

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

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор КарНЦ РАН  
член-корр. РАН

О.Н. Бахмет



*Бахмет* 20 22 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ВОДНАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ  
1.5.16. ГИДРОБИОЛОГИЯ**

г. Петрозаводск  
2022

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

Целью изучения дисциплины является получение аспирантами базовых знаний о законах антропогенного преобразования водных объектов, о научных и прикладных аспектах использования данной научной дисциплины.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- сформировать комплексные теоретические знания в области водной токсикологии;
- дать представление о поведении химических веществ в водных объектах окружающей среды и в трофических цепях, влиянии на экологическую токсичность свойств организмов и не химических стрессоров, механизмах токсичности, позволяющих оценить токсическое поражение на уровне организмов, популяций и экосистем;
- изучить основные источники загрязнения окружающей среды токсичными веществами и закономерности их поведения в окружающей среде;
- в систематизированной форме дать представление об основных классах загрязняющих веществ и их экотоксикологических свойствах;
- сформировать представление о метаболизме токсичных веществ у водных организмов;
- ознакомить с основными закономерностями воздействия химических веществ на водные организмы и экосистемы;
- ознакомить с нарушениями основных биохимических функций в организме гидробионтов на молекулярно-клеточном уровне;
- дать представление об особенностях функционирования популяций и сообществ гидробионтов в условиях токсического воздействия;
- изучить методы оценки качества воды и нормирования загрязнения.
- изучить методы оценки безвредного уровня токсикантов для представителей основных трофических уровней водоемов.

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

Дисциплина относится к элективным дисциплинам и является обязательной для изучения по выбору аспиранта.

## **3. Требования к уровню подготовки аспиранта по результатам освоения дисциплины**

В результате освоения программы данной дисциплины у обучающегося формируются следующие компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;
- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

- способность самостоятельно ставить и решать конкретные задачи научных исследований в области биологических наук (в соответствии с направленностью программы) с учетом последних достижений современной фундаментальной и прикладной биологии с использованием современных методов исследования и информационных технологий, представлять полученные результаты на научных конференциях и публиковать результаты научных исследований в ведущих отечественных и зарубежных профильных журналах;
- способность адаптировать и обобщать результаты современных исследований в области биологических наук (в соответствии с направленностью программы) для целей преподавания биологических дисциплин в высших учебных заведениях.

В результате освоения данной дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные токсические факторы и их воздействие на водные экосистемы;
- пути поступления и механизмы накопления различных токсикантов в водных экосистемах;
- принципы миграции и процессы трансформации токсикантов по пищевым цепям;
- изменения метаболической активности ксенобиотиков и их детоксикация в тканях;
- современные представления о токсичности элементов и их соединений для живых систем;
- основные ответные реакции гидробионтов на присутствие в окружающей среде экотоксикантов различных классов;
- особенности функционирования популяций и сообществ гидробионтов, а также водных экосистем в условиях токсической антропогенной нагрузки;
- механизмы устойчивости экосистем к антропогенному воздействию, научные основы биоиндикации, биотестирования и экологического мониторинга состояния экосистем;
- принципы и методы установления предельно допустимых концентраций вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов.

Уметь:

- применять принципы водной токсикологии в различных областях теоретической и прикладной экологии,
- демонстрировать базовые представления об токсичных свойствах и поведении загрязняющих веществ в водных экосистемах,
- на основе теоретических знаний правильно поставить токсикологический эксперимент в лабораторных условиях;
- обосновать результаты эксперимента;

Владеть:

- специальными терминами и понятиями;
- навыками организации токсикологических исследований,
- методами изучения токсичности и опасности веществ для популяций и сообществ водных организмов, водных экосистем;
- современными методами поиска и сбора необходимой информации;
- навыками ведения научной дискуссии.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

Период освоения – 3-4 семестры.

№	Модуль Раздел Тема	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
		Лекции	Практические/ лабораторные занятия	Семинары	Самостоятельная работа	
1.	Введение в водную токсикологию	4	0	0	0	Собеседование
2.	Основные классы загрязняющих веществ	8	0	0	0	Собеседование
3.	Метаболизм токсичных веществ в организмах гидробионтов	6	0	0	0	Собеседование
4.	Связь между изменениями на организменном, популяционном и биоценоотическом уровнями в условиях токсической нагрузки	10	0	8	32	Собеседование
5.	Методы оценки качества вод и нормирования загрязнения	16	12	8	32	Собеседование
6.	Подготовка реферата	0	0	2	34	Устный доклад
<b>Форма промежуточной аттестации</b>						зачет
<b>Итого (в часах)</b>		44	20	18	98	180

#### 5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Содержание лекционных занятий:

№ п/п	Наименование тем лекционных занятий и их содержание	Кол-во час.
Введение в водную токсикологию		
1.	<b>Водная токсикология. Предмет и задачи. История становления:</b> работы Н.С. Строгонова, О.Ф. Филенко, В.И. Лукьяненко, Л.П. Брагинского, В.Д. Романенко и др. Основные методы. Связь с широкой группой естественных наук. Общие черты и различия экотоксикологии и токсикологии. Современные направления исследований.	2
2.	<b>Некоторые фундаментальные понятия токсикологии:</b> «загрязнение окружающей среды», «химическое загрязняющее вещество», «токсикант», «экоотоксикант», «суперэкоотоксикант», «ксенобиотик», «персистентность». Экоотоксиканты прямого	2

	токсического и косвенного действия. Чувствительность, устойчивость, порог, доза, концентрация, время и эффект. Условия, влияющие на появление эффекта: факторы среды, характеристики организма, совместное действие токсических веществ (синергизм, антагонизм, сенсибилизация).	
<b>Основные классы загрязняющих веществ</b>		
3.	<b>Металлы и металлоиды:</b> источники поступления в водную среду, токсические свойства, факторы, влияющие на токсичность.	2
4.	<b>Органические токсичные вещества.</b> Нефтепродукты, Полихлорированные бифенилы. Диоксины, Хлорорганические пестициды, Синтетические поверхностно-активные вещества: источники поступления в водную среду, токсические свойства, факторы влияющие на токсичность.	2
5.	<b>Ядовитые вещества растительного и животного происхождения.</b> Токсины сине-зеленых, золотистых и других водорослей, их роль в функционировании водных экосистем. Токсины беспозвоночных животных.	2
6.	<b>Особенности круговорота токсикантов в природных водоемах.</b> Комплексное разнофакторное загрязнение водоемов.	2
<b>Метаболизм токсичных веществ в организмах гидробионтов</b>		
7.	<b>Поведение токсикантов в водной среде. Распределение токсических веществ по разным фазам среды.</b> Процессы трансформации токсикантов в водной среде под влиянием абиотических и биотических факторов. Взаимодействие абиотических и биотических факторов с точки зрения судьбы экотоксикантов в экосистемах. Пути снижения содержания экотоксикантов в водных объектах. Процессы перераспределения экотоксикантов между природными средами, не связанные с химической деградацией: испарение, перемещение атмосферными течениями частиц, растворение, сорбция и т.д.	2
8.	<b>Накопление веществ компонентами водных экосистем.</b> Биоаккумуляция (бионакопление), биомагнификация, биоконцентрирование, коэффициент биологического накопления, экологическая магнификация (биоумножение). Факторы, влияющие на аккумуляцию экотоксикантов. Значение биоаккумуляции.	2
9.	<b>Метаболизм токсических веществ в организме гидробионтов (на примере рыб).</b> Пути поступления и накопление токсических веществ в организм. Биотрансформация и выведение органических ксенобиотиков. Биоаккумуляция токсичных веществ. Механизм действия тяжелых металлов на гидробионтов. Механизм действия органических загрязнителей на гидробионтов (на примере пестицидов).	2
<b>Связь между изменениями на организменном, популяционном и биоценоотическом уровнях в условиях токсической нагрузки</b>		

10.	<b>Токсические эффекты на уровне организма.</b> Молекулярно клеточные процессы. Нарушения основных биохимических функций. Патологии клеток, тканей и органов. Влияние токсикантов на рост, репродуктивную функцию, иммунный статус организма и др. Влияние токсических веществ на поведенческие реакции гидробионтов.	2
11.	<b>Изменения на популяционном уровне.</b> Влияние токсикантов на размерно-возрастную структуру популяций. Влияние токсикантов на воспроизводство популяций. Адаптивные перестройки в популяциях водных организмов как реакция на действие токсикантов.	2
12.	<b>Общие закономерности изменчивости экосистемы в условиях токсичного стресса.</b> Понятие о стабильности и устойчивости водных экосистем к токсическому воздействию. Энергетические субсидии и траты. Селективность токсичных агентов. Нарушение межвидовых отношений. Восстановление экосистем после токсического стресса. Признаки модификации экосистем	2
13.	<b>Устойчивость экосистем к антропогенному воздействию.</b> Механизм. Критерии. Методы оценки. Связь с географическим положением и сезоном.	2
14.	<b>Процессы самоочищения в природных водоемах:</b> условия, процессы и факторы. Участие водных организмов в процессах самоочищения гидробиоценозов. Понятие о биологическом потреблении кислорода (БПК) как показателе процессов самоочищения природных вод.	2
<b>Методы оценки качества вод и нормирования загрязнения</b>		
15.	<b>Методы исследования состояния водной среды в токсикологии. Химико-аналитические методы</b> определения содержания экотоксикантов в водных объектах. <b>Биологические методы.</b> Современные концепции, используемые показатели и индексы.	2
16.	<b>Экотоксикометрия.</b> Экспозиционная и абсорбированная дозы. Смертельный и несмертельные эффекты. Быстро- и медленнодействующие яды. Острая токсичность и кривая доза-эффект: ЛД. Среднесмертельная концентрация ядов (ЛС50) как основной параметр их токсичности. Классификация ядов по величине ЛС50. Хроническая токсичность (коэффициент опасности): порог хронического токсического действия. Концентрация невызывающая эффекта (неэффективная наблюдаемая концентрация), наиболее низкая наблюдаемая концентрация воздействия и ПДК.	2
17.	<b>Биотестирование.</b> Принципы и методы биотестирования. Стратегия выбора тест-организмов. Требования к тест-объектам и тест-реакциям. Поддержание культур тест-объектов, правила отбора проб и процедуры биотестирования с использованием различных тест-объектов. Перспективные группы организмов	2

	тест-объектов, критерии их подбора и правила испытаний. Приемы биотестирования водных сред с использованием <i>Paramecium caudatum</i> , <i>Daphnia magna</i> , <i>Gmelinoides fasciatus</i> и <i>Ceriodaphnia affinis</i> . Основные этапы методов биотестирования. Особенности биотестирования природных вод. Особенности биотестирования донных отложений. Общие требования к аттестации методик биотестирования воды суши.	
18.	<b>Биоиндикация.</b> Биоиндикация водных сред. Теоретические предпосылки, специфика и преимущества биоиндикации. Классификация и механизмы действия стрессирующих факторов на биосистемы различного ранга. Возможности организмов как биоиндикаторов. Классификация методов биоиндикации. Многоклеточные водные беспозвоночные в биоиндикации. История и разнообразие приёмов биоиндикации: системы сапробности Кольквитца-Марсона, организмы-индикаторы Сладечека. Методы Пантле-Букка, Зелинки-Марвана, Вильма и Дорриса (индекс видового разнообразия Шеннона) и другие. Специфика и недостатки различных методов оценки качества вод. Индикационное значение отдельных экологических групп организмов: зоопланктон, бентос, перифитон. Оценка класса качества воды с использованием методов Пантле-Букка и Вудивисса по спискам индикаторных видов планктонных и бентосных проб; экспресс-метод с использованием эфиппидальных стадий ветвистоусых ракообразных Требования к процедуре биоиндикации: средства и правила пробоотбора, пробоподготовки, пути использования данных биоиндикации.	2
19.	<b>Токсикологическое нормирование и токсикологический контроль.</b> Концепция нормирования загрязнений водных экосистем. Понятие об нормировании, цели, задачи, подходы. Временные и региональные аспекты нормирования. Роль в охране водоемов от загрязнения.	2
20.	<b>Принципы обоснования предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах.</b> Алгоритм обоснования эколого-гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в воде. Этапы обоснования ПДК. Оценка стабильности и трансформации веществ в водной среде Определение пороговых концентраций по влиянию веществ на органолептические свойства воды. Экспериментальное установление пороговых концентраций загрязняющих веществ по влиянию на процессы самоочищения водных объектов. Установление параметров токсичности веществ в острых опытах на животных. Порог вредного действия при однократном поступлении вещества в организм. Изучение действия вещества на организм в условиях подострого опыта. Проведение хронического санитарно-токсикологического опыта. Обоснование величины ПДК (ОДУ) веществ в воде.	2

21.	<b>Принципы обоснования предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного значения.</b> Общие требования к разработке ПДК вредного вещества. Краткая характеристика пресноводных биологических тест-объектов. Оценка влияния вещества на показатели водной среды. Требования к разработке ПДК и ОБУВ для смесей постоянного состава. Разработка нормативов ПДК веществ с учетом природных особенностей водных объектов. Оценка класса опасности вредного вещества.	
22.	<b>Экологическое законодательство.</b> Система экологического законодательства на федеральном и региональном уровнях. Международный опыт. Нормативное обеспечение.	

5.2. Содержание практических/ лабораторных занятий:

№ п/п	Наименование тем практических/ лабораторных занятий и их содержание	Кол-во час.
1	Выезд на водоем. Отбор, транспортировка и хранение проб воды и донных отложений для биотестирования.	2
2.	Постановка эксперимента по биотестированию воды и донных отложений: Приготовление водной вытяжки из донных отложений. Приготовление разбавлений исследуемых вод для биотестирования. Эксперименты по установлению острого и хронического токсического действия на <i>Gmelinoides fasciatus</i> и <i>Ceriodaphnia affinis</i> .	6
3.	Обработка, оценка и оформление результатов биотестирования воды и донных отложений. Контроль погрешности методики токсикологического анализа	4
4.	Основные заболевания рыб, вызванные загрязнением воды. Ознакомление с патологическими изменениями тканей и органов рыб, связанных с загрязнением среды при осмотре готовых микропрепаратов жабр, печени, почек различных видов рыб, обитавших в условиях разнотипного антропогенного загрязнения.	2
5.	Проведение опытов по установлению величины ЛС50.	6

5.3. Содержание семинарских занятий:

п/п	Наименование тем семинарских занятий	Кол-во час.
1	<b>Значение экологических факторов водной среды в определении устойчивости организма к ядам, на примере рыб</b> (температура воды, содержание кислорода в воде, активная реакция среды, жесткость воды). Видовые особенности чувствительности и устойчивости рыб к ядам.	2
2	<b>Структурно-функциональная трансформация водных экосистем в условиях загрязнения.</b> От природной к модифицированной экосистеме на примере оз. Имандра,	2



	Выгозерского водохранилища.	
3	<b>Наиболее опасные виды загрязнения водных экосистем.</b> Примеры деградации водных экосистем и основные проблемы их загрязнения.	2
4	<b>Процессы самоочищения в природных водоемах:</b> условия, процессы и факторы. Участие водных организмов в процессах самоочищения гидробиоценозов. Понятие о БПК как показателе процессов самоочищения природных вод. Восстановление водных экосистем после прекращения токсического загрязнения.	2
5	<b>Основные принципы эколого-биохимического мониторинга.</b> Использование показателей ферментативной активности в тканях рыб для оценки экологической ситуации в водоеме. Концепция биомаркеров.	2
6	<b>Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод в России и за рубежом.</b>	2
7	<b>Методика биотестирования токсикантов с помощью рыб.</b>	2
8	<b>Организация экологического контроля за природными и сточными водами.</b>	2
9	Семинар с выступлениями аспирантов с устными докладами по теме реферата.	2

#### 5.4. Самостоятельная работа аспирантов

№ п/п	Самостоятельная работа аспирантов	Кол-во час.
1.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Значение экологических факторов водной среды в определении устойчивости организма к ядам, на примере рыб (температура воды, содержание кислорода в воде, активная реакция среды, жесткость воды). Видовые особенности чувствительности и устойчивости рыб к ядам.	8
2.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Структурно-функциональная трансформация водных экосистем в условиях загрязнения. От природной к модифицированной экосистеме на примере оз. Имандра, Выгозерского водохранилища.	8
3.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Наиболее опасные виды загрязнения водных экосистем. Примеры деградации водных экосистем и основные проблемы их загрязнения.	8
4.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Процессы самоочищения в природных водоемах: условия, процессы и факторы. Участие водных организмов в процессах самоочищения гидробиоценозов. Понятие о БПК как показателе процессов самоочищения природных вод. Восстановление водных экосистем после прекращения токсического загрязнения.	8
5.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Основные	8

	принципы эколого-биохимического мониторинга. Использование показателей ферментативной активности в тканях рыб для оценки экологической ситуации в водоеме.	
6.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод в России и за рубежом.	8
7.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Методика биотестирования токсикантов с помощью рыб.	8
8.	Подбор литературы и подготовка к семинару: Организация экологического контроля за природными и сточными водами.	8

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Основная литература:**

1. Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. Гидробионты в оценке качества вод суши. – М.: Наука, 2006. – 239 с.
2. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука, 2007. 403 с.
3. Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и Биотестирование/ Учебное пособие под ред. О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева. – Москва: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
4. Вергейчик Т.Х. Токсикологическая химия: учебник для вузов. – Москва: МЕДпресс-информ, 2012. – 430 с. (Эл кат)
5. Граник В.Г. Метаболизм экзогенных соединений: лекарств. средства и др. ксенобиотики. – М.: Вузовская книга, 2006. – 526 с. (Эл кат)
6. Джирард Д.Е. Основы химии окружающей среды: перевод с английского. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 640 с. (Эл кат)
7. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология. Теоретические и прикладные аспекты. – М: Наука, 2009. – 400 с. (+ Эл каталог)
8. Общая токсикология / Под. ред. А.О. Лойта. – СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2006. – 224 с.
9. Плетнева Т.В. Токсикологическая химия. Практикум: учебное пособие. – М.: Эксмо, 2008. – 524 с. (Эл кат)
10. Токсикологическая химия: учеб. для вузов / под. ред. Т. В. Плетнева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 509 с. (Эл кат)

### **Дополнительная литература:**

1. Архипчук, В. В. Исследования в области цитогенетики рыб и биотестирования: (сборник научных трудов) . – Киев, 2008. – 536 с. (Эл кат)
2. Баренбойм, Г. М., Чиганова М.А. Загрязнение природных вод лекарствами. – Москва: Наука, 2015. – 283 с. (Эл кат)
3. Богдановский Г.А. Химическая экология. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.
4. Горбачев С.А. Методология и практика оценки ущерба водных биоресурсам от хозяйственной деятельности. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 383 с.
5. Ивантер Э.В., Моисеева В.П., Моисеева Е.А. Экологический мониторинг сточных вод сульфат-целлюлозного производства. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. – 270 с.
6. Коросов А.В., Калинкина Н.М. Количественные методы экологической токсикологии: Учеб.-метод. Пособие. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2003. – 52 с. (+ Эл кат)

7. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. – М.: Агропромиздат, 1987. – 240 с.
8. Международные карты химической безопасности: приоритетные химические вещества для России: справочник для специалистов по охране труда, специалистов по чрезвычайным ситуациям, гигиенистов, экологов, врачей, химиков / под общ. ред. Ю. А. Рахманина и З. И. Жолдаковой. – Москва: Памятники исторической мысли, 2004. – 203 с. (Эл кат)
9. Метелев В.В., Канаев А.И., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология. – М.: Колос, 1971.– 247 с.
10. Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы субарктики. – Апатиты: Изд-во КолНЦ РАН, 1997. – 261 с.
11. Общая токсикология / Курляндский Б.А., Филов В.А., Безель В.С. и др. – М.: Медицина, 2002. – 607 с. (Эл кат)
12. Оксенгендлер Г.И. Яды и организм: проблемы химической опасности. – СПб.: Наука, 1991. – 320 с.
13. Справочник по токсикологии и гигиеническим нормативам (ПДК) потенциально опасных химических веществ. – М.:ИздАТ,1999. - 270 с. (Эл кат)
14. Физиология и токсикология пресноводных животных. Сборник статей. – Рыбинск: Изд-во ОАО «Рыбинский дом печати. 2007. – 340 с.
15. Экологическое состояние наземных и водных экосистем в районе Кольской АЭС / В. А. Маслобоев и др. – Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2010. – 227 с. (Эл кат)

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

КарНЦ РАН располагает хорошей материальной базой для преподавания данной дисциплины. Лекции и семинарские занятия проводятся в аудитории, оборудованной необходимой демонстрационной техникой (проектор). В профильных лабораториях ИВПС КарНЦ РАН имеется необходимое оборудование и расходные материалы: навигатор Garmin eTrex 20, дночерпатель Экмана-Берджи, компрессор Barbus; микроскопы медицинские МИКМЕД 5 и МИКМЕД 6, весы аналитические; стеклянная тара (стаканы химические), пластиковая тара (бутылки), пипетки Пастера пластиковые одноразовые, препаровальные иглы, химическая посуда (стаканы стеклянные), мерная посуда, культура *Ceriodaphnia affinis*, *Gmelimoides fasciatus*; реактивы (кислота соляная, соли кальция, соли калия, соли натрия, соли магния); готовые гистологические микропрепараты жабр, печени, почек различных видов рыб, обитавших в условиях разнотипного антропогенного загрязнения; а также лицензионное программное обеспечение (Microsoft Office Excel).