

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Биологического института

Д.С. Воробьев

20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

**Биохимия вторичного метаболизма**

по направлению подготовки

**06.03.01 Биология**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Биология»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.08.07.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Д.С. Воробьев

Председатель УМК

А.Л. Борисенко

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- УК-1 – способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;
- ОПК-2 – способность применять принципы структурно-функциональной организации, использовать физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания;

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-2.1. Демонстрирует понимание принципов структурно-функциональной организации живых систем;

ИОПК-2.2. Использует физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания;

ИПК-2.1. Владеет навыком поиска и анализа научной информации по направлению исследований.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить основные представления о вторичном метаболизме растений, изучить основные группы вторичных метаболитов, пути их биосинтеза, взаимосвязь с фитохимией и физиологией растений.

– Изучить современные физико-химические методы, которые используются при изучении вторичного обмена, общие принципы биохимического анализа вторичных метаболитов, получить представление о научно-методических принципах определения основных групп вторичных соединений.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 7, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: биохимия, физиология растений, органическая химия.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

- лекции: 16 ч.;
- семинарские занятия: 18 ч.
- практические занятия: 0 ч.;
- лабораторные работы: 0 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

*Тема 1. Введение в фитохимию. Первичный вторичный метаболизм. Жирные кислоты. Растительные антиоксиданты.*

*Лекция (2 часа):* Фитохимия как наука: объект и предмет изучения, задачи, связь с другими дисциплинами. Первичный и вторичный метаболизм. Основные группы вторичных метаболитов. Понятие о липидах, жирах и маслах. Липиды как запасные, строительные и сигнальные молекулы. Структура липидов. Растительные источники жирных кислот. Заменяемые и незаменимые жирные кислоты. Гидрофильные заместители в мембранных липидах. Лецитин. Холин. Биосинтез жирных кислот. Образование глицерина и глицеридов. Ацил переносящий белок. Биотин. Биосинтез фосфолипидов. Гербециды как селективные блокаторы биохимических процессов в метаболизме растений. Растительные масла. Получение маргарина и биодизеля.

*Семинар (2 часа):* Антиоксидантная система защиты растений. Понятие об антирадикальных веществах и антиоксидантных ферментах. Активные формы кислорода и перекисное окисление липидов. Образование активных форм кислорода в светособирающем комплексе растений. Окислительные реакции в мембранах тилакоидов. Жирорастворимые витамины как антиоксиданты: свойства, структура, биосинтез, механизм действия. Антиоксидантные свойства каротиноидов. Водорастворимые витамины как антиоксиданты. Структура, биосинтез, механизм действия и растительные источники витамина С. Глутатион, аскорбат-глутатионовый цикл. Супероксид дисмутаза.

*Тема 2. Углеводы. Гликозиды.*

*Лекция (2 часа):* Моносахариды. Оптическая изомерия моносахаридов. Понятие о восстанавливающих сахарах. Физиологическая роль моносахаридов. Аминосахара. Гликозиды: структура, классификация, физиологическое значение. Типы гликозидных связей. Растительные красители. Индиго, растительные источники, образование индиго из индикана. Растительные сахарозаменители. Стевиозиды: структура, растительные источники, химические свойства, промышленное значение. Биотехнологическое культивирование стевии

*Семинар (2 часа):* Растительные ди-, олиго- и полисахариды. Биосинтез крахмала. Состав крахмальных зерен. Целлюлоза как основной компонент клеточной стенки растений. Сахароза как транспортный метаболит в растениях, структура и биосинтез. Растительные источники сахарозы, получение пищевого сахара. Трегалоза, раффиноза и фруктаны: физиологическая роль, структура. Понятие о камедях, промышленно значимые камеди и их растительные источники. Камеди бурых и красных водорослей, их промышленное применение, источники. Понятие о сахароспиртах.

*Тема 3. Серусодержащие вторичные метаболиты.*

*Лекция (2 часа):* Глюкозинолаты: общая характеристика, структура, биосинтез, растительные источники. Индукция биосинтеза и накопление глюкозинолатов, компартментация. Гойтрины – вещества нарушающие метаболизм йода. Экологическое значение и репеллентные свойства глюкозинолатов, формирование «горчичного бомбы». Глюкозинолаты в культурных растениях. Детоксикация изотиоцианатов в организме человека. Канцерогенез и брокколи. Аллины: общая характеристика, структура, биосинтез, растительные источники. Репеллентные свойства аллинов и образование нестабильных продуктов в *Allium* сера. Аллицин и здоровье человека.

*Тема 4. Азотсодержащие вторичные метаболиты.*

*Лекция (2 часа):* Цианогенез и цианогенные гликозиды. Цианогенные метаболиты в растениях. Структура и биосинтез цианогенных гликозидов: формирование цианогенной группировки, гликозилирование. Классификация структурных гликозидов по аминокислотному остатку. Локализация цианогенных гликозидов и образование свободного цианида при нарушении компартментации. Метаболизм цианогенных

гликозидов в растении, детоксикация свободного цианида в растениях и в организме человека.

*Семинар (2 часа):* Экологическая роль ЦГ в растениях, влияние экологических факторов на накопление ЦГ. Цианид и здоровье человека. ЦГ в культурных растениях, биотехнологические и биоинженерные способы снижения токсического действия цианогенных культурных растений. Цианид в кассаве.

*Лекция (2 часа):* Аминокислоты (АМК) как первичные и вторичные метаболиты. Нумерация атомов в аминокислотах. Оптическая изомерия аминокислот. Биосинтез АМК в растениях. Непротеиновые аминокислоты (НРАА): функции, структуры, представители, биосинтез. НРАА производные лизина и изолейцина: растительные источники, влияние на здоровье человека. Селенсодержащие аминокислоты: токсический эффект, растительные источники. НРАА как первичные метаболиты, на примере  $\gamma$ -аминобутирата. Метаболизм НРАА. Экологическое значение НРАА. НРАА и здоровье человека.

*Семинар (2 часа):* Пептиды: структура, физиологическое значение. Пептидные антибиотики из эукариотических и прокариотических организмов. Грибные пептиды как токсины: фаллотоксины и аматотоксины; распространение токсинов в грибах. Общая характеристика и физиологическое значение опинов. Лектины как растительные токсины, растительные источники. Пептиды как модификаторы вкуса.

*Семинар (2 часа):* Простые амины: физико-химические свойства, классификация, физиологические функции. Биосинтез биологических аминов. Биологическая активность простых аминов в растениях. Биогенные амины как аттрактанты. Биосинтез полиаминов. Физиологическое действие полиаминов в стрессовых условиях. Динамика полиаминов в клеточном цикле. Общая характеристика алкалоидов, классификация, структура. Шикиматный путь: стадии, ключевые интермедиаты, ферменты, локализация. Азотсодержащие пигменты – беталаины: классификация, структура, физиологическое значение, растительные источники, аккумуляция в растениях и биосинтез. Сходство и различие антоцианов и беталаинов. Практическое применение беталаинов.

*Лекция (2 часа):* Общая характеристика протоалкалоидов. Алкалоиды из видов *Carpsicum*. Шкала Сковиля. Капсаициноиды: структура, свойства, физиологическая роль в растениях, воздействие на организм человека. Алкалоиды эфедры: общая характеристика, область применения. Биосинтез протоалкалоидов на примере эфедрина. Механизм действия эфедрина на организм человека, современное применение. Синефрин как аналог эфедрина. Биотехнологические способы получения алкалоидов, промышленное получение эфедрина. Протоалкалоиды *Catha edulis*. Фенилэтилизохинолиновый протоалкалоид колхицин: общая характеристика, структура, мутагенные свойства, способы получения. Применение колхицина в сельском хозяйстве. Грибной протоалкалоид мускарин: структура, распространение, физиологическое действие на организм человека.

*Семинар (2 часа):* Синтетические протоалкалоиды. Современный легальный статус синтетических и природных протоалкалоидов. Протоалкалоиды как наркотические вещества. Использование синтетических протоалкалоидов в военное и мирное время в истории человечества. Использование первитина и амфетамина во Второй мировой войне. Механизм воздействия и токсический эффект протоалкалоидов на организм человека. MDMA: структура, механизм воздействия на организм человека.

*Лекция (2 часа):* Общая характеристика истинных алкалоидов. Группа никотиновых (пиридиновых) алкалоидов: общая характеристика, структура, биосинтез. Индуцельное образование алкалоидов в *Nicotiana glauca*. Биотехнологические способы получения никотиновых алкалоидов, регуляция биосинтеза гормонами. Значение никотиновых алкалоидов для человека. Табакокурение и метаболизм никотина в организме человека. Анабазин – минорный алкалоид табака. Токсический эффект никотиновых алкалоидов. Связь никотиновых алкалоидов с частотой онкологических заболеваний. Общая характеристика пиперидиновых алкалоидов. Биосинтез пиперидина. Пиперидиновые алкалоиды *Piper nigrum*: структура, биологическая активность, другие

растительные источники пиперидиновых алкалоидов. Общая характеристика тропановых алкалоидов, структура, биосинтез, распространение. Физиологическая роль калестегинов в растениях. Тропановые алкалоиды *Atropa belladonna*, *Datura stramonium*, *Mandragora officinarum*: токсическое действие на организм человека, использование в фармакологии. Биотехнологические способы получения тропановых алкалоидов. Увеличение биосинтетического потенциала с помощью полиплоидии. Наркотик класса стимуляторов – кокаин: механизм воздействия на организм человека, токсическое действие, растительный источник. Общая характеристика пирролизидиновых алкалоидов, структура, биосинтез растительные источники.

*Семинар (2 часа):* Пирролизидиновые алкалоиды как токсины и аттрактанты. Общая характеристика бензилизохинолиновых алкалоидов (ВИА): структура, биосинтез, растительные источники. Компоненты яда кураре, механизм токсического действия, растительные источники. ВИА как индуцибельные алкалоиды. Современное использование ВИА человеком. Механизм токсического действия алкалоидов *Paraver somniferum*, опиум и героин. Общая характеристика пуриновых алкалоидов, структура, биосинтез, растительные источники. Пуриновые алкалоиды в тонизирующих напитках. Биологическая активность кофеина и теобромона в организме человека. Пуриновые алкалоиды как токсины (сакситоксины): распространение, токсическое действие. Общая характеристика индольных алкалоидов, структура, распространение. Монотерпеновые индольные алкалоиды: структура, биосинтез, растительные источники, примеры. Димерные алкалоиды винкрестин и винбластин, их современное использование в медицине, растительные источники. Азотсодержащий димерный терпеноид таксол: биологическая активность, биотехнологические способы получения. Общая характеристика псевдоалкалоидов, классификация. Алкалоиды производные ацетата. Биосинтез псевдоалкалоидов на примере кониина. Механизм токсического действия кониина.

*Тема 5. Фенольные соединения. Терпеноиды. Минорные группы вторичных метаболитов.*

*Лекция (2 часа):* Общая характеристика фенольных соединений, классификация. Простые фенольные соединения: растительные источники, структура, биосинтез, физиологическая роль, биологическая активность простых фенолов в организме человека. Фенольные соединения как канцерогены. Биосинтез основных групп фенольных соединений. Общая характеристика, структура, растительные источники, физиологическое значение в растениях, биологическая активность в организме человека следующих групп фенольных соединений: фенольные кислоты, ацетофеноны, гидроксидиннамовые кислоты, фенилпропены, кумарины, изокумарины, хромоны, нафтохиноны, ксантоны, стильбены, антрахиноны, флавоноиды, изофлавоны, лигнаны, неолигнаны, бифлавоноиды, лигнины и конденсированные танины. Содержание фенольных соединений в пищевых продуктах. Оценка качества вина на основе содержания различных групп фенольных соединений.

*Семинар (2 часа):* Общая характеристика терпеноидов. Ключевые интермедиаты биосинтеза, классификация. Терпеноиды как первичные и вторичные метаболиты. Два пути биосинтеза ИРР. Открытие МЕР-пути в пластидах. Локализация биосинтеза различных групп терпеноидов. Биосинтетический путь мевалоновой кислоты. Понятие о гемитерпенах, представители, структура, физиологическая и экологическая роль, значение для человека. Прекоцены. Общая характеристика монотерпенов, биосинтез, растительные источники. Z- и E-изомеры. Понятие о циклических, ациклических монотерпенах. Алкилированные монотерпены *Cannabis sativa*. Катаболизм и аккумуляция монотерпенов в растении. Содержание монотерпенов в эфирных маслах.

*Семинар (2 часа):* Общая характеристика, физиологическая роль, биологическая активность в организме человека растительные источники сескви-, три- и тетратерпенов.

Понятие о сердечных гликозидах и сапонилах, распространение в растении, биотехнологические способы получения. Ациклические, алициклические и окисленные каротиноиды. «Golden Rice», создание трансгенного растения. Общая характеристика политерпенов, биосинтез, растительные источники, физиологическая роль. Получение натурального каучука, альтернативные источники натурального каучука. Гуттаперча и чикл. Общая характеристика минорных групп вторичных метаболитов: ацетилени и поликетиды, растительные источники, физиологическая роль и значение для человека.

### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения заданий по темам семинарских занятий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Форма промежуточной аттестации по дисциплине «Биохимия вторичного метаболизма» – зачет. Допуск к зачету по дисциплине происходит после освоения студентом теоретического материала курса. Итоговая оценка по дисциплине состоит из: (1) оценки за знание основных понятий и теоретических положений, (текущий контроль), (2) оценки за индивидуальное задание (доклад).

**Зачет с оценкой** в 7 семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит компетентностные задания, включающие вопросы на знание теории, анализ и интерпретацию, оценку и принятия решения. Продолжительность зачета 1 час. Зачет проводится во время зачетной сессии по расписанию. Оценка осуществляется по пятибалльной шкале.

Примеры заданий текущего контроля.

1. Тесты текущего контроля. Пример тестового задания по теме дисциплины

Вариант 1:

1. Обязательным компонентом глюкозинолатов является:

- А Цианид    С О-гликозидная связь  
В β-гликозидазная связь    D Сульфоновый оксим

2. Содержание глюкозинолатов характерно для семейства:

- А Rosaceae    С Brassicaceae  
В Cucurbitaceae    D Solonaceae

3. Биосинтез цианогенных гликозидов состоит из трех этапов:

- 1.
- 2.
- 3.

4. Выберите пункты характеризующие аллины:

1. Серосодержащие вторичные метаболиты
2. Являются преимущественно репеллентами
3. Образуются из аминокислоты D-цистеина
4. Локализованы в вакуоле
5. Образуются преимущественно в корнях
6. Обуславливают жгучий вкус и аромат чеснока и лука

5. Основное место накопления глюкозинолатов в *Arabidopsis thaliana*:

- А S-клетки    С Столбчатая хлоренхима  
В Эпидермис    D Губчатая хлоренхима

6. Глюкозинолаты преимущественно являются:

- А Репеллентами    С Нутриентами  
 В Токсинами        D Аттрактантами
7. Цианогенные гликозиды образуются из следующих аминокислот:
- А Валин    D Изолейцин  
 В Цистеин    E Лейцин  
 С Лизин    F Аспарат
8. Резкий вкус столовой горчицы определяет вещество:
- А Синальбин        С Сульфорофан  
 В Синигрин D Алицин
9. Выберите пункты характеризующие амигдалин:
1. Описан только для представителей сем. Rosaceae
  2. Является витамином
  3. Накапливается в семенах горького миндаля
  4. Образуется из фенилаланина
  5. Содержит цианогруппу
  6. Все пункты верны
10. Кофактор сульфотрансфераз растений:
- А PAPS    С SAM  
 В APS    D Метионин
11. Транспорт цианогенных гликозидов осуществляется:
1. Только по ксилеме
  2. В виде дигликозидов
  3. Только по флоэме
  4. Непосредственно в форме моногликозидов
12. Из перечисленных цианогенных гликозидов дигликозидом является:
- А Дурин    С Линамарин  
 В Амигдалин    D Пруназин
13. Фермент, осуществляющий разрушение цианида в клетках печени человека:
- А Цианоаланин синтаза    С Цианолиаза  
 В Родоназа    D  $\beta$ -гликозидаза
14. К цианогенным растениям относятся:
- А Кассава    С Лен  
 В Бамбук    D Все перечисленные растения
15. Белковые аминокислоты:
1. Все относятся к первичным метаболитам
  2. Относятся цистеин, метионин, GABA
  3. Все относятся к  $\alpha$ -аминокислотам
  4. Все относятся к D-ряду
  5. Содержат карбонильную и аминогруппу
  6. Главным донором аминогруппы для белковых аминокислот является глутамат
16. NРАА являющаяся вторичным метаболитом:
- А GABA    С Гидроксипролин  
 В Орнитин    D Канаванин
17. Ингибирует активность трансацетилаз:
- А Гипоглицин А    С Мимозин  
 В Селеноцистеин    D Прунозин
18. Латиризм характеризуется отмиранием нейронов спинного мозга приводящее к параличу, что связано с преимущественным употреблением семян:
- А Чины    С Гриффонии  
 В Астрагала    D Люцерны
19. Первый антибиотик выделенный из живых организмов:
- А Полимиксин    С Пенициллин



В Грамицидин      D Цефалоспорин

20. Объясните токсическое действие аматотоксинов. Напишите представителей, которые содержат данный тип токсинов. К какому классу метаболитов они относятся?

21. Напишите формулу любого представителя цианогенных гликозидов, отметьте основные компоненты ЦГ на примере выбранного вещества. Из какой аминокислоты он образуется? Нарисуйте формулу этой аминокислоты

2. *Примеры тем для выполнения индивидуальных заданий (докладов)*

1. Методы идентификации фенольных соединений в пищевых продуктах
2. Колориметрические методы в изучении флавоноидов
3. Флуориметрические методы определения фенольных соединений
4. Биотехнологическое получение алкалоидов методом сверхэкспрессии
5. Получение эфирного масла из растительного сырья
6. Методы хроматографического разделения тетратерпенов

Перевод зарубежных статей баз данных Web of Science и Scopus и создание презентации по освоенным темам/методикам. Примеры статей (названия):

1. Acute selenium poisoning by paradise nuts (*Lecythis ollaria*)
2. Taxol and Taxane Production by *Taxomyces andreanae*, an Endophytic Fungus of Pacific Yew
3. Biosynthesis and secretion of plant cuticular wax
4. Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition

3. *Образец билета.*

Билет № 33

1. Синтетические протоалкалоиды и их значение для человека.
2. Аллиины: структура, физиологическое и экологическое значение, растительные источники.
3. Получение натурального каучука, альтернативные источники. Гуттаперча, чикл.

4. *Типовые вопросы экзаменационных билетов*

1. Первичный и вторичный метаболизм. Основные метаболические пути в растениях.
2. Классификация вторичных метаболитов. Физиологическая и экологическая роль.
3. Витамины как ключевые коэнзимы в ферментативных реакциях.
4. Антиоксиданты. Примеры. Растительные источники.
5. Интермедиаты гликолиза как предшественники вторичных метаболитов. Ферменты и коэнзимы пируватдегидрогеназного комплекса.
6. Углеводы в первичном и вторичном метаболизме. Классификация, распространение в растениях.
7. Цикл Кребса: роль, локализация. Итермедиаты цикла Кребса как предшественники вторичных метаболитов.
8. Моносахариды: физиологическое значение, изомерия, классификация, биосинтетические источники, формулы. Понятие о восстанавливающих сахарах.
9. Ди – и олигосахариды. Транспорт углеводов по растению. Растительные источники сахаров.
10. Запасные углеводы в растениях. Полисахариды: биосинтез, физиологическое значение, распространение.
11. Камеди: состав, растительные источники. Промышленное применение камедей.



12. Сахароспирты: физиологическое и экологическое значение, представители, распространение. Значение сахароспиртов для человека.
13. Гликозиды: физиологическое и экологическое значение, классификация, химическое строение. Промышленно значимые гликозиды и их растительные источники.
14. Стевиозиды: свойства, растительные источники. Биотехнологические способы получения стевиозидов и их значимость для человека.
15. Серусодержащие вторичные метаболиты: классификация, физиологическая и экологическая роль в растениях, распространение, значение для человека.
16. Глюкозинолаты: структура, биосинтез, представители, локализация. Индукция биосинтеза глюкозинолатов.
17. Физиологическое и экологическое значение глюкозинолатов. Формирование «горчичного масла».
18. Транспорт и накопление вторичных метаболитов в растениях.
19. Глюкозинолаты в культурных растениях. Метаболизм глюкозинолатов в организме человека.
20. Аллиины: структура, физиологическое и экологическое значение, растительные источники.
21. Серусодержащие вторичные метаболиты лука и чеснока.
22. Структура и биосинтез цианогенных гликозидов. Формирование цианогенной группировки.
23. Способы детоксикации веществ в растении.
24. Классификация цианогенных гликозидов, распространение, растительные источники.
25. Цианогенез. Детоксикация цианида в растительных и животных клетках.
26. Физиологическое и экологическое значение цианогенных гликозидов. Влияние экологических факторов на накопление цианогенных гликозидов.
27. Цианид и здоровье человека. Цианогенные гликозиды в культурных растениях.
28. Аминокислоты как первичные и вторичные метаболиты. Биосинтез аминокислот в растении.
29. Белковые аминокислоты. Биосинтез. Оптическая изомерия, нумерация атомов в аминокислотах.
30. Небелковые аминокислоты в первичном метаболизме. Физиологическое значение
31. Группы непротеиновых аминокислот, представители и растительные источники.
32. Непротеиновые аминокислоты как токсины.
33. Экологическое значение непротеиновых аминокислот.
34. Непротеиновые аминокислоты и здоровье человека.
35. Пептидные антибиотики.
36. Грибные пептиды как токсины.
37. Растительные белковые токсины.
38. Пептиды как модификаторы вкуса.
39. Биологические амины. Структура. Физиологическое и экологическое значение растений.
40. Полиамины: биосинтез, физиологическое и экологическое значение.
41. Алкалоиды. Классификация и экологическое значение.
42. Путь шикимовой кислоты. Локализация, ключевые итермедиаты. Вторичные метаболиты, образующиеся в шикиматном пути.
43. Азотсодержащие пигменты растений: локализация, представители, распространение. Значение для человека.
44. Алкалоиды из видов *Capsicum*.
45. Протоалкалоиды: физиологическое значение. Биосинтез на примере эфедрина.

46. Растительные протоалкалоиды и их значение для человека.
47. Растительные источники протоалкалоидов, представители.
48. Биотехнологические способы получения алкалоидов.
49. Колхицин и его применение в биотехнологии. Способы получения колхицина.
50. Синтетические протоалкалоиды и их значение для человека.
51. Истинные алкалоиды. Классификация и экологическое значение.
52. Общая характеристика никотиновых алкалоидов, биосинтез, представители.
53. Биотехнологическое получение никотиновых алкалоидов. Регуляция биосинтеза.
54. Значение никотиновых алкалоидов для человека. Метаболизм никотина в организме человека.
55. Общая характеристика пиперидиновых алкалоидов, биосинтез, представители.
56. Практическое применение пиперидиновых алкалоидов, растительные источники.
57. Общая характеристика тропановых алкалоидов, биосинтез, представители.
58. Растительные источники тропановых алкалоидов. Значение тропановых алкалоидов для человека.
59. Биотехнологические способы получения тропановых алкалоидов.
60. Тропановые алкалоиды как растительные токсины.
61. Пирролизидиновые алкалоиды.
62. Вторичные метаболиты как аллелопатические агенты.
63. Вторичные метаболиты как аттрактанты.
64. Общая характеристика бензилизохинолиновых алкалоидов, биосинтез, представители.
65. Кураре. Механизм токсического действия, состав, растительные источники, противоядия.
66. Значение бензилизохинолиновых алкалоидов для человека. Растительные источники.
67. Растительные источники пуриновых алкалоидов.
68. Алкалоиды в тонизирующих напитках. Физиологическое действие на организм человека.
69. Метилксантины: структура, физиологическая и экологическая роль, растительные источники, представители.
70. Метилксантины как токсины.
71. Метилксантины в пищевых продуктах и напитках.
72. Монотерпеновые индольные алкалоиды: структура, физиологическая и экологическая роль, растительные источники, представители.
73. Таксол: природные источники и биотехнологические способы получения.
74. Фенольные соединения: общая характеристика, классификация, представители.
75. Простые фенольные соединения: структура, распространение, экологическая роль, представители.
76. Фенольные соединения в пищевых продуктах и напитках. Влияние фенольных соединений на здоровье человека.
77. Фармакологическое использование фенольных соединений.
78. Флавоноиды: структура, биосинтез, физиологическое и экологическое значение. Примеры.
79. Пигменты: химическая природа, структуры, распространение. Физиологическое и экологическое значение отдельных классов пигментов.
80. Полимерные фенольные соединения.
81. Терпеноиды: общая характеристика, классификация, представители со структурными формулами.
82. Терпеноиды как первичные метаболиты.

83. Пути биосинтеза и локализация терпеноидов в растительных и животных клетках.
84. Гемитерпены: распространение, экологическое значение, представители. Гемитерпены и здоровье человека.
85. Монотерпены: общая характеристика, биосинтез, классификация, растительные источники, представители со структурными формулами.
86. Алкилированные монотерпены и здоровье человека, растительные источники.
87. Сесквитерпены: общая характеристика, биосинтез, классификация, природные источники, представители.
88. Тритерпены: основные группы, растительные источники, экологическое и физиологическое значение, представители.
89. Фармакологическое применение тритерпенов.
90. Тетратерпены: общая характеристика, биосинтез, классификация, физиологическая и экологическая роль, природные источники, представители.
91. Политерпены: химическая природа, биосинтез, растительные источники, представители.
92. Получение натурального каучука, альтернативные источники. Гуттаперча, чикл.
93. Воск: химическая природа, образование в растении, физиологическая роль, промышленное применение и свойства.
94. Ацетилены: образование, экологическое значение, распространение. Ацетилены и здоровье человека.
95. Поликетидный биосинтез. Физиологическая роль поликетидов.
96. Источники и промышленное получение биодизеля.
97. Жирнокислотный состав растительных масел и их влияние на здоровье человека. Цис- и транс-жиры.
98. Жирные кислоты: общая характеристика, биосинтез, физиологическое значение, представители.
99. Ядовитые растения сем. Solonaceae. Представители и их токсины. Механизм токсического действия.
100. Ядовитые растения сем. Umbelliferae (Apiaceae). Представители и их токсины. Механизм токсического действия.
101. Вторичные метаболиты сем Brassicaceae.
102. Вторичные метаболиты грибов.

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=25703>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

- а) основная литература:
  - Биохимия растений: вторичный обмен : учебное пособие для вузов / Г. Г. Борисова, А. А. Ермошин, М. Г. Малева, Н. В. Чукина ; под общей редакцией Г. Г. Борисовой. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 128 с.
  - Хелдт Г.-В.. Биохимия растений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 – 472 с.
  - D. S. Seigler Plant secondary metabolism. Springer Science, Business Media, New York, 1998

- K. G. Ramawat, J.-M. Merillon Natural Products: Phytochemistry, Botany and Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. – 4242 с.

- M. Wink. Biochemistry of plant secondary metabolism, 2nd ed. Blackwell Publishing Ltd, 2010, - 445 с.

- M. Wink. Functions and biotechnology of plant secondary metabolites, 2nd ed. Blackwell Publishing Ltd., 2010. – 410 с.

- J.-F. Martin, C. Garcia-Estrada, S. Zeilinger. Biosynthesis and Molecular Genetics of Fungal Secondary Metabolites. Springer Science, Business Media, New York, 2014. – 351 с.

б) дополнительная литература:

- К. Уилсон, Дж. Уолкер. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2013. – 848 с.

- В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов, Т. Н. Прудникова и др.; Под ред. В. Г. Щербакова Биохимия растительного сырья. М.: Колос, 1999. – 376 с.

- B. Tiwari, N. Brunton, C. S. Brennan. Handbook of plant food phytochemicals: sources, stability and extraction. John Wiley & Sons, Ltd., 2013. – 510 с.

- B. Rankovic. Lichen Secondary Metabolites: Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential. Springer International Publishing Switzerland, 2015 – 202 с.

- V. Cechinel-Filho. Plant bioactives and drug discovery. John Wiley & Sons, Inc., 2012 – 565 с.

- A. Crozier, H. Ashihara, F. Tomas-Barberan. Teas, Cocoa and Coffee: Plant Secondary Metabolites and Health. Blackwell Publishing Ltd. 2012 – 252 с.

- A. Crozier, M. N. Clifford, H. Ashihara. Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet. Blackwell Publishing Ltd, 2006 – 372 с.11.1.2.

в) ресурсы сети Интернет:

- открытые онлайн-курсы;

- сайт биохимия для студента: <https://biokhimija.ru/>

- сайт, посвященный молекулярным основам современной биологии и практическим применениям научных достижений в медицине и биотехнологии: <https://biomolecula.ru/>

- периодическое издание PLoS Biology <http://biology.plosjournals.org> Электронная версия журнала.

- прикладная биохимия и микробиология : журнал /Рос. АН, Ин-т биохимии им. А. Н. Баха. Электронный ресурс. <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7955>.

- библиографическая и реферативная база данных «Scopus» <https://www.scopus.com>.

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, оснащенной доской и мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, а также аудиосистемой для демонстрации обучающих видеороликов.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате (кроссплатформенная система управления курсами Moodle, «Актру», системы для обеспечения проведения телеконференций).

#### **15. Информация о разработчиках**

Чурин Алексей Александрович, доктор медицинских наук, кафедра физиологии растений, биотехнологии и биоинформатики Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета, профессор.