

## Программа дисциплины «Водная экология»

Автор: в.н.с. А.В.Гончаров

**Цель** освоения дисциплины: формирование представлений о биологических процессах и явлениях в водных объектах суши и их взаимодействии с абиотическими компонентами водных экосистем.

### **Задачи:**

- определить роль основных абиотических факторов в формировании состава, структуры и функционировании водных биоценозов;
- раскрыть виды и особенности взаимодействия водных организмов (популяций, сообществ) между собой;
- оценить роль водных организмов в трансформации вещества и энергии (в процессе питания, дыхания), их роль в формировании состава и качества воды;
- охарактеризовать антропогенные изменения водных экосистем и возможности использования водных организмов для биологической оценки состояния (загрязнения) водоёмов и водотоков;
- дать описание основных подходов и методов гидробиологического исследования водных объектов.

### **Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Водная экология» входит в вариативную часть ИБ интегрированный магистр МГУ, в учебный план бакалавриата, направление - 021600 Гидрометеорология, профиль подготовки - гидрология, модуль «Водопользование и водная экология», блок дисциплин «Профессиональный». Дисциплина преподается в 7-ом семестре 4 курса

Водная экология - дисциплина, направленная на изучение водных организмов, их популяции, сообщества, а также их взаимодействия между собой и окружающей средой, поэтому для усвоения данной дисциплины должны быть уже освоены курсы «Биология», «Экология», «Химия», «Математика», «Гидрология».

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **Знать:** основные закономерности формирования состава, структуры и функционирования водных экосистем.
- **Уметь:** оценивать экологическое состояние водных объектов. Определять результаты воздействия факторов окружающей среды (в том числе антропогенных) на водных обитателей и обратное влияние водных организмов на водную среду.
- **Владеть:** Приемами анализа данных гидробиологических наблюдений, методами оценки экологического состояния водных объектов, методами биологической индикации.

### Содержание

**Тема 1. Введение в водную экологию.** Водная экология, ее предмет и задачи. Уровни системной организации, рассматриваемые в экологии (организм, популяция, сообщество, экосистема). Экосистемный и популяционный подходы, их возможности и ограничения. Описание, объяснение и прогноз. Методы экологических исследований: полевые наблюдения на водоемах, лабораторные эксперименты, математическое моделирование.

**Тема 2. Вода как среда обитания организмов.** Обзор абиотических факторов, контролирующих существование гидробионтов: температура, освещенность, концентрация кислорода и других биогенных элементов, скорость движения воды, соленость, pH, характер грунта. Функция отклика организма на абиотический фактор. Зоны толерантности, минимума, оптимума. Лимитирующие факторы. Правило Либиха. Закон толерантности Шелфорда. Стенобионты, зврибионты. Понятие экологической ниши и биотопа;

фундаментальная и реализованная экологическая ниша. Жизненные формы гидробионтов в пелагиали, бентали, нейстали (планктон, бентос, нектон, перифитон, нейстон).

**Тема 3. Экология популяций водных организмов.** Понятие популяции. Статические и динамические характеристики популяций. Плотность, численность, структура популяций. Закономерности пространственного размещения популяции. Случайное, регулярное, пятнистое распределение. Способность к расселению, миграции. Расселительные стадии. Факторы, ограничивающие распространение популяций: биотопические, физико-географические, биологические. Популяция во времени. Рождаемость, смертность, эмиграция и иммиграция как непосредственные причины изменения численности популяции. Повозрастная плодовитость, кривые выживания/жизненные таблицы, чистая скорость размножения. Модели популяционного роста: экспоненциальная, логистическая. Ограничения роста популяции, емкость среды. Колебания численности: сезонные, многолетние. Анализ изменений рождаемости и смертности как возможный подход к выявлению внешних факторов динамики численности природных популяций. Жизненные стратегии популяций.

**Тема 4. Экология сообществ.** Сообщество (биоценоз) как совокупность взаимодействующих популяций. Основные типы взаимодействий популяций: конкуренция, взаимоотношения хищника и жертвы, симбиоз, паразитизм. Конкуренция. Эксперименты Гаузе. Понятие ресурса. Пороговая концентрация ресурса, конкурентное преимущество. Взаимодействие "хищник-жертва" ("ресурс-потребитель"). Функциональная и численная реакция хищника на численность жертв. Влияние взаимодействий хищника и жертвы на динамику их природных популяций. Структура сообщества: трофическая, видовая. Видовое разнообразие. Доминирование. Сукцессия. Характеристика некоторых водных сообществ: планктонное сообщество озерной пелагиали, донные сообщества в профундали и литорали озера, зарослевые сообщества, сообщества в лесном ручье, горной или равнинной реке, в эфемерных и гипергалинных водоемах и др.

**Тема 5. Экология водных экосистем.** Понятие экосистемы (биогеоценоза по Сукачеву). Структура экосистемы: биотические и абиотические компоненты, автотрофы и гетеротрофы, продуценты, консументы и редуценты. Основные методические подходы при изучении экосистем: балансовый, энергетический (работы Винберга). Концепция трофических уровней Линдемана. Поток энергии и круговорот веществ. Успехи и трудности изучения экосистемы как единого целого. Биологическая продуктивность водных экосистем. Первичная продукция как основа и мера биологической продуктивности. Трофическая классификация водоемов по степени биологической продуктивности (Тинеман). Характеристика экосистем олиготрофного, мезотрофного, эвтрофного, дистрофного водоемов. Рыбопродукция в разных типах водоемов, ее связь с первичной продукцией. Аквакультура.

**Тема 6. Трансформация энергии и круговорот вещества в водных экосистемах.** Первичное продуцирование - первый этап превращений вещества и энергии в экосистеме. Валовая и чистая продукция. Уравнение фотосинтеза. Эффективность фотосинтеза. Хемосинтез. Основные продуценты в водной среде: фитопланктон, перифитон, макрофиты. Автохтонное и аллохтонное органическое вещество. Факторы, лимитирующие продукцию в водной среде. Биогенные элементы, источники их поступления в водоем, распределение в водоемах. Освещенность. Компенсационный горизонт. Эвфотическая зона, трофогенный и трофолитический слои. Прозрачность. Эвфотическая зона в водоемах разной трофности. Методы определения и примеры расчета первичной продукции.

Питание и трофические взаимоотношения организмов - основной путь передачи вещества и энергии с одного трофического уровня на другой. Три основных способа питания: автотрофное, гетеротрофное анимальное и гетеротрофное сапрофитное. Требования к пище: полноценность по составу, усвояемость, доступность. Состав пищи гидробионтов, спектры питания, избирательность (Ивлев, Шорыгин). Классификация гидро-

бионтов по составу пищи: фитофаги, зоофаги, детритофаги (сестонофаги); по способу добывания пищи: глотатели, собиратели, соскребыватели, фильтраторы, пастбищники, охотники. Количественные характеристики процесса питания. Рацион, его зависимость от массы тела и концентрации пищи. Фильтрационное питание гидробионтов, скорость фильтрации, интенсивность фильтрации. Эффективность фильтрации в природных условиях, зависимость ее от биологической продуктивности водоема. Эффективность ассимиляции потребленной пищи.

Дыхание гидробионтов. Рассеяние энергии и минерализация органического вещества в процессе дыхания. Условия для дыхания в водной среде. Адаптации гидробионтов к неблагоприятным условиям дыхания в воде: морфологические и поведенческие адаптации. Устойчивость гидробионтов к дефициту кислорода, аноксибиоз, заморы. Количественные характеристики дыхания: скорость потребления кислорода, интенсивность обмена. Активный обмен, стандартный обмен. Зависимость обмена от массы особей и от температуры воды. Траты на обмен, оксикалорийный коэффициент, калорийность. Минерализационная деятельность водных животных, регенерация и экскреция биогенных элементов в доступной для растений форме. Примеры расчетов.

Вторичная продукция - скорость прироста биомассы гетеротрофов. Соматическая и генеративная продукция. Методы расчета вторичной продукции. Типы популяций, различающиеся по возрастной структуре, и соответствующие способы расчета продукции: по элиминации, весовым приростам, по времени удвоения численности. Приближенные способы расчета продукции: по удельной продукции, "физиологический" способ. Примеры расчетов.

Поток энергии и круговорот вещества в экосистеме Поток энергии через экосистему и через трофический уровень. Корреляция между величинами продукции соседних трофических уровней. Пирамида продукции по Элтону. Три эффективности переноса энергии: эксплуатации, усвоения, продуцирования. Экологическая эффективность пищевой цепи. Превращения энергии в пищевых цепях консументов (пастбищная цепь) и редуцентов (детритная цепь). Схемы потоков энергии в разных сообществах: преобладание пастбищной цепи в планктонном сообществе олиготрофных озер и морей, детритной - в планктоне эвтрофных озер и в донных сообществах. Время переноса энергии по цепи. Число трофических уровней в экосистеме (размерные и энергетические ограничения). Круговорот вещества в экосистеме. Поступления и потери элементов в водных экосистемах. Соотношение транзита с круговоротом внутри системы в стоячих и текучих водоемах. Запасы и потоки вещества. Скорость и время оборота. Методы исследования круговоротов. Подвижный и резервный фонд круговоротов. Схемы круговоротов важнейших биогенных элементов: углерода, азота, фосфора, серы. Биогеохимические циклы. Антропогенные нарушения круговоротов, размыкание циклов.

**Тема 7. Антропогенные изменения водных экосистем.** Эвтрофирование водоемов - повышение их биологической продуктивности. Естественное и антропогенное эвтрофирование. Количественная связь между биогенной нагрузкой и уровнем продуктивности водоема, схема Фолленвайдера. Фосфорная нагрузка, концентрация хлорофилла и первичная продукция фитопланктона в водоемах разного трофического статуса. Меры борьбы с эвтрофированием: устранение причин и борьба с последствиями; биологические методы. Биоманипуляции.

Загрязнение водоемов. Бытовые и промышленные стоки. Тепловое загрязнение. Наиболее опасные загрязнения (тяжелыми металлами, ядохимикатами, пестицидами, радионуклидами, нефтепродуктами), концентрация их в телах гидробионтов, накопление в пищевых цепях.

Изменения в экосистемах при загрязнениях, нарушение биотического круговорота, сбалансированности его проявлений.

Биологический анализ качества воды. Биоиндикация. Сапробность вод, индексы сапробности. Состав и видовое разнообразие сообществ как индикаторы загрязнения: система Вудивисса, информационный индекс Шеннона.

Самоочищение водоемов. Биотические факторы самоочищения: биофильтрация, биоседimentация, фотосинтетическая аэрация, окисление и минерализация органического вещества в процессах метаболизма гидробионтов.

Ограниченность способности водоемов к самоочищению. Переработка органических загрязнений, методы биологической очистки бытовых стоков. Промышленные стоки и их переработка.

**Тема 8. Заключение: итоги и перспективы изучения водных экосистем.** Основные итоги курса. Значение «Водной экологии» для оценки состояния водных объектов, для выбора пути их рационального использования и охраны.

Рекомендуемая литература

*Основная:*

Константинов А.С. Общая гидробиология. Учебник для студентов биол. спец. Вузов. – М.: Изд-во МГУ, 1986

Wetzel, Robert G. Limnology: Lake and River Ecosystems. - San Diego. Academic, 2001

*Дополнительная:*

Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Ленинград.: Гидрометеоздат, 1989.

Розенберг Г.С. Антология экологии. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2004

Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007.

Одум Ю. Экология: в 2-х т. – М.: Мир, 1986.

Reynolds, Colin S. Ecology of Phytoplankton. Cambridge. Cambridge University Press. 2006.

Гиляров А.М. Популяционная экология. Учеб. пособие. М.: МГУ, 1990.

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции, сообщества: в 2-х т. Москва. Мир, 1989.

Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. - Ленинград: Наука, 1983

Гутельмахер Б.Л. Метаболизм планктона как единого целого: Трофометаболитные взаимодействия зоо- и фитопланктона. – Ленинград: Наука, 1986

Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. - Ленинград: Гидрометеоздат, 1990

Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озёр. Румянцев В.А. СПб: АССПИН, 2003

Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. Бухарин О.В. и Розенберга Г.С. - М.: Наука, 2007.

Т.Эдмондсон. Практика экологии. Об озере Вашингтон и не только о нем. – М.: Мир, 1998.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.

*Интернет-ресурсы*

1. [www.ecograde.belozersky.msu.ru](http://www.ecograde.belozersky.msu.ru) (Экология пресных вод России и сопредельных стран)

2. [www.waterinfo.ru](http://www.waterinfo.ru) (Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Федеральное агентство водных ресурсов, ФГУП «Центр Российского регистра гидротехнических сооружений и государственного водного кадастра»),

3. [rims.unh.edu](http://rims.unh.edu) – Arctic RIMS (Региональная гидрологическая система мониторинга Арктических бассейнов),

4. [www.cawater-info.net](http://www.cawater-info.net) (Портал знаний о водных ресурсах и экологии Центральной Азии)
5. [water.usgs.gov](http://water.usgs.gov) (Данные по водным ресурсам США, включая оперативные данные по каждому штату).