя подготовка: продолжение кейса имитации – алгоритмы решения задач 1-4; «Золотые правила плана эксперимента» с занятия 3. Выдача текстов задач 1-4 и бланка плана эксперимента, старт таймера. Работа команд:

Инженер/Программист – задача 1 (скетч Arduino для мониторинга: алгоритм + псевдокод + структурная схема) и задача 2 (автоматизация с реле: пороговые значения, протокол тестирования).

Химик – задача 3 (анализ 3 проб: методика определения pH, жёсткости, ионов; таблица результатов + заключение);

Биолог – задача 4 (диагностика состояния растения по описанию/фото, рекомендации, расчёт продуктивности).

Биотехнолог – план серии экспериментов по чек-листу, продолжение технологической схемы.

Сдача и экспресс-разбор: проверка комплектности решений, обсуждение затруднений.

Тема 7. «Имитация командного тура: 3D-модель, расчёт продуктивности, презентация (Тип Б)»

Домашняя подготовка: требования к эскизу (или 3D-модели); шаблон расчёта продуктивности; структура презентации финального решения; наброски эскиза модуля.

Инструктаж: задача – за 80 мин подготовить эскиз + пояснительную записку, расчёт продуктивности, технологическую схему переработки, черновик презентации. Работа команд:

Инженер – эскиз масштабированной установки (вид сверху + сбоку, размеры, подсистемы, зоны) + пояснительная записка; при наличии ПО – 3D-модель в КОМПАС.

Биолог + Химик – расчёт продуктивности (площадь, плотность посадки, урожайность за цикл, количество циклов в год, сравнение с лабораторной установкой).

Биотехнолог – завершение технологической схемы переработки сырья, описание технологии использования продукции.

Вся команда – презентация (5-7 слайдов: задача и контекст, спецификации и эскиз, план эксперимента, расчёт продуктивности, технологическая схема, выводы); распределение докладчиков. Завершение (10 мин): сдача материалов, проверка комплектности.

Тема 8. «Защита решений и рефлексия (Тип Б)»

Домашняя подготовка: доработка презентации, репетиция выступления (7-10 мин на команду), подготовка ответов на вопросы экспертов.

Вводная часть: формат защиты (7-10 мин выступление + 5 мин вопросы); критерии взаимной экспертизы.

Защита проектов: каждый участник представляет свою часть (биолог – спецификацию биообъектов и диагностику; химик – реагенты и анализ; инженер – оборудование, автоматизацию и эскиз; биотехнолог – план эксперимента и технологическую схему). Команды-эксперты заполняют чек-листы.

Подведение итогов имитации: объявление результатов, сравнение с результатами реальных финалистов, разбор сильных сторон и зон роста.

Индивидуальная рефлексия (15 мин): бланк – «Что я умею хорошо» (3 пункта), «Что нужно улучшить» (3 пункта), «Мой план подготовки к НТО на ближайшие 3 месяца» (конкретные шаги). Обсуждение в парах.

Итог модуля и второго года обучения; информация о сроках регистрации на НТО.

Модуль 7. «Биохимия растительной продукции»

Тема 1. «Введение в биохимию растений»

Что изучает биохимия растений. Основные классы биомолекул в растениях (углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты) и их функции. Роль углерода в строении биомолекул. Принцип строительных блоков (мономеров и полимеров).

Функциональные группы в растительных молекулах. Вторичные метаболиты растений. Понятие о питательной ценности и КБЖУ. Связь состава растений с условиями выращивания.

Тема 2. «Белки в растительной продукции»

Строение белков: аминокислоты и пептидная связь. Аминокислотный состав растительных белков. Незаменимые аминокислоты и их значение. Функции белков в растительных клетках. Качественные реакции на белки (биуретовая реакция). Факторы, влияющие на накопление белков в растениях.

Тема 3. «Углеводы и их функции в растениях»

Классификация углеводов: моно-, ди- и полисахариды. Структурные (целлюлоза) и запасные (крахмал) полисахариды. Гликозидная связь. Йодная проба на крахмал. Биосинтез углеводов в растениях (фотосинтез: упрощенное уравнение).

Пищевые волокна и их значение для человека. Факторы, влияющие на накопление углеводов (свет, CO₂, температура, время сбора).

Тема 4. «Липиды в растительной продукции»

Строение липидов: глицерин, жирные кислоты, триглицериды. Классификация растительных липидов (запасные, мембранные, защитные). Жирные кислоты: насыщенные и ненасыщенные. Омега-3, омега-6 жирные кислоты: значение для питания. Методы выделения липидов из растений.

Тема 5. «Витамины и антиоксиданты в растениях»

Классификация витаминов: водо- и жирорастворимые. Витамин С: строение, свойства (антиоксидантные), функции, источники. Общая роль витаминов группы В, Е, К в растениях и для человека. Каротиноиды как антиоксиданты. Методы определения витамина С (йодометрический метод). Факторы, влияющие на накопление витаминов (свет, температура, состав раствора). Микрозелень как источник витаминов.

Тема 6. «Пигменты растений и их значение»

Основные группы пигментов: хлорофиллы, каротиноиды, антоцианы. Биосинтез и функции растительных пигментов. Роль магния и других элементов в синтезе хлорофилла, симптомы дефицита. Изменение пигментного состава при созревании и хранении. Влияние условий выращивания на накопление пигментов. Оптимизация LED-освещения для гидропонных систем. Методы экстракции и хроматографического разделения пигментов.

Тема 7. «Экспериментальная фаза проекта (Проект, этап 1: ЗАКЛАДКА ЭКСПЕРИМЕНТА)»

Постановка цели и гипотезы проекта. Планирование экспериментального дизайна: выбор культуры, определение изменяемых параметров среды (освещение, температура, состав раствора). Выбор методов анализа биохимического состава. Ознакомление с оборудованием и расходными материалами. Инструктаж по технике безопасности.

Тема 8. «Обработка и анализ результатов (Проект, этап 2: СБОР УРОЖАЯ И АНАЛИЗ)»

Сбор урожая и подготовка образцов для анализа. Проведение расчётов: КБЖУ, калорийность, коэффициент подвижности (R_f) для пигментов. Сравнение полученных результатов с эталонными значениями. Объяснение связи между изменениями условий и биохимическим составом. Анализ подтверждения или опровержения гипотезы. Анализ возможных ошибок в эксперименте. Формулирование выводов по результатам работы.

Тема 9. «Оформление презентации и защита проекта (Проект, этап 3: ЗАЩИТА)»

Подготовка презентации проекта: титульный слайд, введение, цель и гипотеза, материалы и методы, результаты, обсуждение, заключение,

перспективы. Представление данных в виде графиков, таблиц, фотографий. Интерпретация результатов с точки зрения биохимии.

Модуль 8. «Физиология и биохимия растений»

Тема 1. «Управление фотосинтезом в инженерных системах»

- Фотосинтез как материальная основа роста растений
- Состав сухой массы растений: углерод, кислород, водород
- Эволюционные адаптации фотосинтеза у разных групп растений
- Световые потребности растений
- Закон лимитирующих факторов
- Диагностика световых проблем: этиоляция и фотоингибирование

Тема 2. «Дыхание растений в искусственных условиях»

Дыхание растений: отличия от фотосинтеза. Суточный баланс газообмена. Устьица: строение и функции. Точка световой компенсации. Влияние температуры на дыхание. Проблемы газообмена в теплицах.

Тема 3. «Поглощение и транспорт веществ в растении»

Строение корневой системы (повторение). Активное и пассивное поглощение веществ. Осмос и тургорное давление. Проводящие ткани: ксилема и флоэма. Транспирация и гуттация.

Тема 4. «Минеральное питание растений»

Макроэлементы и микроэлементы. Функции элементов в растении: азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо. Признаки дефицита основных элементов. Особенности питания в гидропонике: типовые питательные растворы.

Тема 5. «Гормональная регуляция роста и развития растений»

Фитогормоны: ауксины, гиббереллины, цитокинины. Функции гормонов в росте растений. Тропизмы: фототропизм, геотропизм. Нاستии: никтинастия, сейсмонастия. Регуляторы роста в растениеводстве.

Тема 6. «Стрессовые факторы и адаптации растений»

Понятие стресса у растений. Абиотические стрессоры: засуха, засоление, температура. Биотические стрессоры: вредители, болезни. Антропогенное воздействие на растения. Признаки стресса и адаптации. Защита растений в искусственных условиях.

Тема 7. «Диагностика физиологического состояния растений»

Комплексная оценка состояния растений. Визуальная диагностика проблем. Связь между симптомами и нарушениями процессов. Очередность диагностических процедур. Составление диагностических карт.

Тема 8. «Оптимизация условий выращивания растений»

Составление плана улучшения условий. Приоритизация мероприятий по исправлению проблем. Мониторинг эффективности предпринятых мер. Профилактика повторных нарушений. Документирование изменений.

Модуль 9. «Проектная деятельность и подготовка к конкурсам»

Тема 1. «Рефлексия: анализ опыта участия в НТО»

Структурированная рефлексия по итогам сезона НТО. Для финалистов: разбор заданий заключительного этапа текущего года, анализ командной работы, выявление ошибок. Для участников отборочных этапов: разбор заданий, анализ пробелов. Инструменты: опросник самооценки (навыки НТО).

Тема 2. Составление индивидуальной «карты компетенций»: что освоено, что требует доработки. Обзор конкурсов: «Большие вызовы» (Сириус), «Талант НТО», школьные НПК – направления, сроки, критерии. Мозговой штурм тем. Критерии выбора: актуальность, реалистичность анализа имеющимися средствами, потенциал для конкурса. Формирование проектных пар/троек.

Тема 3. «Формулирование проблемы и обзор источников»

Работа с источниками информации: научно-популярные статьи, обзоры, базы данных. Формулирование проблемы: что известно, что не известно, какова цель проекта. Определение объекта исследования: какой организм/процесс, какой метод анализа. Начало написания раздела «Введение».

Тема 4. «Проектирование эксперимента: дизайн ключевого этапа»

Практикум: проектирование центрального эксперимента проекта.

Тема 5. «Проектирование проверки результата и система контролей»

Как проверить, что эксперимент удался? Для каждого типа проекта – стратегия проверки на основе изученных методов. Система контролей: положительный, отрицательный, внутренний. Дизайн проверочных праймеров.

Обсуждение ограничений и биоэтика. Каждый эксперимент имеет ограничения. Обсуждение: что может пойти не так? Разные уровни этических ограничений. Обсуждение в формате дебатов: «За и против применения [технологии проекта] в реальной практике». Раздел «Обсуждение» проектной работы.

Тема 6. «Python-анализ и визуализация данных проекта»

Практикум: применение Python для анализа данных проекта. Все задачи – на основе освоенных навыков (модуль Python продвинутый). Создание графиков для проектной работы (matplotlib). Раздел «Результаты».

Тема 7. «Оформление работы и подготовка постера»

Структура научной работы: титульный лист, аннотация, введение, материалы и методы, результаты, обсуждение, выводы, список литературы.

Требования к оформлению для конкурсов. Дизайн научного постера (формат А1): структура, визуальная иерархия, баланс текста и графики. Составление аннотации (150-200 слов).

Модуль 10 «Конференция кружков ИБС»

Конференция кружков НТО. Подготовка участников конференции. Проведение конференции. Подведение итогов, обратная связь.

6. Формы контроля и подведения итогов реализации программы

Текущий контроль

1. Лабораторный журнал. Участники кружка ведут структурированный лабораторный журнал с описанием правил работы с химическими веществами. Журнал проверяется педагогом ежемесячно с предоставлением развернутой обратной связи.

2. Лабораторные работы по измерению параметров различных растворов. Оценивание правильности выполнения процедур измерения параметров растворов различными методами.

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 зелени, оптимизации питательного раствора, сравнению эффективности различных питательных растворов, влиянию стрессовых факторов на рост и развитие растений, применению регуляторов роста для оптимизации урожайности. Групповая работа (3-4 человека), документирование параметров, 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 обучающихся 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»
(2 год обучения)**

г. Сургут, 2026 год

Методическая карта модуля «Введение»

(8 часов, 4 занятия по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – анализировать задания отборочного этапа НТО по профилю «Инженерные биологические системы» и применять знания первого года для их решения.

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Обзор программы второго года. Повторение ключевых знаний	• Обзор модулей второго года обучения и их взаимосвязей. • Новые модули: химия для ИБС, биохимия, физиология, микробиология, проектирование и экономика, программирование Arduino, молекулярная биология. • Повторение ключевых знаний первого года: гидропоника, ботаника, основы химии, клетка	• Входное тестирование по ключевым темам первого года. • Составление индивидуальной карты компетенций: «Что я знаю / Что хочу узнать». • Обсуждение: «Какие знания мне пригодились за лето?»	• Называть модули второго года обучения и их взаимосвязи. • Описывать ключевые понятия, изученные на первом году
2. НТО: структура олимпиады и стратегия подготовки	• Структура НТО: индивидуальный и командный этапы. • Профиль «Инженерные биологические системы»: типы заданий. • Критерии оценивания на отборочных и финальном этапах. • Стратегии распределения	• Решение демо-версии отборочного этапа текущего года (при наличии). • Разбор заданий прошлых лет с анализом типичных ошибок. • Составление стратегии подготовки к отборочному этапу	• Описывать структуру и этапы НТО по профилю ИБС. • Решать типовые задания отборочного этапа НТО. • Определять свою роль в команде для финального этапа

	времени при решении заданий • Командные роли на финале: биолог, химик, инженер, программист		
3. Решение заданий отборочного этапа НТО (часть 1)	• Задания по биологии растений: морфология, анатомия, систематика. • Задания по основам гидропоники: типы систем, параметры раствора. • Задания по химии: pH, концентрация, свойства растворов • Разбор решений и типичных ошибок	• Индивидуальное решение блока заданий по биологии и химии (с ограничением времени). • Взаимопроверка и обсуждение решений в парах. • Анализ ошибок и формулирование правил для их предотвращения	• Решать задания отборочного этапа по биологии и химии с минимальной помощью. • Объяснять логику решения задач
4. Решение заданий отборочного этапа НТО (часть 2). Регистрация	• Задания по гидропонике: расчёт продуктивности, анализ параметров среды. • Комплексные задания, требующие знаний из нескольких модулей. • Подготовка к регистрации и участию в олимпиаде	• Индивидуальное решение комплексных заданий (с ограничением времени). • Практическая работа: регистрация на платформе НТО (при наличии технической возможности). • Итоговый разбор: «Мои сильные стороны и зоны роста»	• Решать комплексные задания, применяя знания из нескольких модулей

Методические рекомендации по проведению модуля «Введение»

Конспекты для повторения ключевых тем первого года размещены на платформе. Обучающиеся повторяют материал до занятия. На занятии основное время отводится решению заданий НТО и обсуждению стратегий.

Работа с заданиями НТО

Используйте задания прошлых лет с сайта ntcontest.ru. Организуйте решение в условиях, приближённых к олимпиадным: ограничение времени,

индивидуальная работа. После решения проводите разбор: обсуждение стратегий, анализ типичных ошибок, формулирование правил.

Методическая карта модуля

«Химия для инженерных биологических систем»

(16 часов, 8 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – рассчитывать состав питательных растворов для гидропонных систем и контролировать их химические параметры.

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в химию растворов для гидропонных систем	• Основные понятия химии: вещество, смесь, раствор, растворитель (повторение). • Понятие о растворимости веществ, таблица растворимости. • Типы растворов: истинные, коллоидные, суспензии. Эффект Тиндаля. • Растворы в гидропонных системах: состав питательных растворов. • Связь растворов с жизнедеятельностью растений. • Правила безопасной работы с химическими веществами	• Практическое определение типов растворов (истинных, коллоидных, суспензий) с использованием лазерной указки для демонстрации эффекта Тиндаля. • Заполнение таблицы «Основные компоненты питательных растворов и их роль». • Начало ведения лабораторного журнала с описанием правил работы с химическими веществами	• Различать типы растворов и объяснять их особенности. • Описывать состав базовых питательных растворов. • Соблюдать правила безопасной работы с химическими веществами
2. Кислотность растворов и её измерение	• Понятие pH, его химический смысл (повторение). • Шкала pH и её значение для живых систем.	• Лабораторная работа «Измерение pH различных растворов» (водопроводная вода, питательный раствор, раствор	• Объяснять понятие pH и его значение для живых систем. • Измерять pH растворов различными методами.

	• Методы измерения pH (индикаторы, pH-метры). • Влияние pH на доступность элементов питания для растений • Буферные растворы и их значение. • Автоматические системы контроля и регулирования pH	после использования). • Построение графика зависимости доступности элементов от pH. • Решение задач на определение оптимального pH для конкретных культур	• Описывать взаимосвязь между pH и доступностью элементов питания. • Вести протокол измерений pH в лабораторном журнале
3. Химический анализ среды для роста растений	• Основные параметры водной среды: pH, TDS, электропроводность (ЕС). • Принципы и особенности работы измерительных приборов (pH-метр, TDS-метр, ЕС-метр). • Подготовка проб для анализа. • Анализ результатов и регулирование показателей. • Нормативные значения параметров для различных культур	• Опрос и мини-викторина по целям анализа среды и значению pH, TDS, ЕС. • Лабораторная работа «Измерение pH, ЕС, TDS различных растворов»: водопроводная вода, дистиллированная вода, питательный раствор, раствор после полива. • Внесение данных в лабораторный протокол. • Обсуждение: как определить пригодность среды для растений и что делать, если показатели вне нормы	• Измерять pH, TDS и ЕС растворов с помощью приборов • Готовить пробы для химического анализа согласно протоколу • Определять пригодность раствора для выращивания конкретных культур на основе результатов измерений
4. Концентрация растворов и способы её выражения	• Концентрация и способы её выражения (повторение и углубление). • Массовая доля растворённого вещества. • Молярная концентрация.	• Лабораторная работа «Приготовление растворов различной концентрации». • Решение расчётных задач на массовую долю и молярную концентрацию. • Взаимопроверка расчётов в парах	• Рассчитывать концентрацию растворов (массовая доля, молярная концентрация). • Готовить растворы с заданной массовой долей и молярной концентрацией.

	• Разбавление и концентрирование растворов. • Приготовление растворов заданной концентрации		• Документировать результаты измерений в лабораторном журнале
5. Пересчёт концентраций и приготовление растворов для гидропоники	• Взаимосвязь между различными способами выражения концентрации. • Пересчёт концентраций: PPM, мг/л, ммоль/л. • Приготовление растворов для гидропоники: расчёт навесок. • Разбавление маточных растворов	• Составление таблицы перевода единиц измерения концентрации (PPM, мг/л, моль/л). • Решение расчётных задач на пересчёт концентраций и разбавление. • Расчёт навесок для приготовления питательного раствора	• Переводить концентрации между единицами измерения (% , ppm, мг/л, ммоль/л). • Рассчитывать навески для приготовления растворов заданной концентрации. • Разбавлять и концентрировать растворы до нужной концентрации
6. Окислительно-восстановительные процессы в питательных растворах	• Основы окислительно-восстановительных реакций (ОВР). • Степени окисления элементов в соединениях. • Окислители и восстановители в питательных растворах. • Влияние ОВР на доступность элементов (например, железо Fe^{2+}/Fe^{3+}). • Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) раствора	• Лабораторная работа «Исследование окислительно-восстановительных процессов в питательных растворах». • Составление таблицы соотношений элементов для разных культур. • Создание инфографики «Путешествие атома железа в гидропонной системе». • Оформление расчётов в лабораторном журнале	• Объяснять принципы окислительно-восстановительных реакций на примере питательных растворов. • Определять степени окисления элементов в соединениях. • Описывать влияние ОВР на доступность элементов питания
7. Химия в биотехнологическом проекте:	• Простые рецепты питательных растворов:	• Обсуждение кейса: «Какой раствор приготовить для	• Объяснять принципы совместимости

приготовление питательной среды	компоненты и их назначение. • Совместимость солей в питательных растворах. • Последовательность растворения компонентов. • Типичные ошибки при приготовлении растворов. • Контроль качества приготовленного раствора	проращивания семян или выращивания рассады?». • Обсуждение в группах: «Что изменится для растения, если раствор слишком концентрирован / разбавлен / кислый?». • Расчёт и приготовление питательного раствора малыми группами (отмерить, растворить, проверить pH, EC). • Самооценка по чек-листу приготовления раствора	солей в питательных растворах. • Рассчитывать массы солей для приготовления питательного раствора. • Соблюдать правильную последовательность растворения компонентов • Проверять качество приготовленного раствора (pH, EC)
8. Решение типовых задач из олимпиады НТО	• Разбор типовых задач на приготовление и разбавление растворов • Комплексные задачи, требующие знаний о концентрации, pH, совместимости солей, ОВР • Стратегии решения многошаговых задач	• Решение расчётных задач на пересчёт концентраций и разбавление • Решение интегрированных задач, требующих применения знаний из нескольких занятий • Взаимопроверка и обсуждение решений	• Решать расчётные задачи по химии растворов, применяя знания о концентрации, pH, совместимости солей. • Описывать логику решения многошаговых задач

Межмодульные связи

- Модуль опирается на знания из модуля «Основы химии» первого года обучения (pH, концентрация, электролиты, растворы);

- Модуль является пререквизитом для модуля «Биохимия растительной продукции» (расчёт питательной ценности) и модуля «Физиология и биохимия растений» (минеральное питание, оптимизация растворов).

Методические рекомендации по проведению модуля «Химия для инженерных биологических систем»

Организация перевёрнутого класса

Конспекты по каждой теме размещены на платформе. Обучающиеся повторяют материал первого года и изучают новые темы до занятия. На занятии первые 5-7 минут отводятся на проверку понимания. Основное время (60-70%) используется для лабораторных работ, решения расчётных задач, приготовления растворов.

Практикоориентированность

Все расчёты и лабораторные работы привязаны к задачам гидропонного выращивания. Используйте реальные данные из проекта «Моя ситиферма» первого года. Включайте в каждое занятие 1-2 задачи формата НТО.

Работа с приборами

Обучите калибровке рН-метра и TDS/EC-метра. Объясните необходимость регулярной калибровки. Научите правильному хранению датчиков (рН-электрод в специальном растворе). Организуйте дежурство по уходу за приборами.

Методическая карта модуля

«Программирование Arduino для автоматизации биосистем»

(18 часов, 9 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – проектировать и программировать систему автоматического управления ситифермой на Arduino с использованием реле, датчиков влажности почвы и TDS, реализовывать алгоритмы порогового управления поливом и дозированием, оформлять схему автоматики с протоколом тестирования в формате задания финала НТО.

Хронология сквозного проекта «Автоматическая ситиферма»

Неделя	1	2	3	4
Занятия	1-2	3-4	5-6	7-8
Тип занятий	A + A	A + Б	A + Б	A + Б
Материалы на платформе (до занятия)	Конспекты 1, 2 + Инструкция 1, 2	Конспект 3 + Инструкция 3, Инструкция ЛР1	Конспект 5 + Инструкция 5, Инструкция ЛР2	Конспект 7 + Инструкция 7, Инструкция ЛР3
Этап проекта	Управление исполнителями	Автополив	Мультисенсорная система	Комплексная автоматика

Логика перевёрнутого класса

Тип А: Занятие с теорией (1, 2, 3, 5, 7)

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
Завершение (5--10 мин)	Демонстрирует результат, записывает в журнал	Проверяет результаты, дает обратную связь

Тип Б: Занятие-лабораторная (4, 6, 8, 9)

Этап	Ученик	Наставник
До занятия	Изучает инструкцию к ЛР на платформе: цель, схема, код	Изучает методкарту + инструкцию, готовит оборудование
Начало занятия (5-10 мин)	Задаёт вопросы по инструкции	Проводит экспресс-опрос, инструктаж по ТБ
Основная часть (70-80 мин)	Выполняет ЛР по инструкции	Консультирует, помогает с отладкой
Завершение (5-10 мин)	Демонстрирует результат, записывает в журнал	Проверяет, принимает работу

Содержание занятий

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
1	От мониторинга к управлению: реле и исполнительные устройства	A	Конспект 1, Инструкция 1	- Изучить конспект: принцип работы электромагнитного реле; - отличие цифрового выхода от аналогового входа; - назначение реле в системах автоматизации ситиферм; - типы исполнительных устройств (насос, фитолампа, вентилятор); - активный уровень сигнала (HIGH/LOW) для модуля реле. - Ознакомиться с инструкцией по подключению реле	Экспресс-опрос (10 мин): чем отличается мониторинг от управления? Почему нельзя подключить насос напрямую к пину Arduino? Что такое активный уровень реле? Разбор сложных моментов. Практика (60 мин): Сборка схемы: Arduino + модуль реле + светодиодная лента (имитация фитоламп). Написание скетча управления реле через digitalWrite(). Эксперимент: управление реле по команде из монитора порта (Serial.read()). Составление таблицы «исполнительное устройство -- тип реле - пин подключения». Завершение (10 мин): Демонстрация включения/выключения нагрузки через реле. Обсуждение: какие устройства ситифермы можно подключить через реле	- Результаты экспресс-опроса. - Работающая схема с реле. - Заполненная таблица устройств	- Объяснять принцип работы реле как элемента управления. - Различать мониторинг и управление в контексте автоматизации. - Собирать схему подключения модуля реле к Arduino. - Управлять состоянием реле программно

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
2	Датчик влажности почвы: подключение и калибровка	A	Конспект 2, Инструкция 2	Изучить конспект: • типы датчиков влажности почвы (резистивный, емкостной); • принцип измерения (аналоговый сигнал); • диапазон значений analogRead() (0--1023); • пересчет сырых значений в проценты влажности; • понятие калибровки датчика (сухой субстрат / мокрый субстрат); • значение влажности почвы для роста растений. • Ознакомиться с инструкцией по калибровке	• Экспресс-опрос (10 мин): Какой диапазон значений дает analogRead()? Зачем калибровать датчик? Какой уровень влажности почвы оптимален для большинства культур? • Практика (60 мин): Подключение датчика влажности почвы к аналоговому входу Arduino. Вывод сырых значений в монитор порта. Калибровка: замер значений для сухого и влажного субстрата. Написание функции пересчета в проценты с использованием map() или формулы. Запись калибровочных данных в журнал проекта. • Завершение (10 мин): Сравнение калибровочных данных у разных пар. Обсуждение: почему значения различаются	• Результаты экспресс-опроса. • Работающий датчик с корректным выводом значений. • Записанные калибровочные данные. • Работающая функция пересчета в проценты	• Объяснять принцип работы датчика влажности почвы. Подключать датчик к аналоговому входу Arduino. • Калибровать датчик по двум точкам (сухой/мокрый субстрат). • Пересчитывать сырые значения в проценты влажности

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
3	Пороговое управление: алгоритм автоматического полива	A	Конспект 3, Инструкция 3	Изучить конспект: - понятие порогового значения в автоматизации; - алгоритм «если влажность < порога -- включить полив»; - проблема дребезга (многократное включение/выключение вблизи порога); - гистерезис как способ устранения дребезга; - функция millis() для отсчета интервалов без блокировки программы; - отличие millis() от delay(). - Ознакомиться с инструкцией	Экспресс-опрос (10 мин): что произойдет, если порог полива совпадет с текущей влажностью? Чем millis() лучше delay() для управления поливом? Как задать порог 66% в коде? Практика (60 мин): Объединение схем: Датчик влажности + реле + насос (имитация светодиодом). Написание кода порогового управления: включение полива при влажности менее 66%. Добавление дозированного полива: включение на 5 секунд. Реализация интервала между дозами не менее 2 минут с помощью millis(). Тестирование: имитация изменения влажности погружением датчика в воду. Вывод сообщений в монитор порта: «Полив включен», «Полив прекращен». Завершение (10 мин): Демонстрация работы автополива. Обсуждение: как подобрать порог для разных культур	- Результаты экспресс-опроса. - Работающий алгоритм порогового управления. - Корректное дозирование (5 с). Корректный интервал между дозами (2 мин) - Использовать millis() для неблокирующих временных интервалов. - Задавать параметры дозирования (длительность полива, интервал между дозами)	- Объяснять принцип порогового управления поливом. - Программировать алгоритм дозированного полива с заданным порогом. - Использовать millis() для неблокирующих временных интервалов. - Задавать параметры дозирования (длительность полива, интервал между дозами)

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
4	Лабораторная работа № 1: «Автоматический полив с протоколом тестирования»	Б	Инструкция к ЛР1	Изучить инструкцию: • цель работы (сборка и тестирование системы автополива); • полная схема подключения (Arduino + датчик влажности + реле + насос); • код программы с комментариями; • порядок тестирования; шаблон протокола тестирования (таблица: условие -- ожидаемый результат -- фактический результат -- статус); • критерии оценки НТО для задачи по автоматизации	• Экспресс-опрос (5 мин): Какой порог влажности задан? Какова длительность одной дозы полива? Каков минимальный интервал между дозами? • Инструктаж по ТБ (5 мин). • Лабораторная работа 1 (70 мин): Сборка полной схемы автополива с насосом и емкостью. Загрузка и отладка кода. Тестирование по протоколу: (1) полив включается при влажности < 66%; (2) полив длится 5 секунд; (3) повторная доза не ранее чем через 2 минуты; (4) полив не включается при влажности >= 66%. Заполнение протокола тестирования. Фотографирование собранной схемы. • Завершение (10 мин): Демонстрация работающей системы наставнику. Обсуждение результатов протокола	• Ответы на экспресс-опрос. • Работающая система автополива. • Заполненный протокол тестирования (4 теста). • Фотография схемы	• Собирать систему автоматического полива с реле и насосом. • Тестировать систему по протоколу с фиксацией результатов. • Оформлять протокол тестирования в формате задания НТО. • Выявлять и устранять ошибки при отладке

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
5	Датчик TDS/EC: контроль питательного раствора	A	Конспект 5, Инструкция 5	Изучить конспект: • понятие TDS (Total Dissolved Solids) и EC (электропроводность); • единицы измерения (ppm, мСм/см); • связь TDS с концентрацией питательного раствора; • оптимальные диапазоны TDS для разных культур; • принцип работы TDS-метра (аналоговый датчик); • подключение к Arduino через аналоговый вход; • формула пересчета аналогового значения в ppm. Ознакомиться с инструкцией	• Экспресс-опрос (10 мин): Что показывает TDS? В каких единицах измеряется? Какой диапазон TDS оптимален для салата? Зачем контролировать TDS в гидропонике? • Практика (60 мин): Подключение TDS-датчика к Arduino. Вывод значений в монитор порта. Калибровка по дистиллированной воде (TDS ~ 0). Измерение TDS трех проб: водопроводная вода, питательный раствор, дистиллированная вода. Запись результатов в таблицу. Добавление условия: вывод предупреждения при отклонении TDS от нормы. • Завершение (10 мин): Сравнение результатов измерений у разных пар. Обсуждение: как TDS связан с качеством питательного раствора	• Результаты экспресс-опроса. • Работающий датчик TDS с корректными показаниями. • Таблица измерений трех проб. • Работающее условие предупреждения	• Объяснять назначение контроля TDS в гидропонике. • Подключать и калибровать TDS-датчик. • Измерять TDS растворов и интерпретировать результаты. • Программировать вывод предупреждений при отклонении параметра от нормы

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
6	Лабораторная работа № 2: «Мультисенсорная система мониторинга и управления»	Б	Инструкция к ЛР2	Изучить инструкцию: • цель работы (интеграция датчиков влажности почвы, освещенности, TDS в единую систему с управлением через реле); • полная схема подключения; - структура кода: блок чтения датчиков, блок принятия решений, блок управления реле; • порядок выполнения; - шаблон вывода данных в монитор порта	• Экспресс-опрос (5 мин): Сколько датчиков и реле используем? Какие параметры контролируем? Какие решения принимает программа? • Инструктаж (5 мин). Лабораторная работа 2 (70 мин): Сборка мультисенсорной схемы: датчик влажности почвы + фоторезистор + TDS-датчик + 2 реле (насос, фитолампа). Написание интегрированного кода: чтение трех датчиков; пороговое управление поливом (влажность < 66%); управление освещением (освещенность ниже порога); вывод всех параметров и статусов в монитор порта. Тестирование каждого канала управления отдельно. Тестирование совместной работы. Запись результатов в журнал. • Завершение (10 мин): Демонстрация работающей системы. Обсуждение: какие параметры добавить для полного контроля	• Ответы на экспресс-опрос. • Работающая мультисенсорная система; • Корректное управление двумя каналами (полив, освещение). • Запись в журнал	• Интегрировать несколько датчиков и исполнительных устройств в единую систему. • Программировать многоканальное пороговое управление. • Тестировать каналы управления раздельно и совместно. • Форматировать вывод мультисенсорных данных в монитор порта

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
7	Структурная схема автоматики и документирование	A	Конспект 7, Инструкция 7	Изучить конспект: • понятие структурной схемы автоматизации; • элементы схемы: датчики, контроллер, исполнительные устройства, объект управления; правила обозначения направления стрелок (прием, передача, прием-передача данных); • примеры структурных схем из заданий НТО; • требования к оформлению листинга программы; • требования к протоколу тестирования; • подготовка документации для экспертной комиссии.	• Экспресс-опрос (10 мин): Какие элементы входят в структурную схему автоматики? Что означают стрелки разного типа? Какие документы по автоматике требуются на НТО? • Практика (60 мин): Построение структурной схемы собранной системы (от руки или в редакторе): обозначение всех датчиков, контроллера, реле, исполнительных устройств; указание направления потоков данных и управляющих сигналов. Оформление листинга программы с комментариями. Составление итогового протокола тестирования по шаблону НТО. Сопоставление результатов протокола со структурной схемой. • Завершение (10 мин): Взаимная проверка схем в парах. Обсуждение типичных ошибок	• Результаты экспресс-опроса. • Структурная схема с корректными обозначениями. • Оформленные листинг программы с комментариями. • Составлять протокол тестирования по шаблону задания НТО. • Сопоставлять документацию со схемой и кодом	• Строить структурную схему системы автоматизации с обозначением потоков данных. • Оформлять листинг программы с комментариями. • Составлять протокол тестирования по шаблону задания НТО. • Сопоставлять документацию со схемой и кодом

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
				Ознакомиться с инструкцией			

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
8	Лабораторная работа № 3: «Масштабирование системы автоматизации»	Б	Инструкция к ЛР3	Изучить инструкцию: • цель работы (анализ масштабируемости системы автоматизации для гроубокса); • критерии масштабируемости: количество зон, количество датчиков, ограничения пинов Arduino; • способы расширения (I2C-мультиплексор, дополнительные модули реле, сдвиговые регистры); • кейс из НТО: «Может ли данная схема быть масштабирована и применяться для автоматизации гроубокса? Почему?»; • шаблон пояснительной записки	• Экспресс-опрос (5 мин): Сколько аналоговых входов у Arduino Uno? Хватит ли пинов для 3 зон с датчиками? Как решить проблему нехватки пинов? • Инструктаж (5 мин). Лабораторная работа 3 (70 мин): Анализ текущей схемы: подсчет используемых пинов, определение свободных ресурсов. Проектирование расширенной схемы для гроубокса с 2 зонами полива и 1 зоной освещения. Модификация кода: добавление второго канала полива с независимым порогом. Тестирование расширенной схемы. Подготовка письменного ответа на вопрос о масштабируемости (формат НТО). • Завершение (10 мин): Демонстрация расширенной системы. Обсуждение: ограничения Arduino Uno и пути их преодоления	• Ответы на экспресс-опрос; • Работающая расширенная схема с двумя зонами. • Модифицированный код. • Письменный ответ о масштабируемости	• Анализировать ресурсы микроконтроллера (пины, память) для масштабирования системы. • Модифицировать код для добавления независимых каналов управления. • Обосновывать масштабируемость схемы в письменной форме. • Проектировать расширение системы автоматизации для гроубокса

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
9	Защита проекта «Автоматическая ситиферма»	Б	Инструкция к ЛР4	Изучить инструкцию: • порядок установки системы автоматизации на ситиферму (гроубокс); • размещение датчиков: датчик влажности почвы - в субстрат на глубину корневой зоны, фоторезистор -- на уровне верхушек растений, TDS-датчик -- в емкость с питательным раствором; • протокол демонстрации: (1) показать схему, (2) запустить систему, (3) имитировать изменение условий, (4) зафиксировать реакцию системы; • структура презентации: 1. Задача автоматизации 2. Структурная схема.	• Вводная часть (10 мин): Проверка готовности систем всех пар. Напоминание критериев оценивания. Распределение порядка выступлений. Ответы на вопросы. • Лабораторная работа 4 (40 мин): Установка системы автоматизации на ситиферму (гроубокс). Размещение датчиков в рабочих точках. Запуск системы, проверка корректности показаний. Имитация условий: изменение влажности, затемнение, изменение концентрации раствора. Фиксация реакций системы. Подготовка к выступлению. • Защита проектов (30 мин): Презентация результатов (5--7 мин на пару). Демонстрация работающей системы. Показ структурной схемы и протокола тестирования. Ответы на вопросы наставника и других учеников. • Подведение итогов (10 мин): Обратная связь по проектам. Итоговый тест по модулю (5--7	• Работающая система, установленная на ситиферму. • Заполненный протокол демонстрации. • Структурная схема автоматики. Листинг программы с комментариями. • Презентация проекта. Ответы на вопросы; • Итоговый тест по модулю	• Устанавливать систему автоматизации на ситиферму с корректным размещением датчиков. • Демонстрировать работоспособность системы, имитируя изменение условий среды. • Оформлять комплект документации по автоматике (схема, листинг, протокол). • Презентовать техническое решение и отвечать на

№	Тема	Тип	Материалы на платформе	Домашняя подготовка ученика	Деятельность на занятии	Оценивание	Результат обучения
				3. Описание алгоритмов управления 4. Демонстрация работы 5. Протокол тестирования 6. Анализ масштабируемости 7. Выводы: критерии оценивания.	вопросов). Рефлексия: что получилось, что улучшить. Обсуждение: как полученные навыки применяются на финале НТО		вопросы экспертов

Межмодульные связи

- Модуль «Программирование и автоматизация ситифермы» (1-й год): основы работы с Arduino, структура скетча (setup/loop), цифровые и аналоговые входы/выходы, подключение датчиков (DHT11, фоторезистор), условный оператор if-else, LCD-дисплей, монитор порт.
- Модуль «Основы гидропоники и ситифермерства» (1-й год): параметры среды для роста растений, гидропонные системы, питательные растворы;
- Модуль «Химия для ИБС» (2-й год): концентрация растворов, pH, TDS/EC;
- Модуль «Физиология и биохимия растений» (2-й год): минеральное питание, водный режим, оптимальные условия»
- Модуль «Проектирование и экономика ситиферм» (2-й год): спецификации оборудования, схемы размещения.

Методические рекомендации по проведению модуля

«Программирование Arduino для автоматизации биосистем»

Организация перевернутого класса

Конспекты по каждой теме размещены на платформе. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые 5-10 минут отводятся на проверку понимания прочитанного (экспресс-опрос). Основное время занятия (60-80 минут) используется для сборки схем, написания и отладки кода, тестирования и оформления документации.

Разграничение с первым годом

Модуль первого года формирует навыки мониторинга (чтение датчиков, вывод данных). Модуль второго года фокусируется на управлении (реле, пороговые алгоритмы, дозирование) и документировании (структурные схемы, протоколы тестирования, листинги). Не дублируйте темы первого года (подключение DHT11, работа с LCD-дисплеем, базовая структура скетча). Если обучающиеся испытывают затруднения, рекомендуется дать ссылку на соответствующий конспект первого года для самостоятельного повторения.

Ориентация на задания НТО

Каждое занятие модуля содержит элементы, встречающиеся в заданиях финала НТО: пороговое управление поливом с заданным процентом влажности, дозированный полив с интервалами, управление освещением через реле, структурные схемы с направлением стрелок, протоколы тестирования. Используйте формулировки заданий НТО при постановке задач на занятиях. Включайте в каждое занятие не менее одного элемента в формате НТО.

Работа с оборудованием

Перед каждой лабораторной работой проводите инструктаж по технике безопасности при работе с электрическими цепями и водой. Убедитесь, что насосы и реле подключены через внешний источник питания (не от USB-порта Arduino). Организуйте рабочие места так, чтобы электроника была защищена от попадания воды. Подготовьте запасные компоненты (реле, датчики, провода).

Отладка кода

Научите обучающихся системному подходу к отладке: (1) проверка компиляции, (2) проверка подключения (пины), (3) проверка данных в мониторе порта, (4) проверка логики условий. Поощряйте добавление отладочных сообщений `Serial.println()` на каждом этапе. Разбирайте типичные ошибки: неверный номер пина, перепутанный активный уровень реле (HIGH/LOW), целочисленное деление вместо дробного при пересчете процентов.

Методическая карта модуля «Проектирование и экономика ситиферм» (14 часов, 7 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – документировать инженерный проект (паспорта растений, спецификации материалов и оборудования, эскизы размещения) и обосновывать его экономическую эффективность.

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Зачем инженеру документация	- Почему без документации проект превращается в хаос. - Учебный кейс «Ферма ГринЛайт»: что случилось, когда никто не вёл записи. - Виды документации: спецификации, чертежи, журналы наблюдений. - Как документация используется на реальных вертикальных фермах. - Обзор требований к документации на финале НТО	- Разбор учебного кейса «Ферма без документации». - Мозговой штурм: какие проблемы могут возникнуть без документации? - Составление чек-листа документов инженера	- Объяснять, зачем инженеру нужна документация. - Называть виды документации и их назначение. - Приводить примеры последствий отсутствия документации

2. Паспорт растения: от семечка до урожая	• Прослеживаемость продукции: зачем покупателю знать историю салата. • Учебный кейс «Ферма Свежий лист»: QR-код на упаковке. • Идентификация растений: сорт, фаза развития, внешние признаки. • Оценка состояния: здоровое растение, стресс, признаки дефицитов. • Что записывать: высота, количество листьев, цвет, тургор, примечания	• Учебный кейс «Откуда этот салат?» –восстанавливаем историю по записям. • Практическая работа: паспортизация растений учебной установки. • Фотофиксация и заполнение карточки растения	• Объяснять принцип прослеживаемости продукции. • Составлять паспорт растения с описанием состояния. • Фиксировать изменения в развитии растений
3. Что на складе: учёт материалов и оборудования	• Учебный кейс «Ферма Агролист»: раствор закончился в пятницу вечером. • Список материалов - что нужно для запуска проекта. • Спецификация реагентов: название, количество, назначение, влияние на растения. • Спецификация оборудования: разбивка по подсистемам (свет, полив, контроль). • Как правильная спецификация ускоряет сборку и закупку	• Ролевая игра «Закупка для фермы»–составь список или сорвёшь запуск. • Практическая работа: спецификация реагентов (раствор Кнопа). • Практическая работа: спецификация оборудования DWC	• Составлять список материалов для проекта. • Группировать оборудование по подсистемам. • Обосновывать выбор компонентов
4. Нарисуй, чтобы построить: эскизы и схемы	• Учебный кейс: сборка без чертежа -- почему «я и так помню» не работает.	• Игра «Собери по чертежу» – команды обмениваются эскизами. • Практическая работа: эскиз DWC-	• Создавать понятный эскиз размещения оборудования. • Соблюдать правила техники

	• От эскиза на бумаге до 3D-модели: уровни инженерной графики. • Эскиз размещения: что изображаем, как подписываем, зачем нужен масштаб. • Техника безопасности на схеме: размещение воды и электричества. • Инструменты: карандаш и бумага, Компас-3D	установки от руки (вид сверху и вид сбоку). • Взаимопроверка: понятен ли эскиз другому человеку?	безопасности на схеме. • Оценивать читаемость чужих эскизов
5. Сколько стоит вырастить салат	• Вопрос на размышление: домашний салат дороже или дешевле магазинного? • Капитальные затраты (CAPEX): оборудование, которое покупаем один раз • Операционные затраты (OPEX): электричество, раствор, расходники. • Формула себестоимости: все затраты / весь урожай • Учебный кейс «Ферма Экорост»: как снизили себестоимость салата	• Расчёт затрат на учебную установку (реальные цены из магазинов). • Сравнение: наша себестоимость vs цена салата в магазине • Мозговой штурм: как можно снизить затраты?	• Различать капитальные и операционные затраты. • Рассчитывать себестоимость продукции • Предлагать способы оптимизации затрат
6. Окупится ли ферма: расчёты для инвестора	• Учебный кейс «Миша и ферма микрозелени»: цифры школьного проекта. • Продуктивность: сколько урожаев в год можно собрать с одного метра. • Точка безубыточности: когда доходы начинают покрывать расходы.	• Расчёт продуктивности установки «Моя ситиферма» • Деловая игра «Питч инвестору» – убедить вложить деньги в проект • Решение типовых задач по экономике (формат НТО)	• Рассчитывать продуктивность гидропонной системы. • Определять точку безубыточности и срок окупаемости. • Презентовать экономику проекта

	• Срок окупаемости: через сколько месяцев вернутся вложения. • Сравнение: почему вертикальная ферма может окупиться быстрее теплицы		
7. Защита проекта: от документации к презентации	• Что отличает хороший проект от отличного: критерии оценки. • Структура презентации: проблема, решение, результат, цифры. • Как говорить об ошибках: «мы узнали, что...» вместо «не получилось». • Сборка комплекта: паспорта растений + ВОР + эскиз + экономика	• Сборка полного комплекта документации. • Защита проекта (5-7 минут + ответы на вопросы). • Взаимооценка по критериям и обратная связь	• Собирать полный комплект документации проекта. • Презентовать проект структурированно. • Давать и принимать конструктивную обратную связь

Межмодульные связи

- Паспортизация растений (занятие 2) опирается на навыки диагностики из модуля «Физиология и биохимия растений» (занятия 7-8);
- Спецификация реагентов (занятие 3) использует знание состава раствора Кнопа из модуля «Основы гидропоники» (1-й год, занятие 5);
- Экономические расчёты (занятия 5-6) выполняются на реальных данных проекта «Моя ситиферма».

Методические рекомендации по проведению модуля

«Проектирование и экономика ситиферм»

Организация перевёрнутого класса

Конспекты по каждой теме размещены на платформе. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии основное время (не менее 80%) используется для практических работ, расчётов, кейсов и ролевых игр.

Практикоориентированность

Все расчёты выполняются на реальных данных проекта «Моя ситиферма» и реальных ценах из магазинов. Используйте кейсы с реальными ситуациями из практики городских ферм. Организуйте защиту проектов в формате, приближённом к финалу НТО.

Программное обеспечение для эскизирования

Компас-3D (Аскон) – российское ПО, учебная версия бесплатна, используется на НТО. nanoCAD (Нанософт) – российское ПО, бесплатная версия доступна. Эскизы от руки - базовый навык, не требует ПО, отрабатывается в первую очередь.

Методическая карта модуля

«Микробиология и экологическая биотехнология»

(14 часов, 7 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – описывать роль микроорганизмов в инженерных биологических системах и подбирать биопрепараты для задач питания и защиты растений.

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в микробиологию и экологическую биотехнологию	• Понятие микробиологии, вклад Л. Пастера и А. Флеминга; • Пять групп микроорганизмов: бактерии, археи, грибы, микроводоросли, простейшие; • Направления экологической биотехнологии: биоремедиация, очистка сточных вод, биотопливо, биоконтроль; • Чтение этикетки и расчёт концентрации КОЕ/мл	• Задание на расчёт концентрации КОЕ по этикетке биопрепарата; • Тест «Пять групп невидимого мира»; • Составление схемы «Направления экологической биотехнологии и их применение»	• Называть основные группы микроорганизмов и их представителей; • Описывать направления экологической биотехнологии и их применение; • Объяснять роль микроорганизмов в биопроцессах; • Рассчитывать концентрацию КОЕ/мл по данным этикетки
2. Морфология и физиология микроорганизмов	• Строение прокариотической клетки: нуклеоид,	• Работа со схемой «Строение	• Описывать строение прокариотической клетки;

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	клеточная стенка (пептидогликан), жгутики, рибосомы; • Формы бактерий: кокки, бациллы, спириллы; • Типы питания: автотрофы и гетеротрофы; • Типы дыхания: аэробы, анаэробы, факультативные формы; • Фазы роста культуры	бактериальной клетки» • Лабораторная работа «Микроскопическое исследование форм бактериальных клеток» (изучение готовых окрашенных препаратов); • Заполнение сравнительной таблицы типов дыхания; • Задание по графику кривой роста культуры	• Различать основные формы бактериальных клеток на микропрепаратах; • Объяснять различия между типами питания и дыхания микроорганизмов; • Описывать фазы роста культуры по графику
3. Микроорганизмы в круговороте веществ	• Функции микроорганизмов: деструкция, трансформация, минерализация. • Роль редуцентов. • Круговорот азота: азотфиксация, аммонификация, нитрификация, денитрификация. • Роль нитрифицирующих бактерий в аквапонике и работа биофильтра. • Почвенная микрофлора и гумус	• Задание к схеме общего круговорота веществ. • Составление таблицы «Этапы круговорота азота» с указанием микроорганизмов и условий. • Расчёт массовых потоков азота в аквапонике (упрощённая задача)	• Объяснять роль микроорганизмов в круговороте веществ в природе • Составлять схему круговорота азота с указанием всех стадий • Описывать значение почвенных микроорганизмов для плодородия • Объяснять роль нитрифицирующих бактерий в аквапонике

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
4. Влияние микробиоты на усвоение питательных веществ	• Понятие полезной микробиоты и ризосферы. • Микориза: механизм расширения площади питания. • PGPR-бактерии (Azotobacter, Bacillus, Pseudomonas) и их функции; • Протокол внесения биопрепаратов в гидропонику	• Анализ таблицы сравнения растений с микоризой и без. • Работа с таблицей «Какой биопрепарат решит вашу проблему». • Разбор кейса по ускорению выращивания салата с помощью биопрепаратов	• Описывать основные механизмы, с помощью которых микроорганизмы улучшают питание растений. • Выбирать конкретные биопрепараты для решения проблем питания в гидропонике. • Объяснять особенности применения микроорганизмов в беспочвенных системах
5. Биопрепараты для защиты растений	• Определение биопрепаратов и их избирательность. • Механизмы действия: конкуренция, антибиоз, паразитизм (микопаразитизм), индукция устойчивости. • Препараты Фитоспорин-М (Bacillus subtilis) и Триходермин (Trichoderma); • Алгоритм диагностики пожелтения листьев и подбор биофунгицидов	• Задание к схеме механизмов действия (профилактика vs лечение). • Лабораторная работа «Дифференциальная диагностика заболеваний корней и листьев по чек-листу». • Разбор кейса по защите огурцов от мучнистой росы	• Объяснять принципы действия основных групп биопрепаратов. • Подбирать биопрепарат для решения конкретной проблемы в гидропонной системе. • Различать профилактическое и лечебное применение биопрепаратов. • Составлять рекомендации по защите растений от типичных заболеваний

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
6. Влияние условий среды на микробиологические процессы в гидропонике	• Факторы активности микроорганизмов : температура, pH, кислород; • Оптимум pH 6,0-6,5 для большинства полезных микроорганизмов ; • Риски анаэробных зон и появление запаха сероводорода; • Методы корректировки параметров среды	• Задание по графику пересечения кривых мезофилов и психрофилов; • Лабораторная работа «Мониторинг параметров раствора (pH, T, EC) и оценка уровня аэрации»; • Анализ последовательности и событий при нарушении условий среды; • Решение практической ситуации «Отключение аэрации»	• Описывать влияние pH, температуры и кислорода на активность микроорганизмов; • Объяснять взаимосвязь между параметрами среды и здоровьем растений; • Описывать причины микробиологических проблем в гидропонике; • Подбирать методы стабилизации микробиологических процессов
7. Микроорганизмы в инженерных биологических системах	• Три функции в промышленных системах: биоремедиация, биостимуляция, биоконтроль; • Алгоритм очистки от нефти бактериями-деструкторами (Pseudomonas, Rhodococcus). • Расчёты массы бактерий и объёма	• Решение практической задачи по очистке грунта от загрязнения; • Лабораторная работа «Микробиологический расчёт препарата для ликвидации загрязнения». • Решение комплексной олимпиадной задачи	• Описывать возможности применения микроорганизмов в гидропонных системах; • Подбирать биопрепараты для решения конкретных задач в ситифермерстве. • Рассчитывать необходимый объём препарата для биоремедиации.

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	препарата для очистки грунта. • Технологии будущего: микробные команды и биореакторы		• Решать олимпиадные задачи НТО, связанные с микроорганизмами

Межмодульные связи

- Химия: расчёт концентраций растворов (модуль «Химия для ИБС», занятие 4), водородный показатель pH (занятие 2), окислительно-восстановительные реакции (занятие 6);
- Физиология растений: минеральное питание (макро- и микроэлементы), фотосинтез (источник сахаров для микробов).

Методические рекомендации по проведению модуля «Микробиология и экологическая биотехнология»

Организация перевёрнутого класса

Конспекты по каждой теме размещены на платформе. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые 5-7 минут отводятся на проверку понимания прочитанного. Основное время используется для лабораторных работ, решения задач и кейсов.

Лабораторные работы

1. Занятие 2: Микроскопическое исследование форм бактериальных клеток.
2. Занятие 5: Дифференциальная диагностика заболеваний корней и листьев по чек-листу.
3. Занятие 6: Мониторинг параметров раствора (pH, T, EC) и оценка уровня аэрации.
4. Занятие 7: Микробиологический расчёт препарата для ликвидации загрязнения.

Акцент на математику

В модуле критически важно уметь работать со степенями при расчёте количества живых клеток. Рекомендуется в начале модуля провести краткое повторение работы с большими числами и степенями десятки.

Стабильность среды

Важно донести, что резкие скачки параметров (рН более 0,5 ед. в сутки) опаснее, чем стабильно неоптимальные значения.

Превентивный подход

Биопрепараты в гидропонике вносятся регулярно (каждые 14 дней), так как микроорганизмы постоянно вымываются с дренажем.

Методическая карта модуля «Практикум по решению заданий НТО» (16 часов, 8 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения - решать комплексные задания формата финала НТО ИБС, интегрируя знания из биологии, химии, инженерии и экономики; планировать серию экспериментов; составлять комплект проектной документации; работать в команде с распределением ролей в условиях ограниченного времени.

Связь с финалом НТО

Модуль воспроизводит формат и логику заключительного этапа НТО ИБС. Занятия 5-8 представляют полную имитацию командного тура.

Хронология модуля

Неделя	1	2	3	4
Занятия	1-2	3-4	5-6	7-8
Тип занятий	А + А	А + Б	Б + Б	Б + Б
Материалы на платформе	Памятка 1: структура финала Памятка 2: предметные задачи	Памятка 3: планирование эксперимента + Инструкция к практикуму 1	Кейс имитации финала (легенда + задание)	Инструкция к защите + критерии оценивания
Фокус	Структура финала, предметные задачи (биология, химия)	Планирование экспериментов, технологические схемы	Имитация командного тура: этапы 1-3	Имитация: этапы 4-5, защита, рефлексия
Формат работы	Индивидуально и в парах	В командах (3-4 чел.)	Командный тур	Командный тур + защита

Логика перевёрнутого класса

Этап	Ученик	Наставник
Тип А: Занятие с разбором и решением задач (занятия 1, 2, 3)		
До занятия	Изучает на платформе памятку по теме занятия; повторяет материал соответствующих модулей	Изучает методкарту, подбирает задания из банка заданий НТО прошлых лет
Начало занятия (5-10 мин)	Отвечает на экспресс-опрос по ключевым понятиям	Проводит экспресс-опрос, фиксирует пробелы
Основная часть (65-75 мин)	Решает задания индивидуально или в парах с ограничением времени, участвует в разборе	Выдаёт задания, контролирует время, проводит разбор решений
Завершение (5-10 мин)	Фиксирует типичные ошибки и правила в рабочей тетради	Даёт обратную связь, выделяет типичные ошибки группы
Тип Б: Занятие-практикум / имитация финала (занятия 4, 5, 6, 7, 8)		
До занятия	Изучает инструкцию к практикуму или легенду имитационного кейса	Готовит раздаточные материалы, оборудование, бланки документации
Начало занятия (5-10 мин)	Задаёт уточняющие вопросы по заданию	Проводит инструктаж, распределяет материалы
Основная часть (70-80 мин)	Работает в команде над решением задания в условиях ограниченного времени	Консультирует (минимально), фиксирует наблюдения для обратной связи
Завершение (5-10 мин)	Сдаёт результаты, участвует в экспресс-рефлексии	Принимает работы, проводит экспресс-рефлексию

Содержание занятий

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Анатомия финала: структура	Домашняя подготовка:	• Результаты экспресс-опроса.;	• Описывать структуру заключительно

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
задания, критерии, стратегия (Тип А)	- Памятка 1 «Структура заключительного этапа НТО ИБС». Структура финала: индивидуальный предметный тур (биология + химия) + командный инженерный тур. Формула итогового балла: Биология $\times 0,15$ + Химия $\times 0,15$ + Командный $\times 0,7$. Перечень продуктов командного тура (3 спецификации, схема размещения, лабораторный журнал, решения задач 1-4, 3D-модель, план эксперимента, расчёт продуктивности, технологическая схема, презентация). Роли в команде. Эволюция заданий 2022-2025; - Экспресс-опрос (10 мин): вес командного тура; количество спецификаций; четыре роли в команде; изменения в задании 2024-25 по сравнению с 2022-23; - Практика (60 мин): анализ задания финала 2024-25 в парах - составить перечень продуктов с форматом файла и ответственной ролью; составить план-график работы команды по дням и ролям; индивидуальная матрица компетенций (биология, химия, инженерия, программирование, документирование, экономика, биотехнология) по трём уровням; - Завершение (10 мин): объявление состава команд на занятия 4-8	- Корректный перечень продуктов с ролями. - Заполненный план-график. - Заполненная матрица компетенций	го этапа НТО ИБС и формулу расчёта итогового балла. - Составлять план-график работы команды на командном туре с распределением задач по ролям и дням. - Определять свои сильные стороны и зоны роста относительно требований финала
2. Предметные задачи: биология и химия в формате	Домашняя подготовка: Памятка 2 «Типы предметных заданий НТО ИБС». Типы задач по биологии: морфология,	Количество верно решённых задач по биологии (из 5)	Решать задания отборочного этапа НТО по биологии и

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
отборочного этапа (Тип А)	систематика, физиология, определение по описанию и изображению, КБЖУ, лекарственные растения. Типы задач по химии: рН и концентрация, приготовление и разбавление растворов, совместимость солей, расчёт навесок, анализ проб. Алгоритмы решения расчётных задач; • Экспресс-опрос (5 мин): пересчёт массовой доли в г/л; состав раствора Кнопа; фотопериодизм; Блок 1 - Биология (30 мин): индивидуальное решение 5 задач за 20 мин; взаимопроверка в парах по эталону (10 мин); Блок 2 - Химия (30 мин): индивидуальное решение 5 задач за 20 мин; взаимопроверка в парах (10 мин); • Разбор (15 мин): наставник разбирает задачи с наибольшим числом ошибок; формулирование «Контрольных вопросов перед сдачей решения»	• Количество верно решённых задач по химии (из 5) • Качество взаимопроверки • Зафиксированные правила предотвращения ошибок	химии с ограничением времени • Объяснять логику решения и выявлять типичные ошибки при взаимопроверке • Формулировать правила самоконтроля при решении расчётных задач
3. Планирование серии экспериментов (Тип А)	Домашняя подготовка: • Памятка 3 «Как составить план серии экспериментов для финала НТО». Структура плана (цель, гипотеза, объект, факторы, варианты, контроль, повторности, параметры, сроки, ожидаемые результаты). Требования к гипотезе: проверяемая, конкретная, содержит независимую и зависимую	• Результаты экспресс-опроса. • Корректно выделенные элементы плана из задания 2023-24. • Заполненный бланк плана эксперимента.	• Выделять элементы плана эксперимента в тексте задания финала НТО. • Составлять план серии экспериментов с гипотезой, контрольной

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	переменные. Примеры из заданий прошлых лет; • Экспресс-опрос (10 мин): отличие гипотезы от предположения; назначение контрольной группы; минимальное число повторностей; • Задание 1 (20 мин): анализ плана эксперимента из задания финала 2023-24 в парах - выделить все элементы плана, оценить, что задано жёстко, а что на усмотрение команды; • Задание 2 (25 мин): составление плана серии экспериментов по кейсу в командах (3–4 чел.). Кейс: «Влияние концентрации питательного раствора (50 %, 100 %, 150 % от стандартной + контроль) на скорость роста микрозелени за 7 дней»; • Задание 3 (20 мин): перекрёстная экспертиза планов по чек-листу; Формулирование «Золотых правил плана эксперимента»	• Качество экспертного заключения по плану другой команды	группой, повторностями и параметрами измерения. • Оценивать план эксперимента другой команды по чек-листу и формулировать замечания
4. Технологические схемы и расчёт продуктивности (Тип Б)	Домашняя подготовка: • Инструкция к практикуму 1. Структура технологической схемы (блоки операций, потоки, параметры). Формулы расчёта продуктивности (г/растение, г/м², г/л раствора, прирост биомассы в сутки). Структура экономического расчёта (затраты, выручка, прибыль, рентабельность);	• Технологическая схема биовосстановления (полнота этапов, наличие параметров); • Расчет продуктивности и экономики (корректность, оформление). • Технологическая схема	• Составлять технологические схемы разного типа (биовосстановление, переработка сырья) с указанием параметров процессов. • Рассчитывать продуктивность

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Инструктаж (10 мин): формат станционной работы - три кейса по 20 мин, ротация; • Станция А - Биовосстановление (20 мин): технологическая схема по заданию 2022-23 (оценка загрязнения → выбор фиторемедиантов → подготовка грунта → посадка → мониторинг → оценка), оформление на листе А3; • Станция Б - Расчёт продуктивности и экономика (20 мин): кейс по заданию 2023-24 - гроубокс, 3 культуры, расчёт урожайности за цикл, количества циклов в год, годовой выручки и прибыли; • Станция В - Переработка сырья (20 мин): технологическая схема получения мази из лекарственных растений (сбор → сушка → измельчение → экстракция → фильтрация → смешивание → фасовка → маркировка) с температурой, временем и пропорциями; • Разбор (15 мин): сравнение решений, выделение лучших элементов, анализ типичных ошибок	переработки сырья (логичность, детализация)	ситифермы и годовую прибыль по нескольким культурам. • Решать задачи из разных лет финала, адаптируя знания к конкретному контексту
5. Имитация командного тура: приёмка, спецификации, оснащение (Тип Б)	• Домашняя подготовка: легенда кейса имитации финала; структура спецификации биообъектов, оборудования и химреагентов; распределение ролей в команде; • Инструктаж (10 мин): выдача кейса, объяснение правил, старт таймера;	• Спецификация биообъектов (полнота, корректность КБЖУ, обоснование); • Спецификация химреагентов	• Составлять три спецификации (биообъекты, химреагенты, оборудование) и схему размещения в условиях

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Работа команд (70 мин): - Биолог - спецификация биообъектов (≥ 3 культуры: описание, КБЖУ, обоснование), начало лабораторного журнала; - Химик - спецификация химреагентов (рецептура раствора, расчёт навесок и концентраций); - Инженер - спецификация оборудования с разбивкой на подсистемы, эскиз размещения объектов в грубобоксе; - Биотехнолог - координация, план эксперимента, начало технологической схемы переработки; • Сдача и экспресс-разбор (10 мин): проверка комплектности (3 спецификации + схема размещения), обсуждение потерь времени	(корректность формул и концентраций); • Спецификация оборудования (полнота, разбивка на подсистемы); • Схема размещения (читаемость, логичность); • Качество координации в команде	- ограниченного времени; • Распределять задачи в команде по ролям и координировать работу; • Выявлять потери времени и определять пути оптимизации командной работы
6. Имитация командного тура: задачи 1-4, план эксперимента (Тип Б)	• Домашняя подготовка: продолжение кейса имитации - алгоритмы решения задач 1-4; «Золотые правила плана эксперимента» с занятия 3; • Инструктаж (5 мин): выдача текстов задач 1-4 и бланка плана эксперимента, старт таймера (75 мин); • Работа команд (75 мин): - Инженер/Программист - задача 1 (скетч Arduino для мониторинга: алгоритм + псевдокод + структурная схема) и задача 2 (автоматизация с	• Решение задачи 1 (корректность алгоритма, работоспособность кода); • Решение задачи 2 (структурная схема, протокол тестирования); • Решение задачи 3 (методика, интерпретация результатов); • Решение задачи 4 (диагностика,	• Решать задачи 1-4 командного тура НТО с распределением по ролям в условиях ограниченного времени; • Составлять план серии экспериментов по условию задания, применяя чек-лист;

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	реле: пороговые значения, протокол тестирования); Химик - задача 3 (анализ 3 проб: методика определения pH, жёсткости, ионов; таблица результатов + заключение); Биолог - задача 4 (диагностика состояния растения по описанию/фото, рекомендации, расчёт продуктивности); Биотехнолог - план серии экспериментов по чек-листу, продолжение технологической схемы; • Сдача и экспресс-разбор (10 мин): проверка комплектности решений, обсуждение затруднений	рекомендации, расчёт); • План эксперимента (полнота по чек-листу)	• Координировать обмен данными между членами команды при параллельном решении задач
7. Имитация командного тура: 3D-модель, расчёт продуктивности, презентация (Тип Б)	• Домашняя подготовка: требования к эскизу (или 3D-модели); шаблон расчёта продуктивности; структура презентации финального решения; наброски эскиза модуля; • Инструктаж (5 мин): задача — за 80 мин подготовить эскиз + пояснительную записку, расчёт продуктивности, технологическую схему переработки, черновик презентации; • Работа команд (75 мин): Инженер - эскиз масштабированной установки (вид сверху + сбоку, размеры, подсистемы, зоны) + пояснительная записка; при наличии ПО - 3D-модель в КОМПАС; Биолог + Химик - расчёт продуктивности (площадь,	• Эскиз/3D-модель (читаемость, указание размеров, логичность компоновки); • Пояснительная записка (полнота, принципы проектирования); • Расчет продуктивности (корректность, сравнение с лабораторной установкой); • Технологическая схема (полнота, параметры);	• Выполнять эскиз масштабированной установки с пояснительной запиской; • Рассчитывать продуктивность масштабированной системы и сопоставлять с лабораторной установкой; • Составлять технологическую схему переработки сырья в

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	плотность посадки, урожайность за цикл, количество циклов в год, сравнение с лабораторной установкой); Биотехнолог - завершение технологической схемы переработки сырья, описание технологии использования продукции; Вся команда (последние 20 мин) - презентация (5-7 слайдов: задача и контекст, спецификации и эскиз, план эксперимента, расчёт продуктивности, технологическая схема, выводы); распределение докладчиков; Завершение (10 мин): сдача материалов, проверка комплектности	Черновик презентации (структура, распределение докладчиков)	готовый продукт; Собирать презентацию командного решения
8. Защита решений и рефлексия (Тип Б)	- Домашняя подготовка: доработка презентации, репетиция выступления (7-10 мин на команду), подготовка ответов на вопросы экспертов; - Вводная часть (5 мин): формат защиты (7-10 мин выступление + 5 мин вопросы); критерии взаимной экспертизы; - Защита проектов (50 мин): каждый участник представляет свою часть (биолог - спецификацию биообъектов и диагностику; химик - реагенты и анализ; инженер - оборудование, автоматизацию и эскиз; биотехнолог - план эксперимента и технологическую	- Выступление команды (содержание, логика, визуализация, ответы на вопросы); - Комплект документации (спецификации, решения задач 1-4, план эксперимента, расчёт продуктивности, технологическая схема, эскиз, презентация);	- Презентовать комплексное решение задачи НТО перед экспертами, распределяя выступление по ролям; - Оценивать решение другой команды по критериям финала НТО; - Формулировать индивидуальный план

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	схему). Команды-эксперты заполняют чек-листы; • Подведение итогов имитации (15 мин): объявление результатов, сравнение с результатами реальных финалистов, разбор сильных сторон и зон роста; • Индивидуальная рефлексия (15 мин): бланк - «Что я умею хорошо» (3 пункта), «Что нужно улучшить» (3 пункта), «Мой план подготовки к НТО на ближайшие 3 месяца» (конкретные шаги). Обсуждение в парах; • Завершение (5 мин): итог модуля и второго года обучения; информация о сроках регистрации на НТО	• Качество экспертного заключения по другой команде; • Заполненный бланк рефлексии с конкретным планом подготовки	подготовки к олимпиаде на основе выявленных зон роста

Межмодульные связи

Модуль интегрирует знания и умения из всех предшествующих модулей программы	
Первый год обучения	Введение в ИБС и НТО: структура олимпиады, командные роли. Ботаника и физиология растений: определение растений, фотосинтез, минеральное питание - для задачи 4 и спецификации биообъектов. Клетка: микроскопирование - для задачи 4 (диагностика повреждений тканей). Основы химии: pH, концентрация, приготовление растворов - для задачи 3. Основы гидропоники и ситифермерства: типы систем, питательный раствор, продуктивность. Программирование и автоматизация ситифермы: Arduino, датчики - для задачи 1. Микробиология: ПДК, биоиндикация, биоремедиация.

	Анатомия и физиология человека: КБЖУ, лекарственные растения
Второй год обучения	Химия для ИБС: расчёт состава растворов, титрование - для задачи 3. Биохимия растительной продукции: анализ биомолекул, КБЖУ - для спецификации. Физиология и биохимия растений: диагностика дефицитов - для задачи 4. Микробиология и экологическая биотехнология: биопрепараты, биоремедиация - для технологической схемы. Проектирование и экономика ситиферм: спецификации, эскизы, бизнес-план. Программирование Arduino для автоматизации биосистем: реле, пороговое управление, протокол тестирования - для задач 1-2. Прикладная биотехнология для ИБС: биотестирование, фитогормоны, технологические схемы, фотобиореакторы

Рекомендации по проведению занятий модуля

Организационные рекомендации	
Место модуля в программе	Модуль является завершающим и проводится после всех остальных модулей второго года. Оптимальное время - за 1-2 месяца до отборочного этапа НТО. Это обеспечивает максимальную готовность и высокую мотивацию обучающихся
Формирование команд	На занятии 1 обучающиеся заполняют матрицу компетенций. Наставник формирует команды по 3-4 человека с наличием участников с сильными сторонами в биологии, химии, инженерии и координации. Состав сохраняется на протяжении занятий 4-8
Банк заданий	Задания для занятий 2, 5-7 берутся из заданий финалов прошлых лет (ntcontest.ru) и адаптируются. Для имитации командного тура (занятия 5-8) составляется единый кейс, который обучающиеся не видели ранее
Варианты кейса для имитации финала	Вариант А (по мотивам 2022-23): проектирование ситифермы в строительной бытовке для биовосстановления территории. Вариант Б (по мотивам 2023-24): исследовательский модуль для орбитальной станции с фотобиореактором.

	Вариант В (по мотивам 2024-25): multifunctional module on a polluted territory with three zones
Ограничение времени	Критически важно соблюдать временные рамки на занятиях 5-7. Наставник строго контролирует таймер и не продлевает время. Ощущение дефицита времени - ключевой элемент подготовки к финалу
Роль наставника на имитации	На занятиях 5-7 наставник выступает в роли «эксперта финала»: отвечает только на уточняющие вопросы по условию, не подсказывает решения, не указывает на ошибки. Все замечания фиксируются для разбора на занятии 8
Оборудование	При наличии гроубокса занятия 5-6 проводятся на реальном оборудовании (живые растения, растворы, Arduino). При отсутствии - используются описания и фотографии, задачи решаются в «бумажном» формате
Работа с результатами	После защиты наставник собирает все материалы команд как портфолио. Результаты имитации финала могут быть представлены на конференции кружков ИБС

Перечень материалов и оборудования

Занятие	Материалы
Занятие 1	Распечатки задания финала 2024-25 (по 1 на пару); бланки матрицы компетенций; бланки плана-графика
Занятие 2	Блоки задач по биологии (5 задач) и химии (5 задач) - распечатки; эталоны решений для взаимопроверки; калькуляторы
Занятие 3	Бланки плана эксперимента (шаблон); чек-листы оценки плана; текст задания 2023-24 (фрагмент об эксперименте)
Занятие 4	Листы А3 для технологических схем; калькуляторы; справочные таблицы (урожайность культур, розничные цены); маркеры
Занятие 5	Кейс имитации (распечатка); бланки спецификаций (3 вида); бумага для эскизов; при наличии - гроубокс, растения, Arduino
Занятие 6	Тексты задач 1-4 (распечатки); бланк плана эксперимента; при наличии - реактивы для анализа проб, микроскоп, Arduino с датчиками

Занятие	Материалы
Занятие 7	Бумага А3 для эскизов; линейки; при наличии - компьютеры с КОМПАС; шаблон презентации; калькуляторы
Занятие 8	Проектор для презентаций; чек-листы оценивания (по 1 на команду-эксперта); бланки рефлексии; информация о регистрации на НТО

Методическая карта модуля
«Биохимия растительной продукции»
(18 часов, 9 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – определять основные группы биомолекул в растительной продукции, применять методы их качественного обнаружения и оценивать влияние условий выращивания на биохимический состав растений.

Хронология сквозного проекта «Влияние условий выращивания на биохимический состав растений»

Культуры: листовой салат, микрозелень или другие быстрорастущие культуры

Неделя	Занятия	Этап проекта	Статус
1-2	1-4: Биомолекулы, белки, углеводы, липиды	Теория и лабораторные работы	Изучение методов анализа
3	5: Витамины и антиоксиданты	Формирование команд, выбор культур и параметров	Старт планирования проекта
4	6: Пигменты растений	Теория и лабораторная работа	Освоение хроматографии
5	7: Экспериментальная фаза	ПОСЕВ. Закладка эксперимента	День 0: начало эксперимента
6-7	Между занятиями: мониторинг	Уход за растениями, сбор данных	Рост растений
7	8: Обработка и анализ результатов	СБОР УРОЖАЯ. Анализ биохимического состава	Лабораторный анализ
8	9: Оформление и защита проекта	Презентация результатов	Защита проекта

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
--------------	------------	-----------------------------------	--------------------

1. Введение в биохимию растений	• Что изучает биохимия растений • Основные классы биомолекул в растениях (углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты) и их функции • Роль углерода в строении биомолекул • Принцип строительных блоков (мономеров и полимеров) • Функциональные группы в растительных молекулах • Вторичные метаболиты растений • Понятие о питательной ценности и КБЖУ • Связь состава растений с условиями выращивания	• Групповая работа: составление сравнительной таблицы «КБЖУ различных растений, выращиваемых в ситифермах» • Анализ информационных материалов о составе различных овощей и зелени • Мини-викторина «Биомолекулы в нашем рационе» • Решение задач на расчёт калорийности	• Называть основные классы биомолекул в растениях и их функции • Объяснять роль углерода в строении биомолекул и принцип строительных блоков • Объяснять понятие питательной ценности и КБЖУ • Рассчитывать калорийность продуктов по данным о содержании белков, жиров и углеводов
2. Белки в растительной продукции	• Строение белков: аминокислоты и пептидная связь • Аминокислотный состав растительных белков • Незаменимые аминокислоты и их значение • Функции белков в растительных клетках • Качественные реакции на белки (биуретовая реакция) • Факторы, влияющие на накопление белков в растениях	• Анализ данных о содержании белка в различных частях растений • Составление таблицы «Аминокислотный состав различных растений» • Лабораторная работа «Биуретовая реакция: качественное обнаружение белков в растительных экстрактах» • Анализ факторов, влияющих на содержание белка в растениях, выращиваемых в ИБС	• Описывать строение белков и принцип образования пептидной связи • Объяснять значение растительных белков в питании • Обнаруживать белки в растительных экстрактах с помощью биуретовой реакции • Называть факторы, влияющие на накопление белка в растениях

3. Углеводы и их функции в растениях	• Классификация углеводов: моно-, ди- и полисахариды • Структурные (целлюлоза) и запасные (крахмал) полисахариды • Гликозидная связь • Йодная проба на крахмал • Биосинтез углеводов в растениях (фотосинтез: упрощённое уравнение) • Пищевые волокна и их значение для человека • Факторы, влияющие на накопление углеводов (свет, CO₂, температура, время сбора)	• Лабораторная работа «Определение содержания крахмала в различных овощах» (йодная проба) • Решение задач на расчёт калорийности растительной продукции • Анализ данных о влиянии условий выращивания на содержание углеводов в растениях	• Называть основные классы углеводов и их представителей в растениях • Объяснять роль углеводов в жизнедеятельности растений и питании человека • Определять наличие крахмала в растениях с помощью йодной пробы • Описывать факторы, влияющие на накопление углеводов в растениях
4. Липиды растительной продукции	• Строение липидов: глицерин, жирные кислоты, триглицериды • Классификация растительных липидов (запасные, мембранные, защитные) • Жирные кислоты: насыщенные и ненасыщенные • Омега-3, омега-6 жирные кислоты: значение для питания • Методы выделения липидов из растений	• Лабораторная работа «Экстракция и определение содержания липидов в семенах» • Сравнительный анализ жирнокислотного состава различных растительных масел (по справочным данным) • Решение типовых задач НТО по расчёту питательной ценности	• Описывать строение липидов и различать насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты • Объяснять значение различных жирных кислот для питания • Выделять липиды из растительного материала методом экстракции • Называть факторы, влияющие на липидный состав растений
5. Витамины и антиоксиданты в растениях	• Классификация витаминов: водо- и жирорастворимые • Витамин С: строение, свойства (антиоксидантные), функции, источники	• Кейс-анализ «Влияние условий выращивания на содержание витаминов в зелени» • Составление карты «Витаминный	• Называть основные группы витаминов и их представителей в растениях • Объяснять значение

	• Общая роль витаминов группы В, Е, К в растениях и для человека • Каротиноиды как антиоксиданты • Методы определения витамина С (йодометрический метод) • Факторы, влияющие на накопление витаминов (свет, температура, состав раствора) • Микрозелень как источник витаминов	профиль различных культур» • Лабораторная работа «Определение содержания витамина С йодометрическим методом» • Начало подготовки к проекту: формирование команд, выбор культур и целевых параметров	витаминов и антиоксидантов для здоровья • Определять содержание витамина С йодометрическим методом • Описывать факторы, влияющие на накопление витаминов в растениях
6. Пигменты растений и их значение	• Основные группы пигментов: хлорофиллы, каротиноиды, антоцианы • Биосинтез и функции растительных пигментов • Роль магния и других элементов в синтезе хлорофилла, симптомы дефицита • Изменение пигментного состава при созревании и хранении • Влияние условий выращивания на накопление пигментов • Оптимизация LED-освещения для гидропонных систем • Методы экстракции и хроматографического разделения пигментов	• Лабораторная работа «Экстракция и анализ пигментов из растительного материала» • Введение в хроматографию: принцип метода, применение для анализа растительных экстрактов (разделение пигментов на бумаге или тонкослойной пластинке) • Анализ влияния условий выращивания на пигментный состав листьев	• Различать основные группы растительных пигментов • Объяснять биологические функции пигментов в растениях • Экстрагировать и разделять пигменты методом хроматографии • Описывать факторы, влияющие на накопление пигментов в растениях
7. Экспериментальная фаза проекта (Проект, этап 1: ЗАКЛАДКА ЭКСПЕРИМЕНТА)	• Постановка цели и гипотезы проекта • Планирование экспериментального дизайна: выбор культуры, определение	• Формулирование командами цели и гипотезы проекта • Разработка детального	• Формулировать цель и гипотезу исследовательского проекта • Составлять план эксперимента с

	изменяемых параметров среды (освещение, температура, состав раствора) • Выбор методов анализа биохимического состава • Ознакомление с оборудованием и расходными материалами • Инструктаж по технике безопасности	экспериментального дизайна • Посев семян и закладка эксперимента с различными условиями выращивания • Заполнение лабораторных журналов: описание методики, исходные данные, план наблюдений	указанием изменяемых и контролируемых параметров • Вести лабораторный журнал с фиксацией всех этапов эксперимента • Соблюдать правила безопасности при работе с реактивами и оборудованием
8. Обработка и анализ результатов (Проект, этап 2: СБОР УРОЖАЯ И АНАЛИЗ)	• Сбор урожая и подготовка образцов для анализа • Проведение расчётов: КБЖУ, калорийность, коэффициент подвижности (R_f) для пигментов • Сравнение полученных результатов с эталонными значениями • Объяснение связи между изменениями условий и биохимическим составом • Анализ подтверждения или опровержения гипотезы • Анализ возможных ошибок в эксперименте • Формулирование выводов по результатам работы	• Проведение лабораторных анализов собранных образцов (йодная проба, биуретовая реакция, определение витамина С, хроматография пигментов) • Расчёты и количественный анализ данных • Качественный анализ и интерпретация результатов • Формулирование выводов • Мониторинг прогресса через лабораторные журналы	• Выполнять расчёты, связанные с питательной ценностью растительной продукции • Описывать взаимосвязь между условиями выращивания и биохимическими изменениями в растениях • Оценивать подтверждение гипотезы на основе экспериментальных данных • Формулировать выводы по результатам эксперимента
9. Оформление презентации и защита проекта (Проект, этап 3: ЗАЩИТА)	• Подготовка презентации проекта: титульный слайд, введение, цель и гипотеза, материалы и	• Подготовка и оформление презентации проекта	• Структурировать и подготавливать презентацию проекта

	методы, результаты, обсуждение, заключение, перспективы • Представление данных в виде графиков, таблиц, фотографий • Интерпретация результатов с точки зрения биохимии	• Публичная защита проекта и ответы на вопросы (5-7 минут на команду) • Взаимооценка проектов с использованием критериев • Итоговая оценка проекта наставником	• Представлять результаты эксперимента и их интерпретацию • Отвечать на вопросы по проекту • Оценивать проекты других команд по заданным критериям
--	--	--	--

Методические рекомендации по проведению модуля «Биохимия растительной продукции»

Лабораторные работы

Занятие 2: Биуретовая реакция (качественное обнаружение белков).

Занятие 3: Определение крахмала в овощах (йодная проба).

Занятие 4: Экстракция липидов из семян.

Занятие 5: Определение витамина С (йодометрия).

Занятие 6: Экстракция и хроматография пигментов.

Занятие 8: Комплексный анализ образцов проекта.

Организация перевёрнутого класса

Конспекты по биохимии размещены на платформе с иллюстрациями структур биомолекул. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые 5-7 минут отводятся на проверку понимания. Основное время (не менее 70%) используется для лабораторных работ, анализа данных, решения задач.

Рекомендации по сквозному проекту

Занятие 5 (формирование команд): разделите участников на группы по 3-4 человека. Каждая команда выбирает культуру и параметр, влияние которого будет изучать (например, интенсивность освещения, спектр света, концентрация питательного раствора). Команды формулируют гипотезу и составляют план эксперимента.

Занятие 7 (закладка эксперимента): обеспечьте каждую команду посадочным материалом, субстратом, контейнерами. Организуйте различные условия выращивания согласно планам команд. Убедитесь, что каждая команда имеет контрольную группу.

Между занятиями 7 и 8: организуйте дежурство по уходу за растениями и сбору данных. Обеспечьте доступ к установке для фотофиксации.

Занятие 8 (анализ): подготовьте реактивы для всех лабораторных методов (йод, NaOH + CuSO₄ для биуретовой реакции, крахмал для йодометрии витамина С). Организуйте станции для параллельного проведения анализов.

Связь с НТО

На каждом занятии включайте 1-2 задачи формата НТО, связанные с биохимией растений: расчёт КБЖУ, определение питательной ценности, анализ влияния условий выращивания на состав продукции.

Методическая карта модуля «Физиология и биохимия растений» (16 часов, 8 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения – описывать физиологические процессы в растениях и использовать эти знания для диагностики и оптимизации условий выращивания в гидропонных системах.

Содержание занятий

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Управление фотосинтезом в инженерных системах	• Фотосинтез как материальная основа роста растений • Состав сухой массы растений: углерод, кислород, водород • Эволюционные адаптации фотосинтеза у разных групп растений • Световые потребности растений • Закон лимитирующих факторов • Диагностика световых проблем: этиоляция и фотоингибирование	• Лабораторная работа «Сравнение листьев светлюбивых и тенелюбивых растений под микроскопом» (на выбор) • Практическая работа «Диагностика световых проблем по фотографиям растений» (на выбор) • Составление таблицы «Световые потребности групп растений»	• Объяснять, из каких веществ образуется биомасса растений • Описывать световые потребности различных групп растений • Формулировать закон лимитирующих факторов • Распознавать этиоляцию и фотоингибирование у растений
2. Дыхание растений в искусственных условиях	• Дыхание растений: отличия от фотосинтеза • Суточный баланс газообмена	• Лабораторная работа «Наблюдение устьиц под микроскопом» (на выбор)	• Различать дыхание и фотосинтез по времени протекания и продуктам

	• Устьица: строение и функции • Точка световой компенсации • Влияние температуры на дыхание • Проблемы газообмена в теплицах	• Практическая работа «Анализ суточных изменений CO₂ в теплице по графику» (на выбор) • Составление схемы «Газообмен растений днём и ночью»	• Описывать строение устьиц • Объяснять суточные изменения концентрации CO₂ в теплице • Определять точку световой компенсации по графику
3. Поглощение и транспорт веществ в растении	• Строение корневой системы (повторение) • Активное и пассивное поглощение веществ • Осмос и тургорное давление • Проводящие ткани: ксилема и флоэма • Транспирация и гуттация	• Лабораторная работа «Наблюдение гуттации у растений» (на выбор) • Практическая работа «Изучение плазмолиза в клетках лука» (на выбор) • Решение задач на осмотическое давление	• Различать активное и пассивное поглощение ионов • Объяснять механизм осмоса в растительных клетках • Описывать функции ксилемы и флоэмы • Наблюдать процессы транспирации и гуттации
4. Минеральное питание растений	• Макроэлементы и микроэлементы • Функции элементов в растении: азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо • Признаки дефицита основных элементов • Особенности питания в гидропонике: типовые питательные растворы	• Практическая работа «Диагностика дефицита элементов по внешним признакам» (определение дефицита по фотографиям растений) • Составление диагностической таблицы «Дефицит элементов: симптомы и причины» • Решение расчётных задач НТО на определение концентрации элементов в питательных растворах	• Называть основные макро- и микроэлементы, необходимые растениям • Описывать функции азота, фосфора и калия в растении • Определять признаки недостатка элементов по фотографиям • Объяснять принципы гидропонного питания
5. Гормональная регуляция роста и развития растений	• Фитогормоны: ауксины,	• Лабораторная работа «Изучение геотропизма корней	• Называть основные фитогормоны и их функции

	гиббереллины, цитокинины • Функции гормонов в росте растений • Тропизмы: фототропизм, геотропизм • Нاستии: никтинастия, сейсмонастия • Регуляторы роста в растениеводстве	и побегов» (на выбор) • Практическая работа «Укоренение черенков с гетероауксином» (на выбор) • Наблюдение движений растений (фототропизм, настии)	• Различать тропизмы и настии • Объяснять механизм фототропизма • Описывать применение стимуляторов корнеобразования
6. Стрессовые факторы и адаптации растений	• Понятие стресса у растений • Абиотические стрессоры: засуха, засоление, температура • Биотические стрессоры: вредители, болезни • Антропогенное воздействие на растения • Признаки стресса и адаптации • Защита растений в искусственных условиях	• Лабораторная работа «Влияние солевого раствора на растения» (на выбор) • Практическая работа «Определение причин стресса у растений по симптомам» (на выбор) • Составление таблицы «Виды стресса и их признаки»	• Называть основные виды стрессоров для растений • Распознавать признаки водного и солевого стресса • Объяснять адаптации растений к неблагоприятным условиям • Предлагать способы защиты растений от стресса в гидропонных системах
7. Диагностика физиологического состояния растений	• Комплексная оценка состояния растений • Визуальная диагностика проблем • Связь между симптомами и нарушениями процессов • Очередность диагностических процедур • Составление диагностических карт	• Практическая работа «Комплексная диагностика состояния растений в гидропонной установке» • Составление «Карты здоровья растения» с описанием всех параметров • Решение кейса: определение причин проблем растений по набору симптомов	• Проводить поэтапную визуальную диагностику растений • Описывать связи между симптомами и возможными причинами нарушений • Определять первичные и вторичные нарушения • Составлять диагностическую карту растения

8. Оптимизация условий выращивания растений	• Составление плана улучшения условий • Приоритизация мероприятий по исправлению проблем • Мониторинг эффективности предпринятых мер • Профилактика повторных нарушений • Документирование изменений	• Решение комплексной задачи-кейса «Восстановление проблемной гидропонной системы» • Защита плана восстановления растений перед группой • Итоговый тест по модулю	• Составлять поэтапный план восстановления растений • Обосновывать выбор методов коррекции условий выращивания • Оценивать эффективность предпринятых мер по состоянию растений
--	--	---	---

Межмодульные связи

- Модуль опирается на знания из модулей «Ботаника» и «Клетка» первого года, модуля «Химия для ИБС» второго года (рН, растворы, минеральное питание);
- Модуль связан с модулем «Микробиология» (микориза, PGPR-бактерии, биопрепараты) и модулем «Проектирование и экономика ситиферм» (диагностика растений, паспортизация).

Методические рекомендации по проведению модуля «Физиология и биохимия растений»

Организация перевёрнутого класса

Конспекты по каждой теме размещены на платформе. Обучающиеся изучают конспект до занятия. На занятии первые 5-7 минут отводятся на проверку понимания. Основное время используется для лабораторных и практических работ, решения кейсов.

Выбор лабораторных и практических работ

На занятиях 1-6 предусмотрен выбор между лабораторной работой (с микроскопом/реактивами) и практической работой (анализ данных, фотографий, графиков). Выбор определяется наличием оборудования и уровнем подготовленности группы. Для продвинутых групп рекомендуется лабораторная работа.

Кейсовый метод

Занятия 7-8 построены на решении кейсов. Используйте кейсы разной сложности в зависимости от уровня группы. Организуйте работу в малых группах (3-4 человека). Обеспечьте каждую группу набором фотографий и данных о параметрах среды.

Варианты задач-кейсов для занятий 7-8

Кейс 1 «Проблемы в школьной теплице» (базовая сложность).
Культуры: листовой салат, петрушка, томаты черри. Ситуация: после длинных выходных обнаружены проблемы. Салат: листья бледно-зелёные, черешки тонкие и длинные. Петрушка: жёлтые нижние листья, замедленный рост. Томаты черри: коричневые пятна по краям листьев, увядание верхних листьев. Условия: освещённость 100 мкмоль/м²*с, концентрация удобрений увеличена в 2 раза, полив ежедневный.

Кейс 2 «Авария в гидропонной установке» (средняя сложность).
Культуры: базилик, руккола, огурцы. Ситуация: отключилось электричество на 2 дня, пострадала система аэрации и освещения. Базилик: корни потемнели, листья теряют аромат. Руккола: листья желтеют снизу вверх. Огурцы: новые листья мелкие и деформированные. Параметры: pH 8,5; температура раствора 28 С; кислород близок к нулю.

Кейс 3 «Загадочная болезнь растений» (повышенная сложность).
Культуры: кресс-салат, шпинат, мята. Параметры в норме. Скрытый фактор: спектр LED-ламп сдвинут в красную область, недостаток синего света, нарушение синтеза регуляторов роста.

Кейс 4 «Стресс после пересадки» (высокая сложность). Культуры: лук на перо, укроп, салат корн. Температура колеблется 12-28 С, влажность 30%, ЕС 3,2 мС/см (норма 1,8-2,2), pH 5,8 (норма).

Конференция кружков НТО

Рекомендации по подготовке и проведению конференции

До конференции

1. Подготовка участников

- Разослать участникам подробные инструкции по подготовке презентаций (требования к формату, продолжительности, содержанию)
- Провести предварительный отбор докладов для секций на основе тезисов или кратких описаний проектов
- Предоставить шаблон презентации с единым стилем
- Рекомендовать провести репетицию выступления с засеканием времени

2. Техническая подготовка

- Выбрать стабильную платформу для проведения онлайн-конференции
- Протестировать платформу с несколькими участниками за несколько дней до конференции
- Подготовить резервный план на случай технических сбоев
- Обеспечить наличие технического специалиста для оперативного решения проблем

3. Организационная подготовка

- Составить детальный сценарий конференции с таймингом
- Пригласить экспертов для оценки проектов и пленарного выступления
- Подготовить формы для оценки проектов экспертами
- Разработать электронные сертификаты участников и дипломы победителей

Во время конференции

1. Обеспечение эффективного взаимодействия

- Использовать функцию «поднятия руки» для организации вопросов
- Назначить модератора для каждой секции, который будет следить за временем, организовывать очередь вопросов, поддерживать дискуссию
- Вести запись конференции для последующего анализа и распространения материалов

2. Поддержание вовлеченности

- Проводить короткие интерактивные опросы между выступлениями
- Организовать онлайн-голосование за лучший проект в каждой секции
- Обеспечить активное участие всех подключившихся кружков (как минимум в роли слушателей и задающих вопросы)

3. Решение технических проблем

- Создать отдельный чат или канал для технической поддержки
- Иметь запасной вариант подключения (резервную платформу или возможность проведения через мобильные устройства)

После конференции

1. Распространение материалов

- Разослать участникам запись конференции
- Собрать презентации выступающих и создать общий архив материалов
- Подготовить и опубликовать сборник тезисов проектов

2. Обратная связь

- Провести опрос участников о качестве организации и содержании конференции

- Собрать предложения по улучшению формата для будущих мероприятий

3. Поддержание сообщества

- Создать группу или чат для продолжения общения между участниками
- Организовать регулярные онлайн-встречи кружков для обсуждения прогресса проектов

**Инфраструктурный лист программы кружка
«Инженерные биологические системы»
(2 год обучения)**

Расчёт на 15 обучающихся (4 команды по 3-4 человека).

Условные обозначения

Сокращения модулей

Сокращение	Модуль	Часы
ВВЕД	Введение. Знакомство с НТО	8
ХИМ-2	Химия для инженерных биологических систем	16
ПРО-2	Программирование Arduino для автоматизации биосистем	18
ПРОЕКТ	Проектирование и экономика ситиферм	14
МИК-2	Микробиология и экологическая биотехнология	14
ОЛ-2	Практикум по решению заданий НТО	20
БХ	Биохимия растительной продукции	18
ФИЗ	Физиология и биохимия растений	16
КОНФ-2	Конференция кружков ИБС	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)

Обозначение «[1 год]» - оборудование используется из программы 1 года обучения (уже закуплено).

Модуль «Введение» (ВВЕД) - 8 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ВВЕД-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	[1 год, НТО-О1]
ВВЕД-О2	Проектор мультимедийный	1 шт.	[1 год, НТО-О2]
ВВЕД-О3	Экран для проектора	1 шт.	[1 год, НТО-О3]
ВВЕД-О4	Маршрутизатор с доступом в интернет	1 шт.	[1 год, НТО-О4]
ВВЕД-О5	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	[1 год, НТО-О6]
ВВЕД-О6	Принтер	1 шт.	[1 год, НТО-О5]

Расходные материалы

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

Модуль «Химия для инженерных биологических систем» (ХИМ-2) - 16 часов

Модуль углубляет химические знания 1 года: рН, концентрации, ОВР, титрование. Используется оборудование химической лаборатории из программы 1 года.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ХИМ2-О1	рН-метр портативный	4 шт.	[1 год, ХИМ-О1]
ХИМ2-О2	TDS-метр / ЕС-метр	4 шт.	[1 год, ГИД-О8]
ХИМ2-О3	Весы лабораторные	2 шт.	[1 год, ХИМ-О3]
ХИМ2-О4	Магнитная мешалка с подогревом	2 шт.	[1 год, ХИМ-О4]
ХИМ2-О5	Стакан химический 100 мл	16 шт.	[1 год, ХИМ-О8]
ХИМ2-О6	Стакан химический 250 мл	8 шт.	[1 год, ХИМ-О9]
ХИМ2-О7	Колба коническая 100 мл	8 шт.	[1 год, ХИМ-О10]
ХИМ2-О8	Колба коническая 250 мл	4 шт.	[1 год, ХИМ-О11]
ХИМ2-О9	Колба мерная 100 мл	4 шт.	[1 год, ХИМ-О12]
ХИМ2-О10	Колба мерная 250 мл	2 шт.	[1 год, ХИМ-О13]
ХИМ2-О11	Цилиндр мерный 50 мл	8 шт.	[1 год, ХИМ-О14]

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ХИМ2-О12	Цилиндр мерный 100 мл	4 шт.	[1 год, ХИМ-О15]
ХИМ2-О13	Пробирки стеклянные 10-15 мл	50 шт.	[1 год, ХИМ-О17]
ХИМ2-О14	Штатив для пробирок	8 шт.	[1 год, ХИМ-О18]
ХИМ2-О15	Шпатель-ложка	8 шт.	[1 год, ХИМ-О20]
ХИМ2-О16	Бюретка с краном, 25 мл	4 шт.	Новая закупка (для титрования)
ХИМ2-О17	Индикаторная бумага рН 1-14	10 упак.	[1 год, ХИМ-О2]
ХИМ2-О18	Воронка стеклянная	8 шт.	[1 год, ХИМ-О21]
ХИМ2-О19	Спиртовка	4 шт.	[1 год, ХИМ-О23]

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ХИМ2-Р1	Натрия хлорид	г	200	Б.1	КТ
ХИМ2-Р2	Кальция нитрат $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	г	200	Б.1	КТ
ХИМ2-Р3	Калия нитрат KNO_3	г	100	Б.1	КТ
ХИМ2-Р4	Магния сульфат MgSO_4	г	100	Б.1	КТ
ХИМ2-Р5	Калия дигидрофосфат KH_2PO_4	г	100	Б.1	КТ
ХИМ2-Р6	Калия хлорид KCl	г	50	Б.1	КТ
ХИМ2-Р7	Кислота соляная раствор 10%	мл	100	Б.2	КТ, ОГН
ХИМ2-Р8	Натрия гидроксид (гранулы)	г	100	Б.2	КТ, герметично
ХИМ2-Р9	Раствор рН Down	мл	200	Б.1	КТ
ХИМ2-Р10	Раствор рН Up	мл	200	Б.1	КТ
ХИМ2-Р11	Буфер калибровочный рН 4,01	мл	250	Б.1	КТ
ХИМ2-Р12	Буфер калибровочный рН 7,00	мл	250	Б.1	КТ
ХИМ2-Р13	Раствор KCl 3М для электрода	мл	100	Б.2	КТ
ХИМ2-Р14	Вода дистиллированная	л	10	Б.1	КТ
ХИМ2-Р15	Перчатки нитриловые S	пар	20	Б.1	КТ
ХИМ2-Р16	Перчатки нитриловые М	пар	20	Б.1	КТ
ХИМ2-Р17	Фенолфталеин раствор 1%	мл	30	Б.2	КТ
ХИМ2-Р18	Перманганат калия	г	10	Б.2	КТ, СВТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ХИМ2-Р19	Аскорбиновая кислота (витамин С)	г	20	Б.1	КТ

Модуль «Программирование Arduino для автоматизации биосистем» (ПРО-2) - 18 часов

Модуль фокусируется на управлении (реле, пороговые алгоритмы, дозирование). Наборы Arduino используются из 1 года. Добавляются модули реле, pompa-дозатор, TDS-датчик. Для перехода от базового Arduino к IoT-управлению предусмотрены образовательные конструкторы мини-гроубоксов на контроллере ESP32 с веб-интерфейсом и камерой (по 1 на команду).

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ПРО2-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	[1 год, НТО-О1]; установлены Arduino IDE
ПРО2-О2	Набор Arduino (часть 1)	4 компл.	[1 год, ПРО-О2]
ПРО2-О3	Набор Arduino (часть 2, с реле)	4 компл.	[1 год, ПРО-О3]
ПРО2-О4	Набор датчиков для ситифермерства (часть 3)	4 компл.	[1 год, ПРО-О4]
ПРО2-О5	Набор электронных датчиков для экологии	2 компл.	[1 год, ПРО-О5]
ПРО2-О6	Проектор мультимедийный	1 шт.	[1 год, НТО-О2]
ПРО2-О7	Маршрутизатор	1 шт.	[1 год, НТО-О4]
ПРО2-О8	Помпа-дозатор перистальтическая (12 В)	4 шт.	Закупка (по 1 на команду), для автоматического полива
ПРО2-О9	Гидропонная установка / DWC-системы	4 шт.	[1 год, ГИД-Д1 или ГИД-Д2]; для интеграции автоматики
ПРО2-О10	TDS-датчик аналоговый для Arduino	4 шт.	Закупка (по 1 на команду); диапазон 0-1000 ppm
ПРО2-О11	Образовательный конструктор мини-гроубокса с IoT-управлением	4 компл.	Сборный комплект учебного гроубокса на контроллере ESP32 (Wi-Fi). Управление подсветкой и поливом: автоматическое и ручное через веб-интерфейс. Комплект электронных модулей и сенсоров (не менее 12 наим.): датчики освещённости, влажности субстрата, уровня воды, камера для удалённого наблюдения. Комплект корпусных деталей, коммутационный комплект, комплект

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
			инструментов (вкл. паяльник), комплект сити-фермера (субстрат, ёмкость, семена). Исходный код для изучения и модификации. Инструкция по сборке

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ПРО2-Р1	USB-кабель для Arduino	шт.	4	Б.2	КТ
ПРО2-Р2	Батарея 9V («Крона»)	шт.	8	Б.1	КТ
ПРО2-Р3	Провода-перемычки (набор)	набор	4	Б.2	КТ
ПРО2-Р4	Трубка силиконовая для дозатора (внутр. 3-4 мм)	м	4	Б.1	КТ
ПРО2-Р5	Блок питания 12 В / 2 А	шт.	4	Б.2	КТ
ПРО2-Р6	ПО Arduino IDE	—	—	Б.2	—

Программное обеспечение распространяется бесплатно.

Модуль «Проектирование и экономика ситиферм» (ПРОЕКТ) – 14 часов

Модуль преимущественно проектный: паспортизация растений, спецификации, бизнес-планы, имитация командного тура НТО. Используется оборудование из других модулей.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ПР-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	[1 год, НТО-О1]
ПР-О2	Проектор мультимедийный	1 шт.	[1 год, НТО-О2]
ПР-О3	Принтер	1 шт.	[1 год, НТО-О5]
ПР-О4	Гидропонная установка (стационарная)	1 шт.	[1 год, ГИД-О1]; для паспортизации растений
ПР-О5	Набор Arduino с датчиками	4 компл.	[1 год, ПРО-О2/О3/О4]; для имитации финала НТО
ПР-О6	Калькулятор	8 шт.	Для экономических расчётов

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ПР-Р1	Бумага А4 для печати	пачка	1	Б.1	КТ
ПР-Р2	Бумага А3 для эскизов	лист	30	Б.1	КТ
ПР-Р3	Линейка 30 см	шт.	8	[1 год, БОТ-О10]	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ПР-Р4	Маркеры цветные (набор)	упак.	2	Б.1	КТ
ПР-Р5	Папки-файлы А4	шт.	30	Б.1	КТ
ПР-Р6	Чек-листы оценивания (распечатки)	компл.	4	Б.1	КТ

Модуль «Микробиология и экологическая биотехнология» (МИК-2)

14 часов

Модуль углубляет знания 1 года: PGPR-бактерии, биопрепараты, биоремедиация, микробиологический расчёт. Лабораторные работы включают микроскопирование, посев, мониторинг параметров раствора.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
МИК2-О1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	[1 год, КЛ-О1]
МИК2-О2	Микроскоп с цифровой камерой	1 шт.	[1 год, КЛ-О2]
МИК2-О3	Термостат или йогуртница	1 шт.	[1 год, МИК-О3]
МИК2-О4	Весы лабораторные	2 шт.	[1 год, ХИМ-О3]
МИК2-О5	рН-метр портативный	4 шт.	[1 год, ХИМ-О1]
МИК2-О6	TDS-метр / ЕС-метр	4 шт.	[1 год, ГИД-О8]
МИК2-О7	Термометр лабораторный	4 шт.	[1 год, ГИД-О9]
МИК2-О8	Гидропонная установка	1 шт.	[1 год, ГИД-О1]; для мониторинга
МИК2-О9	Плитка электрическая	1 шт.	[1 год, ХИМ-О6]

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
МИК2-Р1	Чашки Петри пластиковые стерильные	шт.	40	Б.1	КТ
МИК2-Р2	Стёкла предметные	шт.	30	Б.1	КТ
МИК2-Р3	Стёкла покровные	шт.	50	Б.1	КТ
МИК2-Р4	Перчатки нитриловые S	пар	20	Б.1	КТ
МИК2-Р5	Перчатки нитриловые M	пар	20	Б.1	КТ
МИК2-Р6	Пипетки Пастера 3 мл	шт.	30	Б.1	КТ
МИК2-Р7	Метиленовый синий раствор 1%	мл	30	Б.2	КТ, СВТ
МИК2-Р8	Питательная среда (агар-агар пищевой)	г	50	Б.1	КТ
МИК2-Р9	Биопрепарат Фитоспорин-М (порошок)	упак.	2	Б.3	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
МИК2-Р10	Биопрепарат Триходермин (порошок)	упак.	2	Б.3	КТ
МИК2-Р11	Вода дистиллированная	л	3	Б.1	КТ
МИК2-Р12	Перекись водорода 3%	мл	100	Б.1	КТ
МИК2-Р13	Маркер перманентный тонкий	шт.	5	Б.1	КТ

Практикум по решению заданий НТО (ОЛ-2) – 20 часов

Практикум включает имитации командного тура НТО: все роли (биолог, химик, инженер, биотехнолог). Гроутент используется как учебная модель гроубокса для имитации условий финала: размещение оборудования, монтаж освещения и автоматики, презентация продукции. IoT-гроубоксы (из модуля ПРО-2) интегрируются в имитацию для решения задач типа 1-2.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОЛ2-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	[1 год, НТО-О1]
ОЛ2-О2	Проектор	1 шт.	[1 год, НТО-О2]
ОЛ2-О3	Принтер	1 шт.	[1 год, НТО-О5]
ОЛ2-О4	Набор Arduino с датчиками	4 компл.	[1 год, ПРО-О2/О3/О4]; для задач типа 1-2 НТО
ОЛ2-О5	рН-метр портативный	4 шт.	[1 год, ХИМ-О1]
ОЛ2-О6	TDS-метр / ЕС-метр	4 шт.	[1 год, ГИД-О8]
ОЛ2-О7	Микроскоп биологический	8 шт.	[1 год, КЛ-О1]; для задач типа 4 НТО
ОЛ2-О8	Гидропонная установка / DWC	1–4 шт.	[1 год]; для демонстрации решений
ОЛ2-О9	Гроу-тент многоярусный вертикальный (опционально, для презентаций проектов, хакатонов, соревнований)	1-4 шт.	Сборно-разборная конструкция на стальном каркасе, габариты в сборе не менее 60×40×200 см. Не менее 5 ярусов с полками-сетками и перекладинами для подвеса оборудования. Тент из нейлона плотностью не менее 420D, внутренний светоотражающий слой (коэфф. отражения не менее 95%). Светонепроницаемый, застёжки-молнии. Вентиляционные рукава Ø135 мм (не менее 3 шт.), рукава для кабелей Ø80 мм (не менее 2 шт.), окно пассивной вентиляции с сеткой. Водонепроницаемый поддон в комплекте. Сборка без инструментов

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОЛ2-О10	Образовательный конструктор мини-гроубокса с IoT-управлением	4 компл.	Используются из модуля ПРО-2 (ПРО2-О11); для интеграции автоматики в имитацию командного тура

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ОЛ2-Р1	Бумага А4 для печати	пачка	2	Б.1	КТ
ОЛ2-Р2	Бумага А3 для эскизов	лист	20	Б.1	КТ
ОЛ2-Р3	Маркеры цветные (набор)	упак.	2	Б.1	КТ
ОЛ2-Р4	Папки-скоросшиватели	шт.	15	Б.1	КТ

Модуль «Биохимия растительной продукции» (БХ) – 18 часов

Модуль включает сквозной проект «Влияние условий выращивания на биохимический состав растений» с лабораторными работами по определению белков, углеводов, липидов, витаминов, пигментов. Используется хроматография, биуретовая реакция, реакция с йодом и др.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
БХ-О1	Весы лабораторные	2 шт.	[1 год, ХИМ-О3]
БХ-О2	Баня водяная	1 шт.	[1 год, ХИМ-О7]
БХ-О3	Плитка электрическая	2 шт.	[1 год, ХИМ-О6]
БХ-О4	Стакан химический 100 мл	16 шт.	[1 год, ХИМ-О8]
БХ-О5	Стакан химический 250 мл	8 шт.	[1 год, ХИМ-О9]
БХ-О6	Пробирки стеклянные	50 шт.	[1 год, ХИМ-О17]
БХ-О7	Штатив для пробирок	8 шт.	[1 год, ХИМ-О18]
БХ-О8	Воронка стеклянная	8 шт.	[1 год, ХИМ-О21]
БХ-О9	Ступка с пестиком	4 шт.	фарфор, диаметр 80–100 мм
БХ-О10	Спектрофотометр или колориметр (при наличии)	1 шт.	Для количественных определений (опционально)
БХ-О11	Микроскоп биологический	8 шт.	[1 год, КЛ-О1]; для наблюдения крахмальных зёрен
БХ-О12	Гидропонная установка	1 шт.	[1 год, ГИД-О1]; для сквозного проекта
БХ-О13	Холодильник	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О12]

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
БХ-Р1	Раствор Люголя (йод/КІ)	мл	50	Б.2	КТ, СВТ
БХ-Р2	Натрия гидроксид (раствор 10%)	мл	100	Б.1	КТ, герметично
БХ-Р3	Меди сульфат (раствор 1% для биуретовой реакции)	мл	100	Б.1	КТ
БХ-Р4	Судан III или Судан IV (для определения липидов)	мл	20	Б.2	КТ, СВТ
БХ-Р5	Спирт этиловый или изопропиловый	мл	300	Б.1	КТ, ОГН
БХ-Р6	Ацетон	мл	200	Б.1	КТ, ОГН, СВТ
БХ-Р7	Реактив Фелинга (или раствор Бенедикта)	мл	50	Б.2	КТ
БХ-Р8	Индикатор 2,6-ДХФИФ (для определения витамина С)	мл	50	Б.2	ХОЛ, СВТ
БХ-Р9	Аскорбиновая кислота (стандарт)	г	10	Б.1	КТ
БХ-Р10	Хроматографическая бумага или фильтровальная бумага	лист	30	Б.1	КТ
БХ-Р11	Пробирки стеклянные (расходные)	шт.	50	Б.1	КТ
БХ-Р12	Перчатки нитриловые S	пар	20	Б.1	КТ
БХ-Р13	Перчатки нитриловые M	пар	20	Б.1	КТ
БХ-Р14	Пипетки Пастера 3 мл	шт.	50	Б.1	КТ
БХ-Р15	Вода дистиллированная	л	5	Б.1	КТ
БХ-Р16	Семена салата листового	упак.	2	Б.1	КТ, СВТ
БХ-Р17	Семена микрорзелени	упак.	3	Б.1	КТ, СВТ
БХ-Р18	Фильтровальная бумага	лист	30	Б.1	КТ

Модуль «Физиология и биохимия растений» (ФИЗ) – 16 часов

Лабораторные работы: фотосинтез (выделение O_2), осмос, транспирация, влияние стимуляторов роста, стрессовые факторы, комплексная диагностика растений.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ФИЗ-О1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	[1 год, КЛ-О1]
ФИЗ-О2	Микроскоп с цифровой камерой	1 шт.	[1 год, КЛ-О2]
ФИЗ-О3	Весы лабораторные	2 шт.	[1 год, ХИМ-О3]
ФИЗ-О4	Люксметр	2 шт.	[1 год, ГИД-О10]
ФИЗ-О5	Гидропонная установка	1 шт.	[1 год, ГИД-О1]; для диагностики растений
ФИЗ-О6	Лупа ручная	8 шт.	[1 год, БОТ-О8]
ФИЗ-О7	Стакан химический 250 мл	8 шт.	[1 год, ХИМ-О9]
ФИЗ-О8	Пробирки стеклянные	30 шт.	[1 год, ХИМ-О17]
ФИЗ-О9	Линейка 30 см	8 шт.	[1 год, БОТ-О10]

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ФИЗ-Р1	Стёкла предметные	шт.	30	Б.1	КТ
ФИЗ-Р2	Стёкла покровные	шт.	50	Б.1	КТ
ФИЗ-Р3	Перчатки нитриловые S	пар	15	Б.1	КТ
ФИЗ-Р4	Перчатки нитриловые M	пар	15	Б.1	КТ
ФИЗ-Р5	Натрия хлорид (для осмоса)	г	100	Б.1	КТ
ФИЗ-Р6	Сахароза (для осмоса)	г	100	Б.1	КТ
ФИЗ-Р7	Гетероауксин (стимулятор корнеобразования)	упак.	2	Б.3	КТ
ФИЗ-Р8	Элодея или водное растение (для фотосинтеза)	веточек	10	Б.3	В воде
ФИЗ-Р9	Семена фасоли или гороха	шт.	30	Б.3	КТ
ФИЗ-Р10	Вода дистиллированная	л	3	Б.1	КТ
ФИЗ-Р11	Пипетки Пастера 3 мл	шт.	30	Б.1	КТ
ФИЗ-Р12	Фильтровальная бумага	лист	20	Б.1	КТ

Конференция кружков ИБС (КОНФ-2) - 4 часа

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
КОНФ-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	[1 год, НТО-О1]

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
КОН2-02	Проектор	1 шт.	[1 год, НТО-02]
КОН2-03	Экран для проектора	1 шт.	[1 год, НТО-03]

Расходные материалы: используются из модулей ВВЕД, ПРОЕКТ (бумага, маркеры, папки).

Общее оборудование для всех модулей

Всё общее оборудование используется из программы 1 года обучения.

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОБЩ-О1	Халаты лабораторные	15 шт.	[1 год, ОБЩ-О1]
ОБЩ-О2	Халат для педагога	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О2]
ОБЩ-О3	Очки защитные	16 шт.	[1 год, ОБЩ-О3]
ОБЩ-О4	Аптечка первой помощи	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О4]
ОБЩ-О5	Огнетушитель	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О5]
ОБЩ-О6	Шкаф для реактивов	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О6]
ОБЩ-О7	Шкаф для оборудования	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О7]
ОБЩ-О8	Стол лабораторный	8 шт.	[1 год, ОБЩ-О8]
ОБЩ-О9	Стул лабораторный	16 шт.	[1 год, ОБЩ-О9]
ОБЩ-О10	Раковина с подводкой воды	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О10]
ОБЩ-О11	Вытяжной шкаф	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О11]
ОБЩ-О12	Холодильник с морозильной камерой	1 шт.	[1 год, ОБЩ-О12]
ОБЩ-О13	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 посуды	мл	500	Б.1	КТ
ОБЩ-Р5	Дезинфицирующее средство	мл	500	Б.1	КТ
ОБЩ-Р6	Скотч прозрачный	шт.	2	Б.1	КТ
ОБЩ-Р7	Скотч малярный	шт.	2	Б.1	КТ

Сводная таблица: оборудование, требующее новой закупки для 2 года

Ниже перечислены только позиции, которые НЕ входят в инфраструктурный лист 1 года обучения и требуют дополнительной закупки.

№	Наименование	Кол-во	Модули
1	Бюретка с краном, 25 мл	4 шт.	ХИМ-2
2	Помпа-дозатор перистальтическая (12 В)	4 шт.	ПРО-2
3	TDS-датчик аналоговый для Arduino	4 шт.	ПРО-2
4	Блок питания 12 В / 2 А	4 шт.	ПРО-2
5	Ступка с пестиком (фарфор)	4 шт.	БХ
6	Спектрофотометр или колориметр (опционально)	1 шт.	БХ
7	Калькулятор	8 шт.	ПРОЕКТ
8	Образовательный конструктор мини-гроубокса с IoT-управлением (ESP32, Wi-Fi, веб-интерфейс, камера, датчики, комплект сити-фермера)	4 компл.	ПРО-2, ОЛ-2
9	Гроутент многоярусный вертикальный, не менее 60×40×200 см, 5 ярусов, нейлон 420D, светоотражающий слой, вентиляционные рукава, поддон	1 - 4шт.	ОЛ-2

Сводная таблица расходных материалов по частоте закупки

Б.1 - Ежегодная закупка

№	Наименование	Модули	Общее кол-во
1	Перчатки нитриловые S	ХИМ-2, МИК-2, БХ, ФИЗ	110 пар
2	Перчатки нитриловые М	ХИМ-2, МИК-2, БХ, ФИЗ	110 пар
3	Вода дистиллированная	ХИМ-2, МИК-2, БХ, ФИЗ	21 л
4	Стёкла предметные	МИК-2, ФИЗ	60 шт.
5	Стёкла покровные	МИК-2, ФИЗ	100 шт.
6	Пипетки Пастера 3 мл	МИК-2, БХ, ФИЗ	110 шт.
7	Фильтровальная бумага / хроматографич. бумага	БХ, ФИЗ	80 листов
8	Соли для раствора Кнопа ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , MgSO_4 , KH_2PO_4 , KCl)	ХИМ-2	по 50-200 г
9	Раствор pH Down	ХИМ-2	200 мл
10	Раствор pH Up	ХИМ-2	200 мл
11	Буфер калибровочный pH 4,01	ХИМ-2	250 мл
12	Буфер калибровочный pH 7,00	ХИМ-2	250 мл
13	NaOH раствор 10% (для биуретовой р-ции)	БХ	100 мл
14	CuSO_4 раствор 1%	БХ	100 мл
15	Спирт изопропиловый / этиловый	БХ	300 мл

№	Наименование	Модули	Общее кол-во
16	Ацетон	БХ	200 мл
17	Аскорбиновая кислота (стандарт)	ХИМ-2, БХ	30 г
18	Натрия хлорид	ФИЗ	100 г
19	Сахароза	ФИЗ	100 г
20	Агар-агар пищевой	МИК-2	50 г
21	Чашки Петри пластиковые стерильные	МИК-2	40 шт.
22	Перекись водорода 3%	МИК-2	100 мл
23	Семена салата листового	БХ	2 упак.
24	Семена микрозелени	БХ	3 упак.
25	Батарея 9V	ПРО-2	8 шт.
26	Трубка силиконовая для дозатора	ПРО-2	4 м
27	Пробирки стеклянные (расходные)	БХ	50 шт.
28	Бумага А4 для печати	ВВЕД, ПРОЕКТ, ОЛ-2	4 пачки
29	Бумага А3 для эскизов	ПРОЕКТ, ОЛ-2	50 листов
30	Маркеры цветные (набор)	ПРОЕКТ, ОЛ-2	4 упак.
31	Папки-файлы А4	ПРОЕКТ	30 шт.
32	Ручки шариковые	ВВЕД	20 шт.
33	Карандаши	ВВЕД	20 шт.
34	Блокноты/тетради А5	ВВЕД	15 шт.
35	Картридж для принтера	ВВЕД	1 шт.
36	Папки-скоросшиватели	ОЛ-2	15 шт.
37	Маркер перманентный тонкий	МИК-2	5 шт.
38	Полотенца бумажные	ОБЩ	10 рулонов
39	Салфетки бумажные	ОБЩ	5 упак.
40	Мешки для мусора 30 л	ОБЩ	50 шт.
41	Моющее средство для посуды	ОБЩ	500 мл
42	Дезинфицирующее средство	ОБЩ	500 мл

Б.2 - Закупка раз в 2-3 года

№	Наименование	Модули	Общее кол-во
1	Раствор Люголя	БХ	50 мл
2	Судан III или Судан IV	БХ	20 мл
3	Реактив Фелинга (или Бенедикта)	БХ	50 мл
4	Индикатор 2,6-ДХФИФ (для витамина С)	БХ	50 мл
5	Метиленовый синий 1%	МИК-2	30 мл

№	Наименование	Модули	Общее кол-во
6	Кислота соляная раствор 10%	ХИМ-2	100 мл
7	Натрия гидроксид (гранулы)	ХИМ-2	100 г
8	Раствор KCl 3М для электрода	ХИМ-2	100 мл
9	Фенолфталеин 1%	ХИМ-2	30 мл
10	Перманганат калия	ХИМ-2	10 г
11	USB-кабель для Arduino	ПРО-2	4 шт.
12	Провода-перемычки	ПРО-2	4 набора
13	Блок питания 12 В / 2 А	ПРО-2	4 шт.

Б.3 - Закупка перед занятиями (скоропортящиеся)

№	Наименование	Модули	Кол-во	Срок закупки
1	Биопрепарат Фитоспорин-М	МИК-2	2 упак.	За неделю
2	Биопрепарат Триходермин	МИК-2	2 упак.	За неделю
3	Гетероауксин	ФИЗ	2 упак.	За неделю
4	Элодея или водное растение	ФИЗ	10 веточек	За 1-2 дня
5	Семена фасоли или гороха	ФИЗ	30 шт.	За 1-2 дня

Примечания

1. Количество расходных материалов рассчитано на 15 обучающихся (4 команды) и один учебный год (128 академических часов).

2. При расчёте учтён запас 10-15% на случай повторных экспериментов и брака.

3. Основное оборудование (микроскопы, pH-метры, TDS-метры, весы, химическая посуда, Arduino, гидропонная установка, DWC-системы, фитосветильники, таймеры) используется из программы 1 года обучения. Перед началом 2 года необходимо проверить работоспособность и комплектность.

4. Новые закупки для 2 года: бюретки (для титрования), перистальтические помпы-дозаторы и TDS-датчики (для автоматизации полива), ступки с пестиком (для биохимического анализа), блоки питания 12 В, образовательные конструкторы мини-гроубоксов с IoT-управлением на ESP32 (4 компл., для перехода от Arduino к IoT и подготовки к финалу НТО), грутент многоярусный вертикальный (1 шт., для имитации командного тура НТО). Спектрофотометр/колориметр является опциональным оборудованием.

5. Образовательные конструкторы мини-гроубоксов с IoT-управлением используются в двух модулях: в модуле «Программирование Arduino для автоматизации биосистем» - для сборки, программирования ESP32, настройки

веб-интерфейса и автоматике; в «Практикуме по решению заданий НТО» - как готовые мини-системы для имитации командного тура. Конструкторы включают все необходимые компоненты (корпус, электроника, сенсоры, камера, инструменты, субстрат, семена) и не требуют дополнительных закупок расходных материалов.

6. Гроутент многоярусный вертикальный используется в практикуме по решению заданий НТО как учебная модель гроубокса, максимально приближенная к условиям финала олимпиады. Внутри размещаются DWC-системы или IoT-гроубоксы, монтируются фитосветильники и датчики. Гроутент также используется для презентации выращенной продукции на конференции кружков.

7. Модуль «Биохимия растительной продукции» требует специальных реактивов (Судан III, 2,6-ДХФИФ, реактив Фелинга), которые закупаются раз в 2–3 года. Ацетон хранить в вытяжном шкафу, вдали от источников нагрева.

8. Модуль «Микробиология» 2 года расширяет тематику 1 года за счёт биопрепаратов (Фитоспорин-М, Триходермин) и питательных сред (агар-агар). Биопрепараты закупаются перед занятиями с учётом сроков годности.

9. При параллельной реализации программ 1 и 2 года обучения необходимо согласовать расписание использования общего оборудования (особенно гидропонной установки, Arduino-наборов, pH-метров).

10. Хранение реактивов: КТ - в закрытом шкафу при 15-25°C; ХОЛ - при +2...+8°C; ОГН - в металлическом шкафу; СВТ - в тёмной таре.

11. Все работы с кислотами, щелочами, органическими растворителями (ацетон, спирт) и электрооборудованием проводятся под непосредственным контролем педагога с использованием защитных очков и перчаток.

12. Программное обеспечение (Arduino IDE) распространяется бесплатно.