

Минобрнауки России
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Врио председателя КарНЦ РАН
член-корр. РАН

_____ О.Н. Бахмет

« ____ » _____ 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Экологическая биохимия»

Основной образовательной программы высшего образования –
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению подготовки
06.06.01 Биологические науки,
профиль: **Биохимия**

Принята Ученым советом КарНЦ РАН от 25 мая 2018 г. протокол № 07 .

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины «Экологическая биохимия» составлена на основании следующих документов:

– Федеральный закон РФ от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 г. № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

– Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 № 871 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)» (в ред. Приказа Минобрнауки России от 30.04.2015 № 464);

– Положение о разработке и утверждении основных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (программ аспирантуры) и индивидуальных учебных планов обучающихся (принято Ученым советом КарНЦ РАН 27.06.2018, протокол № 8).

Составители программы:

Немова Нина Николаевна – член-корр РАН, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории экологической биохимии ИБ КарНЦ РАН;

Высоцкая Римма Ульяновна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории экологической биохимии ИБ КарНЦ РАН;

Смирнов Лев Павлович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической биохимии ИБ КарНЦ РАН.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – изучение стратегии биохимической адаптации живых организмов, особенностей протекания биохимических процессов у различных видов в экологическом и эволюционном аспектах и способов биохимического взаимодействия между различными организмами.

Задачей преподавания данной дисциплины является формирование у студентов прочных знаний о сущности и стратегиях биохимических адаптаций, а также привитие необходимых навыков эколого-биохимического анализа, постановки и проведения экспериментов

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Обязательная для изучения дисциплина (Б1.В.ОД2), направленная на сдачу кандидатского экзамена по научной специальности 03.01.04 Биохимия.

Относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть) ООП.

Период освоения – 3 семестр.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

ЗНАТЬ:

- эколого-биохимические механизмы адаптаций организмов различного филогенетического уровня к различным факторам среды; особенности метаболизма организмов самых разных систематических групп, различающихся типом питания, способами получения и запасания энергии, обитающих в разных географических зонах и занимающих определенные экологические ниши;

- биохимические основы взаимодействия организмов различного уровня;

- теоретическую и практическую значимость исследований влияния на организм, популяцию, экосистему веществ, загрязняющих биосферу, механизмы биотрансформации и биодegradации ксенобиотиков, судьбу поллютантов в биосфере.

- механизмы устойчивости (резистентности) организмов к неблагоприятным воздействиям среды.

УМЕТЬ:

- ориентироваться в проблемах, связанных с биохимической адаптацией живых организмов к внешней среде.

- использовать методы теоретического и экспериментального исследования для изучения различных аспектов экологической биохимии;

- использовать новейшие достижения в области экологической биохимии в реальных экологических ситуациях для формулирования и решения практических задач.

ВЛАДЕТЬ:

- методами эколого-биохимических исследований, навыками постановки и проведения эксперимента.

4. Перечень компетенций выпускника аспирантуры, на формирование которых направлено освоение дисциплины

ПК-1: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области биохимии;

ПК-2: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области экологической биохимии;

ПК-3: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области биохимии белков и пептидов;

ПК-4: Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области биохимии липидов;

ПК-5: Готовность применять методы теоретических и экспериментальных исследований, а также сервисы поиска и ресурсы научной информации в области биохимии в организации научно-исследовательской деятельности;

ПК-7: Способность планировать, организовывать и осуществлять экспериментальную работу в области биохимии;

ПК-8: Готовность обобщать литературные сведения и результаты экспериментальной работы в области биохимии в виде научных публикаций на государственном и иностранном языках;

ПК-9: Готовность представлять результаты научных исследований в области биохимии в виде устных и стендовых докладов на конференциях на государственном и иностранном языках;

ПК-10: Способность представлять результаты научно-исследовательской работы в области биохимии в виде научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук, подготовленной и оформленной по установленным требованиям.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

ЗНАТЬ: особенности метаболизма организмов различных систематических групп, организмов, различающихся типом питания, способами получения и запасаения энергии, обитающих в разных географических зонах и занимающих определенные экологические ниши;

эколого-биохимические механизмы адаптаций организмов различного филогенетического уровня к различным факторам среды;

эколого-биохимические основы взаимодействия организмов различного уровня; особенности влияние на организм, популяцию, экосистему веществ, загрязняющих биосферу, механизмы биотрансформации и биодеградации ксенобиотиков, превращения поллютантов экосистемах и биосфере;

механизмы устойчивости (резистентности) организмов к неблагоприятным воздействиям среды; принципы и технику выполнения современных методов эколого-биохимических исследований.

УМЕТЬ: используя теоретические знания, средства и сервисы поиска и анализа научной информации генерировать необходимые знания и сведения в области экологической биохимии, использовать новейшие достижения в области экологической биохимии в реальных экологических ситуациях для формулирования и решения практических задач;

применить современные методы теоретических и экспериментальных исследований для решения фундаментальных и прикладных научно-исследовательских задач в области экологической биохимии.

ВЛАДЕТЬ:

навыками самостоятельной работы с литературой, поиска и анализа и обобщения теоретической и методологической информации в области экологической биохимии;

методами эколого-биохимических исследований, навыками постановки и проведения эксперимента в области экологической биохимии, методами обработки и интерпретации полученных результатов.

6. Объем дисциплины и виды учебных занятий (в виде таблицы)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, что составляет 216 часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Объем дисциплины (всего)	216 / 6 з.е.
Аудиторная учебная нагрузка (всего), в том числе:	108 / 3 з.е.
лекции	36
практические занятия	54
семинары	18
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	108 / 3 з.е.
Вид итогового контроля по дисциплине	Зачет

7. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов, видов учебных занятий, форм текущего контроля (в приложении)

8. Содержание тем (разделов) дисциплины

Лекционные занятия

№ п/п	Тема занятия	Кол-во час.
Раздел 1: Введение в экологическую биохимию.		
1.	Предмет и задачи экологической биохимии. Понятия адаптации и гомеостаза. Факторы среды. “Внутренняя” среда. Типы адаптивных реакций. Парадигма адаптации (Гомеостаз и адаптация. Энантиостаз и адаптация.) Скорость биохимической адаптации и ее связь с имеющимися адаптивными механизмами. Компенсаторная и наступательная (эксплуатативная) адаптация. Биохимическая адаптация: основные механизмы и стратегии. Фундаментальные механизмы биохимической адаптации (Адаптивные изменения ферментных систем. Адаптация на уровне микроокружения макромолекул. Адаптация путем изменений метаболической активности.) Трудности эколого-биохимических исследований. Теория функциональных блоков. Концепция симморфоза. Оптимальность биохимических конструкций. Ограничения и прерывистость конструкций.	2
2.	“Конструкция” клеточного метаболизма. Адаптация ферментов к метаболическим функциям. Функциональные блоки и их сопряжение (катаболические реакции, анаболические реакции, амфиболические реакции). Адаптация “оборудования” и адаптация его “производительности” АТР-	2

	<p>эквиваленты и другие сопрягающие вещества. Окислительный метаболизм: центральная роль цикла Кребса. Расходование различных веществ для нужд клетки. Анаэробный гликолиз и гликогенолиз. (Роль альфа-глицеролфосфат-дегидрогеназы. Регуляция на уровне фосфоглицератов. Регуляция на уровне фосфоенолпирувата. Регуляция на уровне пирувата.) Гликоген как форма хранения энергии. Окисление жиров. Спираль бета-окисления. Белки и аминокислоты как потенциальные источники энергии. Гидролиз белка. Дезаминирование и трансаминирование. Судьба аммиака. Филогенез цикла мочевины. Судьба углеродного скелета аминокислот. Участие промежуточных продуктов цикла Кребса в катаболических и анаболических процессах. Восполнение убыли промежуточных продуктов цикла Кребса. Дыхательная цепь в митохондриях млекопитающих. Необходимость челночных механизмов переноса водорода. Уровни регуляции концентрации ферментов (Кинетика насыщения. Понятие ключевых ферментов.) Ферменты как катализаторы и регуляторы.</p>	
<p>Раздел 2. Биохимические адаптации организмов к изменяющимся факторам среды</p>		
<p>3.</p>	<p>Биохимические адаптации к физической нагрузке</p> <p>Основные стратегии. Метаболизм и работа мышц. Типы скелетных мышечных волокон у позвоночных. Запасы энергии и последовательность их использования при различных видах работы. Каскадная система регуляции мышечной гликогенфосфорилазы. Регуляторные функции мышечной фосфофруктокиназы. Роль ADP в согласовании активности фосфофруктокиназы и реакций гликолиза, протекающих с образованием АТФ. Роль ADP в сопряжении анаэробного гликолиза с активностью АТФаз. Поддержание окислительно-восстановительного равновесия в ходе анаэробного гликолиза. Буферная емкость мышц и способность их к анаэробной работе. Повышенная способность к окислительным процессам у красных мышечных волокон и волокон промежуточного типа. Взаимоотношения между обменом глюкозы и жиров. Углеводы и жиры как источники энергии для длительной работы. “Компромисс” между двумя основными субстратами. Иницирующие этапы в использовании жиров мышцами. Контроль мобилизации жиров в жировой ткани. Общие принципы регуляции цикла Кребса в мышечной ткани при работе. Регуляция митохондриального дыхания и фосфорилирования. Роль креатинфосфата в переносе энергии. Роль митохондриальной креатинфосфокиназы. Значение высокого сродства митохондриальных ферментов к ADP для метаболизма. ADP-зависимая регуляция митохондриального дыхания при физической работе и тренировке. Конкуренция между различными путями выработки энергии. Сходство и различия между анаэробным и аэробным энергообеспечением. Зависимость каталитического потенциала гликолитических и окислительных ферментов от размеров тела. Роль фосфагенов и множественности конечных дегидрогеназ у двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Возможные механизмы адаптации при тренировке на выполнение анаэробной работы. Рабочая гипертрофия мышц. Адаптивные изменения роли быстрых “гликолитических” волокон. Влияние анаэробной работы мышц на запасы гликогена и креатинфосфата. Влияние анаэробной тренировки на содержание ферментов. Влияние анаэробной тренировки на изотимный состав</p>	<p>2</p>

	<p>ферментов. Влияние анаэробной тренировки на буферную емкость мышц. Возможные механизмы адаптации при аэробной тренировке. Влияние аэробной тренировки на превращения гликогена и глюкозы в печени. Влияние аэробной тренировки на метаболизм триацилглицеролов. Влияние аэробной тренировки на снабжение мышц кислородом и его использование.</p>	
4.	<p>Особенности метаболизма в условиях аноксии и гипероксии.</p> <p>Истинное брожение в сопоставлении с дыханием (анаэробным и аэробным). Сущность брожения. Общая организация процесса брожения у бактерий. Животные-анаэробы как пример систем автономного жизнеобеспечения. Гликоген в центральном депо. Депонирование гликогена в периферических тканях и органах. Виды брожения с повышенной энергетической эффективностью. Общий путь образования летучих жирных кислот. Уменьшение потребности в глюкозе в анаэробных условиях путем снижения метаболизма. Сущность проблемы конечных продуктов и варианты ее решения. Протон как метаболический интермедиат. Стехиометрия образования протонов при гликолизе и гликогенолизе и величина рН. Протонный баланс в реакциях образования сукцината и пропионата. Гидролиз АТР и образование ионов Н⁺. Сопряжение процессов брожения с АТРазной реакцией и стехиометрия образования ионов Н⁺. Соотношение между ресинтезом АТР и образованием Н⁺ зависит от типа анаэробного пути. Уменьшение выхода конечных продуктов за счет снижения потребности тканей в АТР. Пути повышения устойчивости к накапливаемым конечным продуктам. Минимизация накопления лактата за счет его дальнейшего метаболизма. Детоксикация сероводорода. Реакции, в которых потребляются ионы Н⁺. Баланс ионов Н⁺ при спиртовом брожении. Проблема восстановления метаболического гомеостаза. Освобождение от анаэробных конечных продуктов у беспозвоночных. Видоизмененный цикл Кори у головоногих моллюсков. Освобождение от лактата у позвоночных. Перезарядка периферических и центральных депо гликогена. Адаптивные реакции к гипероксии. Антиоксидантная система клетки.</p>	4
5.	<p>Метаболические адаптации к нырянию</p> <p>Проблемы и стратегии. Расходование гликогена печени черепаками и двоякодышащими рыбами в условиях гипоксии. Снижение интенсивности метаболизма — одно из рефлекторных физиологических изменений при нырянии. Биохимические проявления реакции на погружение в воду. Энергетические потребности мозга при нырянии. Энергетические потребности легких при нырянии. Энергетические потребности сердца при нырянии. Потребление мозгом, легкими и сердцем кислорода, запасенного в организме. Максимальное время аэробного жизнеобеспечения при нырянии. Разделение функций на аэробные и анаэробные при нырянии. Мышечный метаболизм при кормовом (кратковременном) и исследовательском (длительном) нырянии. Снижение оборота АТР при недостатке кислорода во время пребывания под водой. Размеры тела и продолжительность ныряния. Проблема конечных продуктов: основное решение — толерантность к их накоплению в тканях. Проблема конечных продуктов: вспомогательное решение — переработка молочной кислоты. Восстановление гомеостаза при выходе на</p>	2

	поверхность. Устранение избытка лактата, пирувата, аланина и глутамината. Восстановление запасов глюкозы и гликогена: решающая роль времени. Почему при нырянии используется в основном аэробный метаболизм.	
6.	Адаптация к морским глубинам. Специфические особенности морских глубин (Физические особенности. Источники пищи на больших глубинах.) Адаптация к гидростатическому давлению. Адаптация кинетических свойств ферментов к давлению. Различия в каталитической эффективности ферментов, связанные с давлением. Влияние давления на структуру белков. Адаптация липидных систем. Интенсивность метаболизма у глубоководных животных: совместное влияние физических и биологических факторов. Адаптивные механизмы, снижающие интенсивность обмена у глубоководных животных.	2
7.	Выключение активного метаболизма у животных и растений Причины снижения интенсивности обмена веществ. Ангидробиоз и обезвоженные организмы. Основные морфологические особенности цист. Содержание воды и метаболическое состояние цист артемии. Роль глицерола и трегалозы. Ангидробиоз у почвенных нематод. Морфологические и ультраструктурные изменения у нематод при высушивании. Изменения метаболизма нематод при переходе к ангидробиозу. Корреляция между содержанием многоатомных спиртов и выживанием. Прекращение метаболизма при ангидробиозе. “Пробуждение” от ангидробиоза у нематод. Биологическое значение ангидробиоза. Диапауза у насекомых. Организация метаболизма при зимней диапаузе. Гликоген как предшественник многоатомных спиртов. Возможные источники восстановительных эквивалентов во время диапаузы. Цикл Кребса как источник восстановительной силы. Летняя спячка двоякодышащих рыб. Общая организация метаболизма у двоякодышащих рыб. Экономия гликогена во время летней спячки у двоякодышащих рыб. Использование источников энергии при летней спячке у двоякодышащих рыб. Метаболизм белков и аминокислот у двоякодышащих рыб. Зимняя спячка грызунов. Приспособительные особенности питания перед зимней спячкой. Зимняя спячка и голодание: сравнительные аспекты. Роль аминокислот при зимней спячке мелких млекопитающих. Работа почек во время спячки. Механизмы регуляции цикла мочевины: роль ацетилглутамата. Роль орнитина в регуляции цикла мочевины. Замедление цикла мочевины: выбор управляющего воздействия. Регуляция цикла мочевины у млекопитающих. Источники воды при спячке. Спячка у крупных млекопитающих (медведей). Белковый метаболизм медведя во время спячки. Контроль подавления метаболизма при спячке.	2
8.	Адаптации, связанные с развитием, у млекопитающих Стадии развития. Стратегическое положение и роль плаценты. Источники углерода и энергии для плода. Изозимы гексокиназы в процессе развития организма. Изозимы лактатдегидрогеназы в процессе развития. Значение изменений спектра изозимов ЛДГ в процессе развития: выбор между двумя субстратами. Окисление жирных кислот в период развития. Метаболизм аминокислот в период внутриутробного развития. Глюконеогенез в период внутриутробного	4

	<p>развития. Липогенез в период внутриутробного развития. Адаптация материнского организма к беременности. Ограничения, связанные с размерами тела. Метаболические адаптации, связанные с рождением. Источники энергии в первые часы жизни. Метаболические адаптации в период питания материнским молоком. Метаболические адаптации у матери в период вскармливания. Приспособление молочных желез к липогенезу во время лактации. Адаптация молочных желез для синтеза лактозы. Метаболические адаптации к переходу на самостоятельное питание у детенышей. Обзор основных особенностей метаболизма на разных стадиях развития. Ферментные основы адаптации в процессе развития.</p>	
9.	<p>Дыхательные белки</p> <p>Географическое распределение признака серповидноклеточности. Основные функции дыхательных белков: аналогии с работой ферментов. Функция гемоглобинов позвоночных и ее регуляция. Связывание протонов и модуляция гемоглобина. Адаптация гемоглобинов позвоночных: варианты НЬ. Множественные гемоглобины лососевых и чукучановых рыб. Смена гемоглобинов в процессе развития кижуча. Обратный эффект Бора на примере гемоглобина <i>Amphiuma means</i>. Адаптивная модуляция свойств гемоглобинов. Адаптация дыхательных белков у беспозвоночных.</p>	2
10.	<p>Биохимические адаптации связанные с водными растворами</p> <p>Основные стратегии адаптации к изменениям осмотического давления. Качественный состав биологических растворов. Стратегии накопления органических осмолитов. Стратегия совместимых осмолитов. Стратегия взаимокompенсующих растворенных веществ. Влияние совместимых и взаимокompенсующих растворенных веществ на структуру белка. Белки, адаптированные к присутствию мочевины. Регулирование концентраций мочевины и метиламинов. Стратегия адаптации галофильных бактерий. Природа белков галофильных бактерий. Физико-химические особенности взаимодействий между осмолитами, белками и водой. Взаимодействия моносахаридов с белками: преимущества использования глюкозы как источника энергии. Оптимальная величина рН и состав буферных систем. Величина рН внутриклеточной жидкости и значение ионизации метаболитов. Растворяющая способность воды и эволюция метаболизма.</p>	2
11.	<p>Адаптация к температуре</p> <p>Первичные температурные эффекты. Эндотермия и регуляция температуры тела. Преимущества и цена эндотермии. Биохимические предпосылки для эндотермной регуляции. Бурая жировая ткань. Термогенез, связанный с дрожью. Термогенез без дрожи. Выработка тепла в “холостых циклах”. Регуляция теплоотдачи у эндотермных животных: адаптивные особенности кровообращения и теплоизоляции. Теплоизоляция. Роль кровеносной, системы в регуляции теплоотдачи. Теплоотдача через кровеносную систему: противоточные теплообменники. Происхождение эндотермной гомойотермии. Экотермия. Адаптивные изменения белков. Компенсация влияния температуры на катализ. Каталитическая эффективность ферментов и адаптация к температуре. Конформационные основы различий в</p>	4

	<p>эффективности ферментов. Связь между энергией связывания и энергией активации. Постоянство кажущейся K_m. Связь между температурой, K_m и pH: поддержание постоянства K_m путем изменения pH. Сохранение степени протонирования имидазола. Пороги температурного стресса. Температурная зависимость K_m и значения Q_{10}. Изозимы и температурная акклимация. Температурная адаптация и аллозимы. Компенсация температурных эффектов путем изменения концентраций ферментов. Термостабильность белков. Обратимое влияние температуры и pH на ассоциацию субъединиц. Температурная адаптация процессов сборки субъединиц на примере мышечного актина. Влияние температуры на липиды. Гомеостаз вязкости: основные механизмы. Роль антифризов, веществ, способствующих образованию льда, и многоатомных спиртов у насекомых. Регуляция синтеза и расщепления антифризов.</p>	
Раздел 3: Биохимические основы взаимодействия живых организмов		
12.	<p>Биохимические адаптации растений к окружающей среде</p> <p>Биохимические основы адаптации к климатическим условиям. Фотосинтез у тропических растений. Адаптация к холоду. Адаптация к затоплению. Адаптация к засухе. Биохимическая адаптация к почве. Токсичность селена. Токсичность тяжелых металлов. Адаптация к засолению. Механизмы детоксикации у растений. Детоксикация фенолов, системных фунгицидов и гербицидов. Биохимия опыления растений. Роль окраски цветка. Цвет, который предпочитают опылители. Химические основы окраски цветков. Эволюция окраски цветка. Указатели нектара. Роль запаха цветков. Типы запаха. Феромоны насекомых и запахи цветков. Роль нектара и пыльцы. Сахара нектара. Аминокислоты нектара. Липиды нектара. Токсины нектара. Экстрафлоральные нектарники. Питательная ценность пыльцы.</p>	2
13.	<p>Биохимические адаптации связанные с питанием.</p> <p>Адаптация ферментов позвоночных к особенностям питания. Пищевые вещества, предпочитаемые насекомыми. Биохимические основы выбора растений насекомыми, коэволюционные аспекты. Химические вещества, растений как средство защиты. Требования насекомых к пище. Вторичные вещества как пищевые аттрактанты. Взаимодействие тутовый шелкопряд — шелковица. Глюкозинолаты крестоцветных как пищевые аттрактанты. Вторичные вещества как пищевые детерренты. Пяденица зимняя и анины листьев дуба. Колорадский жук и алкалоиды Solanum. Эволюция пищевых детеррентов у высших растений. Защита растений. Ответная реакция насекомых. Пищевые вещества, предпочитаемые позвоночными, в том числе человеком. Домашние животные (Ответная реакция на отдельные вещества. Ответная реакция на вещества, присутствующие в растениях. Предпочитаемые вещества пищи.) Дикие животные. Человек (Выбор растений для питания. Химия вкуса. Химия сладкого вкуса. Интенсификаторы и модификаторы вкуса.)</p>	2
Раздел 4: Экологическая биотехнология. Адаптационные процессы взаимодействия живых организмов с химическими факторами внешней среды		
14.	<p>Уменьшение загрязнения биосферы. Экологически безопасные способы воздействия на виды, имеющие экономическое значение. Защита</p>	4

	<p>урожая в сельском хозяйстве. Природные экологические хеморегуляторы. Пропестициды. Интегрированная защита сельскохозяйственных растений. Аквакультура и проблемы качества воды. Использование биокаталитических систем в биосинтетических и биотрансформирующих реакциях. Синтез БАВ. Оценка биологической активности (БА) веществ: проблемы биотестирования и информационной биотехнологии. Отставание изучения БА веществ от синтеза новых ксенобиотиков и идентификации природных веществ. Проблемы поиска альтернатив традиционному биотестированию на животных. Проблема соотношения и коррелирования результатов биотестирования, полученных на разных тест-объектах и разными методами. Медицина. Генная инженерия. Проблемы биотрансформации экзогенных веществ в организмах и экосистемах: биохимическая экология ксенобиотиков. Антропогенные БАВ и некоторые проблемы химического загрязнения биосферы. Некоторые биохимические аспекты формирования среды обитания и биотрансформация экзогенных БАВ (реакции окисления, реакции восстановления, реакции дегградации, реакции конъюгации, дегалогенирование). Некоторые особенности метаболизма ксенобиотиков. Проблемы загрязнения и судьба ксенобиотиков в экосистемах: взаимодействие биотических и абиотических факторов. Судьба ксенобиотиков в биогеоценозах. Связь между структурой вещества и его особенностями как поллютанта. Ограниченность способности экосистем к детоксикации ксенобиотиков и проблемы остатков поллютантов в экосистемах. Персистентные и неразлагающиеся ксенобиотики. Экологическая опасность биоразрушаемых поллютантов и остатков неразложившихся поллютантов. Обезвреживание ксенобиотиков у млекопитающих (общая характеристика и фазы метаболизма). Значение и происхождение систем метаболизма ксенобиотиков. Связывание, транспорт и выведение ксенобиотиков. Индукция защитных систем.</p>	
Итого часов		36

Практические занятия

№	Тема занятия	Кол-во час.
Раздел 1: Введение в экологическую биохимию.		
1.	<p>Ознакомление с методами определения активности ферментов (включая подготовительный этап приготовления необходимых реактивов для анализа, гомогенатов ткани, центрифугирования и определения активности фермента):</p> <p>а) ферменты метаболических путей энергетического обмена (ЛДГ, МДГ, СДГ, ЦО);</p> <p>б) ферменты реакций углеводного обмена (Г-6-ФДГ и 1-ГФДГ);</p> <p>в) ферменты лизосомального аппарата клетки (фосфатазы, ДНКазы и РНКазы, β-глюкуронидаза, катепсина В и D);</p> <p>г) протеолитические ферменты (кальций-зависимые протеиназы);</p> <p>д) Na^+/K^+ АТФаза.</p>	10
2.	<p>Ознакомление с современными методами исследования липидов</p> <p>а) разделение общих липидов методом тонкослойной хроматографии;</p> <p>б) анализ отдельных фракций фосфолипидов с помощью</p>	6

	высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); в) изучение жирнокислотного состава общих липидов методом газожидкостной хроматографии.	
3.	Ознакомление с современными методами исследования низкомолекулярных пептидов: а) определение качественного и количественного состава низкомолекулярных пептидов; б) определение активности глутатион S-трансферазы.	6
Раздел 2. Биохимические адаптации организмов к изменяющимся факторам среды		
4.	Использование методов определения активности ферментов в решении задач экологической биохимии: а) исследование активности и свойств протеолитических ферментов в различных органах и тканях гидробионтов (рыбы, моллюски, ракообразные): тканеспецифичность, видовые различия; б) изменение активности и кинетических свойств изоферментов ЛДГ при температурных адаптациях; в) изучение возрастных изменений активности лизосомальных ферментов в различных органах и тканях рыб.	10
5.	Использование методов исследования липидов в решении задач экологической биохимии: а) определение содержания различных групп липидов в органах морских и пресноводных рыб; б) исследование жирнокислотного спектра различных органов и тканей гидробионтов на разных стадиях развития.	12
Раздел 4: Экологическая биотехнология. Адаптационные процессы взаимодействия живых организмов с химическими факторами внешней среды		
6.	Использование методов изучения пептидов в решении задач экологической биохимии: а) вариабельность состава пептидов с молекулярной массой ниже 10 кДа в тканях и органах рыб из водоемов с различной антропогенной нагрузкой; б) изменение активности глутатион S-трансферазы органов рыб при воздействии на них различных концентраций тяжелых металлов.	8
	Зачет	2
	Итого	54

Семинары

№	Тема занятия	Кол-во час.
Раздел 2. Биохимические адаптации организмов к изменяющимся факторам среды		
1.	Представление кратких сообщений на тему: Пути образования АТФ в клетке. Адаптивные изменения реакций энергетического обмена при воздействии различных факторов среды	2
2.	Обсуждение темы: Выключение активного метаболизма у животных и растений	2
3.	Семинар-дискуссия на тему: Эколого-биохимические подходы к изучению акклиматизации различных видов животных к условиям	2

	Севера.	
4.	Представление докладов по теме: Биохимические адаптации животных к физической нагрузке. Особенности метаболизма животных при различных типах физической нагрузки.	2
5.	Семинар- дискуссия: Особенности метаболизма в условиях аноксии и гипероксии.	2
Раздел 4: Экологическая биотехнология. Адаптационные процессы взаимодействия живых организмов с химическими факторами внешней среды		
6.	Представление коротких сообщений и семинар-дискуссия на тему: Роль рецепторных белков в адаптации организма к воздействию неблагоприятного фактора среды.	2
7.	Семинар на тему: Загрязнение окружающей среды и экологическая биотехнология.	2
8.	Семинар на тему: Перестройка метаболических процессов в результате поступления в организм нитратов и нитритов.	2
9.	Обсуждение и анализ современной литературы на тему: Эколого-биохимическое тестирование и мониторинг токсических соединений в окружающей среде.	2
	Итого	18

9. Методические материалы для текущего контроля

Вопросы к контрольным работам

Раздел 1. Контрольная работа на тему: на тему: «Конструкции клеточного метаболизма. Адаптация ферментов к метаболическим функциям».

- 1) Функциональные блоки и их сопряжение (катаболические реакции, анаболические реакции, амфиболические реакции).
- 2) АТФ-эквиваленты и другие сопрягающие вещества.
- 3) Окислительный метаболизм: центральная роль цикла Кребса.
- 4) Анаэробный гликолиз и гликогенолиз.
- 5) Расходование различных веществ для нужд клетки.
- 6) Участие промежуточных продуктов цикла Кребса в катаболических и анаболических процессах.
- 7) Восполнение убыли промежуточных продуктов цикла Кребса.
- 8) Дыхательная цепь в митохондриях млекопитающих. Необходимость челочных механизмов переноса водорода.
- 9) Каким образом перенос электронов на кислород приводит к синтезу АТФ?
- 10) Энергетическая емкость процессов синтеза АТФ из различных субстратов.
- 11) Уровни регуляции концентрации ферментов.
- 12) Ферменты как катализаторы и регуляторы.

Раздел 2. Контрольная работа на тему: «Метаболические адаптации к нырянию и морским глубинам»

- 1) Биохимические проявления реакции на погружение в воду.
- 2) Энергетические потребности внутренних органов при нырянии.
- 3) Разделение функций на аэробные и анаэробные при нырянии. Максимальное время аэробного жизнеобеспечения при нырянии.
- 4) Мышечный метаболизм при кормовом (кратковременном) и исследовательском (длительном) нырянии.

- 5) Проблема конечных продуктов.
- 6) Восстановление гомеостаза при выходе на поверхность.
- 7) Адаптация к гидростатическому давлению. Адаптация кинетических свойств ферментов к давлению. Различия в каталитической эффективности ферментов, связанные с давлением.
- 8) Влияние давления на структуру белков. Адаптация липидных систем.
- 9) Интенсивность метаболизма у глубоководных животных: совместное влияние физических и биологических факторов. Адаптивные механизмы, снижающие интенсивность обмена у глубоководных животных.

Раздел 3. Опрос по теме: «Биохимические адаптации, связанные с питанием. Адаптация ферментов к особенностям питания»

- 1) Адаптация ферментов позвоночных к особенностям питания.
- 2) Пищевые вещества, предпочитаемые насекомыми. Биохимические основы выбора растений насекомыми, коэволюционные аспекты.
- 3) Защита растений. Химические вещества, растений как средство защиты. Ответная реакция насекомых.
- 4) Вторичные вещества как пищевые аттрактанты. Вторичные вещества как пищевые детерренты. Эволюция пищевых детеррентов у высших растений.
- 5) Пищевые вещества, предпочитаемые позвоночными, в том числе человеком. Химия вкуса. Химия сладкого вкуса. Интенсификаторы и модификаторы вкуса.

Раздел 4. Контрольная работа на тему: «Характеристика основных классов токсических соединений, механизм их действия на организм человека и животных»

- 1) Характеристика ксенобиотиков
- 2) Пути поступления ксенобиотиков в организм
- 3) Обезвреживание ксенобиотиков у млекопитающих (общая характеристика и фазы метаболизма). Значение и происхождение систем метаболизма ксенобиотиков.
- 4) Связывание, транспорт и выведение ксенобиотиков.
- 5) Индукция защитных систем.

Список сообщений на тему: Пути образования АТФ в клетке. Адаптивные изменения реакций энергетического обмена при воздействии различных факторов среды.

- 1) Окислительный метаболизм: центральная роль цикла Кребса.
- 2) Анаэробный гликолиз и гликогенолиз. (Роль альфа-глицеролфосфат-дегидрогеназы. Регуляция).
- 3) Дыхательная цепь в митохондриях млекопитающих. Структура митохондрий.
- 4) Брожение
- 5) Фотосинтез
- 6) Адаптивные изменения реакций энергетического обмена при гипоксии.
- 7) Адаптивные изменения реакций энергетического обмена при длительной и кратковременной физической нагрузке.

Список докладов по теме: Биохимические адаптации животных к физической нагрузке. Особенности метаболизма животных при различных типах физической нагрузки.

- 1) Стратегии адаптации к длительной работе.
- 2) Зависимость активности аэробных и анаэробных ферментов от размеров тела

- 3) Адаптации к физической нагрузке у беспозвоночных.
- 4) Особенности мышечной системы у рыб. Адаптация к длительному плаванию и стремительным броскам.
- 5) Адаптации к анаэробной и аэробной тренировке.

Представление коротких сообщений и семинар-дискуссия на тему: Роль рецепторных белков в адаптации организма к воздействию неблагоприятного фактора среды

- 1) Специфические и неспецифические ответные реакции организмов на неблагоприятные факторы
- 2) Виды рецепторов.
- 3) Пути сигнальной трансдукции.
- 4) Роль рецепторных белков в адаптации растений к неблагоприятным факторам.
- 5) Роль рецепторных белков в адаптации животных к неблагоприятным факторам.

10. Методические материалы для оценивания итоговых результатов обучения по дисциплине

Вопросы к зачету

Тема 1. Предмет и задачи экологической биохимии.

1. Понятия адаптации и гомеостаза.
2. Типы адаптивных реакций.
3. Скорость биохимической адаптации и ее связь с имеющимися адаптивными механизмами.
4. Биохимическая адаптация: основные механизмы и стратегии.

Тема 2. “Конструкция” клеточного метаболизма. Адаптация ферментов к метаболическим функциям.

1. Функциональные блоки и их сопряжение (катаболические реакции, анаболические реакции, амфиболические реакции).
2. Адаптация “оборудования” и адаптация его “производительности”
3. Окислительный метаболизм: центральная роль цикла Кребса.
4. Филогенез цикла мочевины.
5. Уровни регуляции концентрации ферментов (Кинетика насыщения. Понятие ключевых ферментов.)
6. Ферменты как катализаторы и регуляторы.

Тема 3. Биохимические адаптации к физической нагрузке.

1. Основные стратегии адаптации при физической нагрузке.
2. Типы скелетных мышечных волокон у позвоночных.
3. Запасы энергии и последовательность их использования при различных видах работы.
4. Поддержание окислительно-восстановительного равновесия в ходе анаэробного гликолиза.
5. Буферная емкость мышц и способность их к анаэробной работе.
6. Углеводы и жиры как источники энергии для длительной работы.
7. Общие принципы регуляции цикла Кребса в мышечной ткани при работе.
8. Регуляция митохондриального дыхания и фосфорилирования.
9. Сходство и различия между анаэробным и аэробным энергообеспечением.
10. Зависимость каталитического потенциала гликолитических и окислительных ферментов от размеров тела.

11. Адаптивные изменения роли быстрых “гликолитических” волокон.
12. Влияние анаэробной работы мышц на запасы гликогена и креатинфосфата.
13. Возможные механизмы адаптации при аэробной тренировке
14. Влияние аэробной тренировки на снабжение мышц кислородом и его использование.

Тема 4. Особенности метаболизма в условиях аноксии и гипероксии.

1. Истинное брожение в сопоставлении с дыханием (анаэробным и аэробным).
2. Животные-анаэробы как пример систем автономного жизнеобеспечения.
3. Депонирование гликогена в периферических тканях и органах.
4. Виды брожения с повышенной энергетической эффективностью.
5. Сущность проблемы конечных продуктов и варианты ее решения.
6. Проблема восстановления метаболического гомеостаза.
7. Освобождение от анаэробных конечных продуктов у беспозвоночных.
8. Видоизмененный цикл Кори у головоногих моллюсков.
9. Освобождение от лактата у позвоночных.
10. Перезарядка периферических и центральных депо гликогена.
11. Адаптивные реакции к гипероксии.
12. Антиоксидантная система клетки.

Тема 5. Метаболические адаптации к нырянию

1. Проблемы и стратегии адаптации к нырянию.
2. Расходование гликогена печени черепахи и двоякодышащими рыбами в условиях гипоксии.
3. Биохимические проявления реакции на погружение в воду.
4. Потребление мозгом, легкими и сердцем кислорода, запасенного в организме.
5. Мышечный метаболизм при кормовом (кратковременном) и исследовательском (длительном) нырянии.
6. Размеры тела и продолжительность ныряния.
7. Проблема конечных продуктов.
8. Восстановление гомеостаза при выходе на поверхность.
9. Почему при нырянии используется в основном аэробный метаболизм.

Тема 6. Адаптация к морским глубинам.

1. Специфические особенности морских глубин (Физические особенности. Источники пищи на больших глубинах.).
2. Адаптация кинетических свойств ферментов к давлению.
3. Влияние давления на структуру белков.
4. Адаптация липидных систем к морским глубинам.
5. Интенсивность метаболизма у глубоководных животных: совместное влияние физических и биологических факторов.
6. Адаптивные механизмы, снижающие интенсивность обмена у глубоководных животных.
7. Гидротермальные источники — область обильной жизни на больших глубинах.
8. Сульфид как источник энергии для пищевых сетей гидротермального сообщества.

Тема 7. Выключение активного метаболизма у животных и растений.

1. Причины снижения интенсивности обмена веществ.
2. Ангидробиоз и обезвоженные организмы.
3. Ангидробиоз у почвенных нематод.
4. Диапауза у насекомых. Организация метаболизма при зимней диапаузе.
5. Летняя спячка двоякодышащих рыб. Общая организация метаболизма у двоякодышащих рыб.

6. Зимняя спячка грызунов.
7. Зимняя спячка и голодание: сравнительные аспекты.
8. Роль вторичного использования мочевины в кислотно-щелочной регуляции хозяина и симбионтов.
9. Спячка у крупных млекопитающих (медведей). Белковый метаболизм медведя во время спячки.

Тема 8. Адаптации, связанные с развитием, у млекопитающих

1. Стадии развития.
2. Стратегическое положение и роль плаценты.
3. Изозимы лактатдегидрогеназы в процессе развития.
4. Адаптация материнского организма к беременности.
5. Метаболические адаптации, связанные с рождением. Источники энергии в первые часы жизни.
6. Метаболические адаптации в период питания материнским молоком.
7. Метаболические адаптации у матери в период вскармливания.
8. Метаболические адаптации к переходу на самостоятельное питание у детенышей.
9. Основные особенности метаболизма на разных стадиях развития.

Тема 9. Дыхательные белки.

1. Географическое распределение признака серповидноклеточности.
2. Основные функции дыхательных белков: аналогии с работой ферментов.
3. Функция гемоглобинов позвоночных и ее регуляция.
4. Адаптация гемоглобинов позвоночных: варианты НЬ.
5. Адаптивная модуляция свойств гемоглобинов.
6. Адаптация дыхательных белков у беспозвоночных.

Тема 10. Биохимические адаптации связанные с водными растворами.

1. Основные стратегии адаптации к изменениям осмотического давления.
2. Качественный состав биологических растворов.
3. Стратегии накопления органических осмолитов.
4. Влияние совместимых и взаимокompенсирующих растворенных веществ на структуру белка.
5. Стратегия адаптации галофильных бактерий.
6. Физико-химические особенности взаимодействий между осмолитами, белками и водой.
7. Растворяющая способность воды и эволюция метаболизма.

Тема 11. Адаптация к температуре

1. Первичные температурные эффекты.
2. Эндотермия и регуляция температуры тела. Преимущества и цена эндотермии.
3. Биохимические предпосылки для эндотермной регуляции.
4. Выработка тепла в "холостых циклах".
5. Регуляция теплоотдачи у эндотермных животных: адаптивные особенности кровообращения и теплоизоляции.
6. Компенсация влияния температуры на катализ.
7. Пороги температурного стресса. Температурная зависимость K_m и значения Q_{10} .
8. Изозимы и температурная акклимация.
9. Температурная адаптация и аллозимы.
10. Термостабильность белков.
11. Влияние температуры на липиды.
12. Резистентность и толерантность к замораживанию.

13. Регуляция синтеза и расщепления антифризов.

Тема 12. Биохимические адаптации растений к окружающей среде.

1. Биохимические основы адаптации к климатическим условиям.
2. Адаптация к холоду.
3. Адаптация к засухе.
4. Биохимическая адаптация к почве.
5. Адаптация к засолению.
6. Механизмы детоксикации у растений.

Тема 13. Биохимические адаптации связанные с питанием.

1. Адаптация ферментов позвоночных к особенностям питания.
2. Пищевые вещества, предпочитаемые насекомыми.
3. Биохимические основы выбора растений насекомыми, коэволюционные аспекты.
4. Вторичные вещества как пищевые аттрактанты.
5. Эволюция пищевых детерментов у высших растений.
6. Пищевые вещества, предпочитаемые позвоночными, в том числе человеком.

Тема 14. Экологическая биотехнология.

1. Экологически безопасные способы воздействия на виды, имеющие экономическое значение.
2. Природные экологические хеморегуляторы. Пропестициды.
3. Оценка биологической активности (БА) веществ: проблемы биотестирования и информационной биотехнологии.
4. Проблема соотношения и коррелирования результатов биотестирования, полученных на разных тест-объектах и разными методами.
5. Проблемы биотрансформации экзогенных веществ в организмах и экосистемах: биохимическая экология ксенобиотиков.
6. Некоторые особенности метаболизма ксенобиотиков.
7. Экологическая опасность биоразрушаемых поллютантов и остатков неразложившихся поллютантов.
8. Обезвреживание ксенобиотиков у млекопитающих (общая характеристика и фазы метаболизма).
9. Значение и происхождение систем метаболизма ксенобиотиков.

11. Учебная литература

Перечень основной литературы

1. Boldyrev A. Carnosine and oxidative stress. Moscow-Petrozavodsk: Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences, 2006. 393 p.
2. Hochachka P. W., Somero G. N., Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution. Oxford University Press, New York, NY, USA, 2002.
3. Somero G.N., Lockwood B.L., Tomanek L. Biochemical Adaptation. Response to Environmental Challenges from Life's Origins to the Anthropocene. Sunderland Massachusetts USA– 2017. 572 p.
4. Биохимия. Под ред. Северина Е.С. – Изд-во «ГЭОТАР - МЕД», 2003 г., 779 стр.
5. Забуга Г.А. Экологическая биохимия: учебное пособие– Ангарск, 2006. - 30 с.
6. Коничев, А. С. Биохимия и молекулярная биология / А. С. Коничев, Г. А. Севастьянова. - М. : Дрофа, 2008. - 359 с.
7. Кочетов Г.А. Практическое руководство по энзимологии: Учеб. пособие для студентов биологических специальностей университетов. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. школа, 1980.— 272 с, с ил.

8. Коэн Ф. Регуляция ферментативной активности: Пер-с англ.—М.: Мир., 1986. — 144.
9. Лав Р.М. Химическая биология рыб. М., 1976.
10. Ленинжер А. Основы биохимии. Т. 1-3. М., 1985
11. Немова Н.Н., Мещерякова О.В., Лысенко Л.А., Фокина Н.Н. Оценка состояния водных организмов по биохимическому статусу // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2014. № 5. С. 18-29.
12. Ньюсхолм Э., Старт К. Регуляция метаболизма. Изд. «Мир», М, 1977.
13. Озернюк Н.Д. Механизмы адаптаций. М.: Наука, 1992, 272 с.
14. Озернюк Н.Д. Феноменология и механизмы адаптационных процессов. М.: Изд-во МГУ, 2003. 215 с.
15. Рабинович А.Л., Высоцкая Р.У., Любарцев А.П., Квёрк Н., Лобаскин В.А. Оценка состояния организма и токсичности веществ по биохимическим показателям // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия: Экологические исследования. - Петрозаводск, 2017. - № 9. - С. 84-97.
16. Справочник биохимика / Доусон Р., Эллиот Д., Эллиот У, Джонс К.: Пер. с англ. М.: Мир, 1991.
17. Срослова Г.А., Постнова М.В., Зимица Ю.А. Особенности адаптации живых организмов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2017. Т. 7. № 4. С. 32-38.
18. Телитченко М.М., Остроумов С.А. Введение в проблемы биохимической экологии. Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды. М., Наука, 1990.- 288 с.
19. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. М.: Мир. 1997.
20. Харборн Дж. Введение в экологическую биохимию М., 1985.
21. Хочачка П., Сомеро Д. Биохимическая адаптация. М., 1988.
22. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М., 1980
23. Шмидт-Нильсен К. Размеры животных. Почему они так важны? М. 1998
24. Экологическая биотехнология. / Под ред. К.Ф.Форстера и Д.А.Дж. Вейза. Л., 1990.
25. Fields, P. A., Dong, Y., Meng, X., & Somero, G. N. Adaptations of protein structure and function to temperature: there is more than one way to ‘skin a cat’ //Journal of Experimental Biology. – 2015. – Т. 218. – №. 12. – С. 1801-1811.
26. Hochachka P. W. Defense Strategies Against Hypoxia //Care of the Critically Ill Patient. – 2012. – С. 139.
27. Kultz, D., Clayton, D. F., Robinson, G. E., Albertson, C., Carey, H. V., Cummings, M. E., ... & Kingsolver, J. G. New frontiers for organismal biology //Bioscience. – 2013. – Т. 63. – №. 6. – С. 464-471.
28. Sheikh A. A., Rehman N. Z., Kumar R. Diverse adaptations in insects: A Review //J. Entomol. Zool. Stud. – 2017. – Т. 5. – №. 2. – С. 343-350.
29. Somero G. N. Comparative physiology: a “crystal ball” for predicting consequences of global change //American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. – 2011. – Т. 301. – №. 1. – С. R1-R14.
30. Somero G. N. The physiology of global change: linking patterns to mechanisms //Annual Review of Marine Science. – 2012. – Т. 4. – С. 39-61.
31. Viridi S. K. Heat And Water Stress In Plants—A Review //Harvest (Online); Volume 2, 2016<http://www.harvestjournal.net/wp-content/uploads/2017/05/Simran.pdf>
32. Ziaaldini M., Attarzadeh Hosseini S. R., Fathei M. Mitochondrial adaptations in aged skeletal muscle: effect of exercise training //Physiological research. – 2017. – Т. 66.
33. Feder M. E., Hofmann G. E. Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: evolutionary and ecological physiology //Annual review of physiology. – 1999. – Т. 61. – №. 1. – С. 243-282.

34. Azmir J. et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review //Journal of Food Engineering. – 2013. – Т. 117. – №. 4. – С. 426-436.
35. Lockwood B. L., Somero G. N. Functional determinants of temperature adaptation in enzymes of cold-versus warm-adapted mussels (Genus Mytilus) //Molecular biology and evolution. – 2012. – Т. 29. – №. 10. – С. 3061-3070.
36. Silanikove, N., Blum, S. E., Zachut, M., Merin, U., Shapiro, F., Kra, G., & Leitner, G. Biochemical Properties of Milk Reflect Evolutional Adaptations of Reproductive Strategy in Women, Cows and Mice //Israel Journal of Veterinary Medicine. – 2018. – Т. 73. – С. 1.
37. Somero, G. N., Beers, J. M., Chan, F., Hill, T. M., Klinger, T., & Litvin, S. Y. What changes in the carbonate system, oxygen, and temperature portend for the northeastern Pacific Ocean: a physiological perspective //BioScience. – 2015. – Т. 66. – №. 1. – С. 14-26.
38. Tamura Y., Hatta H. Heat stress induces mitochondrial adaptations in skeletal muscle //The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. – 2017. – Т. 6. – №. 3. – С. 151-158.
39. Tahara S. A journey of twenty-five years through the ecological biochemistry of flavonoids //Bioscience, biotechnology, and biochemistry. – 2007. – Т. 71. – №. 6. – С. 1387-1404.
40. Kumar, A., Alam, A., Tripathi, D., Rani, M., Khatoon, H., Pandey, S., ... & Hasnain, S. E. Protein adaptations in extremophiles: An insight into extremophilic connection of mycobacterial proteome //Seminars in cell & developmental biology. – Academic Press, 2018.
41. Martin J. MacInnis Martin J. Gibala Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity // The journal of Physiology. Volume 595, Issue 91 May 2017. P. 2915-2930.
42. Курамшина. Об антифризах — белках и не только // «Химия и жизнь» №12, 2016.

Дополнительная литература:

1. Salway J.G. Metabolism at a glance. Blackwell Science Ltd, 1994. 96 p.
2. Proceedings of the 13th Bratislava Symposium on Saccharides “Recent Advances in Glycomics”. Smolenice Castle, Slovakia. 2014. 141 p.
3. Environmental Science: understanding, protecting, and managing the environment in the Baltic Sea region / ed. L. Ryden, P. Migula, M. Andersson. The Baltic University Press, Uppsala, 2003. 824 p.
4. Lipids in Aquatic Ecosystems / ed. M.T. Arts, M.T. Brett, M. J. Kainz. Springer Science + Business Media, 2009. 377 p.
5. Андриашева М.А. Генетические аспекты разведения сиговых рыб. СПб, 2011. 639 с.
6. Баррет А.Дж., Хит М.Ф. Лизосомные ферменты // Лизосомы. Методы исследования. М.: Мир. 1980. С.25-156.
7. Биота северных озер в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. 230 с.
8. Бондарева Л.А. Немова Н.Н. К вопросу об эволюции протеолитических ферментов.
9. Биомедицинская химия. 2008. Т. 54. Вып. 1. С. 42-57.
10. Болдырев А.А., Ещенко Н.Д., Илюха В.А., Кяйвяряйнен Е.И. «Нейрохимия» Из-во: Дрофа, Москва, 2010 г.
11. Болдырев А.А., Кяйвяряйнен Е.И., Илюха В.А. Биомембранология. Учебное пособие.- Петрозаводск, Изд-во КарНЦ РАН, 2006. – 226 с.
12. Бондарева Л.А. Немова Н.Н. К вопросу об эволюции протеолитических ферментов. Биомедицинская химия. 2008. Т. 54. Вып. 1. С. 42-57.
13. Бондарева Л.А., Кяйвяряйнен Е.И. Немова Н.Н. Внутриклеточная Ca²⁺-зависимая протеолитическая система животных. М.: Наука, 2006, 216 с.
14. Водные объекты города Петрозаводска: учебное пособие / ред. А.В. Литвиненко, Т.И. Регеранд. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 109 с.
15. Высоцкая Р.У., Немова Н.Н. Лизосомы и лизосомальные ферменты рыб. М.: Наука, 2008, 284 с.

16. Елисеев В.Г. и др. Атлас микроскопического и ультрамикроскопического строения клеток, тканей и органов. М.: Медицина, 2004. 448 с.
17. Исидоров В.А.. Введение в химическую экотоксикологию: Учебное пособие. С.-Пб.: Химиздат, 1999
18. Карамушко Л.И. Биоэнергетика рыб северных морей. М.: Наука, 2007. 253 с.
19. Крылов В.В., Канцерова Н.П., Лысенко Л.А. Магнитобиология. Физиолого-биохимические методы исследования биологических эффектов магнитных полей. Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий по курсу «Магнитобиология». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 32 с. / 1 п.л.
20. Коваленко, Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ : учебное пособие / Л. В. Коваленко. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 228,[1] с.
21. Лузиков, В. Н. Экзоцитоз белков : курс лекций : учеб. пособие / В. Н. Лузиков. - М. : Академкнига, 2006. - 253 с. - (Учебное пособие для вузов).
22. Лысенко Л.А., Канцерова Н.П., Ушакова Н.В., Немова Н.Н. Протеиназы семейства кальпаинов у водных беспозвоночных и рыб // Биоорганическая химия. 2011
23. Лысенко Л.А., Немова Н.Н., Канцерова Н.П. Протеолитическая регуляция биологических процессов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2012. 450 с.
24. Мещерякова О.В., Чурова М.В., Немова Н.Н. Межвидовые, возрастные и половые различия в активности цитохром с оксидазы белых мышц рыб из водоемов Северо-Запада России // Труды Карельского научного центра РАН. – 2013. – № 3. – С.136-142.
25. Нельсон Дж. С. Рыбы мировой фауны. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 880 с.
26. Наумов. А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. СПб, 2006. 367 с.
27. Наумов. А.Д. Аномальный выброс морских звезд в Двинском заливе весной 1990 г. СПб, 2011. 414 с.
28. Немова Н.Н., Мещерякова О.В., Чурова М.В. Показатели энергетического метаболизма в процессах роста и развития лососевых рыб Salmonidae // Ученые записки ПетрГУ- 2015. № 8 (153). С. 7-13.
29. Немова Н.Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. М.: Наука, 2005, 164 с.
30. Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука, 2004, 216 с.
31. Немова, Н. Н. Протеолитические ферменты : учеб. пособие / Н. Н. Немова, Л. А. Бондарева ; КарНЦ РАН, Ин-т биологии. - Петрозаводск, 2005. - 91 с.
32. Природа острова Врангеля: современные исследования. Сборник научных трудов / под ред. А.Р. Груздева. СПб: Астерион, 2007. 340 с.
33. Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Сборник материалов XII международной конференции с элементами школы для молодых ученых и аспирантов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 361 с.
34. Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука, 1983, 238 с.
35. Смирнов Л.П., Богдан В.В. Липиды в физиолого-биохимических адаптациях эктотермных организмов к абиотическим и биотическим факторам среды. М.: Наука. 2007. 182 с.
36. Смирнов Л.П., Богдан В.В. Температурная преадаптация жирнокислотных составов липидов у эктотермных организмов разной организации. Журн. эвол. биохим. и физиол. Т. 2006. Т. 42, № 2. С. 110-115.
37. Смирнов Л.П., Суховская И.В., Немова Н.Н. Влияние различных факторов среды на низкомолекулярные пептиды рыб. Экология, № 1. 2005. С. 48-54.

38. Физиологические, биохимические и молекулярно-генетические механизмы адаптаций гидробионтов. Материалы всероссийской конференции с международным участием. Борок, 2012. 400 с.
39. Филиппов А.В., Скирда В.Д., Рудакова М.А. Латеральная диффузия в липидных мембранах в присутствии холестерина. Казань, 2010. 221 с.
40. Фокина Н.Н., Нефедова З.А., Немова Н.Н. Липидный состав мидий *Mytilus edulis* L. Белого моря. Влияние некоторых факторов среды обитания. Петрозаводск. Изд-во КарНЦ РАН, 2010. 242 с.
41. Эколого-биохимический статус молоди атлантического лосося *Salmo salar* L. из некоторых рек бассейна Белого моря / под ред. Н.Н. Немовой // Петрозаводск : Карельский науч. центр РАН, 2016. – 204 с.

Базы данных

1. Биохимические показатели и содержание ртути в тканях окуня, *Perca fluviatilis*, из водоемов Северо-Запада России / Канцерова Н.П., рег. № 2012620793 (15.08.2012).
2. Комплекс биохимических показателей состояния мидий, *Mytilus edulis* L., при воздействии тяжелых металлов / Фокина Н.Н., Высоцкая Р.У., Вдовиченко Е.А., Канцерова Н.П., Лысенко Л.А., Руоколайнен Т.Р., Крупнова М.Ю., Немова Н.Н., Маркова Л.В., Бахмет И.Н. рег. № 2013620995 (23.08.2013)
3. Комплекс морфологических и биохимических показателей некоторых пресноводных видов рыб из техногенного водоема (модельный объект: водохранилище Костомукшского горно-обогатительного комбината, Республика Карелия) / Суховская И.В., Борвинская Е.В., Васильева О.Б., Вдовиченко Е.А., Высоцкая Р.У., Ильмаст Н.В., Канцерова Н.П., Крупнова М.Ю., Кяйвяряйнен Е.И., Лысенко Л.А., Мещерякова О.В., Немова Н.Н., Рипатти П.О., Смирнов Л.П., Стерлигова О.П., Чурова М.В., Назарова М.А. рег. № 2013621294 (03.10.2013)

12. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронный ресурсы научной библиотеки КарНЦ РАН

[режим доступа: <http://library.krc.karelia.ru/>]

Электронная научная библиотека eLIBRARY.RU

[режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>]

Электронная научная библиотека РАН

[режим доступа <https://ras.jcs.su/>]

Электронная юбиблиотека ОБН РАН

[режим доступа: <http://www.sevin.ru/library/>]

Библиотека по естественным наукам РАН

[режим доступа: <http://www.benran.ru/>]

Электронная научная библиотека Wiley Online Library

[режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/>]

Электронная научная библиотека издательства Springer

[режим доступа: <http://www.springer.com/gp/>]

Электронная научная библиотека издательства Elsevier

[режим доступа: <http://www.elsevier.com/>]

Библиографическая и реферативная база данных Scopus

[режим доступа: <http://www.scopus.com/>]

Медико-биологический информационный портал и поисковая система Medline
[режим доступа: <http://www.medline.ru/medsearch/>]

Национальная библиотека США по Медицине PubMed
[режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>]

14. Материально-техническое обеспечение

Оборудование для пробоподготовки, выделения веществ и органелл:

Холодильные и морозильные камеры, в т.ч. низкотемпературные, сосуды Дьюара СДСТ-35, IC 20 RX;

Гомогенизатор Qiagen Tissue Lyser LT (Qiagen, Германия);

Центрифуга Allegra 64R Centrifuge (BeckmanCoulter).

Ультрацентрифуга с набором роторов Optima Beckman LE 80 (BeckmanCoulter).

Центрифуга Rotina 35R (Hettich, Германия). Центрифуга с охлаждением на 24 места Eppendorf Centrifuge 5415R (Eppendorf, США).

Универсальный комплект микроволновой и фотолизной пробоподготовки.

Оборудование для разделения сложных белковых смесей, отчистки, выделения и изучения свойств и функций пептидов, белков, ферментов:

Система для гель хроматографии LKB;

Специализированная камера для электрофореза Mini-PROTEAN[®] Tetra Vertical Electrophoresis Cell (Bio-Rad);

Гель-документирующая система ChemiDoc[™];

Система блоттинга Trans-Blot[®] Turbo[™];

Камера для вертикального электрофореза Mini-PROTEAN Tetra Cell на 4 геля, для работы с готовыми гелями;

Планшетный монохроматорный флуориметр люминометр спектрофотометр CLARIOstar (BMG LABTECH);

Спектрофотометр СФ-2000 (ЗАО "ОКБ Спектр", Россия);

Оборудование для тонкослойной, газожидкостной и высокоэффективной жидкостной хроматографий, предназначенное для анализа спектра липидов и состава жирных кислот:

Жидкостный хроматограф изократический «Стайер» с компьютерным обеспечением (НПК «Аквилон»),

Газовый хроматограф «Хроматэк Кристалл-5000.2» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия),

Хроматограф газовый Agilent 7890A (Agilent Tech.);

Комплекс для высокоэффективной тонкослойной хроматографии, включающий аппликатор Linomat 5, автоматическую камеру для элюирования ADC2, сканер спектроденситометр TLC Scanner 4 с ПО visionCATS (CAMAG, Швейцария);

Оборудование для гистологических исследований:

Комплекс для гистологических исследований (MICROM).

Оборудование для молекулярно-генетических исследований:

Термоциклер для амплификации нуклеиновых кислот 1000, исполнения C1000 Touch в комплекте с модулем реакционным оптическим CFX96;

Система высокой очистки воды Simplicity с УФ лампой;

Лабораторная микроцентрифуга MiniSpin plus;

Микроцентрифуга-вортекс "Микроспин" FV-2400, 2800 об/мин, роторы R-1,5, R-0.5/0.2

Термостат твердотельный с таймером ТТ-2 "Термит";

Модуль HRM Manager для анализа кривых плавления;

Бокс микробиологической безопасности БМБ-II-"Ламинар-С в исполнении БМБ-II-"Ламинар-С.»-1.2;

Бокс абактериальной воздушной среды для работы с ДНК-пробами при проведении ПЦР-диагностики БАВ-ПЦР-"Ламинар-С."

Термостат твердотельный с таймером ТТ-2 "Термит".

15. Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Access 2010 Russian Open License Pack NoLevel Academic Edition – программа для работы с базами данных;
2. Power Point 2007 – программа для создания презентаций.
3. Программное обеспечение в комплекте с научным оборудованием.
4. Пакет программного обеспечения для создания и поддержки генетических баз данных Fingerprinting II Informatix (Bio-Rad, США).

16. Критерии оценивания для итогового контроля по дисциплине

Результаты зачета оцениваются на «зачтено», «незачтено» по следующим основаниям:

«Зачтено» ставится, если ответ построен логично, в соответствии с планом, показано знание универсальных, общепрофессиональных и профессиональных вопросов, терминов и понятий, установлены содержательные межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, приведены примеры, показан аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны содержательные выводы, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.

«Незачтено» ставится, если ответ построен не логично, план ответа соблюдается непоследовательно, отвечающий не раскрыты профессиональные знания и умения. Научное обоснование вопросов подменено рассуждениями дилетантского характера. Ответ содержит ряд серьезных неточностей и грубых ошибок. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделанные выводы поверхностны или неверны, не продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.