

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Мурманский арктический университет»  
(ФГАОУ ВО «МАУ»)

УТВЕРЖДЕНО  
Ученым советом  
ФГАОУ ВО «МАУ»  
Протокол № 9  
от «17» мая 2024 г.  
Председатель Ученого совета,  
ректор МАУ  
И.М. Шадрина



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Гидробиология**

Шифр и наименование научной  
специальности:

**1.5.16. Гидробиология**

Мурманск  
2024

## Программа кандидатского экзамена

**1. Гидробиология как наука.** Место гидробиологии в системе биологических наук. Предмет гидробиологии. Цели и задачи. Основные научные направления и подходы к изучению водоемов и их экосистем (описательный, количественный, системный). История возникновения и развития гидробиологии. Научные школы в отечественной гидробиологии (Зернов, Скадовский, Зенкевич, Ивлев, Винберг). Гидробиологическое общество. Основные принципы и понятия гидробиологии. Методика гидробиологических исследований. Направления современных гидробиологических исследований.

**2. Основные закономерности функционирования живых биологических систем в водной среде.** Понятие о системном подходе. Система и слагающие ее элементы. Понятие об организации систем и особенностях структуры. Изолированные, закрытые и открытые системы. Биологические системы. Системы с активным и пассивным управлением.

Экологические системы. Элементарные единицы экосистем. Популяция и трофическая группировка как основные подсистемы биотической компоненты экосистем. Составные части экосистемы, ее абиотическая и биотическая компоненты. Развитие представлений о взаимозависимости населения и биотопа (Тэнсли, Шорыгин, Эванс, Сукачев, Зенкевич). Биоценология - учение об экосистемах, живой частью которых является биоценоз. Соотношение понятий - биоценоз Мебиуса, биотоп Даля, биогеоценоз Сукачева, экосистема Тэнсли и Эванса.

Биогеоценозы - хронологические единицы биосферы.

Различные подходы к определению и изучению водного биоценоза как некоторого организованного множества гидробионтов: флора-фаунистический принцип описания, биотопический принцип описания, описания на основании прямых трофических связей и связей через экологический метаболизм. Энергетически зависимые и независимые сообщества.

Круговорот веществ в экосистемах. Живое вещество, его накопление, состав. Масштабы этого процесса в гидросфере и учение и биосфере В.Н.Вернадского. Биогеохимические циклы основных элементов живого вещества - углерода, азота, фосфора, кремния. Синтез и распад органического вещества в биосфере.

Методы исследования водных экосистем. Задача количественной оценки взаимодействия элементов в системе. Однофакторный и многофакторный эксперимент при получении моделей описания. Изучение связей в экосистемах с помощью регрессионного анализа. Статистика в экологических исследованиях. Моделирование как специфический подход в изучении и описании экосистем. Типы моделей. Адекватные модели и прогностические свойства моделей.

**3. Гидросфера как среда жизни.** Происхождение гидросферы и океанов. Формирование гидросферы на Земле. Эволюция гидросферы. Общая характеристика гидросферы Земли. Зональность гидросферы. Типы водных экосистем. **Водные массы.** Биогеографическое районирование Мирового океана. Классификация водоемов: океаны, моря, озера и водотоки, водохранилища и пруды. Вертикальная экологическая зональность водоемов - основные черты структуры: бенталь моря и океана - супралитораль, литораль, сублитораль (зона шельфа), батиталь (материковый склон), абиссаль (ложе океана), ультраабиссаль (глубоководные желоба).

Соответствующие подразделения в пелагиали - эпипелагиаль, мезопелагиаль, батипелагиаль, абиссапелагиаль. Климатическая зональность водоемов - арктическая, boreальная, тропическая, нотальная и антарктическая зоны

**4.1. Важнейшие абиотические характеристики водоемов. Физико-химические свойства воды и грунта.** Растворенные и взвешенные в воде вещества. Температура. Температура как важнейший экологический фактор гидросферы. Основные термодинамические свойства воды. Температура и плотность. Источники поступления и выхода тепла из водоемов. Распределение температуры на поверхности Мирового океана. Вертикальное распределение температуры (эпи-, мета- и гипolimнион). Прямая и обратная температурная стратификация. Сезонный ход температуры в озерах и морях. Термическая классификация озер. Температурные зоны и климатические области Мирового океана и особенности их населения. Роль термоклина в существовании сообществ эпипелагиали океана, его «проницаемость» для мигрирующих

интерзональных видов. Особенности термического и солевого режима. ТС-кривые как индикаторы водных масс. Пикноклин как нижняя граница биотопа фитопланктона в пелагиали.

**4.2. Важнейшие абиотические характеристики водоемов.** Кислород. Кислород как важнейший экологический фактор гидросферы. Источники поступления и выхода кислорода из водоемов. Понятие дефицита кислорода. Суточные и сезонные колебания кислорода в водоемах разного типа. Вертикальное распределение кислорода (кислородной дихотомии и гомооксигении). Биохимическое потребление кислорода.

**4.3. Важнейшие абиотические характеристики водоемов.** Свет. Значение света в водных экосистемах. Основные закономерности проникновения света в воду. Источники света в водоемах. Методы изучения проникновения света в воду. Прозрачность Мирового океана и внутренних водоема, факторы ее определяющие. Световые зоны водоемов. Распределение гидробионтов в водоемах в связи с условиями освещения. Цветовая адаптация гидробионтов. Вертикальные миграции гидробионтов. Свечение моря (биолюминесценция).

**4.4. Важнейшие абиотические характеристики водоемов.** Соленость. Способы выражения солености. Влияние солености на растворимость газов и другие физико-химические свойства воды. Состав солей пресной и морской воды. Методы определения солености. Классификация вод по солености. Особенности фауны и флоры морских и пресных водоемов. Солонатоводные и ультрагалинные водоемы и особенности их населения.

**4.5. Важнейшие абиотические характеристики водоемов.** Перемещение вод. Течения. Общая схема циркуляции вод в океане. Основные конвергенции и дивергенции. Водные массы и структура. Перемешивание водных масс. Турбулентность. Конвекция и адвекция. Приливно-отливные явления. Ветровое и термическое перемешивание. Голомиктические и меромиктические озера (по Хатчинсону).

#### **5. Важнейшие биотические характеристики водоема.**

Трофность. Биологическая классификация озер по А.Тинеману и Е.Науману - эвтрофные, олиготрофные, мезотрофные, дистрофные озера. Выделение эвтрофных, мезотрофных и олиготрофных районов в пелагиали и на дне океана. Факторы, определяющие трофность океанических вод и дна океана. Бенталь озер - литораль (прибрежное мелководье), сублитораль (до нижней границы водной растительности), профундаль (дно глубоких озер). Соответствующие подразделения пелагиали - прибрежная и собственно пелагиаль.

Продуктивность. Основные представления о продуктивности как важнейшей характеристике водоема. Конечная (изымаемая человеком) продукция. Соотношение между первичной и конечной продукцией. Продуктивность водоемов различной трофности.

Продуктивные районы морей и океанов, их характеристика. Зависимость продуктивности донных сообществ от продуктивности фотической зоны. Потенциальная продуктивность водоемов и биологические ресурсы океана.

#### **6. Важнейшие факторы внешней среды и реакция на них организмов (проблемы аутоэкологии)**

Свет. Свет как фактор, регулирующий условия существования и поведения гидробионтов. Фотосинтез растений, связь освещенности с фотосинтезом. Понятие компенсационной точки фотосинтеза. Фототаксис у животных.

Температура. Температура как фактор, регулирующий активность гидробионтов. Коэффициент Вант-Гоффа и температурная кривая Крюга. Температура и распространение организмов. Стено- и эвритермные организмы. Тепловодные и холодноводные организмы. Пойкилотермные и гомойтермные организмы.

Соленость. Соленость как фактор, определяющий распространение гидробионтов. Адаптации гидробионтов к изменению солености. Осморегуляция и понятие критической солености. Засоление почв.

Газы и бионты. Газы в атмосфере и в воде. Растворенный кислород и углекислота. Особенности дыхания гидробионтов в воде. Сероводород, его образование и окисление.

Активная реакция среды. рН в воде, грунтах и почве. Понятие об окислительно-восстановительном потенциале и его влиянии на процессы, связанные с жизнью и активностью гидробионтов.

Гидростатическое давление и его влияние на вертикальное распределение и биологические особенности организмов.

Субстрат. Вода как среда обитания гидробионтов и приспособления гидробионтов к водному образу жизни. Приспособления к обитанию в водной толще, на поверхности грунта и в толще грунта. Приспособления водных организмов к обитанию в проточных водоемах и в зоне приобоя. Почва как среда жизни. Наземно-воздушная среда жизни.

### **7. Структурные характеристики биотической компоненты экосистемы (сообществ)**

Структура популяций, видовая структура сообществ. Олиго- и полимиксные сообщества. Методы количественной оценки структуры (биомасса, численность, число видов).

Показатели разнообразия и сходства сообществ.

Доминирующие и руководящие (индикаторные) виды.

Относительное обилие популяций как показатель структуры сообществ. Нормальное и лог-нормальное распределение (Престон). Модели относительного обилия, их ограничения (МакАртур).

Трофическая структура сообществ. Понятие о трофическом уровне и трофической группировке. Продуценты, консументы, редуценты.

Отношения организмов в пределах одной трофической группы. Пищевая конкуренция. Принцип Гаузе, его ограничения. Парадокс планктона.

Отношения организмов различных трофических группировок. Опыты Граузе и математические модели Вольтера и Лотки. Трофические цепи и сети. Колебание численности популяций как результат запаздывания отклика при взаимодействии хищника и жертвы.

Методы количественных оценок пищевых взаимоотношений организмов в сообществе. Величины рационов, общий и частный рацион. Пищевая избирательность. Классификация гидробионтов по типу питания.

Пространственная структура сообществ. Однородность и неоднородность биотопа. Убежища. Количественная и качественная неоднородность, неоднородность сообществ, микрораспределение.

Механизмы, обуславливающие пространственную неоднородность, центробежные и центростремительные силы.

Основные топические подразделения водной биоты:

- Население водной толщи. Планктон и нектон. Вертикальное распределение и миграции гидробионтов. Горизонтальное распределение и активные миграции гидробионтов. Перемещение водных масс и проблема их биоиндикации.

- Население границы раздела «вода-воздух». Нейстон и плейстон.

- Население границы раздела «вода-грунт». Инфауна и эпифауна. Консорции как реальная единица структуры биоценоза (В.Беклемишев, Раменский).

- Население почв и грунтов. Инфауна и интерстициальная фауна.

Граница биоценозов. Понятие об экотопе. Механизмы экспатриации (выноса), миграции и интродукции гидробионтов и проблема пространственной перестройки биоценозов.

Понятие экологической ниши. Трофический и пространственный аспекты. Фундаментальная ниша Д.Э.Хатчинсона. Потенциальная и реализованная ниша. Проблема акклиматизации гидробионтов.

### **8. Функциональные характеристики сообществ**

Представления о продукции как о важнейшей функциональной характеристике сообществ. Основные понятия - первичная, вторичная и конечная продукция. Удельная продукция (П/Б-коэффициент). Вопросы терминологии (продукция, продуктивность). Выражение продукции в единицах энергии и единицах массы.

Первичная продукция. Фотосинтез и хемосинтез. Валовая, эффективная и чистая продукция. Отличие процессов создания первичной продукции в наземных и водных системах. Первичная

продукция морей и океанов, континентальных водоемов (масштаб и распределение), разных ландшафтных зон суши. Степень утилизации солнечной энергии. Связь процессов накопления первичного органического вещества с факторами среды (свет, минеральное питание, температура и др.). Связь процессов накопления органического вещества с биотическими факторами (конкуренция за биогенные элементы, выедание). Методы определения первичной продукции (скляночные методы, по хлорофиллу, по изменению содержания кислорода и углекислого газа, по изменению активной кислотности и т.д.), их достоинства, недостатки, ошибки.

Бактериальная продукция. Численность и биомасса, методы расчета бактериальной продукции. Прямое микроскопирование, АТФ, скорость размножения (время генерации), радиоуглеродные методы. Бактериальная продукция в водной толще и донных отложениях водоемов, в почве, напочвенном покрове.

Продукция консументов («вторичная продукция»). Фитофаги и зоофаги. Методы определения продукции популяций без постоянного пополнения (метод Бойсен-Иенсена и его модификации). Расчет популяций с постоянным пополнением (графический, «физиологический»). Радиоуглеродные методы. Определение продукции эксплуатируемых популяций по данным промысловой статистики и учета пополнения. Трофические коэффициенты  $K_1$ ,  $K_2$ . Оценка продукции различных групп консументов в региональном аспекте.

Продукция сообществ. Оценка продукции сообществ через продукцию трофической цепи. Чистая и валовая продукция сообществ. Методы ее определения, П/Б коэффициенты. Сравнение сообществ по продуктивности.

Деструкция органического вещества. Основные представления о прижизненном распаде органического вещества. Дыхание и пищеварение как основные функциональные механизмы разрушения органического вещества живым организмом. Их количественная оценка. Связь между интенсивностью обмена и весом тела, методы оценки. Активный, пассивный и стандартный обмен. Уравнение Бергаланфи.

## **9. Накопление и разрушение органического вещества в экосистеме**

Формы существования органического вещества в экосистеме - живое, детрит, растворенное. Количественное соотношение между ними в водной толще и грунтах, пути взаимных переходов. Пищевая доступность органического вещества. Развитие представлений о важности растворенного органического вещества для существования и интеграции водных сообществ. Теория Пюттера и ее современная интерпретация - экологический метаболизм.

Принципиальная схема: соотношение замкнутого и открытого обмена в экосистеме.

Накопление органического вещества в экосистемах. Автохтонное и аллахтонное органическое вещество. Соотношение между ними в экосистемах различного типа. Прижизненные выделения органического вещества растительными и животными организмами, их экологическая роль. Влияние на интенсивность выделения растворенного органического вещества условий внешней среды.

Разложение органического вещества в экосистемах. Прямое химическое окисление органических веществ. Стойкое и нестойкое органическое вещество. Гуминовые вещества. Ферментативный распад, связанный с активностью гидробионтов. Экзоферменты.

Разложение органического вещества при дыхании и переваривании пищи. Связь интенсивности разложения с концентрацией пищи (величиной рациона). Включение в рационы гидробионтов живого вещества, детрита и растворенного органического вещества. Методы определения рационов.

Разложение мертвого органического вещества сапрофитными формами жизни. Роль бактерий, грибов и простейших в экосистеме. Мусорщики и сапрофаги.

Понятие баланса органического вещества в экосистеме. Методы расчета. Пирамида биомасс. Поток энергии через экосистему. Эффективность использования энергии организмами различных трофических уровней. Энергетическая пирамида. Поток энергии через систему по цепи хищник-жертва и по детритной цепи. Сравнение эффективности использования энергии в системах разного типа.

Сбалансированность процессов накопления и потребления органического вещества в трофической цепи. Степень удовлетворения пищевых потребностей. Напряженность трофических связей. Пищевая «избирательность», коэволюция систем «хищник-жертва».

### **10.1. Особенности пространственной и трофической структуры основных природных экосистем**

*Экосистемы морей и океанов.* Концепция биологической структуры океана Л.А.Зенкевича. Общие закономерности пространственного распределения жизни в Мировом океане.

Пелагиаль. Состав населения. Характеристика основных таксонов, их видовое разнообразие, количественное распределение, методы его оценки. Биогеографическое районирование пелагиали океана. Фитопланктон. Закономерности вертикального и горизонтального распределения и факторы, его определяющие. Сезонные изменения обилия и состава водорослей. Зоопланктон. Закономерности пространственного распределения. Смена с глубиной видового состава и соотношения трофических групп. Суточные, онтогенетические и сезонные вертикальные миграции, их причины и биологическое значение.

Ихтиофауна. Рыбы эпипелагиали, мезапелагиали, глубоководные и придонные. Комплекс неритических видов. Систематический состав и закономерности географического распространения. Роль в трофических цепях пелагиали.

Пелагические сообщества, их структурно-функциональные характеристики. Сообщества тропиков, умеренных и полярных районов Северного и Южного полушарий. Глубоководные сообщества.

Бенталь. Количественное распределение донного населения в Мировом океане и факторы, его определяющие.

Методы количественной оценки.

Фитобентос, его групповой состав, вертикальная и географическая зональность. Развитие и продуктивность в различных климатических зонах.

Зообентос. Групповой состав мелководного и глубоководного бентоса. Мейо-, макро-, мегабентос. Основные факторы, влияющие на распределение и состав донной фауны.

Донная фауна как база обитания бентосоядных рыб. Биогеографическое районирование донной фауны Мирового океана и ее связь с вертикальной фаунистической зональностью. Донные сообщества литорали, коралловых рифов, шельфа, глубин океана. Сообщества обрастания.

### **10.2. Особенности пространственной и трофической структуры основных природных экосистем**

*Экосистемы континентальных водоемов.* Естественные и искусственные водоемы, их особенности.

Реки. Масштаб перемещения в Мировой океан речных водно-растворенных и взвешенных веществ. Биосток.

Условия жизни (турбулентное перемешивание водных масс) и выравнивание гидрологических градиентов.

Реопланктон. Доминирующие группы планктона.

Бентос. Лито-, аргилло-, палореофильные формы.

Биогидрологические профили. Перифитон. Растения и полночленность консорциев.

Нектон. Жилые, проходные и полупроходные рыбы.

Озера. Сточные и бессточные. Условия жизни. Конвективное и ветровое перемешивание. Пресные, солоноватые, соленые и пересоленные озера. Лиманы, Лимнобиоты. Планктон как наиболее показательная топическая группировка гидробиотов. Доминирующие формы. Сезонные явления в жизни планктона.

Бентос. Основные особенности вертикального распределения.

Ихтиофауна - жилые, озерно-речные и проходные формы рыб.

Водохранилища. Особенности гидрологического режима. Коэффициент водообмена. Колебания уровня и осушная зона. «Промежуточный» между речным и озерным состав населения. Основные черты сообществ пелагиали и бентали. Формирование экосистем водохранилища как

процесс сукцессии. Три стадии формирования фауны. Проблема эвтрофикации, «цветение» равнинных водохранилищ синезелеными водорослями.

Пруды. Плотинные, копаные и наливные. Условия жизни. Видовое разнообразие сообществ и продуктивность прудов.

Ведущая роль вторичноводных животных и бентоса.

Каналы. Межбассейновые миграции флоры и фауны. Аутоакклиматизация.

### **11. Проблемы прикладной гидробиологии**

*Биологические, биоинженерные, биомедицинские, природоохранные технологии. Использование гидробионтов в хозяйственных и медицинских целях, экотехнологиях, охране и рациональном использовании природных ресурсов.*

Промысел рыбы и водных объектов. Эксплуатация природных сообществ и аквакультура. Акклиматизация.

Промысловая продукция океанов. Уровень современного вылова. Состояние и перспективы промысла по регионам и типам объектов (рыбы, беспозвоночные, водоросли и млекопитающие). Промысловая ихтиофауна и ее биогеографические комплексы. Хозяйственное освоение шельфов морей. Виды морской аквакультуры.

Промысловая продукция континентальных вод. Удобрение водоемов и рыбозаведение. Акклиматизация кормовых объектов и промысловых организмов. Растительоядные рыбы.

Проблема рационального использования биологических ресурсов водоемов и управление их продуктивностью. Регламентация и регулирование промысла. Математическое моделирование динамики численности промысловых объектов. Реконструкция донной фауны, ее методы. Реконструкция донной фауны Каспийского моря. Проблема Азовского и Аральского морей. Проблема Байкала, Балхаша и Урала. Разработка и теории управления биологической продуктивностью водоемов и проблема промысловых прогнозов.

**12. Антропогенное загрязнение океана.** Загрязнение водной среды как биосферный процесс. Общая характеристика основных типов антропогенного воздействия на водные экосистемы (антропогенное эвтрофирование, загрязнение, тепловое воздействие, радиоактивное заражение). Основные источники эвтрофирования. Отличие антропогенного эвтрофирования от естественного. Основные источники токсичного загрязнения (нефтепродукты, пестициды, детергенты, тяжелые металлы и др). Проблема обрастания судов и технических сооружений. Заращение водотоков и меры борьбы с ними.

**12. Самоочищение водных экосистем.** Водоемы как источники хозяйственного и питьевого водоснабжения. Проблема чистой воды. Вопросы биологического самоочищения водоемов. Организмы и сообщества - показатели сапробности и таксобности вод. Задачи санитарной гидробиологии и охрана водоемов. Биологическое самоочищение водоемов. Минерализация, биоседиментация, биофльтрация, аккумуляция и утилизация загрязнений гидробионтами. Биологическая детоксикация. Аэрация вод. Восстановление нарушенных водоемов. Основные методы восстановления нарушенных водных экосистем (аэрация водной толщи и донных отложений, углубление водоема, удаление донных отложений, изоляция дна, химические способы восстановления водоемов). Биоманипуляция. *Биологическая экспертиза и мониторинг, оценка и восстановление территориальных биоресурсов и природной среды.*

## Вопросы для оценки знаний в области научной специальности «Гидробиология»

1. Предмет гидробиологии. Цели и задачи. История возникновения и развития гидробиологии. Научные школы в отечественной гидробиологии (Зернов, Скадовский, Зенкевич, Ивлев, Винберг). Методика гидробиологических исследований и направления современных гидробиологических исследований
2. Понятие о системном подходе. Система и слагающие ее элементы. Понятие об организации систем и особенностях структуры. Изолированные, закрытые и открытые системы. Биологические системы. Системы с активным и пассивным управлением.
3. Экологические системы. Элементарные единицы экосистем. Составные части экосистемы, ее абиотическая и биотическая компоненты.
4. Круговорот веществ в экосистемах. Живое вещество, его накопление, состав. Биогеохимические циклы основных элементов живого вещества - углерода, азота, фосфора, кремния. Синтез и распад органического вещества в биосфере.
5. Методы исследования водных экосистем. Задача количественной оценки взаимодействия элементов в системе. Однофакторный и многофакторный эксперимент при получении моделей описания. Изучение связей в экосистемах с помощью регрессионного анализа. Статистика в экологических исследованиях. Моделирование как специфический подход в изучении и описании экосистем.
6. Происхождение гидросферы и океанов. Эволюция гидросферы. Общая характеристика гидросферы Земли. Зональность гидросферы. Типы водных экосистем.
7. Классификация водоемов: океаны, моря, озера и водотоки, водохранилища и пруды. Вертикальная экологическая зональность. Климатическая зональность водоемов.
8. Растворенные и взвешенные в воде вещества. Температура как важнейший экологический фактор гидросферы. Распределение температуры на поверхности Мирового океана. Вертикальное распределение температуры (эпи-, мета- и гипolimнион). Основные термодинамические свойства воды. Температура и плотность. Источники поступления и выхода тепла из водоемов.
9. Температурные зоны и климатические области Мирового океана и особенности их населения. Роль термоклина в существовании сообществ эпипелагиали океана, его «проницаемость» для мигрирующих интерзональных видов. Особенности термического и солевого режима. ТС-кривые как индикаторы водных масс. Пикноклин как нижняя граница биотопа фитопланктона в пелагиали.
10. Кислород как важнейший экологический фактор гидросферы. Источники поступления и выхода кислорода из водоемов. Понятие дефицита кислорода. Суточные и сезонные колебания кислорода в водоемах разного типа. Вертикальное распределение кислорода (кислородной дихотомии и гомооксигении). Биохимическое потребление кислорода.
11. Свет, его значение в водных экосистемах. Источники света в водоемах. Основные закономерности проникновения света в воду. Методы изучения проникновения света в воду. Световые зоны водоемов. Прозрачность Мирового океана и внутренних водоема, факторы ее определяющие. Распределение гидробионтов в водоемах в связи с условиями освещения. Цветовая адаптация гидробионтов. Вертикальные миграции гидробионтов. Свечение моря (биолюминесценция).
12. Способы выражения солености. Влияние солености на растворимость газов и другие физико-химические свойства воды. Состав солей пресной и морской воды. Классификация вод по солености. Методы определения солености. Особенности фауны и флоры морских и пресных водоемов. Солонатоводные и ультрагалинные водоемы и особенности их населения.
13. Перемещение вод. Течения. Общая схема циркуляции вод в океане. Основные конвергенции и дивергенции. Водные массы и структура. Перемешивание водных масс. Приливно-отливные явления. Ветровое и термическое перемешивание
14. Трофность. Биологическая классификация озер по А.Тинеману и Е.Науману - эвтрофные, олиготрофные, мезотрофные, дистрофные озера. Факторы, определяющие трофность океанических вод и дна океана.
15. Основные представления о продуктивности как важнейшей характеристике водоема. Конечная продукция. Соотношение между первичной и конечной продукцией. Продуктивность водоемов различной трофности. Продуктивные районы морей и океанов, их характеристика.
16. Температура как фактор, регулирующий активность гидробионтов. Коэффициент Вант-Гоффа и температурная кривая Крюга. Температура и распространение организмов. Стено- и эвритермные организмы. Тепловодные и холодноводные организмы. Пойкилотермные и гомойтермные организмы.
17. Газы и бионты. Газы в атмосфере и в воде. Растворенный кислород и углекислота. Особенности дыхания гидробионтов в воде. Сероводород, его образование и окисление.



18. Субстрат. Вода как среда обитания гидробионтов и приспособления гидробионтов к водному образу жизни. Приспособления к обитанию в водной толще, на поверхности грунта и в толще грунта. Приспособления водных организмов к обитанию в проточных водоемах и в зоне приобья. Почва как среда жизни. Наземно-воздушная среда жизни.
19. Структура популяций, видовая структура сообществ. Олиго- и полимиксные сообщества. Методы количественной оценки структуры (биомасса, численность, число видов). Показатели разнообразия и сходства сообществ. Доминирующие и руководящие (индикаторные) виды. Относительное обилие популяций как показатель структуры сообществ.
20. Трофическая структура сообществ. Понятие о трофическом уровне и трофической группировке. Продуценты, консументы, редуценты. Отношения организмов в пределах одной трофической группы. Пищевая конкуренция. Отношения организмов различных трофических группировок. Трофические цепи и сети. Методы количественных оценок пищевых взаимоотношений организмов в сообществе.
21. Пространственная структура сообществ. Однородность и неоднородность биотопа. Убежища. Количественная и качественная неоднородность, неоднородность сообществ, микрораспределение. Основные топические подразделения водной биоты. Граница биоценозов. Понятие об экотопе. Понятие экологической ниши. Проблема акклиматизации гидробионтов.
22. Представления о продукции как о важнейшей функциональной характеристике сообществ. Основные понятия - первичная, вторичная и конечная продукция. Методы определения первичной продукции (скляночные методы, по хлорофиллу, по изменению содержания кислорода и углекислого газа, по изменению активной кислотности и т.д.), их достоинства, недостатки, ошибки. Численность и биомасса, методы расчета бактериальной продукции. Деструкция органического вещества.
23. Накопление органического вещества в экосистемах. Автохтонное и аллахтонное органическое вещество. Соотношение между ними в экосистемах различного типа. Прижизненные выделения органического вещества растительными и животными организмами, их экологическая роль. Влияние на интенсивность выделения растворенного органического вещества условий внешней среды.
24. Разложение органического вещества в экосистемах. Прямое химическое окисление органических веществ. Разложение органического вещества при дыхании и переваривании пищи. Разложение мертвого органического вещества сапрофитными формами жизни.
25. Общие закономерности пространственного распределения жизни в Мировом океане. Пелагиаль. Состав населения. Характеристика основных таксонов, их видовое разнообразие, количественное распределение, методы его оценки. Пелагические сообщества, их структурно-функциональные характеристики. Сообщества тропиков, умеренных и полярных районов Северного и Южного полушарий. Глубоководные сообщества.
26. Бенталь. Количественное распределение донного населения в Мировом океане и факторы, его определяющие. Фитобентос, его групповой состав, вертикальная и географическая зональность. Зообентос. Групповой состав мелководного и глубоководного бентоса. Основные факторы, влияющие на распределение и состав донной фауны.
27. Естественные и искусственные водоемы, их особенности. Реки. Масштаб перемещения в Мировой океан речных водно-растворенных и взвешенных веществ. Озера. Пресные, солоноватые, соленые и пересоленные озера. Водохранилища. Особенности гидрологического режима. Пруды. Видовое разнообразие сообществ и продуктивность прудов.
28. Промысел рыбы и водных объектов. Эксплуатация природных сообществ и аквакультура. Промысловая продукция океанов. Уровень современного вылова. Промысловая продукция континентальных вод. Удобрение водоемов и рыборазведение. Акклиматизация кормовых объектов и промысловых организмов.
29. Общая характеристика основных типов антропогенного воздействия на водные экосистемы (антропогенное эвтрофирование, загрязнение, тепловое воздействие, радиоактивное заражение). Основные источники эвтрофирования. Основные источники токсичного загрязнения (нефтепродукты, пестициды, детергенты, тяжелые металлы и др.). Проблема обрастания судов и технических сооружений.
30. Водоемы как источники хозяйственного и питьевого водоснабжения. Вопросы биологического самоочищения водоемов. Организмы и сообщества - показатели сапробности и таксобности вод. Задачи санитарной гидробиологии и охрана водоемов. Минерализация, биоседimentация, биофильтрация, аккумуляция и утилизация загрязнений гидробионтами. Биологическая детоксикация. Основные методы восстановления нарушенных водных экосистем (аэрация водной толщи и донных отложений, углубление водоема, удаление донных отложений, изоляция дна, химические способы восстановления водоемов).

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы** (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем):

**Основная литература:**

1. Решетняк, О. С. Гидрохимия и охрана водных ресурсов: учебное пособие / О. С. Решетняк, А. М. Никаноров. — Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. — 134 с. — ISBN 978-5-9275-2428-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/87405.html>
2. Никаноров, А. М. Фундаментальные и прикладные проблемы гидрохимии и гидроэкологии: учебное пособие / А. М. Никаноров. — Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015. — 572 с. — ISBN 978-5-9275-1735-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/78716.html>
3. Перетрухина, А. Т. Гидросфера как среда обитания: учеб. пособие / А. Т. Перетрухина, О. Ю. Богданова, В. Е. Осауленко. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2014. — 347 с. — 30 экз.
4. Богданова, О. Ю. Микробиология водных экосистем : учеб. пособие / О. Ю. Богданова. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2016. — 180 с. — 30 экз.
5. Северин, Е.С., Биохимия [Электронный ресурс] : учебник / под ред. Е. С. Северина. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 768 с. — ISBN 978-5-9704-3762-9 — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970437629.html> — ЭБС «Консультант студента».
7. Андрияс, А. А. Водные ресурсы и основы водного хозяйства. [Электронный ресурс]: Учебные пособия / А. А. Андрияс, И. В. Бабкина, В. П. Корпачев и др. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2012. — 320 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4045>
8. Водный кодекс РФ / Электронно-библиотечная система IPRbooks, 2014. — 41 с.: <http://www.iprbookshop.ru/1800.html>
9. Дмитренко, В. П. Экологический мониторинг техносферы : учеб. пособие для вузов / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, А. В. Черняев. — СПб.: Лань, 2012. — [https://e.lanbook.com/book/4043#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/4043#book_name)
10. Алифанова, А. И. Химия воды и микробиология : учебное пособие / Алифанова А. И. — Электрон. текстовые данные. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013. — 78 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28416>
11. Другов, Ю.С. Анализ загрязненной воды: практическое руководство. [Электронный ресурс] / Ю. С. Другов, А. А. Родин. — Электрон. дан. — М.: Издательство «Лаборатория знаний», 2015. — 681 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66218>
12. Горелкина, Г. А. Оценка качества вод и их способности к обработке : учеб. пособие. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Г. А. Горелкина, А. А. Кадысева, И. Г. Ушакова, О. В. Широченко. — Электрон. дан. — Омский ГАУ, 2014. — 88 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64861>
13. Демченко, Е. А. Исследование качества воды: учебное пособие. [Электронный ресурс]: Учебные пособия / Е. А. Демченко, Е. В. Нестерова. — Электрон. дан. — СПб.: СПбГЛТУ, 2013. — 80 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/45478>
14. Перетрухина, А. Т. Санитарная вирусология водных экосистем : учеб. пособие для вузов / А. Т. Перетрухина, Е. И. Блинова, Е. С. Луценко. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2014. — 30

**Дополнительная литература:**

15. Алыбаева Р.А. Охрана наземных и водных экосистем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Алыбаева Р.А. – Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2011. – 310 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57558.html>
16. Емельянов, В.В. Биохимия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Емельянов В.В., Максимова Н.Е., Мочульская Н.Н. – Электрон. текстовые данные. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 132 с. – Режим доступа:
17. Бакулев, В. А. Основы научного исследования: учебное пособие / В. А. Бакулев, Н. П. Бельская, В. С. Берсенева ; под редакцией О. С. Ельцов. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 64 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65958.html>.
18. Семенченко В.П., Экологическое качество поверхностных вод / В.П. Семенченко, В.И. Разлуцкий – Минск: Белорус. наука, 2011. – 329 с. Режим доступа ЭБС : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850813350.html>
19. Калайда, М. Л. Методы рыбохозяйственных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. Л. Калайда, Л. К. Говоркова. – СПб.: Проспект Науки, 2013. – 288 с. – Режим доступа ЭБС: <http://www.iprbookshop.ru/35880>
20. Сиваков, Д. О. Водное право России и зарубежных государств / Д. О. Сиваков. – М.: Юстицинформ, 2010. – 368 с. – Режим доступа ЭБС: <http://www.iprbookshop.ru/13375.html>
21. Котухов, С.А. Комментарий к Водному кодексу Российской Федерации / Котухов С. А., Соболева Ю. В. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2011. – 357 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/1953>
22. Алифанова, А.И. Химия воды и микробиология: учебное пособие/ А. И. Алифанова. – Электрон. текстовые данные. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013. – 78 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28416>
24. Горелкина, Г. А. Оценка качества вод и их способности к обработке : учеб. пособие. [Электронный ресурс]: Учебные пособия / Г. А. Горелкина, А. А. Кадысева, И. Г. Ушакова и др. – Электрон. дан. – Омский ГАУ, 2014. – 88 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/64861>
25. Демченко, Е.А. Исследование качества воды: учебное пособие. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Е.А. Демченко, Е.В. Нестерова. — Электрон. дан. — СПб.: СПбГЛТУ, 2013. — 80 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/45478>
26. Другов, Ю.С. Анализ загрязненной воды: практическое руководство. [Электронный ресурс] / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – Электрон. дан. – М.: Издательство «Лаборатория знаний», 2015. – 681 с. – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/book/66218>