

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**

### **«Биохимия липидов. Методы исследования липидов»**

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 «Биохимия липидов. Методы исследования» 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:

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

**Васильева Ольга Борисовна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической биохимии ИБ КарНЦ РАН.

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины – существенное расширение и углубление общих знаний современного уровня в области биохимии липидов, приобретение навыков работы с многообразием методических подходов к изучению липидных компонентов организма, как его важнейшей составной части.

Задачей преподавания данной дисциплины является формирование у аспирантов понимания роли липидов в адаптациях организмов различной таксономической принадлежности, физиологического статуса, в особенности эктотермных, к изменяющимся условиям внешней среды, как естественного, так и антропогенного происхождения, а также отработка необходимых навыков анализа липидов на всех этапах, от фиксации липидного материала до анализа индивидуальных компонентов липидных спектров и осмысления полученных результатов.

## **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы**

Элективная дисциплина – обязательная по выбору аспиранта (Б1.В.ДВ1.2), направленная на сдачу кандидатского экзамена по научной специальности 03.01.04 Биохимия.

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

Период освоения – 2 семестр.

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

**ЗНАТЬ:** состав, структуру и функции липидов, как универсального строительного материала мембранных структур клеток; участие липидов в адаптациях организмов различного филогенетического уровня и физиологического статуса к факторам среды естественного и антропогенного происхождения; механизмы устойчивости (резистентности) организмов к неблагоприятным воздействиям среды на уровне липидов;

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

**УМЕТЬ:** - ориентироваться в проблемах, связанных с изучением липидов, как группы, без которой невозможно существование живой клетки и как обязательного компонента биохимической адаптации живых организмов к внешней среде.

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

- использовать новейшие достижения в области липидологии для формулирования и решения практических задач.

**ВЛАДЕТЬ:** современными методами исследований в области липидологии, навыками постановки и проведения эксперимента, оценки достоверности полученных результатов.

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

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

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

**ЗНАТЬ:** состав структуру и функции отдельных классов липидов и жирных кислот, метаболизм липидов и жирных кислот и механизмы его регуляции, тканеспецифичность липидного состава, участие липидов в адаптациях организмов различных филогенетических и экологических групп к факторам среды естественного и антропогенного происхождения, прикладные аспекты липидологии;

биохимические методы выделения, отчистки, идентификации, изучения структуры и свойств липидов и жирных кислот, возможности их применения для решения фундаментальных и прикладных научно-исследовательских задач в области биохимии.

**УМЕТЬ:** используя теоретические знания, средства и сервисы поиска и анализа научной информации генерировать необходимые знания и сведения в области биохимии липидов, охарактеризовать строение, свойства и функции важнейших соединений липидной природы;

применить современные биохимические методы в области биохимии липидов для решения фундаментальных и прикладных научно-исследовательских задач.

**ВЛАДЕТЬ:** навыками самостоятельной работы с литературой, поиска и анализа и обобщения теоретической и методологической информации в области биохимии липидов;

биохимическими и методами выделения, отчистки, идентификации и изучения структуры, свойств и функций соединений липидной природы, навыками постановки и проведения эксперимента в области биохимии липидов, методами обработки и интерпретации полученных результатов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, что составляет 180 часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Объем дисциплины (всего)	180 / 5 з.е.
Аудиторная учебная нагрузка (всего), в том числе:	72 / 2 з.е.
лекции	18
практические занятия	36
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

№	Тема занятия	Кол-во час.
1	<p><b>Общие представления о липидах</b>  Классификация липидов, основанная на структурных особенностях липидов. Основные классы липидов. Простые липиды - ацилглицерины и воска. Сложные липиды – глицерофосфолипиды, сфинголипиды. Стероиды. Сульфолипиды, аминлипиды. Запасные и структурные липиды. Липопротеины. Предшественники и производные липидов: жирные кислоты, глицерол, стеролы и прочие спирты (помимо глицерола и стеролов), альдегиды жирных кислот, углеводороды, жирорастворимые витамины и гормоны. Химические свойства липидов. Содержание липидов различных групп в тканях и органах животных.</p>	2
2	<p><b>Строение липидов</b>  Строение ацилглицеринов. Триацилглицерины, нумерация спиртовых групп. Диольные липиды. Строение восков. Строение фосфолипидов. Глицерофосфолипиды: фосфатидилхолины, фосфатидилэтаноламины (диацильная и плазмалогенная формы), фосфатидилсерины, фосфатидилинозитолы, плазмалогены, кардиолипин. Сфинголипиды. Гликолипиды.</p>	2
3	<p><b>Метаболизм липидов</b>  Переваривание липидов в желудке. Переваривание липидов в кишечнике, всасывание липидов в кишечнике. Факторы, влияющие на всасывание липидов. Липиды крови и липопротеиды. Основные представления о метаболизме триацилглицеринов. Синтез триацилглицеринов Характеристика депонированных липидов. Регуляция синтеза и депонирования липидов. Мобилизация депонированных липидов и липидов печени. Кетоновые тела и кетоз. Некоторые аспекты метаболизма липидов в организме. Взаимоотношения процессов метаболизма липидов. Интеграция липидного и углеводного обмена у млекопитающих. Особенности метаболизма липидов животных различных филогенетических групп.</p>	2
4.	<p><b>Метаболизм структурных липидов</b> Тканевые липиды, их функции. Распределение фосфолипидов и обмен, синтез. Другие пути образования фосфатидилэтаноламина и фосфатидилхолина. Типы фосфолипаз и их действие. Сфинголипиды. Образование сфингозинов. Образование церамидов. Образование сфингомиелинов. Образование гликосфинголипидов. Синтез цереброзидов. Синтез ганглиозидов. Сфинголипазы и нарушения метаболизма гликосфинголипидов. Метаболизм стероидов и его контроль. Источники холестерина в организме. Регуляция метаболизма холестерина. Простагландины. Химические свойства. Биосинтез. Метаболизм. Биологическое действие: простагландины и циклический АМФ; действие на сердечнососудистую систему; на водно-электролитный обмен; на нервную систему; на желудочно-кишечный тракт; на репродуктивную систему; бронхи, трахею и гладкие мышцы; воспалительное действие; иммуносупрессия. Гипотеза элементарной мембраны. Другие модели структуры мембран. Изменение состава структурных липидов органов и тканей животных при действии различных факторов среды (температура, соленость, pH)</p>	2

5.	<b>Жирные кислоты</b> Номенклатура жирных кислот. Природные жирные кислоты. Метиленразделенные жирные кислоты. Незаменимые жирные кислоты, тромбоксаны. Сопряженные полиеновые кислоты. Кислоты ряда ацетилен и аллена. Разветвленные кислоты. Циклические кислоты. Оксигенированные кислоты. Методы определения жирных кислот: газожидкостная хроматография, УФ-, ИК-, КР-спектроскопия. ЯМР спектроскопия. Масс-спектрометрия. Миграция двойной связи и циклизация. Цис-, транс-изомеризация, миграция двойной связи, циклизация, диеновый синтез и циклизация. Реакции по карбоксильной группе.	2
6.	<b>Жирнокислотный состав липидов</b> Жирнокислотный состав липидов живых организмов разных систематических групп (эктотермные и эндотермные организмы). Насыщенные и ненасыщенные кислоты. Пространственная конфигурация ненасыщенных кислот. Длинноцепочечные ненасыщенные кислоты. Синтез жирных кислот de novo.	2
7	<b>Синтез жирных кислот</b> Цитоплазматический механизм синтеза пальмитиновой кислоты. Образование малонил-КоА. Ацилпереносящий белок и трансацилазы. Стадии синтеза жирных кислот. Элонгация жирных кислот в митохондриях. Элонгация жирных кислот в микросомах. Синтез жирных окислителей, как источников восстановления нуклеотидов. Другие аспекты синтеза жирных кислот. Взаимопревращения жирных кислот: укорочение и удлинение углеродного скелета. Образование мононенасыщенных кислот. Образование и превращения полиеновых кислот	2
8.	<b>Метаболизм жирных кислот</b> Особенности метаболизма жирных кислот в организме. Внутриклеточный гидролиз липидов. Цикл окисления жирных кислот. Активация жирных кислот и механизм, с помощью которого они проникают в митохондрии. Первая стадия дегидрирования при окислении жирных кислот. Стадия гидратации. Вторая стадия дегидрирования. Стадия тиолитического расщепления. Баланс процесса. Окисление ненасыщенных жирных кислот. Кетоновые тела и их окисление. Окисление кислот с нечетным числом атомов углерода. Второстепенные пути окисления жирных кислот	2
9	<b>Роль липидов в адаптации организмов к условиям среды</b> Клеточные мембраны. Жидкокристаллическое состояние мембран, как необходимое условие функционирования. Роль жирнокислотного компонента мембран. Семейства линолевой (n-3) и линоленовой (n-6) кислот. Значение докозагексаеновой (22:6) кислоты в адаптациях рыб к различным факторам среды. Влияние температуры на биологические мембраны. Влияние давления на биологические мембраны. Роль липидов в природных адаптациях. Адаптивная роль липидов, не входящих в состав клеточных мембран: бурая жировая ткань; липиды, как регуляторы испарения воды; липиды как регуляторы плотности тела. Феномен биохимической преадаптации жирнокислотных спектров липидов к изменению температурного режима окружающей среды.	2
	<b>Итого</b>	<b>18</b>

## Практические занятия

№	Тема занятия	Кол-во час.
1.	Освоение современных методов исследования липидов: а) фиксация биоматериала для последующего биохимического анализа липидов; б) разделение общих липидов методом тонкослойной хроматографии; в) анализ отдельных фракций фосфолипидов с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ);	6
2.	Освоение современных методов исследования липидов: Изучение жирнокислотного состава общих липидов методом газожидкостной хроматографии.	10
3.	Использование биохимических методов исследования липидов в решении задач экологической и эволюционной биохимии: а) определение содержания различных групп липидов в органах морских и пресноводных рыб; б) исследование вариабельности жирнокислотного спектра органов и тканей гидробионтов под влиянием различных факторов окружающей среды	10
4.	Освоение гистологических и гистохимических методов исследования структуры ткани и локализации липидов в них: а) знакомство с методами фиксации и гистологической проводки различных типов тканей для последующего анализа; б) изготовление парафиновых блоков и окраски срезов тканей в) изготовление гистологических срезов, изучение структуры и особенностей разных типов тканей, а также исследование локализации липидов и липидных компонентов в них на микроснимках; г) определение гистопатологических изменений в структуре паренхимы печени и ооцитов разной стадии развития у рыб, обитающих в водоемах с антропогенной нагрузкой.	8
	Зачет	2
	<b>Итого</b>	<b>36</b>

## Семинары

№	Тема занятия	Кол-во час.
1.	Значение разных групп липидов в адаптациях животных к изменениям параметров окружающей среды	2
2.	Вариабельность жирнокислотных спектров липидов у разных групп организмов. Экто- и эндотермия.	2
3.	Эколого-биохимические подходы к изучению акклиматизации различных видов животных к условиям Севера.	2
4.	Биохимические адаптации животных к температуре. Особенности метаболизма липидов у животных с различными термоадаптивными особенностями.	2
5.	Семейства линолевой (n-3) и линоленовой (n-6) кислот. Значение докозагексаеновой (22:6) кислоты в адаптациях рыб к различным факторам среды	2
6.	Роль холестерина в адаптации мембранных структур эктотермного организма к воздействию неблагоприятного фактора среды.	2

7.	Синтез жирных кислот de novo. Элонгация насыщенных жирных кислот. Образование моноеновых и полиеновых кислот	2
8.	Особенности метаболизма жирных кислот в организме. Цикл окисления жирных кислот. Стадийность процесса. Окисление ненасыщенных жирных кислот и кислот с нечетным числом атомов углерода	2
9.	Эколого-биохимическое тестирование и мониторинг токсических соединений в окружающей среде в тканях живых организмов на уровне липидного и жирнокислотного спектров.	2
	<b>Итого</b>	<b>18</b>

## 9. Методические материалы для текущего контроля

### Темы для подготовки к семинарам

1. Липофильные соединения и классификация липидов.
2. Жирные кислоты.
3. Нейтральные жиры и их свойства.
4. Фосфолипиды.
5. Гликолипиды и сульфоллипиды.
6. Стерины, холестерин, желчные кислоты.
7. Диольные липиды.
8. Участие фосфатидов и других липидов в построении биологических мембран.
9. Воска и стероиды.
10. Изопреноиды.
11. Терпеноиды и каротиноиды.
12. Липолиз.
13. Окислительный распад жирных кислот.
14. Биосинтез жирных кислот.
15. Биосинтез триглицеридов.
16. Превращение жиров при созревании и прорастании семян и плодов.
17. Строение и функции мембран в клетке.
18. Значение фосфатидов в пищевой промышленности.
19. Биосинтез холестерина и его регуляция.
20. Синтез желчных кислот.

### Вопросы для текущего контроля

*Вопросы, требующие однозначного ответа (да/нет)*

1. Липиды – гидрофильные соединения.
2. Пальмитиновая и олеиновая жирные кислоты содержат одинаковое число атомов углерода.
3. Холестериды – это сложные эфиры холестерина и высших жирных кислот .
4. В состав цереброзидов входит гексоза .
5. Кардиолипид относится к глицеролипидам.
6. Липиды в комплексе с белками выполняют транспортную функцию в организме.
7. Содержит ли арахидоновая кислота четыре двойные связи?
8. Является ли линоленовая кислота незаменимой для человека?
9. Содержат ли фосфатидилхолины атом азота?
10. Могут ли липиды выполнять каталитические функции ?
11. Являются ли глицерофосфолипиды – главными компонентами клеточных мембран ?
12. Регулируют ли сфингинины и церамиды роста и дифференцировку клеток?

*Вопросы, требующие расширенного ответа*



1. Строение, физико-химические свойства и функциональная роль липидов.
2. Классификация и номенклатура жирных кислот. Строение и физико-химические свойства природных жирных кислот (насыщенных; моно- и полиеновых).
3. Ацилглицерины, строение свойства, функциональное значение.
4. Воски, строение свойства, функциональное значение.
5. Фосфолипиды: глицерофосфолипиды, классификация, строение, свойства, функции в клетке.
6. Фосфолипиды: сфингомиелины, строение, свойства, функции в клетке.
7. Гликолипиды: цереброзиды и ганглиозиды, строение, функции в клетке.
8. Стероиды: структура, свойства, важнейшие представители (холестерол, желчные кислоты, стероидные гормоны, витамины группы Д).
9. Биологическая роль и практическое использование липидов.
10. Важнейшие липиды тканей человека. Резервные липиды (жиры) и липиды мембран (сложные липиды). Жирные кислоты липидов тканей человека.
11. Незаменимые факторы питания липидной природы. Эссенциальные жирные кислоты:  $\omega$ -3- и  $\omega$ -6-кислоты как предшественники синтеза эйкозаноидов.
12. Биосинтез жирных кислот, регуляция метаболизма жирных кислот.
13. Химизм реакций  $\beta$ -окисления жирных кислот, энергетический итог.
14. Биосинтез и использование кетонных тел в качестве источников энергии.
15. Пищевые жиры и их переваривание. Всасывание продуктов переваривания. Нарушение переваривания и всасывания. Ресинтез триацилглицеринов в стенке кишечника.
16. Образование хиломикронов и транспорт жиров. Роль апопротеинов в составе хиломикронов. Липопротеинлипаза.
17. Биосинтез жиров в печени из углеводов. Структура и состав транспортных липопротеинов крови.
18. Депонирование и мобилизация жиров в жировой ткани. Регуляция синтеза и мобилизации жиров. Роль инсулина, глюкагона и адреналина.
19. Основные фосфолипиды и гликолипиды тканей человека (глицерофосфолипиды, сфингофосфолипиды, гликоглицеролипиды, гликофосфолипиды). Представление о биосинтезе и катаболизме этих соединений.
20. Нарушение обмена нейтрального жира (ожирение), фосфолипидов и гликолипидов. Сфинголипидозы.
21. Строение и биологические функции эйкозаноидов. Биосинтез простагландинов и лейкотриенов.
22. Холестерин как предшественник ряда других стероидов. Представление о биосинтезе холестерина. Написать ход реакций до образования мевалоновой кислоты. Роль гидроксиметилглутарил-КоА-редуктазы.
22. Синтез желчных кислот из холестерина. Конъюгация желчных кислот, первичные и вторичные желчные кислоты. Выведение желчных кислот и холестерина из организма.

#### **Вопросы по разделу «Физиологическая роль липидов в организме»**

1. Липиды – как факторы питания. Источники. Условия переваривания липидов, характеристика ферментов, схема процесса.
2. Желчные кислоты, их строение и свойства, классификация. Первичные и вторичные желчные кислоты. Роль желчных кислот в пищеварении липидов.
3. Ресинтез триацилглицеринов в стенке кишечника. Биологическая роль.
4. Транспорт липидов кровью. Липопротеины: химический состав, структура, классификация: хиломикроны, ЛПОНП, ЛПНП, ЛПВП, биологическая роль. Липопротеинлипаза сыворотки крови и ее значение.

5. Внутриклеточный катаболизм триацилглицеринов. Липолиз. Гормончувствительная (тканевая липаза). Каскадный механизм активирования ТАГ-липазы. Роль гормонов (адреналина, глюкагона) и ц-АМФ в активировании ТАГ-липазы.
6. Внутриклеточное окисление глицерола: химизм процесса, энергетический эффект. Конечные продукты внутриклеточного окисления глицерола. Общность процессов окисления углеводов и липидов.
7. Внутриклеточное окисление жирных кислот. Локализация процесса в клетке. Поступление жирных кислот в митохондриальный матрикс, роль карнитинового челночного механизма.
8. Две фазы окисления жирных кислот. I фаза –  $\beta$  - окисление (сущность процесса, химизм реакций, характеристика ферментных систем, энергетический эффект).
9. Характеристика второй фазы окисления жирных кислот (ЦТК): окисляемый субстрат, конечные продукты окисления. Общий энергетический эффект полного окисления (общая формула подсчета энергии). Взаимосвязь окисления жирных кислот с процессами тканевого дыхания.
10. Биосинтез липидов. Синтез высших жирных кислот. Локализация процесса: условия биосинтеза. Роль цитратного челночного механизма в биосинтезе жирных кислот. Образование малонил-КоА. Характеристика синтазной системы высших жирных кислот. Химизм процесса.
11. Биосинтез триацилглицеринов и фосфолипидов.

#### Тест на общие знания по теме «Липиды»

Вопрос	Ответ
Липиды хорошо растворимы в:	
Потребность в пищевых липидах составляет (по ВОЗ):	
Калорический коэффициент для липидов составляет:	
Растительные масла в спектре липидов рациона человека должны составлять:	
Незаменимой для человека является жирная кислота:	
Насыщенной жирной кислотой является:	
Мононенасыщенной жирной кислотой является:	
Полиненасыщенной жирной кислотой является:	
Глицерофосфолипиды участвуют в формировании липидного бислоя мембран вследствие:	
Неполярная часть структуры глицерофосфолипида представлена:	
Олигосахариды входят в состав каких гликолипидов:	
Моносахариды входят в состав каких гликолипидов:	
К гликолипидам относятся:	
Основной функцией сфинголипидов является:	
Церамид представляет собой:	
Сфингомиелины и ганглиозиды содержат	

общий компонент:	
Сложноэфирные связи в молекулах пищевых триглицеридов подвергаются ферментативному гидролизу при участии:	
Сложноэфирные связи в молекулах пищевых фосфолипидов подвергаются ферментативному гидролизу при участии:	
Правильно описывает особенности структуры холестерина утверждение:	
Гидролиз сложноэфирных связей в молекулах триацилглицеролов панкреатической липазой происходит:	

### Тестовые задания по теме « Липиды»

*Выберите правильный ответ*

- К незаменимым жирным кислотам относятся:
  - А) Масляная и пальмитиновая.
  - Б) Масляная и олеиновая.
  - В) Линолевая и линоленовая.
  - Г) Линолевая и стеариновая.
- Синтез жиров из углеводов в организме наиболее активно протекает в:
  - А) Кишечном тракте.
  - Б) Печени.
  - В) Мышцах.
  - Г) Почках.
- В составе гликолипидов вместе с остатками высших карбоновых кислот присутствуют:
  - А) Остатки фермента.
  - Б) Углеводные фрагменты.
  - В) Ароматические радикалы.
  - Г) Гетероциклические остатки.
- Основным ферментом, содержащимся в соке поджелудочной железы и осуществляющим гидролиз сложноэфирной связи в триацилглицеринах, является:
  - А) Амилаза.
  - Б) Уреаза.
  - В) Липаза.
  - Г) Каталаза.
- Интенсивный синтез жирных кислот, необходимых для образования жировой ткани, в организме протекает в:
  - А) Желудке.
  - Б) Печени.
  - В) Почках.
  - Г) Мышцах.
- Плазматические липиды, структурно связанные с белками, входящие в состав мембраны, называются:
  - А) Гликолипидами.
  - Б) Липопротеинами.
  - В) Ацилглицеринами.
  - Г) Фосфолипидами.
- Основным исходным веществом, из которого происходит синтез жирных кислот в организме, является:
  - А) Глюкоза.
  - Б) Мочевина.

- В) Этанол.  
Г) Глицин.
8. Основными структурными соединениями, входящими в состав липидов, являются: Остатки углеводов.  
А) Остатки жирных кислот.  
Б) Остатки ароматических соединений.  
В) Остатки минеральных кислот.
9. Многоатомный спирт, входящий в состав природных липидов, называется: Глицерин.  
А) Сорбит.  
Б) Пропандиол-1,2.  
В) Этиленгликоль.
10. Кислота, остаток которой входит в состав растительных жиров....  
А) олеиновая  
Б) пальмитиновая  
В) масляная  
Г) маргариновая
11. Фосфолипиды отличаются от триацилглицеринов тем, что у них одна гидроксильная группа глицерина этерифицирована  
А) фосфорорганической кислотой  
Б) высшим спиртом  
В) фосфорной кислотой  
Г) фосфористой кислотой.

## **10. Методические материалы для оценивания итоговых результатов обучения по дисциплине**

### **Вопросы к зачету**

#### **Тема 1. Общие представления о липидах**

1. Классификация липидов, основанная на структурных особенностях липидов. Основные классы липидов.
2. Простые липиды – ацилглицерины и воска. Сложные липиды – глицерофосфолипиды, сфинголипиды. Стероиды. Сульфоллипиды, аминоллипиды.
3. Запасные и структурные липиды. Липопротеины.
4. Предшественники и производные липидов: жирные кислоты, глицерол, стеролы и прочие спирты (помимо глицерола и стеролов), альдегиды жирных кислот, углеводов, жирорастворимые витамины и гормоны. Химические свойства липидов.

#### **Тема 2. Строение липидов.**

1. Строение ацилглицеринов. Триацилглицерины, нумерация спиртовых групп. Диольные липиды.
2. Строение восков.
3. Строение фосфолипидов.
4. Глицерофосфолипиды: фосфатидилхолины, фосфатидилэтаноламины, фосфатидил-серины.
5. Плазмалогены, кардиолипин.
6. Сфинголипиды. Гликолипиды.

#### **Тема 3. Метаболизм липидов**

1. Переваривание липидов в желудке. Переваривание липидов в кишечнике, всасывание липидов в кишечнике. Факторы, влияющие на всасывание липидов.
2. Липиды крови и липопротеиды.

3. Основные представления о метаболизме триацилглицеринов. Синтез триацилглицеринов.
4. Характеристика депонированных липидов. Регуляция синтеза и депонирования липидов. Мобилизация депонированных липидов и липидов печени.
5. Кетоновые тела и кетоз. Некоторые аспекты метаболизма липидов в организме.
6. Взаимоотношения процессов метаболизма липидов.
7. Интеграция липидного и углеводного обмена у млекопитающих.

#### **Тема 4. Метаболизм структурных липидов**

1. Тканевые липиды, их функции.
2. Распределение фосфолипидов и обмен, синтез.
3. Другие пути образования фосфатидилэтаноламина и фосфатидилхолина.
4. Типы фосфолипаз и их действие.
5. Сфинголипиды. Образование сфингозинов. Образование церамидов.
6. Образование сфингомиелинов. Образование гликосфинголипидов.
7. Синтез цереброзидов. Синтез ганглиозидов.
8. Сфинголипазы и нарушения метаболизма гликосфинголипидов.
9. Метаболизм стероидов и его контроль.
10. Источники холестерина в организме. Регуляция метаболизма холестерина.
11. Простагландины. Химические свойства. Биосинтез. Метаболизм.
12. Биологическое действие: простагландины и циклический АМФ; действие на сердечнососудистую систему; на водно-электролитный обмен; на нервную систему; на желудочно-кишечный тракт; на репродуктивную систему; бронхи, трахею и гладкие мышцы; воспалительное действие; иммуносупрессия. Антиоксидантная система клетки.
13. Гипотеза элементарной мембраны. Другие модели структуры мембран

#### **Тема 5. Жирные кислоты**

1. Жирнокислотный состав липидов живых организмов разных систематических групп.
2. Насыщенные и ненасыщенные кислоты.
3. Пространственная конфигурация ненасыщенных кислот.
4. Длинноцепочечные ненасыщенные кислоты.
5. Синтез жирных кислот de novo.

#### **Тема 6. Синтез жирных кислот**

Цитоплазматический механизм синтеза пальмитиновой кислоты.

Образование малонил-КоА. Ацилпереносящий белок и трансацилазы.

Стадии синтеза жирных кислот.

Элонгация жирных кислот в митохондриях.

Элонгация жирных кислот в микросомах.

Синтез жирных окислителей, как источников восстановления нуклеотидов.

Другие аспекты синтеза жирных кислот.

Взаимопревращения жирных кислот: укорочение и удлинение углеродного скелета.

Образование мононенасыщенных кислот.

Образование и превращения полиеновых кислот.

#### **Тема 7. Метаболизм жирных кислот**

1. Особенности метаболизма жирных кислот в организме.
2. Внутриклеточный гидролиз липидов.
3. Цикл окисления жирных кислот. Активация жирных кислот и механизм, с помощью которого они проникают в митохондрии.
4. Первая стадия дегидрирования при окислении жирных кислот.

5. Стадия гидратации. Вторая стадия дегидрирования.
6. Стадия тиолитического расщепления. Баланс процесса.
7. Окисление ненасыщенных жирных кислот.
8. Кетоновые тела и их окисление.
9. Окисление кислот с нечетным числом атомов углерода.
10. Второстепенные пути окисления жирных кислот

#### Тема 8. Роль липидов в адаптации организмов к условиям среды

1. Клеточные мембраны. Жидкокристаллическое состояние мембран, как необходимое условие функционирования.
2. Роль жирнокислотного компонента мембран.
3. Влияние температуры на биологические мембраны.
4. Влияние давления на биологические мембраны.
5. Роль липидов в природных адаптациях.
6. Адаптивная роль липидов, не входящих в состав клеточных мембран: бурая жировая ткань; липиды, как регуляторы испарения воды; липиды как регуляторы плотности тела.

Феномен биохимической преадаптации жирнокислотных спектров липидов к изменению температурного режима окружающей среды.

#### 11. Учебная литература

Основная литература

1. Авдеева, Л.В. Биохимия: Учебник / Л.В. Авдеева, Т.Л. Алейникова, Л.Е. Андрианова . - М.: ГЭОТАР-МЕД, 2013. - 768 с.
2. Бокуть, С.Б. Биохимия филогенеза и онтогенеза: Учебное пособие / А.А. Чиркин, Е.О.
3. Данченко, С.Б. Бокуть; Под общ. ред. А.А. Чиркин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2012. - 288 с.
4. Бородин, А.П. Биохимия животных: Учебное пособие / А.П. Бородин. - СПб.: Лань, 2015. - 384 с.
5. Гидранович, В.И. Биохимия: Учебное пособие / В.И. Гидранович, А.В. Гидранович. - Мн.: ТетраСистемс, 2012. - 528 с.
6. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: Учебник / К.К. Горбатова. - СПб.: Гиорд, 2015. - 336 с.
7. Димитриев, А.Д. Биохимия: Учебное пособие / А.Д. Димитриев, Е.Д. Амбросьева. - М.: Дашков и К, 2013. - 168 с.
8. Зезеров, Е.Г. Биохимия (общая, медицинская и фармакологическая): Курс лекций / Е.Г. Зезеров. - Ереван: МИА, 2014. - 456 с.
9. Капилевич, Л.В. Биохимия человека.: Учебное пособие для вузов / Л.В. Капилевич, Е.Ю. Дьякова, Е.В. Кошельская. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 151 с.
10. Комов, В.П. Биохимия: Учебник / В.П. Комов, В.Н. Шведова. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 640 с.
11. Конопатов, Ю.В. Биохимия животных: Учебное пособие / Ю.В. Конопатов, С. Васильева. - СПб.: Лань, 2015. - 384 с.
12. Новиков, Н.Н. Биохимия растений / Н.Н. Новиков. - М.: Ленанд, 2014. - 680 с.  
Beccaccioli M, Reverberi M, Scala V Fungal **lipids**: biosynthesis and signalling during plant-pathogen interaction. Front Biosci (Landmark Ed). 2019 Vol. 24:172-185. PMID: 30468650
13. Mamode Cassim A, Gouguet P, Gronnier J, Laurent N, Germain V, Grison M, Boutté Y, Gerbeau-Pissot P, Simon-Plas F, Mongrand S. Plant **lipids**: Key players of plasma membrane

- organization and function. *Prog Lipid Res.* 2018. Vol.73 P. 1-27. doi: 10.1016/j.plipres.2018.11.002.
14. de Carvalho CCCR, Caramujo MJ. The Various Roles of Fatty Acids. *Molecules.* 2018. 23(10). pii: E2583. doi: 10.3390/molecules23102583. **Review.**
  15. Robertson JL. The lipid bilayer membrane and its protein constituents. *J Gen Physiol.* 2018. Vol 150(11). P.1472-1483. doi: 10.1085/jgp.201812153. **Review.**
  16. Wertz PW. **Lipids** and the Permeability and Antimicrobial Barriers of the Skin. *J Lipids.* 2018; 2018:5954034. doi: 10.1155/2018/5954034
  17. Ikenouchi J. Roles of membrane **lipids** in the organization of epithelial cells: Old and new problems. *Tissue Barriers.* 2018. Vol. 6(2):1-8. doi: 10.1080/21688370.2018.1502531
  18. Carobbio S, Guénantin AC, Samuelson I, Bahri M, Vidal-Puig A. Brown and beige fat: From molecules to physiology and pathophysiology. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids.* 2019 Vol. 1864(1)P. 37-50. doi: 10.1016/j.bbalip.2018.05.013.
  19. Radi R. Oxygen radicals, nitric oxide, and peroxynitrite: Redox pathways in molecular medicine. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018 Vol. 115(23). P.5839-5848. doi:10.1073/pnas.1804932115.
  20. Steensels S, Ersoy BA. Fatty acid activation in thermogenic adipose tissue. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids.* 2019 Vol. 1864(1) P.:79-90. doi: 10.1016/j.bbalip.2018.05.008
  21. Moi IM, Leow ATC, Ali MSM, Rahman RNZRA, Salleh AB, Sabri S. Polyunsaturated fatty acids in marine bacteria and strategies to enhance their production. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2018. Vol. 102(14) P.5811-5826. doi: 10.1007/s00253-018-9063-9.
  22. Saini RK, Keum YS. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance - A **review.** *Life Sci.* 2018. Vol. 203. P. 255-267. doi: 10.1016/j.lfs.2018.04.049.

#### Дополнительная литература

1. Гартнер Л.П., Хайатт Д.Л. Цветной атлас по гистологии. М.: Логосфера, 2008. 480 с.
2. Жункейра Л.К., Карнейро Ж. Гистология: атлас. Учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 576 с.
3. Забуга Г.А.. Экологическая биохимия: учебное пособие– Ангарск, 2006. - 30 с.
4. Крепс Е.М. Липиды клеточных мембран. Л.:Наука. 1981. – 339 с.
5. Кулинский В.И. Обезвреживание ксенобиотиков. // Соросовский общобразовательный журнал 1999. №1.
6. Кюнель В. Цветной атлас по цитологии, гистологии и микроскопической анатомии. М.: АСТ:Астрель, 2007. 533 с.
7. Саврова О.Б., Еремина И.З. Терминологический словарь по цитологии, эмбриологии и общей гистологии. М.: РУДН, 2009. С. 152
8. Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука, 1983, 238 с.
9. Смирнов Л.П., Богдан В.В. Липиды в физиолого-биохимических адаптациях эктотермных организмов к абиотическим и биотическим факторам среды. М.: Наука. 2007. 182 с.
10. 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.
11. Фокина Н.Н. Биохимические адаптации морских двустворчатых моллюсков к аноксии (обзор) / Н.Н. Фокина, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экспериментальная биология. – 2011. – №3. – С. 121–130.
12. 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.
13. Френкель Д., Смит Б. Принципы компьютерного моделирования молекулярных систем. От алгоритмов к приложениям. М.: Научный мир, 2013. 578 с.

## **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 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/>]

Национальная библиотека Республики Карелия

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

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/>]

## **13. 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 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).



#### **14. 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.

#### **15. 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.