

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ
по дисциплине
«ГИДРОБИОЛОГИЯ»
для студентов направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
Направленность (профиль) Экология и экологическая безопасность

Ставрополь, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Гидробиология (от греч. «hydor» - вода, «bios» - жизнь, «logos» - наука) - наука о организмах (гидробионтах) водной среды, их популяций и сообществ (биоценозов), их взаимоотношении друг с другом и с условиями обитания, значении для процессов трансформации энергии и вещества и о биологической продуктивности океана, морей и внутренних вод.

Предметом исследований гидробиологии являются процессы взаимодействия обитателей вод — гидробионтов, их популяций и гидроценозов между собой и с абиотическими компонентами водной среды.

К основным задачам гидробиологии можно отнести:

1. Повышение биологической продуктивности водоемов для получения из них наибольшего количества биологического сырья.
2. Разработка биологических основ обеспечения людей чистой водой, в том числе оптимизация функционирования экосистем, создаваемых для промышленной очистки питьевых и сточных вод.
3. Экспертная оценка экологических последствий зарегулирования, перераспределения и переброски стока рек, антропогенного изменения гидрологического режима озер и морей.
4. Оценка вновь создаваемых промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий для водных экосистем с целью охраны последних от недопустимых повреждений.
5. Мониторинг биоразнообразия и состояния водных экосистем.

Главным **методом гидробиологии** является системный подход, т. е. рассмотрение гидроэкосистемы как целого, и количественный учет протекающих в ней потоков энергии, вещества и информации.

Гидробиология связана с рядом наук географической, биологической, экологической направленности, с науками, изучающими физико-химические свойства водной среды. К их числу относят *гидрологию*, изучающую природные воды и закономерности круговорота воды в природе; гидрофизику, исследующую физические свойства природных вод и протекающие в них физические процессы; *гидрохимию*, изучающую химический состав вод и протекающие в них химические реакции. Близко гидробиология соприкасается с такими дисциплинами, как *океанология* — наука о Мировом океане и процессах, протекающих в нем, *лимнология* (или озероведение) — наука о водах замедленного стока поверхности суши, *потамология* — наука о водотоках и *гляциология* — наука о ледниках. Среди биологических дисциплин гидробиология связана с зоологией, ботаникой, микробиологией, физиологией и биогеографией.

Тема 1. Предмет, методы и задачи гидробиологии. Основные направления гидробиологии и история возникновения

Цель работы: познакомиться с историей возникновения и состоянием современной гидробиологии.

Вопросы для изучения: Предмет, методы и задачи гидробиологии. История возникновения гидробиологии. Выдающиеся ученые-гидробиологи. Основные направления современных гидробиологических исследований. Общая характеристика гидросферы, важнейшие группы водоемов (моря, континентальные водоемы). Место гидробиологии и водной

Задание. Подготовьте эссе о жизни и творчестве одного из российских гидробиологов.

Тема 2. Общие принципы и понятия гидробиологии

Цель работы: познакомиться с влиянием факторов среды на гидробионтов, выявить особенности приспособлений к условиям существования в водной среде.

Оборудование и раздаточный материал: фиксированные гидробионты разных экологических групп, гербарные образцы.

Вопросы для изучения:

1. Водотоки и водоемы.
2. Горизонтальное деление озер: литоральная и пелагическая зоны.
3. Вертикальное деление озер: фотическая и афотическая зоны.
4. Пруд и озеро. Ручей и река.
5. Характеристики озер: наибольшие длина, ширина, глубина; площадь водного зеркала, объем, средняя глубина; длина береговой линии, развитие береговой линии; сток, водообменность.
6. Характеристики рек: сток, водность, скорость течения.
7. Морфометрическое разнообразие озер.

Задание. На рисунке укажите вертикальную зональность с протяженностью зон, выделив зоны для толщи воды — по вертикали и для дна моря — в зависимости от крутизны спуска и глубины: эпипелагиаль, батипелагиаль, абиссопелагиаль, ультраабиссопелагиаль, пелагиаль, бенталь, литораль, сублитораль, супралитораль, псевдоабиссаль, батиаль, абиссаль, ультраабиссаль, океаническая зона, материковая отмель, материковый склон, океаническое ложе, неритическая зона, океаническая зона

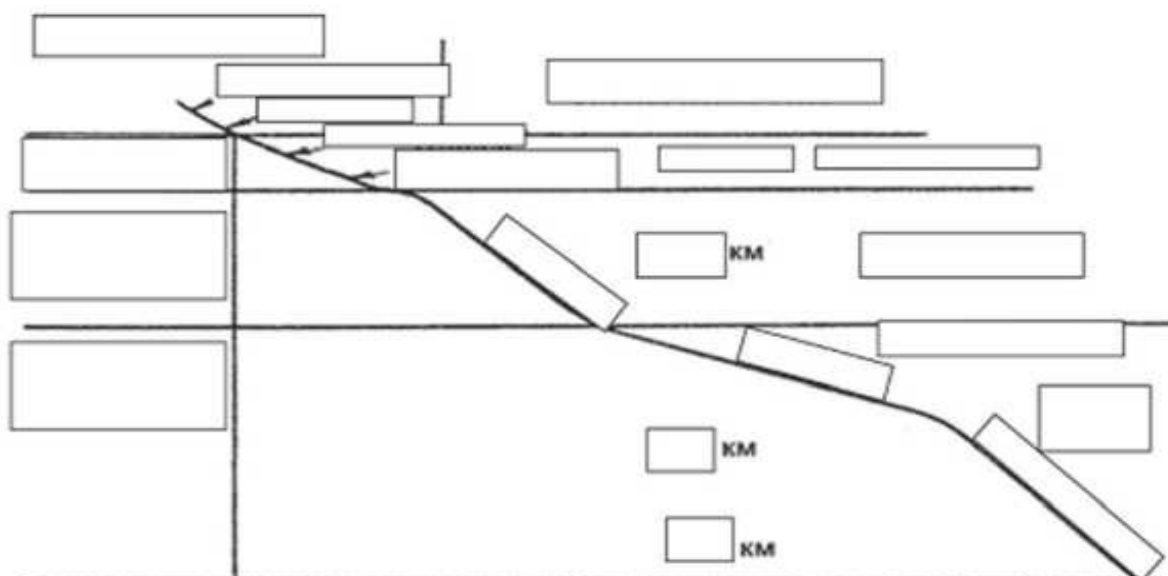


Рис. Вертикальная зональность моря по А. С. Константинову

Задание. Рассмотрите гидробионтов, принадлежащих к разным экологическим группам, опишите их адаптации к обитанию в различных

биотопических участках водоемов. Приведите примеры типичных представителей экологических групп. Заполните таблицу

Таблица

Экологические группы гидробионтов и их приспособления
к обитанию в водной среде

Экологическая группа	Типичные представители	Характерные признаки организмов	Особенности образа жизни

Сделайте вывод об экологических факторах водной среды, закономерностях их действия на гидробионтов и особенностях адаптаций у организмов разных экологических групп.

Задание. Заполните таблицу. Укажите, какие существуют приспособления гидробионтов к основным свойствам воды. Приведите примеры.

Таблица

Приспособления гидробионтов к основным свойствам воды

Свойство воды	Приспособление	Примеры
Высокая плотность воды		
Подвижность воды		
Соленость воды		
Кислотность		

Экологические группы гидробионтов

Задание. Изучите под микроскопом несколько капель с планктоном, найдите организмы с теми или иными приспособлениями к плаванию, а также формы, относящиеся к различным конвергентным и размерным группам.

Задание 2. Зарисуйте общий вид и некоторые детали строения рассмотренных организмов, пользуясь определительными таблицами. Заполните таблицы.

Таблица

Адаптации планктона к среде существования

Приспособление к парению	Представители

Таблица

Величина планктона

Размерная группа	Величина	Представители

Задание. Определите скорость погружения дафнии. Для определения скорости погружения дафнии взять высокий, доверху наполненный водой стеклянный цилиндр и перенести (пипеткой Пастера или стеклянной палочкой) на поверхность воды крупную дафнию. Зная высоту цилиндра и время, отмечаемое по секундной стрелке (секундомеру), в течение которого дафния опускается на дно сосуда, вычислить скорость погружения организма.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Общая характеристика населения Мирового океана.
2. Население пелагиали.
3. Фитопланктон.
4. Зоопланктон.
5. Нектон.
6. Нейстон.
7. Плейстон.
8. Население бентали.
9. Бактериобентос.
10. Грибы.
11. Фитобентос.
12. Зообентос.
13. Население разных широт.
14. Население разных глубин.
15. Физиологические адаптации животных, населяющих глубины.

Тема 3. Физико-химические условия существования гидробионтов

Цель: ознакомиться с основными гидрологическими особенностями водных объектов и физико-химическими свойствами воды как экологическими факторами для гидробионтов.

Вопросы для изучения:

1. Классификации природных вод по химическому составу.
2. Классификация О.А. Алекина.
3. Общий химический состав природных вод.
4. Растворенные газы (O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4 , H_2S).
5. Главные ионы в водах и их происхождение: макрокомпоненты (Cl , SO_4 , HCO_3 , Na , Mg , Ca , K), микрокомпоненты (H , NH_4 , NO_3 , H_2SiO_3).
6. Экологическое деление вод океана. Моря.
7. Условия жизни.

Задание. Используя данные табл, нанесите точки в поле графика (рис. 4), соответствующие 100%, 50% и нулевой смертности креветки *Crangon septemspinosa* попарным значениям температуры воды – ось абсцисс ($t, ^\circ\text{C}$) и солености воды – ось ординат ($C, \%$). Обведите линиями полученные точки, соответствующие 100%, 50% и нулевой смертности при различных значениях температуры и солености воды, выделите и обозначьте образовавшиеся полигоны с зонами выживания и оптимума. Для кого и какой практический интерес могут иметь данные графика?

Таблица

Смертность креветки *Crangon septemspinosa* в зависимости от температуры и солености воды (цит. по М. Бигон, 1989 с изменениями)

Смертность 100%		50%		0%	
температура ($t, ^\circ\text{C}$)	соленость ($C, \%$)	температура ($t, ^\circ\text{C}$)	соленость ($C, \%$)	температура ($t, ^\circ\text{C}$)	соленость ($C, \%$)
5	10 и 45	5	17 и 43	10	27
10	4 и 47	10	13 и 46	13	19 и 37
15	2	15	12	15	19 и 38
20	0	20	10	20	19 и 37
25	0 и 47	25	11 и 46	25	24
30	4 и 35	30	16 и 40	24	23 и 34

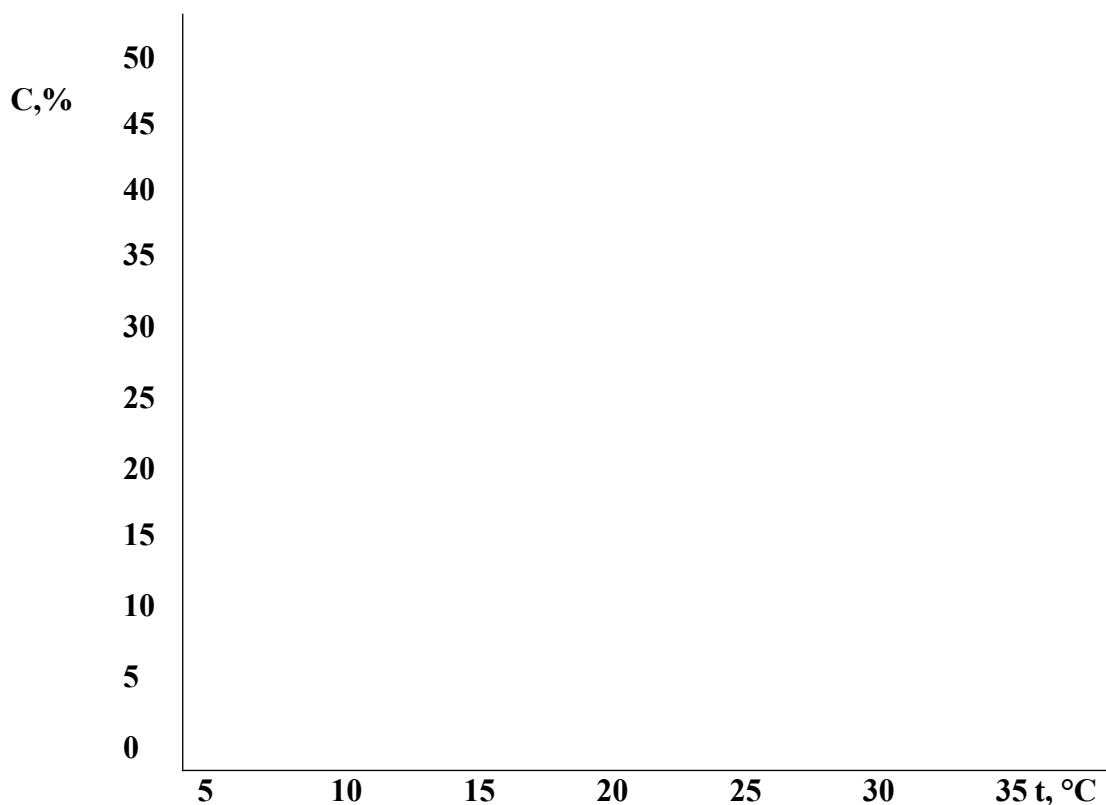


Рис. Зоны выживания и оптимума для креветки *Crangon septemspinosa* в зависимости от температуры и солености воды

Задание. Изучите данные табл., постройте графики зависимости промыслового возврата рыб (тыс. т) от объема весеннего половодья. Чем, главным образом, объясняется подобная зависимость? Существует ли подобная зависимость для основных рек Ставропольского края?

Таблица

Зависимость промыслового возврата рыб (тыс. т) от объема весеннего половодья (апрель – июнь, р. Волга) (Редкие и исчезающие животные. Рыбы..., 1994)

Объем половодья, км ³	Осетровые	Полупроходные	Всего
61–70	3,3	43	46,3
71–80	5,9	50	55,9
81–90	8,1	57	65,1
91–100	9,8	64	73,8
101–110	11,3	72	83,3
111–120	12,4	80	92,4
121–130	13,0	86	99,0
131–140	13,5	93	106,5

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Грунты.
2. Водные массы
3. Движение воды.
4. Температура.
5. Свет.
6. Соленость.
7. Биогены.
8. Газовый режим.
9. Специфичность условий свободной водной массы как биотопа.
10. Воздействие на водное население температуры, света, звука, электричества и магнетизма.

Тема 4. Водоемы и их население

Цель работы: познакомиться с особенностями водных экосистем. Оборудование и раздаточный материал: модели водных экосистем, калькуляторы

Вопросы для изучения:

1. Водный объект как экосистема.
2. Водоемы и их население. Общая характеристика населения.
3. Общая характеристика населения мирового океана.
4. Континентальные водоемы: реки, условия жизни гидробионтов.
5. Население рек и озер. Краткая характеристика.
6. Подземные воды и их население.

Задание 1. Водные экосистемы очень сильно отличаются от наземных экосистем и почвы по абиотическим условиям и факторам, воздействующим на организмы. Коренное отличие неживой части экосистем влечет за собой отличия и в составе органического мира, в разнообразии живых организмов, образе их жизни и их адаптациях к условиям среды. Сравните черты сходства и различия водных, наземных экосистем и почвы и заполните таблицу.

Таблица

Сравнительный анализ экосистем

Отличие		Сходство	
Водные и наземные экосистемы	Водные экосистемы и почва	Водные и наземные экосистемы	Водные экосистемы и почва
Абиотические условия			
Биоценозы			

Задание. Среда континентальных водоемов занимает небольшую часть гидросферы, но значение ее огромно. Во-первых, это самый дешевый источник пресной воды для бытовых, промышленных и сельскохозяйственных нужд. Во-вторых, это самый дешевый способ утилизации жидких отходов. В-третьих, из-за дефицита пресной воды она является узким местом в гидрологическом цикле. Заполните таблицу, выделите лимитирующие факторы в каждом биотопе.

Таблица

Биоценозы континентальных водоемов

Биотоп	Особенности условий	Сообщества гидробионтов
Река (верховье)		
Река (среднее течение)		
Река (низовье)		
Озеро		
Водохранилище		
Ручей		
Болото		

Занятие. Пищевые цепи (цит. по Алексеева, 2022)

Цель занятия – освоить составление трофических цепей морских и пресных водоемов.

Пищевая цепь - это перенос энергии пищи от ее источника - растения по линии поедания одних организмов другими. Каждое звено пищевой цепи соответствует трофическому уровню. **Пищевая сеть** обычно состоит из нескольких пищевых (трофических) цепей, каждая из которых является как бы отдельным каналом, по которому передаются вещество и энергия.

В водных экосистемах пищевые цепи имеют свои особенности:

- I. Число звеньев в пищевых цепях больше, чем в наземных экосистемах.
- II. Оптимально – 3-5 звена, редко 2, 6, 7.
- III. Имеют место три типа пищевых цепей:
 - пастбищные – растение ^ растительоядные животные ^ хищники;
 - детритные – мертвое органическое вещество, минерализуемое микроорганизмами, органическое вещество в детрите ^ детритофаги ^ хищники;
 - метаболитные (специфические) – возникают на основе осмотического питания растворенными органическими веществами.

Пример 6-членной морской пищевой цепи:

1. Диатомовые перидинеи - I трофический уровень, продуцент.

2. Веслоногие рачки - II трофический уровень, первичный консумент.
3. Сельдь (молодь) - III трофический уровень, вторичный консумент.
4. Скумбрия - IV трофический уровень, третичный консумент.
5. Кальмары - V трофический уровень, четверичный консумент.
6. Человек (наземные экосистемы) - VI трофический уровень.

Задание. Предложите трофическую сеть для моря и пресноводного водоема по наиболее длинному и наиболее короткому пути, схемы сетей представьте в тетради. Пищевые предпочтения консументов приведены в таблице.

Море: одноклеточные водоросли (диатомовые, синезеленые), водные растения (зостера), крупные водоросли (ламинария, ундария, котария), планктонные рачки (капеподы, изоподы), хищный планктон (мизиды, эуфаузивые), рыбы (сельдь, скумбрия, терпуг, колюшка, лососи, тунец, акула), тюлени, киты зубатые (касатка), киты усатые (синий полосатик).

Пресноводный водоем: рогоз широколистственный; карась золотистый; кубышка желтая; щука обыкновенная; ряска; малек рыбы; водоросли; лягушка озерная; элодея; головастик лягушки; фитопланктон; планария молочная пиявка ложноконская; беззубка; прудовик; дафния; личинки стрекозы; гладыш; ручейник; плавунец; личинки плавунца; паразиты рыб; опавший лист; бактерии; грибы.

Таблица

Спектр питания некоторых видов

Консументы	Пищевые предпочтения консументов
1	2
Акула	Хищник-рыба, щенки тюленей
Анчоус	Планктонные рачки (капиподы, изоподы), икра и личинки других рыб и беспозвоночных
Амебы	Бактерии, одноклеточные
Афалина	Рыбы разных видов, осьминоги, кальмар, креветки, акулы, угри
Белуха	Рыба: сиговые и лососевые виды, сельдь, навага, камбала, мойва, треска, сайка
Верхогляд	Рыба, молодь карася, чебака, а также личинки насекомых веснянок и поденок в период массового лета
Гребешки	Фильтруют воду, из которой потребляют детрит, бактерии, органическую взвесь, одноклеточные водоросли
Губки	Фильтруют воду, из которой потребляют детрит, бактерии, органическую взвесь, одноклеточные водоросли
Дафнии, циклопы	Одноклеточные водоросли
Дождевые черви	Детрит
Жерех	Мальки рыб, крупные насекомые (жуки, бабочки, стрекозы), в меньшей мере черви
Жуки плавунцы	Хищник, насекомые, ракообразные, головастики, моллюски, маленькие лягушата, мальки
Змееголов	Хищник-засадник, мелкая рыба, лягушки, личинки насекомых и поденок в период их массового лета

Инфузории	Бактерии, водоросли
Кальмар	Хищник, рыба (анчоус, сельды и др.)
Капеподы	Одноклеточные водоросли
Карась	Водоросли, растения, дафнии, циклопы, личинки насекомых, детрит
Касатка	Рыба, головоногие моллюски, тюлени, дельфины (белуги), детеныши китов
Клоп водомерка	Хищник, мелкие насекомые и их личинки
Коловратки	Водоросли одноклеточные, бактерии, органическая взвесь
Колюшка	Мелкие ракообразные, личинки насекомых, черви, икра и мальки других рыб
Красноперка	Водные растения, личинки насекомых - веснянки, поденки, ручейники, молодь рыб
Кряква	Собирает корм, опустив голову вниз (характерная «стойка на голове») и отцеживая клювом растительный материал, а также различных беспозвоночных червей, моллюсков, насекомых
Ленок	Хищник, личинки насекомых, молодь и взрослая рыба
Личинки комаров	Водоросли, бактерии
Личинки стрекоз	Насекомые, мальки рыб, сок трав
Лягушка сибирская	Комар, пауки, муравьи, кузнечики
Мидия	Фильтрует воду, извлекая из нее органические вещества, бактерии, детрит
Мизиды	Мелкие частицы детрита, которые отфильтровывают щетинками обеих нижних челюстей и ногочелюстей
Минога	В стадии личинок минога питается мелкими водорослями, червями или ракообразными, добывая их на дне, иногда для этого ей приходится зарываться в грунт, взрослые особи стараются держаться поближе к стаям сельди, трески, корюшки или скумбрии, присасываясь к своей жертве
Многощетинковые	Детрит
Морские львы	Рыба, морские котики, пингины
Ондатра	Прибрежные и водные растения - тростник, рогоз, камыш, осока, хвощи, стрелолист, рдесты
Осетр	Рыба, моллюска, черви
Пескарь	Бентофаги: личинки питаются мелкими донными беспозвоночными (корненожками, коловраками), молодые и взрослые рыбы потребляют поденок и мелких моллюсков, икру других рыб
Поденки	Личинка активно питается в основном растительными остатками, бактериями, детрит
Растения	Потребляют солнечную энергию и минеральные вещества, воду, кислород, углекислый газ

Рыбный филин	Кормится главным образом рыбой, водными беспозвоночными (раки, крабы), при случае мелкими позвоночными - птицами, змеями, ящерицами, лягушками, а также насекомыми
Сельдь	Планктонные рачки - изоподы, капеподы
Сиг амурский (уссурийский)	Мелкая рыба и личинки водных насекомых
Синий кит	Криль - мизиды, эуфазивные, рыбы (сельдь, скумбрия, анчоус)
Скумбрия	Планктонные рачки (изоподы, капеподы), мелкая рыба
Таймень	Хищник, рыба (колюшка, хариус, мальма, горбуша, бычок, мальки рыб) и разные животные (кулики, мыши, белки, ондатры), утки
Толстолобик	Фитопланктон
Трепанг	Профильтровывает зацветшую, зеленую и мутную от детрита воду, органические остатки (детрит)
Тритон	Ракообразные (равноногие, ветвистоусые и другие рачки), личинки стрекоз, клопы-гребляки, личинки жуков- плавунцов, водные моллюски, икра рыб и лягушек
Тунец	Хищник - сельдь, скумбрия, лосось, анчоус, кальмар
Углозуб сибирский	Хищник - рачки, личинки комара
Утка	Растения, рыба и ее икра во время нереста, насекомые и их личинки
Филин рыбный	Малоподвижные рыбы и другие птицы (в зимний и более голодный период), раки, лягушки, грызуны, не брезгает падалью
Хариус	Личинки насекомых: веснянки, поденки, ручейники, личинки стрекозы, икра рыб
Циклопы	Одноклеточные водоросли, бактерии
Чайка	В прибрежной зоне моря охотятся за рыбой, ракообразными, моллюсками, иглокожими, водными червями, на суше питается как растительной, так и животной пищей - грызунами, ящерицами, птенцами и яйцами птиц, насекомыми и их личинками, употребляют в пищу падаль и пищевые отбросы
Чебак	Личинки и взрослые насекомые, нитчатые водоросли, икра
Черви нематоды	Детрит
Щука	Хищник, рыба (сазан, карась, толстолобик, лососи), мальки рыбы, насекомые и их личинки, мыши, свойственен каннибализм
Эуфаузииды	Фитофаги-фильтраторы, использующие в пищу в небольших количествах мелкий зоопланктон и различные водоросли

Задание. Зная «правило 10 %», рассчитайте, сколько понадобится фитопланктона, чтобы выросла одна щука весом 10 кг (пищевая цепь: фитопланктон – зоопланктон – мелкие рыбы – окунь– щука). Условно принимайте, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня. Полученные данные представьте в виде экологической пирамиды в тетради.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Биоценозы водоемов и водотоков.
2. Понятие о структурных и функциональных особенностях водных экосистем. Биологическая продукция.
3. Биологическое продуцирование.
4. Образование первичной продукции. Первичная продукция планктона.
5. Первичная продукция макрофитов.
6. Первичная продукция перифитона.
7. Особенности продуцирования органического вещества в водных экосистемах.
8. Величина первичной продукции в различных водоемах.
9. Вторичная продукция.
10. Темп и эффективность вторичного продуцирования.
11. Некоторые методы определения продукции водных организмов.

Тема 6. Спектры питания

Цель занятия: Изучить группы гидробионтов. Провести исследования проб воды по определению различных водных организмов (фито и зоопланктона, фито и зообентоса).

Материалы и оборудование: Определители, плакаты, весы технические и торсионные, микроскоп, лупа бинокулярная, планктонная сетка, дночерпатель, скребок, промывалка для бентоса, сачок, мерные цилиндры и стаканы, пинцет, счетные, предметные и покровные стекла, пипетки, ведро, препаровальная игла, счетная камера, чашки Петри, пробирки, 4%- формалин.

Оценка естественной кормовой базы прудов. Естественная пища должна быть неотъемлемой частью пищевого рациона рыб, что обязывает специалистов вести постоянные наблюдения за развитием естественной кормовой базы, так как при уплотненной посадке от её количества зависит усвоение искусственных кормов. При снижении количественного развития гидробионтов необходимо принимать экстренные меры по его увеличению. Интенсивное кормление карпа искусственными кормами, которые в большинстве случаев являются неполноценными по аминокислотному составу, содержанию витаминов, приводит к нарушению обмена веществ и замедлению темпа роста рыбы. В этой связи знание видового и количественного состава естественной кормовой базы и её питательности важно для каждого специалиста. Естественная кормовая база прудов определяется развитием водных организмов, которыми питается рыба, что отражено в круговороте веществ в водоеме (рис. 1).

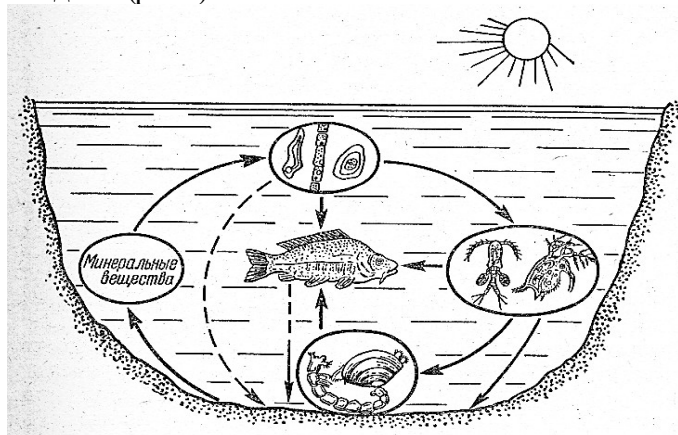


Рис. Круговорот веществ в водоеме

В результате роста и развития организмов в водоемах происходит непрерывное новообразование биомассы. Этот процесс называется биологическим продуцированием. Биологическое продуцирование происходит в форме образования первичной и вторичной продукции, под которыми понимается соответственно прирост биомассы растительных

организмов (автотрофов) и живых организмов (гетеротрофов). В подавляющем большинстве основным продуцентом органического вещества в водоемах является фитопланктон. На скорость производства первичной продукции влияют климатические условия, количество минеральных веществ, видовой состав водорослей.

Растительные организмы – водоросли (диатомовые, зелёные, сине-зеленые и др.) и высшие растения (рдесты, элодея, кубышка, роголистник, стрелолист и др.) – поедаются в той или другой степени почти всеми животными организмами. Например, они поедаются губками, коловратками, ракообразными, моллюсками, личинками и мальками рыб, а также взрослыми рыбами – фитофагами. Особенно широко используются протококковые водоросли. По своим питательным свойствам растительные организмы водоема не уступают лучшим сортам кормовых трав.

Весьма ценным видом пищи для многих животных организмов служат бактерии. Ими питаются ракообразные, личинки тендипедит, ручейников, олигохеты, моллюски.

Целые группы животных организмов питаются детритом (детритофаги) – органическими веществами отмерших водорослей и животных, взмученными со дна водоема – ила.

Карп же питается планктоном и бентосом (рис. 2, 3 и 4). Отдельные виды рыб используют высшую водную растительность (6,7 и 8). При культивировании хищных рыб поедаются мирные рыбы. По степени разнообразия потребляемых кормов различают эврифагов (широкий спектр питания), стенофагов (небольшой ассортимент кормов) и монофагов (один объект питания).

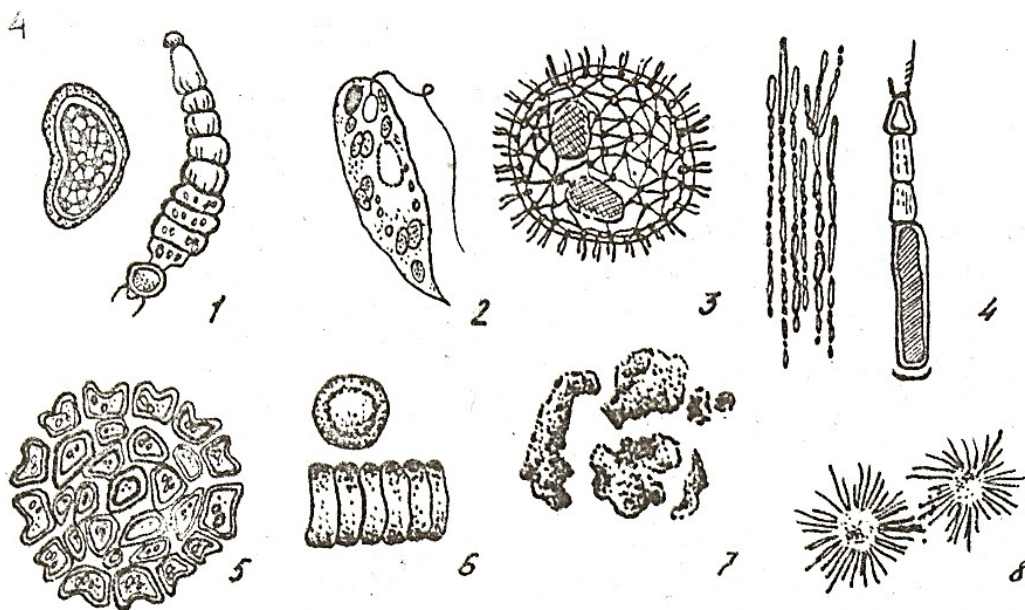


Рис. Водоросли, вызывающие сине-зеленое и грязно-зеленое цветение воды:

1 – анабена; 2 – эвглена; 3 – вольвокс; 4 – афанизоменон; 5 – нодиаструм; 6 – мелозира; 7 – микроцистис; 8 – глеоприхия.

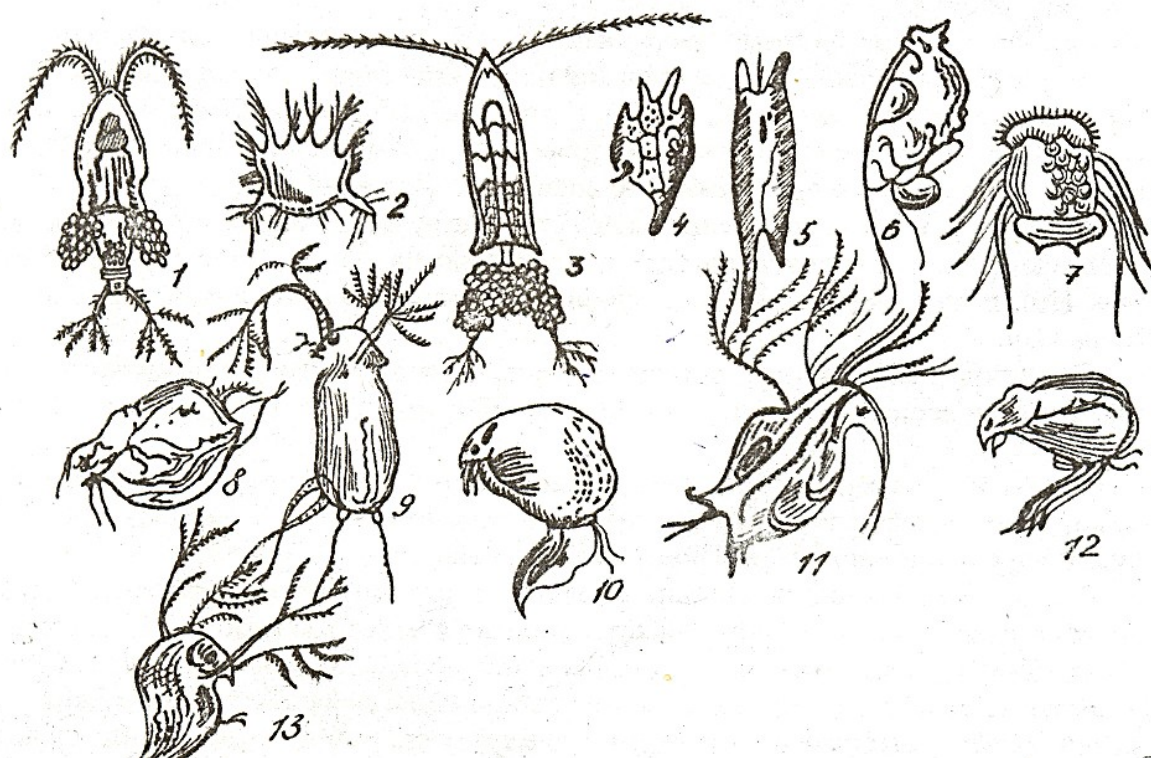


Рис. Мельчайшие организмы (зоопланктон), находящиеся в толще воды и являющиеся пищей молоди карпа: 1-3 – веслоногие рачки; 4-7 – коловратки; 8-13 – ветвистоусые рачки.

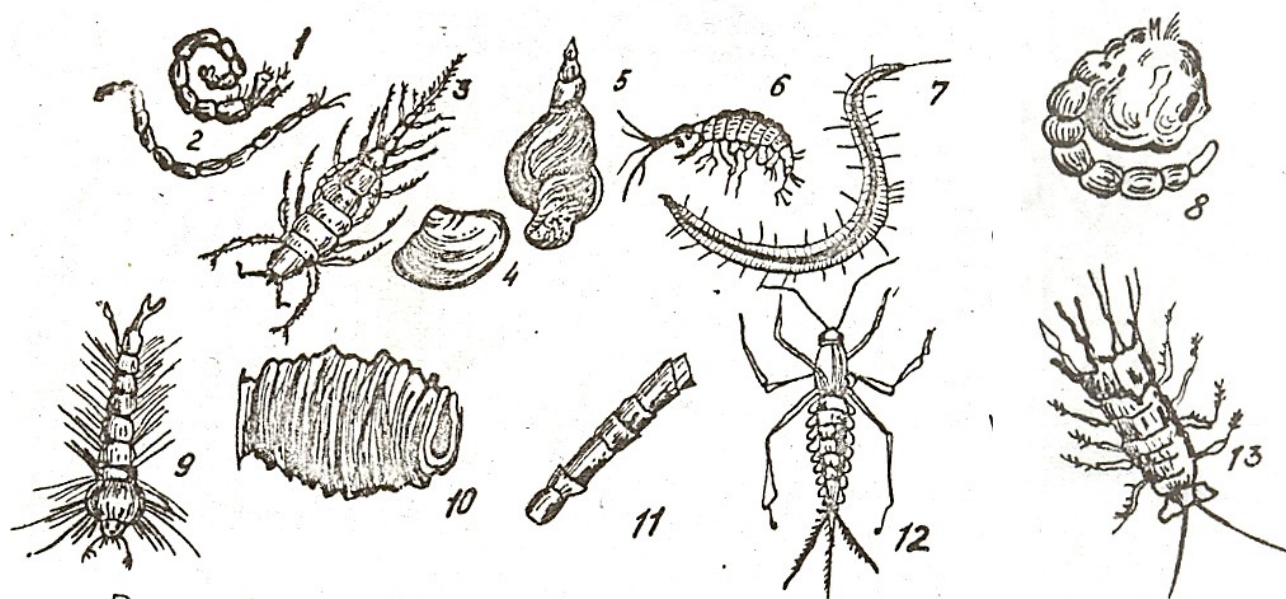


Рис. Донные водные организмы (бентос, являющиеся пищей карпа): 1-2 – личинки хирономид; 3 – личинка вислокрылки; 4 – шаровка; 5 – прудовик; 6 – бокоплав; 7 – малощетинковый червь; 8 – куколка комара; 9 – личинка комара; 10-11 – ручейники; 12 – личинка поденки; 13 – водяной ослик.

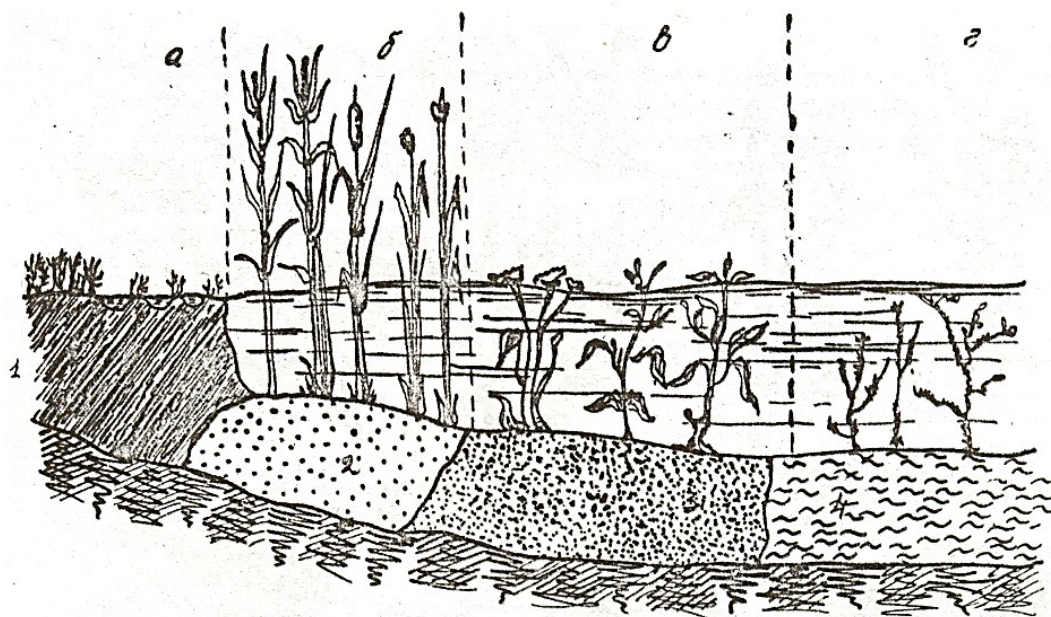


Рис. Схема зарастания прудов: а – осоки; б – тростник, камыш; в – кувшинки, рдесты; г – роголистник.

1 – осоковый торф; 2 – тростниковый торф; 3 – торф; 4 – ил.

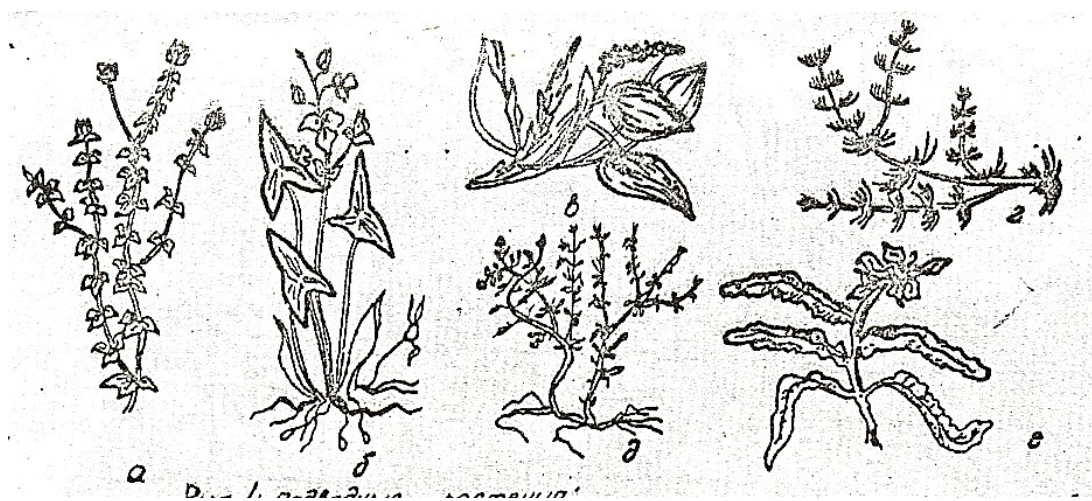


Рис. Растения с листьями и стеблями в воде: а – элодея канатская; б – стрелолист обыкновенный; в – рдест плавающий; г – роголистник темно-зеленный; д – хара; е – рдест курчавый.

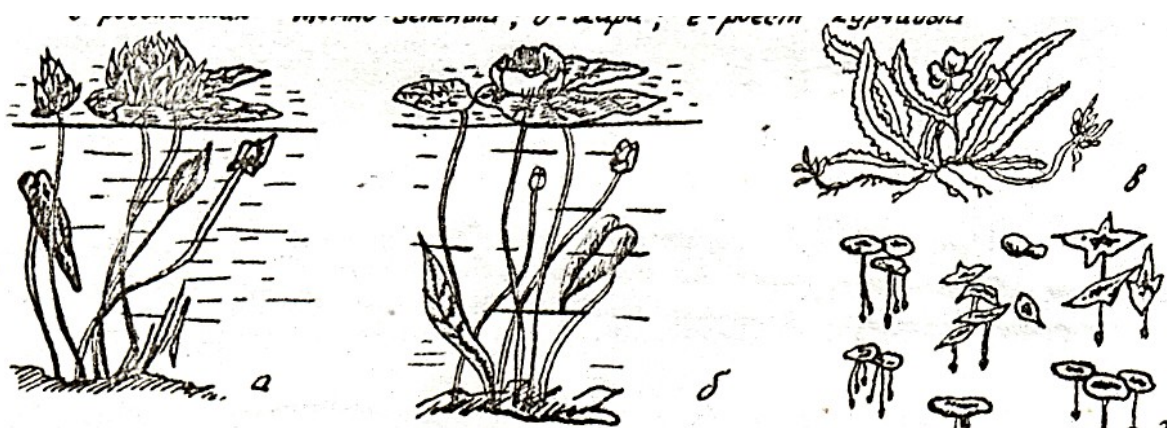


Рис. Растения с плавающими листьями и цветами: а – кубышка белая; б – кубышка желтая; в – телорез обыкновенный; г – ряска трехдольная.



Рис. Надводная растительность: 1 – осока вздутая; 2 – осока стройная; 3 – манник; 4 – тростник обыкновенный; 5 – рогоз широкий; 6 – камыш озерный.

Таким образом, поедание одних организмов другими, происходящее при этом преобразовании органических веществ, приводит в конечном итоге к образованию продукции, используемой человеком. Величина продукции рыбы в водоеме будет зависеть от качества и количества естественной пищи для рыб, экологических условий водоема и видового состава рыб. По мере роста рыб характер питания у них меняется. Так, например, молодь карпа питается планктонными ракообразными, а сеголетки переходят к донным организмам. Двухлетний карп питается уже исключительно бентосом, но при недостатке его использует и зоопланктон. В то же время пестрый толстолобик питается зоопланктоном, а белый – фитопланктоном. Белый амур на первых этапах развития питается зоопланктоном, а затем переходит на питание высшей водной растительностью (табл.1).

Таблица

Естественная пища рыб, разводимых в прудах

Группа рыбы	Зона питания	Пища	
		основная	дополнительная (при нехватке основной)
1	2	3	4
Бентосоядные: а) карп, сазан и их гибриды б) осетровые, их гибриды в) сиги	придонные и донные части прудов донные части прудов, особенно песчаные участки, глубоководные части прудов	личинки хирономид, олигохеты, моллюски моллюски, мелкая рыба, черви, личинки хирономид, олигохеты, зоопланктон	зоопланктон (в основном ветвистоусые рачки) зоопланктон зоопланктон, личинки насекомых, водоросли
Планктоноядные: а) серебристый карась	толща воды в открытых участках и зарослях	зоопланктон и синегризовые водоросли	личинки хирономид и другие насекомые

б) пелядь	зоны открытой воды (толща)	зоопланктон	в редких случаях личинки хирономид
в) пестрый толстолобик	толща воды	мелкие формы зоопланктона	фитопланктон
<i>Растительные:</i> а) белый амур	участки, заросшие подводной растительностью	подводная растительность	молодые побеги надводной растительности, наземная растительность
б) белый толстолобик	толща воды	фитопланктон	детрит
<i>Хищные:</i> а) радужная и ручьевая форель	открытая часть пруда	мелкая рыба	личинки ручейников, паденок; стрекозы, клопы, воздушные насекомые
б) щука	береговая полоса и зарослевые зоны	рыба и лягушка	жуки, клопы, стрекозы, головастики
в) судак	зоны открытой воды	мелкая рыба	жуки, клопы, стрекозы

Различные виды водных организмов имеют различную пищевую ценность, и различный химический состав, но все они обладают достаточно высокими пищевыми достоинствами. Водные беспозвоночные содержат полноценный белок, минеральные вещества, витамины и минеральные соли.

Белки кормовых беспозвоночных являются полноценными по составу аминокислот, что является важным для роста и развития рыб. Наиболее полноценными пищевыми организмами являются ветвистоусые рачки (Cladocera) и, прежде всего дафнии (Daphnidae). Они богаты минеральными веществами, витаминами, незаменимыми аминокислотами. Аминокислотный состав белков тела олигохет (Oligochaeta) также полноценный, однако они содержат меньше витаминов по сравнению с дафниями и очень бедны минеральными веществами. Личинки хирономид (Chironomidae) по содержанию витаминов и минеральных солей занимают промежуточное положение между дафниями и олигохетами, а аминокислотный состав их белков полноценный. По пищевой ценности кормовые беспозвоночные являются незаменимыми в питании рыб.

При выращивании разновозрастных рыб важно знать, какие организмы являются преобладающими в том или ином пруду. Для личинок в первые дни жизни предпочтительнее массовое развитие босмин (Bosminidae), коловраток (Rotatoria), личинок веслоногих рачков (науплиусов Copepoda). Их количество более 1000 экз./л свидетельствует о хорошей обеспеченности пищевых потребностей личинок. Молодь карпа массой более 1 г способна потреблять не только планктонные, но и бентосные организмы.

Если в первые дни развития личинок в планктоне прудов в значительном количестве представлены циклопы (Cyclops), лептестерии (Leptestheria), стрептоцефалюсы

(Streptocephalus), щитни (Apus, Lepidurus), то возможны значительные потери личинок в результате выедания их перечисленными хищниками.

При гидробиологических исследованиях на прудах проводится изучение качественного и количественного состава фитопланктона, зоопланктона и бентоса. Для исследований отбирают через каждые 10 дней в разных местах пруда на протяжении всего периода выращивания рыбы.

Сбор и обработка проб зоопланктона

Пробу воды отбирают мерной посудой (лучше ковшиком на 1 л с ручкой). Воду берут из различных мест и с разной глубины (10-50 л). Затем её процеживают через планктонную сетку, которая представляет собой металлическое кольцо с натянутым на него капроновым сито. Снизу к сетке прикреплен стаканчик, в котором собирается сконцентрированная проба (планктон) (рис.8).

После процеживания содержимое стаканчика переносят в отдельную склянку и фиксируют 4%-раствором формалина. Пробу снабжают этикеткой с указанием даты, названия и номера пруда, места взятия пробы и количества литров процеженной воды.

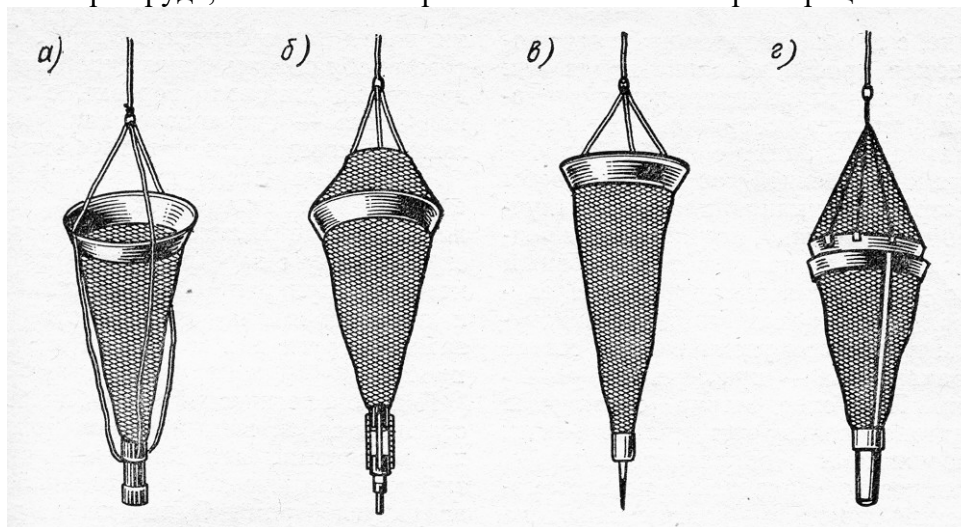


Рисунок. Планктонные сетки: а – качественная Апштейна; б – количественная Апштейна; в – качественная Кольквитца; г – сетка Берджа.

В лаборатории пробу воды сливают в мерный цилиндр, определяют объем сконцентрированной пробы, затем её хорошо перемешивают и берут пипеткой 0,5 мл содержимого и помещают на счетное стекло для просмотра под микроскопом. Определяют видовой состав, пользуясь определителем, и количество организмов каждого вида. Как правило, для более точного учета просматривают 3 пробы, и вычисляют среднее значение.

Количество организмов в 1 м³ подсчитывают по формуле:

$$A = \frac{X * Y * 1000}{Z * n} \quad /1.1 /$$

где А – количество организмов данного вида в переводе на 1 м³ воды, шт/м³;

Х - среднее подсчитанное количество организмов данного вида, шт.

У – объем просмотренной сконцентрированной пробы, мл

1000 – пересчетный коэффициент

З – количество просчитанных миллилитров воды (0,5 мл)

п – количество литров профильтрованной воды.

Биомассу определяют отдельно по видам организмов. Общую биомассу зоопланктона на 1 м³ воды пруда определяют как сумму биомасс отдельных видов.

Для расчета биомассы организмов зоопланктона пользуются таблицей средних масс организмов, установленных Ф.Д. Мордухай - Болтовским и другими авторами (табл.).

Таблица

Средняя масса организмов	
Наименование организма	Масса, мг
Коловратки	0,0002-0,00095
Ветвистые рачки:	
сиды	0,5
дафнии	0,06-1,54
молодь	0,001
Веслоногие рачки:	
взрослые	0,08-0,129
молодь	0,0008-0,129
Ракушечные рачки	0,018
Личинки, г:	
комаров (хирономиды)	0,03
стрекоз	0,5
паденек	0,05
Малощитинковые черви	0,025

Методика определения биомассы фитопланктонных организмов такая же, как и зоопланктона. Разница лишь в том, что фиксированную формалином пробу воды в темном месте отстаивают 10-14 дней и после этого проводят исследование.

При всех исследованиях воды пользуются «Инструкцией по сбору и обработке планктона», ВНИРО, 1971.

Сбор и обработка проб бентоса

Анализ донной поверхности пруда берется дночерпателем (рис.9), растительность со дна собирается скребком.

Пробы бентоса берут в те же сроки, что и проба планктона. Дночерпателем вырезают грунт или ил на разных участках пруда. Из небольших прудов берут 3-5 проб, а из крупных – больше.

Взятые пробы переносят в мешочек для промывки. После отмывания из оставшегося в мешочке грунта выбирают пинцетом донные организмы, переносят их в пробирки или бутылочки и фиксируют 4%- формалином.

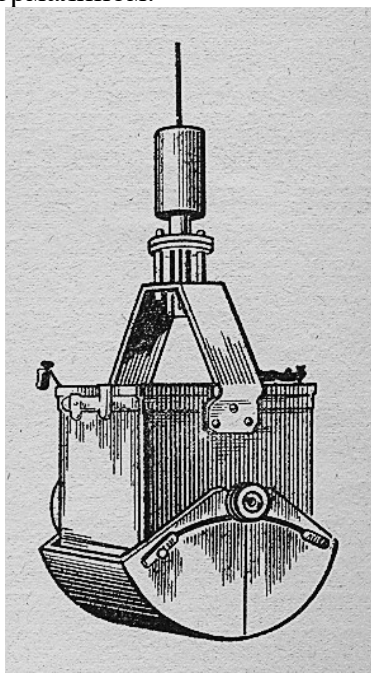


Рисунок 9 Дночерпатель

В лаборатории пробу просматривают под лупой, определяя видовой состав организмов при помощи определителей. Затем организмы каждой видовой группы подсчитывают и определяют их биомассу, пользуясь данными таблицы 2. Суммируя результаты биомасс всех групп организмов, получают общую биомассу для площади дночерпателя. Затем делают пересчет на 1 м² ложи пруда. Для этого среднее количество организмов, захваченных дночерпателем умножают на число, указывающее во сколько раз 1 м² пруда больше площади дночерпателя. Например, площадь дночерпателя составляет 20-часть 1 м², количество подсчитанных личинок стрекоз 15, тогда на 1 м² их будет 300 (20*15= 300) организмов. Умножая их на среднюю массу одной личинки (табл.2) определяем биомассу (0,5*300=150) данного вида организмов. И так по всем видам организмов. Суммируя массу организмов по всем их видам, находим общую биомассу зообентоса.

Сбор и обработка проб высшей водной растительности

Определение запасов и продуктивности прудов по высшей водной растительности может быть сделано по биомассе, взятой в момент её максимального развития за данный вегетационный период.

Учет количества и биомассы растительности проводят путем сбора растений с площади 1 м². Для сбора растений на поверхности воды накладывают деревянную рамку. Затем растения, находящиеся в пределах рамки, срезают у самого дна без корней.

Если пруд равномерно зарос, то берут не менее 2-х проб из разных мест пруда, а если растительность встречается небольшими участками, то берут не менее 4-х проб.

Собранные растения разбирают по видам. После встряхивания воды растения каждого вида взвешивают отдельно с точностью до 5 г. Общую сумму сырой биомассы растений узнают по суммированию масс отдельных видов. Подсчет ведут в кг на 1 м², а затем пересчитывают на площадь пруда. По наличию растительности (её общей биомассы) можно определить возможное количество белого амура для вселения, а также запасы фитофильной фауны.

Хорошей считается естественная кормовая база, если биомасса составляет:

зоопланктона	5-20 г/ м ³
зообентоса	10-50 г/ м ²
фитопланктона	40-400 г/ м ³ .

Задание

Ознакомиться с приборами для взятия проб и анализа планктона и бентоса. Разобрать пробу. Зарисовать в тетради по три представителя зоо- и фитопланктона, зообентоса. Оценить состояние планктона и бентоса в пруду согласно варианту (табл, по согласованию с преподавателем.). Сделать выводы по полученным данным.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Дайте определение планктону и бентосу.
2. Каковы нормативы кормовых коэффициентов для зоо- и фитопланктона для карпа?
3. Назовите основных представителей фитопланктона?
4. Какие виды и возрастные группы рыб питаются фитопланктоном?
5. Какие зоопланктонные организмы Вы запомнили?
6. Чем отличаются организмы зоопланктона?
7. Сколько процентов естественных кормов должно быть в пищевом комке карпа при кормлении искусственными кормами?
8. Какими организмами представлен зообентос в прудах?
9. Из каких растений состоит высшая водная растительность?
10. С какой целью оценивается состояние естественной кормовой базы прудов?

11. Методы изучения естественной кормовой базы прудов?
12. Как проводится сбор и обработка проб зоопланктона?
13. Как собирают и обрабатывают пробы бентоса?
14. Питание гидробионтов.
15. Пища гидробионтов.
16. Кормовые ресурсы. Кормовая база.
17. Кормность и обеспеченность пищей.
18. Способы добывания пищи.
19. Экзогенное и эндогенное питание.
20. Заглатывание грунта и собирание детрита.
21. Фильтрация (пассивная и активная).
22. Седиментация.
23. Пастьба. Охота.
24. Спектры питания и пищевая элективность.
25. Количественная оценка выборочного питания.
26. Интенсивность питания и усвоение пищи.
27. Ритмы питания.

Тема 6. Спектры питания

Таблица.

Условия задания (см. окончание методички)

Показатель	Вариант задания														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1) Планктон:															
Процежено через сетку воды, л	40	20	30	50	20	30	25	15	20	25	30	35	40	45	50
Объем сконцентрированной пробы, мл	50	35	35	40	25	35	45	20	25	45	30	55	55	35	45
Подсчитано, шт.:															
дафнии	8	15	10	9	22	17	33	81	23	34	15	20	30	8	11
сиды	12	23	15	46	33	28	34	36	23	32	12	25	31	11	31
коловратки	32	35	34	39	34	39	25	22	39	27	25	23	42	12	25
веслоногие рачки (взрослые)	20	30	22	50	18	37	41	39	42	37	18	22	9	39	34
ветвистоусые рачки (молодь)	35	45	25	47	38	51	21	18	56	29	20	24	18	28	27
2) Бентос															
Площадь захвата дночерпателя, м ²	1/20	1/25	1/30	1/35	1/40	1/45	1/50	1/40	1/30	1/20	1/25	1/30	1/35	1/40	1/50
Подсчитано, шт.:															
хинономиды	45	51	32	67	22	56	47	89	77	57	29	43	50	39	22
ракушковые	39	120	77	56	35	46	35	29	65	47	31	33	41	37	33
рачки	44	99	29	70	28	78	46	37	34	51	30	16	28	26	27
личинки	15	1	10	9	12	20	23	46	39	23	23	23	31	22	31
стрекоз личинки	11	34	3	18	22	13	16	17	11	21	13	9	11	24	9
поденок															
малощетинковые черви															

Тема 9. Рост, развитие и энергетика гидробионтов

Цель занятия: ознакомиться с особенностями образования продукции гидробионтов и конвертацией энергии в водной экосистеме.

Росту организмов сопутствует их развитие — поступательное изменение всей организации тела, направленное на достижение оптимального репродуктивного состояния, обеспечение необходимой эффективности размножения. Периоды роста и развития обычно более или менее четко чередуются друг с другом. Как правило, во время быстрого роста дифференциации тела не происходит или она ослабевает; в периоды бурной дифференцировки рост резко тормозится, а иногда вовсе прекращается или даже становится отрицательным (например, во время линьки членистоногих, когда они перестают питаться).

Вопросы для изучения:

Гомойотермность и пойкилотермность

Экологические факторы и рост гидробионтов

Соматический и генеративный рост гидробионтов

Прямое и косвенное развитие

Задание. В одном из исследований (Грин, Стаут, Тейлор, 1990) обнаружилось, что количество ДДТ, заключенное в биомассе организмов, находящихся на разных трофических уровнях (цифрами выражено количество г ДДТ на 1 г на 10^6 г биомассы организма), составляет:

Таблица

Трофическая пирамида и ДДТ

	Количество г ДДТ на 1 г на 10^6 г биомассы организма	Трофический уровень
Птица (скопа)	75	Консумент 3 порядка
Крупная рыба (саргана)	50	Консумент 2 порядка
Мелкая рыба (атериновые рыбы)	10	Консумент 1 порядка
Водные растения (кладофора)	0,04	Продуцент
Вода	0,02	-

1. Представьте данные в виде экологической пирамиды. Рассчитайте, во сколько раз возрастает концентрация ДДТ при переходе с одного трофического на другой? Почему этот показатель изменяется неравномерно?

2. На каком трофическом уровне ДДТ оказывает наибольшее влияние и почему?

3. Объясните, почему гибель позвоночные животные (птиц, млекопитающих) от ДДТ наблюдается в период нехватки корма?

4. Каковы основные токсикологические последствия и биохимический механизм действия ДДТ на позвоночных животных?

Тема 12. Гидробиоценозы

Цель работы: изучить структурные и функциональные особенности водных экосистем.

Вопросы для обсуждения:

1. Биоценозы водохранилищ.
2. Понятие о структурных и функциональных особенностях водных экосистем. Биологическая продукция.
3. Биологическое продуцирование.
4. Образование первичной продукции. Первичная продукция планктона.
5. Первичная продукция макрофитов.
6. Первичная продукция перифитона.
7. Особенности продуцирования органического вещества в водных экосистемах.
8. Величина первичной продукции в различных водоемах.
9. Вторичная продукция.
10. Темп и эффективность вторичного продуцирования.

Практическая работа. Имитационная модель биоценоза водной экосистемы

Обучающая компьютерная программа (игра) «Модель биоценоза водной экосистемы» посвящена водным экосистемам, их типам, свойствам и контролю знаний по теме.

Программа позволяет определить теоретическую подготовку опрашиваемых по теме и более детально изучить прудовые и озерные экосистемы Северо-Кавказского региона с учетом всех морфоэкологических особенностей и взаимосвязей водных экосистем.

Игра состоит из пяти заданий, в ходе выполнения которых, обучаемый должен показать знания ряда особенностей пресноводного водоема.

Цель: *изучение биотопических особенностей экосистемы и формирование навыков направленного моделирования структур биотопа и биоценоза на примере водной экосистемы.*

Предусмотренно обращение к любому заданию программы, сохранение, исправление и распечатка всех или любой части программы. При выполнении заданий тестируемый может вызвать "Помощь".

Первое задание: "Укажите основные зоны пресноводной экосистемы".

Задание представляет собой конструирование профиля водоема: в т.ч. бентали, пелагиали, профундали, литорали и т.д. Выполняющий работу должен нанести зоны на предложенную схему водоема при помощи набора инструментов(карандаш, ластик, линии, точки и т.д.).

Второе задание: "Укажите местообитания организмов".

При выполнении работы обучаемый должен заселить водоем предложенными видами растений и животных различных экологических групп. На разрезе водоема круглыми значками показаны участки обитания организмов. При помощи "мыши" необходимо поместить предлагаемые в нижней части экрана виды в оптимальные для них зоны.

Третье задание: "Постройте трофические цепи".

Для этого необходимо построить два вида пищевых цепей для обитателей данного водоема. Первая цепь - потребления или пастбищная. Вторая цепь относится к детритным (сапрофитным) трофическим цепям. С помощью курсора "мыши" необходимыми символы организмов перенести из нижней части экрана по цепям питания, обозначенным точками. Для нанесения пищевой цепи необходимо нажать правую кнопку "мыши" на символе организма, и не отпуская перенести курсор "мыши" на предполагаемое(любое) место в пищевой сети. На месте следования при этом появится красная стрелка. Совокупность красных стрелок и будет образовывать пищевую сеть.

Четвертое задание: "Ответьте на 10 вопросов". Обучаемому предлагаются 10 вопросов по 4 варианта ответов на каждый. Необходимо выбрать один правильный вариант. На данное задание отводится не более 3 минут. При условии выполнения высвечивается заработанная оценка и количество неправильных ответов.

Пятое задание: "Ответьте на предложенные вопросы". В задании предлагаются три вопроса связанные с антропогенной деятельностью на водном объекте и возникающих при этом экологических проблемах. Обучаемому предлагается проанализировать ситуацию, моделируемую в вопросе и в поле для ввода набрать текст предполагаемого правильного ответа.

При необходимости любое выполненное задание может быть сохранено и выдано на печать.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Дыхание (аэробное, анаэробное дыхание, брожение).
2. Адаптации к газообмену.
3. Увеличение площади и газопроницаемости дыхательных поверхностей.
4. Адаптации к использованию растворенного кислорода.
5. Адаптация к использованию газообразного кислорода.
6. Комбинирование водного и атмосферного дыхания.

7. Интенсивность дыхания.
8. Интенсивность газообмена у различных гидробионтов.
9. Зависимость интенсивности газообмена от внешних условий.
10. Газообмен как показатель обмена веществ и энергии.
11. Устойчивость гидробионтов к дефициту кислорода и заморные явления.

Тема 13. Водные экосистемы и основы их устойчивого использования и охраны

Цель работы: ознакомиться с эколого-биологическими особенностями важнейших представителей водных биоресурсов СКФО (ЮФО).

Задание. Ознакомьтесь с важнейшими в СКФО (ЮФО) рыбохозяйственными видами, приведите их краткую эколого-биологическую характеристику, заполните табл.

Таблица

Эколого-биологическая характеристика рыбохозяйственных видов СКФО (ЮФО)

Название рыбы	Масса сеголеток, г	Масса двухлеток, г	Максимальная масса, кг	Оптимальная температура роста, °С	Половое созревание, год	Плодовитость, млн. экз.	Оптимальная температура нереста, °С	Питание
Карп (сазан)								
Белый амур								
Пестрый толстолобик								
Серебряный карась								
Сом								
Щука								
Радужная форель								
Стерлядь								
Бестер								

Список рекомендуемой литературы.

1. Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. М.: Высш. шк., 1982. – 74 с.
2. Привезенцев Ю.А. Интенсивное прудовое рыбоводство: Учебник. М.: Агропромиздат, 1991. – 320 с.

Отметьте особенности структуры и объёмов вылова по годам (период с 1986 по 2003 гг.) в целом для государственных водоемов Ставропольского края (табл.). Проведите сравнительный анализ рыбохозяйственного использования по отдельным водоёмам. Выделите водоемы с максимальной и минимальной эффективностью рыбохозяйственного использования. Определите и проанализируйте величины среднего, суммарного и максимального уловов по отдельным водоемам. Обоснуйте, чем можно объяснить отличия для разных водоемов?

Используя данные о производстве и добыче рыбы, а также численности населения (рис.), охарактеризуйте обеспеченность жителей Ставрополья рыбной продукцией (медико-биологический норматив обеспеченности рыбой составляет 20 кг/год на одного человека).

В чем специфика видовой структуры уловов рыб из озёр и водохранилищ Ставропольского края (рис.)? Выделите долю акклиматизантов. Как вы думаете, будет ли совпадать видовая структура (%) рыбного населения и уловов (объясните, почему)?

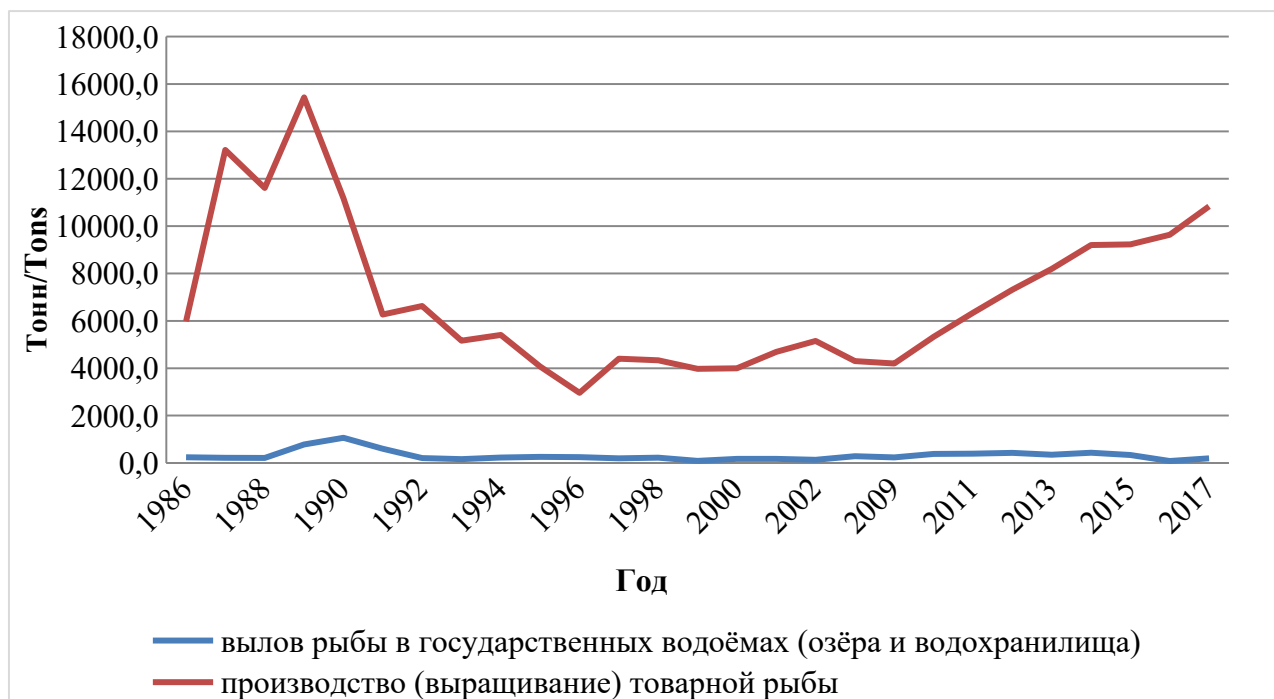


Рис. Производство и добыча рыбы в Ставропольском крае (1986 – 2017 гг.)

Рис. Производство и добыча рыбы в Ставропольском крае:

ряд 1 – вылов рыбы в государственных водоёмах (озёра и водохранилища);

ряд 2 – производство товарной рыбы в прудах

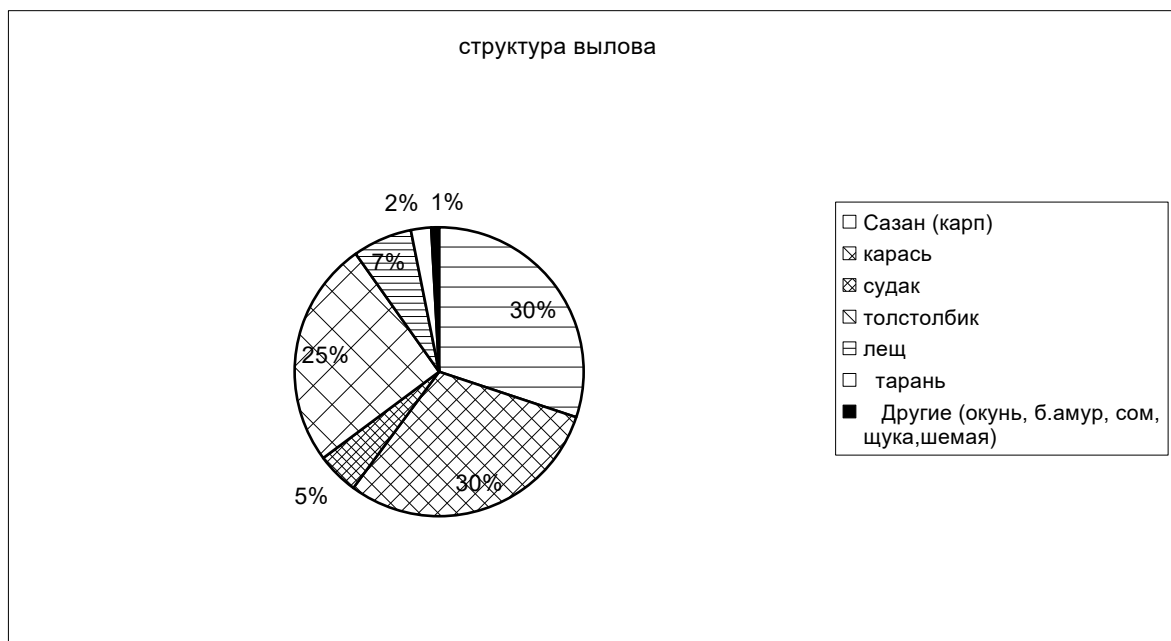


Рис. Видовая структура вылова рыб в государственных водоёмах (озёра и водохранилища) Ставропольского края (1986-2003 гг.)

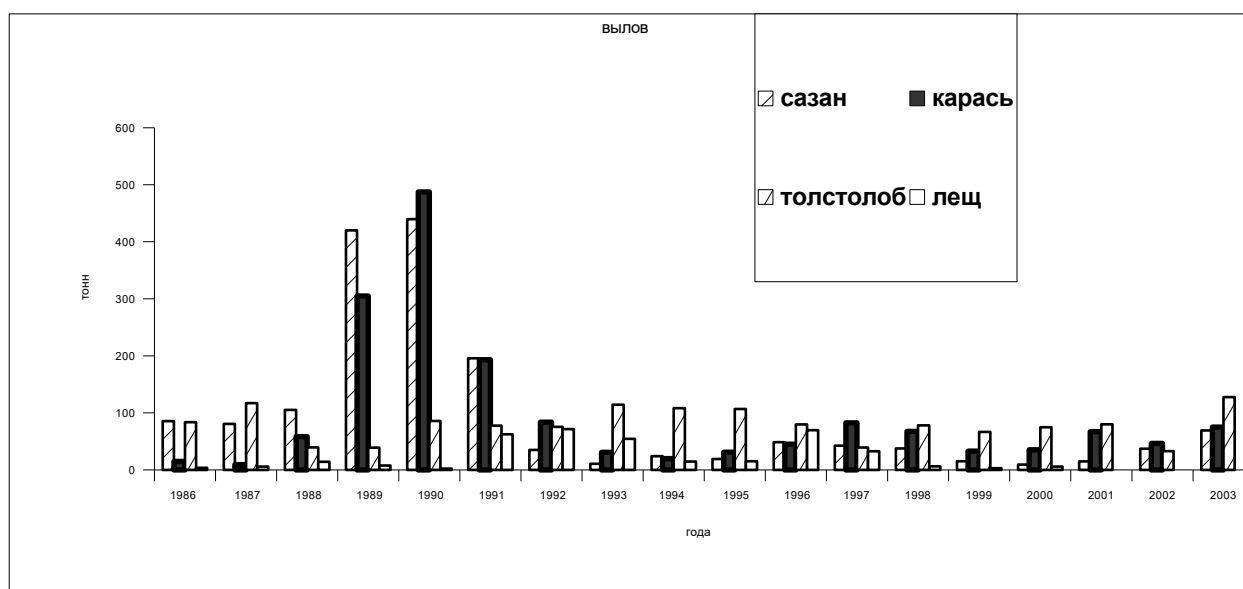


Рис. Вылов основных видов рыб в государственных водоёмах (озёра и водохранилища) Ставропольского края

Таблица

Вылов рыбы (т) по государственным водоёмам Ставропольского края (1986-2003 гг.)

Годы га площа дь	Водоёмы											
	Курс кое 550	Рост ован овск ое 450	Кург анен ское 120	Отказ ненск ое 1980	Нов отро ицк ое 1800	Лыс ый лима н 1500	Мокр ая Буйв ола 500	Вол чи Вор ота 550	Сенг илее вско е 5200	Строй маны ч 1500	Чогра йское 20000	Сумм а
1986				144,4	4,1	45,7			2,7	44,4		
1987				183,7		33,7						

1988	3,8	5,8		197,5		3,7						
1989	15,0	35,6		351,2						377,1		
1990	39,6	49,7		262,6		37,2				675,7		
1991	13,9	7,2		209,0		165,0				207,2		
1992	6,8	6,8		113,3	0,2	14,7		28,0	1,6	38,1		
1993	8,5	2,5		108,7		12,1		24,1		8,4		
1994	3,0	1,3		135,3		24,8		7,9		5,4	48,4	
1995	8,5			134,7		11,4		24,9			75,3	
1996	10,4	5,6		141,0		21,2		30,6			35,4	
1997	8,0	6,2		142,9		7,9					28,0	
1998	7,4	7,3		155,2		6,2				1,5	42,1	
1999	6,6	4,0		64,7		0,6		14,8			124,4	
2000	3,8	0,9		113,8		2,1		23,2			29,3	
2001	5,6	0,8		134,6			4,8	22,5			6,4	
2002	5,3	0,8		75,7			39,2	3,5			11,6	
2003	2,9	2,8	1,3	222,2			45,2	0,6			9,5	
суммарный вылов, т												
Средний вылов, кг/га												
Макс. вылов, кг/га												

Выращивание рыб в поликультуре

[Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству.- М.: Высш. шк., 1982. -208 с.]

В прудовом рыбоводстве страны до последнего времени практически всю продукцию составлял карп. В настоящее время все более широкое развитие получает совместное выращивание разных видов рыб - поликультура - важный резерв повышения продуктивности прудов. При выращивании рыб в поликультуре достигается более полное и рациональное использование естественной кормовой базы прудов. Наиболее широкое распространение в нашей стране получила поликультура растительноядных рыб.

Разведение и выращивание растительноядных рыб

Растительноядные рыбы (белый и пестрый толстолобики, белый амур) - перспективные объекты рыбоводства. Внедрение рыб-фитофагов в прудовую культуру начато сравнительно недавно и первоначально проводилось как мероприятие, позволяющее утилизировать кормовые ресурсы водоемов, не используемые карпом при выращивании его в монокультуре.

Опыт использования растительноядных рыб показал, что при совместном выращивании карпа и растительноядных рыб, существенно различающихся по характеру питания и некоторым другим особенностям образа жизни, общая продукция (прирост массы) рыб значительно превосходит величину продукции, которой можно было бы ожидать при независимом использовании рыбами каждого вида кормовых ресурсов в тех же количествах. Таким образом, при поликультуре происходит перестройка системы отношений каждой группы рыб со средой ее обитания, что при оптимальной структуре

посадки рыб обеспечивается улучшение среды. Именно такой эффект характерен для поликультуры на основе растительноядных рыб.

Использование белым толстолобиком фитопланктона приводит к улучшению условий светового и минерального питания водорослей и тем самым способствует усилению фотосинтетической деятельности водорослей, повышению содержания кислорода в воде.

Пестрый толстолобик потребляет зоопланктон, который по мере роста карпа становится ему менее доступным.

Амур влияет на развитие высшей водной растительности и нитчатки. Кроме того, оба вида толстолобиков и молодь амурского карпа питаются донными водорослями. Фекалии всех рыб-фитофагов становятся пищей для беспозвоночных. Они быстрее, чем фекалии карпа, подвергаются разложению, высвобождая тем самым биогенные элементы, поэтому служат весьма эффективным удобрением.

Улучшение условий среды при поликультуре обеспечивает резкое повышение естественной рыбопродуктивности прудов. Если естественная продуктивность при монокультуре карпа колеблется от 1 до 2,8 ц/га (для разных климатических зон), то при поликультуре она достигает в условиях субтропиков 20-24 ц/га, в условиях лесостепной зоны – 6,5 - 9 ц/га.

Чрезвычайно велико значение растительноядных рыб в рыбоводстве как «мелиораторов». Бесконтрольное развитие водной растительности вызывает существенные изменения в жизни водоемов. Заращение водоёмов приводит к заболачиванию, уменьшению полезного объема, увеличению испарения. Транспирация растений в 4-5 раз превосходит испарение с открытой водной поверхности. В результате чрезмерного зарастания водоемов ухудшаются световые, температурные, гидрохимические условия жизни многих организмов планктона и бентоса. Рыбопродуктивность таких водоемов сильно снижается.

При использовании рыб-фитофагов для подавления растительности мелиоративный водохозяйственный эффект сочетается с непосредственным производством полезного продукта. В этом плане наиболее интересен как рыба-мелиоратор белый амур. Опыты по использованию белого амурского карпа для борьбы с водной растительностью указывают на высокую эффективность этой рыбы как мелиоратора. Молодь белого амурского карпа переходит на потребление высшей растительности на 30-45-е сутки при длине малька не менее 3 см. Белый амур использует практически все виды прудовой флоры и многие наземные растения. Это позволяет использовать белого амурского карпа для очистки водоемов с любым видовым составом зарослей, а также организовать кормление его наземной растительностью (злаки, клевер, люцерну др.).

При вселении в водоемы с ограниченными растительными ресурсами или при повышенной плотности посадки белый амур становится, по существу, всеядной рыбой, переходя на питание несвойственными ему кормами. Поэтому необходимо соблюдать нормативы по плотности посадки рыбы в различные по типу зарастания и хозяйственному назначению водоемы.

В технических водоемах, ирригационных каналах, рисовых чеках водного пара, где выращивание белого амурского карпа ведется с целью борьбы с водной растительностью, необходимо применять плотные посадки рыбы. Нормы зарыбления в рыбоводных прудах в зависимости от зоны не превышают 50-300 шт/га (Рекомендации по разведению и выращиванию растительноядных рыб, М., 1977)

Расчет посадки рыбы в рыбоводные пруды

Плотность посадки рыбы в водоем во многом определяет выход рыбной продукции с единицы прудовой площади. Необоснованный расчет плотности посадки рыбы в пруд может привести либо к недоиспользованию естественной кормовой базы, либо к высокой конкуренции между рыбами, снижению темпа роста и некоторым заболеваниям.

Количество рыбы, сажаемой в пруды летних категорий, определяется двумя показателями: достижением к определенному сроку желаемого штучного привеса и наиболее полным использованием естественных кормовых ресурсов пруда. Таким образом, правильно выбранная плотность посадки рыб в тот или иной пруд обеспечивает не только наибольший выход рыбной продукции, но и получение рыбы стандартной массы.

Посадка, при которой карп при выращивании на естественной кормовой базе пруда достигает стандартной массы, называется нормальной.

Увеличение плотности посадки рыб до определенного уровня способствует лучшему использованию кормовой базы и за счет этого повышению естественной рыбопродуктивности. Однако более высокая плотность посадки ведет к снижению как индивидуальной массы, так и суммарного привеса рыбы.

Расчет нормальной посадки карпа в нагульные пруды проводят по формуле

$$A = \Pi \Gamma * 100 / (B - b) * P$$

где А - количество рыб, необходимое для посадки в пруд, экз., Π - естественная рыбопродуктивность пруда, кг/га; Γ - площадь пруда, га; В - индивидуальная масса рыбы к осени, кг; в - индивидуальная масса карпа перед посадкой, кг; Р - выход карпа, % посадки.

При посадке личинок карпа в выростные пруды их масса очень мала и ею при расчетах можно пренебречь. Формула в этом случае упрощается и будет следующей:

$$A = \Pi \Gamma * 100 / b * P$$

Расчет. Определить, какое количество личинок и годовиков потребуется для выростного пруда площадью 15 га и нагульного пруда площадью 60 га. Естественная рыбопродуктивность выростного пруда 240 кг/га, нагульного пруда – 200 кг/га. Масса сеголетков 30 г, годовиков – 25 г и двухлетков - 500 г. Выход сеголетков 70%, двухлетков – 90%.

Определяют количество личинок, необходимое для зарыбления выростного пруда:

$$240 * 15 * 100 / 0,03 * 70 = 171\,430 \text{ личинок}$$

Определяют количество годовиков, необходимое для выпуска их в нагульный пруд:

$$200 * 60 * 100 / (0,5 - 0,025) * 90 = 28080 \text{ экз.}$$

Для расчета требуемого количества рыбопосадочного материала для выростного пруда рекомендуют рассчитывать исходя из плана выращивания рыбы, общей продуктивности пруда с учетом наличия кормов [Шерман и Чижик, 1989]. В таком случае потребность в рыбопосадочном материале для конкретного пруда можно рассчитать по формуле

$$A = \Pi_e \Gamma + (D : K_k) * 100 / (B - b) * p$$

где А – количество рыбопосадочного материала, экз.; Π_e – естественная рыбопродуктивность, кг/га; Γ - площадь пруда, га; D - количество корма, кг; K_k - кормовой коэффициент; В - масса рыбы в конце выращивания, кг; в - масса рыбопосадочного материала, кг; р - выход, %.

Расчет зарыбления нагульных прудов

Для каждого хозяйства (участка, пруда) с целью оптимального производства товарной продукции выбирается наиболее целесообразный вариант выращивания рыбы в моно- или поликультуре при определенном наборе видов. Расчет производится исходя из заданной рыбопродуктивности, планируемого производства рыбы, рекомендуемых плотностей зарыбления. Исходными величинами для расчета являются плановые показатели: рыбоводно-биологические нормы: массы посадочного материала, товарных двухлетков, выживаемости. При зарыблении учитывается штучный прирост одного экземпляра рыбы по плановой продуктивности.

При расчетах используют следующую формулу:

$$X = \Gamma \times \Pi_0 * 100 / (B - b) * p,$$

где X – количество годовиков карпа (толстолобика и других рыб), тыс. экз.; P_0 – общая рыбопродуктивность пруда, кг/га; Γ – площадь пруда, га; B – средняя масса рыб, кг, b – средняя масса годовиков (сеголетков при осеннем зарыблении), кг.

Но чаще всего хозяйствам и отдельным его подразделениям доводится план производства товарной рыбы, под выполнение которого необходимо осуществить зарыбление. Так, хозяйству, имеющему пруд площадью 100 га, доведен план производства рыбы 1000 ц, в том числе 600 и карпа и 400 ц толстолобика. Выход из нагула двухлетков от количества посаженных годовиков – 80%, средняя масса карпа – 0,5 кг, толстолобика – 0,4 кг. Определим следующие показатели:

1) количество двухлетков карпа, которое необходимо вырастить:

$$6000 : 0,5 = 120\,000 \text{ тыс. экз.};$$

2) количество годовиков карпа для зарыбления:

$$120\,000 : 80 \cdot 100 = 150\,000 \text{ экз.};$$

3) количество двухлетков белого толстолобика, которое необходимо вырастить:

$$40\,000 : 0,4 = 100\,000 \text{ тыс. экз.};$$

4) количество годовиков толстолобика для зарыбления:

$$100\,000 : 80 \cdot 100 = 125\,000 \text{ экз.}$$

Следовательно, для обеспечения плана выращивания 1000 ц товарной рыбы потребуется закупить 150 тыс. годовиков карпа и 125 тыс. годовиков белого толстолобика. При этом общая рыбопродуктивность составит:

$$\text{масса годовиков карпа } 150\,000 \cdot 30 = 45 \text{ ц};$$

$$\text{масса годовиков толстолобика } 125\,000 \cdot 20 = 25 \text{ ц};$$

$$\text{прирост рыбы } 1000 - 70 = 930 \text{ ц};$$

$$\text{общая рыбопродуктивность } 930 : 100 = 9,3 \text{ ц/га},$$

$$\text{в том числе по карпу: } (600 - 45) : 100 = 5,55 \text{ ц/га},$$

$$\text{по толстолобику: } (400 - 25) : 100 = 3,75 \text{ ц/га}.$$

Задание: Произведите расчет необходимого для закупки количества годовиков карпа и белого толстолобика при выращивании товарной рыбы в поликультуре для рыбоводного хозяйства исходя из вышеприведенного примера, используя те же рыбоводно-биологические нормы. Чтобы определить площадь нагульного рыбоводного пруда используйте три (четыре) последние цифры зачетной книжки или иного документа.

Совместное выращивание рыбы и уток

(Привезенцев Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству. М.: Высш. шк., 1982. – 74 с.)

Большой хозяйственный интерес представляет совместное выращивание рыбы и уток. Это дает двойную продукцию и, кроме того, оказывает положительный эффект на выращивание как рыбы, так и уток.

Утки удобряют пруды, уничтожают вредителей рыб и их конкурентов в питании, что положительно сказывается на развитии естественной кормовой базы и значительно поднимает рыбопродуктивность прудов (40-60%). Водный выгул позволяет экономить концентрированные корма.

Выращивают уток пекинской породы. Выгул уток разрешается только на нагульных прудах, в которых не наблюдается заболевание карпа краснухой или жаберной гнилью. Плотность выпуска уток зависит от количества растительности в водоеме, его проточности, глубины, а также гидрохимического режима. Для рыбоводных прудов принята в среднем норма посадки 200-250 голов на 1 га водной площади с глубинами до 1 м.

Утят начинают выращивать через месяц после выпуска рыбы в пруды. За летний период на прудах можно выращивать 2-3 партии уток. Товарная масса одной утки 2-2,5 кг. Размещают утят в колониальных домиках при плотности 20-25 утят на 1 м² площади пола.

Выпуск рыбы в пруды проводят сразу же после разгрузки зимовалов. Плотность посадки годовиков карпа и растительноядных рыб 4500-5500 экз./га, причем 2500-2900 экз./га приходится на долю карпа. Посадку можно рассчитать по формуле:

$$X = (\Pi + 0,4\Pi_1) * 100 / (B - b) * p,$$

где Π – естественная рыбопродуктивность пруда, кг/га; Γ – площадь пруда, га; Γ_1 – площадь пруда с глубиной до 1 м, га; 0,4 – повышение естественной рыбопродуктивности за счет выгула уток (40%); 100 – постоянный расчетный коэффициент; B – планируемая средняя штучная масса рыбы, кг; b – масса рыбы при посадке в нагульные пруды, кг; p – планируемый выход двухлетков к осени, %.

При разработанной биотехнике совместного выращивания рыбы и уток получают в южных районах до 30 ц товарной рыбы и 6-10 ц утиного мяса с каждого гектара водной площади. В центральных районах выход рыбной продукции с 1 г – 10-16 ц и утиного мяса – 4-6 ц.

Метод расчета посадки рыбы в рыбоводно-утином хозяйстве

Пример расчета. Определить количество рыбопосадочного материала в нагульные пруды общей площадью 250 га, а также рассчитать потребное количество утят при выращивании их в две партии. Площадь с глубинами до 1 м в прудах 65%. Естественная рыбопродуктивность прудов 200 кг/га. Повышение естественной рыбопродуктивности за счет выгула утки предполагается на 40 %. Плотность посадки утят – 200 шт. на 1 га площади пруда с глубинами до 1 м. Средняя масса годовиков 30 г. Планируемая средняя масса двухлетков – 500 г. Выход рыбы из прудов – 80%.

1. Определяют водную площадь с глубинами до 1 м:

$$250 \text{ га} - 100\%$$

$$x - 60\%$$

$$x = 250 * 60 / 100 = 150 \text{ га}$$

2. Рассчитывают необходимое количество утят на водную площадь, равную 150 га, при условии, что в течение сезона будут выращены две партии уток:

$$200 * 150 * 2 = 60000 \text{ уток.}$$

3. Количество рыбопосадочного материала, необходимое для зарыбления прудов, определяют, пользуясь формулой:

$$x = \frac{(\Pi * \Gamma + 0,4 * \Pi * \Gamma_1) * 100}{(B - b) * p} = \frac{(200 * 250 + 0,4 * 200 * 150) * 100}{(0,5 - 0,03) * 80} = 165000 \text{ экз.}$$

Задание: Определите количество утят и рыбопосадочного материала, необходимое для совместного выращивания в нагульных прудах рыбоводного хозяйства. Чтобы определить площадь нагульных рыбоводных прудов, используйте три (четыре) последние цифры зачетной книжки или иного документа.

Вопросы для самостоятельного изучения:

История возникновения прудового рыбоводства.

Состояние мирового рыболовства и аквакультуры.

Регулирование первичной и вторичной продукции в прудовом рыбоводстве.

Состояние рыболовства и аквакультуры России.

Виды современной аквакультуры.

Тема 14. Загрязнение водных экосистем. Антропогенное эвтрофирование: причины и контроль

Цель работы: познакомиться с проблемой загрязнения водоемов и ее влиянием на жизнедеятельность гидробионтов

Оборудование и раздаточный материал: фиксированные гидробионты разных экологических групп, географические карты, калькулятор

Задание. Изучите изменение физико-химических процессов в водоемах при их загрязнении разными видами загрязнителей. Заполните таблицу.

Таблица

Физико-химические процессы при воздействии на водные экосистемы

Загрязнитель	Изменение физико-химических процессов				
	Температура	Растворенный кислород	Токсичность	Доступ света	Продуктивность
Эвтрофикация					
Термофикация					
Ацидификация					
Нефть и нефтепродукты					
Пестициды и удобрения					
ПАУ					

Задание. При наличии источника загрязнения реки вблизи него меняются гидрохимические условия, количественные показатели и видовой состав гидробионтов. Охарактеризуйте гидрохимические и гидробиологические условия разных зон загрязнения реки, предполагаемое загрязнение — сточные коммунальные (хозяйственно-фекальные) воды. Заполните таблицу.

Таблица

Экологическое состояние водного объекта в связи с появлением источника загрязнения

Показатели	Зона загрязнения реки				
	выше источника загрязнения	ухудшения состояния	вблизи источника загрязнения	восстановления	значительного удаления от источника загрязнения
Физические характеристики (прозрачность, наличие вредных газов и ила на дне)					
Наличие рыбы (ценные промысловые, малоценные, устойчивые виды)					
Наличие донных животных (виды-индикаторы)					
Наличие водорослей и простейших (виды-индикаторы)					

Наличие цветения					
------------------	--	--	--	--	--

Задание: Эффективность очистки сточных вод

Цель работы: научиться оценивать эффективность очистки сточных вод по различным загрязняющим веществам; изучить принципы очистки сточных вод и основные приемы их конструктивной реализации.

Задание: Изучите характеристику и свойства основных категорий сточных вод. Заполните таблицу

Таблица

Характеристика основных категорий сточных вод

Категории сточных вод	Источники сточных вод	Система канализации	Основные загрязняющие вещества
Производственные			
Бытовые			
Поверхностные			

Сделайте вывод о степени опасности сточных вод для окружающей среды и человека

Задание: Охрана водных объектов – водоохранные зоны водных объектов

Цель работы: Изучить назначение и порядок установления водоохранных зон водных объектов и их прибрежных полос, режим их использования. Выполнить задания, используя полученную информацию.

Материалы и оборудование:

1. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024). Положение о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах. (Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 23.11.1996 г.)
2. Постановление губернатора Ставропольского края №386 от 10.06.1997 г. "О водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах".

На рисунке представлена схема равнинного ландшафта с протекающей по нему рекой, длина которой составляет _____ км, крутизна склонов прилегающих территорий указана на рисунке.

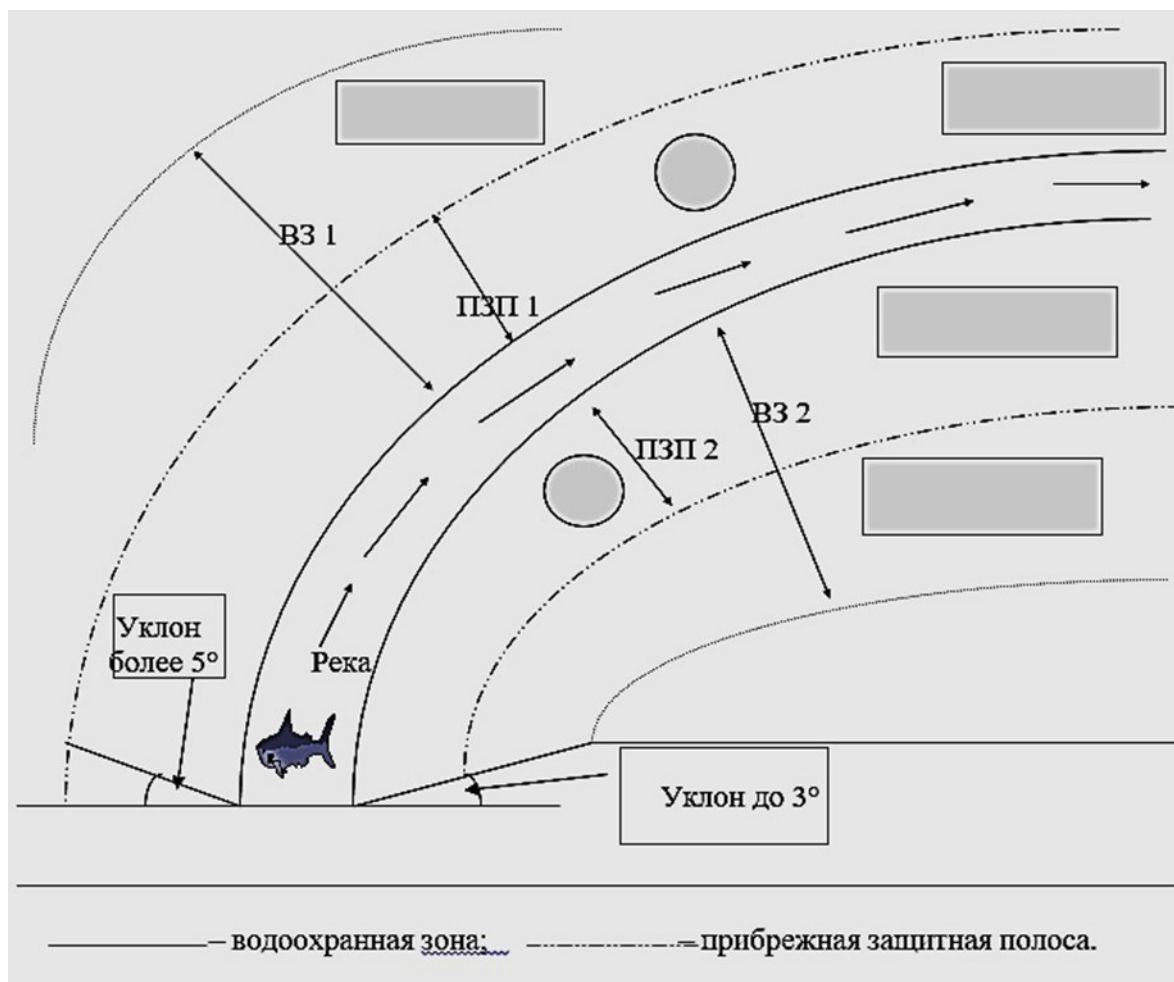


Рис. Схема водоохранных зон водных объектов и их прибрежных полос

Задание 1. Указать минимальную ширину:

Водоохранной зоны №1 (ВЗ 1) — ____ м

Водоохранной зоны №2 (ВЗ 2) — ____ м

Прибрежной защитной полосы №1 (ПЗП 1) — ____ м

Прибрежной защитной полосы №2 (ПЗП 2) — ____ м

Задание 2. Указать в выделенных участках запрещённые виды деятельности

в соответствии с номерами, например 1–3,6,12–18

1. Авиационно-химические работы.
2. Применение химических средств борьбы с вредителями.
3. Размещение складов ядохимикатов, минеральных удобрений и горюче-смазочных материалов и других видов отходов.
4. Складирование навоза и мусора.
5. Распашка земель.
6. Заправка топливом и ремонт автомобилей и других машин и механизмов.
7. Устройство купочных ванн.
8. Размещение дачных садово-огородных участков.
9. Проведение рубок главного пользования.
10. Проведение несанкционированного строительства и реконструкции зданий и сооружений, добычи полезных ископаемых, землеройных и других работ.
11. Проведение рубок промежуточного пользования и других лесохозяйственных мероприятий.
12. Посадка древесно-кустарниковой растительности.

13. Применение удобрений.
14. Складирование отвалов размываемых грунтов.
15. Выпас и организация летних лагерей скота.
16. Использование мест водопоя.
17. Размещение объектов рекреации.
18. Выращивание сельскохозяйственных культур.
19. Размещение объектов рыбного и охотничьего хозяйства.

Задание 3. Указать в выделенных участках виды угодий, разрешённые к размещению в пределах прибрежной полосы представленного водного объекта,

согласно номерам, например

1–2

1. Пашня; 2. Луга и сенокосы; 3. Лес и кустарник.

Задание: Деловая игра «Озеро»

Цель: *используя навыки мониторинга и управления, предложить алгоритм управления водной экосистемой, обеспечивающий минимальный уровень негативного производственного воздействия при наивысшей экономической эффективности.*

Общие сведения о деловой игре «Озеро»

Одной из составных частей биосферы, глобальной экологической системы, является гидросфера.

Гидросферой называют водную оболочку Земли, представляющую собой совокупность океанов, морей, озер, рек, болот подземных вод. Общее количество воды на Земле 1386 млн. км³. Объем воды в мировом океане составляет 97,5 % от общих запасов воды. Эти воды соленые. Доля пресных вод составляет 35 млн. км³, т. е. 6 млн. м на каждого жителя планеты. Однако, подавляющая часть пресной воды труднодоступна, т. к. она заключена в ледниковых покровах планеты. Объем подземных пресных вод в сто раз больше, чем объем поверхностных пресных вод, содержащихся в озерах, руслах рек и болотах. В руслах рек одновременно содержится лишь 0,006 % пресных вод. Самый крупный пресноводный водоем мира по объему воды (24000 км³) и глубине (1741 м.) - озеро Байкал. Самое крупное озеро Европы - Ладожское - имеет площадь 17700 км, объем воды 908 км и наибольшую глубину 230 м. Вода единственное вещество на Земле, существующее одновременно во всех трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. Она обладает рядом особенностей, которые обусловлены ее молекулярным строением (необычно высокая температура кипения и замерзания, высокая теплоемкость). Эти аномалии имеют огромное значение для таких важных планетарных процессов, как возникновение и поддержание жизни на Земле, образования климата, формирование рельефа. Гидросфера служит естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу и литосферу. Это связано с наличием глобального круговорота воды, со способностью воды к растворению различных газов и минеральных солей. Кроме того, вода в связи с широким использованием в промышленности, в сельском хозяйстве и в быту подвержена антропогенному загрязнению. С другой стороны, вода, являясь естественной средой обитания живых организмов, находится в динамически равновесном состоянии обмена с водной биотой. Присутствие загрязняющих веществ в водной среде, чуждых живой природе, оказывает влияние на процессы жизнедеятельности отдельных организмов и на функционирование всей водной экосистемы.

В процессе своего естественного круговорота вода соприкасается с большим числом различных минералов, органических соединений и газов. Поэтому природные воды представляют собой сложные растворы различных веществ. В гидрохимии компоненты

химического состава природных вод подразделяют на шесть групп.

1. Макрокомпоненты, к которым относятся K^+ , Na^+ , Mg , Ca , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Главные ионы поступают в природные воды из горных пород, минералов, почвы, а также в результате производственной деятельности человека.

2. Растворенные газы - O_2 , N_2 , H_2S , CH_4 .

3. Биогенные вещества - соединения азота и фосфора.

Наиболее важными источниками биогенных элементов являются внутриводоемные процессы и поступления с поверхностным стоком, атмосферными осадками, промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. К биогенным элементам относят также соединения кремния и железа.

4. Микроэлементы. В эту группу входят все металлы, кроме вышеперечисленных, а также ионы Br^- , F^- , J^- .

5. Растворенные органические вещества (РОВ). Эта группа включает различные органические соединения: органические кислоты, спирты, альдегиды, кетоны, сложные эфиры, фенолы, ароматические соединения, углеводы, белки, аминокислоты и т. д. По происхождению РОВ можно разделить на две группы - 1) продукты метаболизма и биохимического распада остатков организмов и 2) продукты, поступающие в водную среду с поверхностными стоками, атмосферными осадками, сточными водами.

6. Токсичные загрязняющие вещества - тяжелые металлы, нефтепродукты, хлорорганические соединения, поверхностно-активные вещества (ПАВ), фенолы и др.

Природная вода содержит также большое число микропузырьков газа и взвешенных твердых частиц, таких как микроколлоиды, седиментарные частицы, вирусы, бактерии, микроводоросли, макромолекулы.

Помимо твердых частиц и микропузырьков газа, природные воды, пронизаны множеством микроорганизмов, образующих отдельную фазу биоты, находящуюся в динамическом равновесии с внешней средой. Водоросли обязательные компоненты водных экосистем. Их насчитывается более 30 тысяч видов. Время жизни водорослевых клеток исчисляется часами. Водоросли оказывают сильное влияние на качество природных вод, участвуют в процессах самоочищения и самозагрязнения водной среды. Образующиеся в клетках водорослей органические вещества в основном выделяются в окружающую среду (75%). Несмотря на большую скорость образования органических веществ в процессе жизнедеятельности автотрофных организмов (водорослей), эти вещества обнаруживаются в водной среде в незначительных концентрациях, что связано с вовлечением их в обеспечение следующего трофического уровня, представленного гетеротрофными бактериями. Бактерии перерабатывают создаваемое в процессе фотосинтеза органическое вещество в доступную для зоопланктона форму, или разлагают это вещество до неорганических оксидов и анионов, на чем и основано определение БПК (биохимического потребления кислорода).

Все природные воды на нашей планете подвергаются процессу самоочищения. Под самоочищением водной среды понимают совокупность физических, биологических и химических внутриводоемных процессов, направленных на снижение содержания загрязняющих веществ в воде до уровня, не представляющего угрозы для функционирования экосистемы.

Вклад отдельных процессов в способность природной водной среды к самоочищению зависит от природы загрязняющих веществ. В соответствии с этим загрязняющие вещества разделены на три группы:

1. Консервативные вещества - не разлагающиеся или разлагающиеся в природной среде очень медленно. Это ионы металлов, минеральные соли, хлорорганические пестициды, нефтяные углеводороды. Снижение концентраций консервативных веществ в водной среде происходит лишь за счёт разбавления, мас-

сопереноса, комплексообразования и сорбции. Здесь самоочищение имеет кажущийся характер, поскольку происходит лишь перераспределение и рассеяние загрязняющих веществ в окружающей среде, загрязнение ими соседних объектов.

2. Биогенные вещества, участвующие в биологическом круговороте. Это минеральные формы азота и фосфора, легкоусваиваемые органические соединения. В этом случае самоочищение водной среды происходит за счёт биохимических процессов. Водорастворимые вещества, не вовлекаемые в биологический круговорот. Это токсичные вещества промышленного и сельскохозяйственного происхождения. Очищение водной среды от этих веществ осуществляется в основном за счёт их химического и микробиологического превращения. Микробиологическая трансформация загрязняющих веществ считается одним из основных каналов самоочищения природной среды. Микробиологические процессы включают реакции с участием ферментов, вырабатываемых микробной популяцией. В естественных условиях в результате микробиологических процессов наиболее быстро распадаются алканы и циклоалканы (на 60-90% за 3 недели), низкомолекулярные ароматические углеводороды. Фенолы и крезолы разрушаются микроорганизмами за 5-7 дней.

Процессы самоочищения в водной среде могут протекать в виде химической трансформации. При этом наиболее важными из них являются гидролиз, фотолиз и окисление. Гидролизу подвергаются эфиры и амиды карбоновых и фосфорсодержащих кислот. Сложные эфиры карбоновых кислот широко используются в качестве гербицидов, при их гидролизе образуются соответствующие кислоты и спирты. Относительно легко гидролизуются фосфорорганические соединения, обладающие высокой инсектицидной активностью. Фотолитические превращения загрязняющих веществ осуществляются в природной водной среде под действием ультрафиолетовой составляющей солнечного излучения. Толщина слоя воды, в котором осуществляется фотохимическое превращение, невелика - не превышает нескольких метров. Поэтому фотохимические превращения наиболее осуществимы для трансформации загрязняющих веществ в неглубоких водоёмах, реках, а также в прибрежных зонах морей, озёр и водохранилищ. Фотохимическому превращению подвергаются аминокислоты, в том числе входящие в состав белков, полиароматические соединения, пестициды. Процессы окисления загрязняющих веществ в природных водах могут быть двух типов: а) в качестве окислителя участвуют ионы металлов в окисленной форме; б) в окислении участвуют свободные радикалы и другие реакционноспособные частицы. Среди ионов металлов каталитические свойства в природных водах наиболее ярко проявляют ионы меди и железа.

Следует отметить, что самоочищению подвергаются природные воды с незначительным содержанием загрязняющих веществ. В последние столетия человечество в огромных масштабах использует пресные природные воды для нужд промышленности, сельского хозяйства, энергетики, хозяйственно-питьевого снабжения и большую часть этих вод сбрасывает в загрязнённом состоянии в виде сточных вод. Именно в загрязнении природных вод сточными водами кроется одна из причин истощения водных ресурсов. В условиях ограниченных ресурсов воды важным мероприятием по защите водных объектов от загрязнения и по сокращению объёма водопотребления является применение водооборотных схем - бессточных технологий. Однако полностью проблемы очистки сточных вод от загрязняющих веществ эти мероприятия не снимают.

В зависимости от происхождения, вида и качественных характеристик примесей сточные воды можно разделить на 4 основные категории: бытовые хозяйственно-фекальные, промышленные, сельскохозяйственные и дождевые.

По характеру воздействия на природные водоемы различные сточные воды можно разделить на несколько групп.

1. Тепловое загрязнение - возникает при использовании воды для отвода избыточной теплоты. Экологическая опасность теплового загрязнения связана с интенсификацией

процессов жизнедеятельности водных организмов, что может вызвать перестройку и разбалансировку экосистемы.

2. Загрязнение минеральными - солями создает опасность для одноклеточных организмов, обменивающихся с внешней средой путем осмоса.

3. Загрязнение вод взвешенными частицами - ухудшает прозрачность вод, снижает эффективность процесса фотосинтеза.

4. Загрязнение вод тяжёлыми металлами - не только оказывает отрицательное экологическое воздействие, но и наносит значительный экономический ущерб. Источниками загрязнения воды тяжелыми металлами служат гальванические цехи, а также предприятия горнодобывающей, чёрной и цветной металлургии, машиностроительные заводы.

5. Загрязнение вод высокомолекулярными соединениями - представляет большую опасность для жителей в зоне выброса сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

6. Загрязнение вод нефтепродуктами - создает опасность возникновения нефтяной плёнки на поверхности воды, препятствующей газообмену воды с атмосферой. Основным источником загрязнения вод нефтепродуктами являются водный транспорт и поверхностный сток с городских территорий в периоды снеготаяния и ливневых дождей.

7. Загрязнение вод органическими веществами - красителями, фенолами, ПАВ, пестицидами - создаёт опасность возникновения токсикологической ситуации в водоеме.

8. Загрязнение вод биогенными элементами - приводит к возникновению вторичных эффектов самозагрязнения водной среды.

Обычно в сточной воде присутствуют загрязняющие вещества нескольких видов, причём часто сточные воды промышленных предприятий смешиваются с городскими. Требования к очистке сточных вод тесно связаны с рассмотренными процессами самоочищения и формирования биологической полноценности природной водной среды:

- сток не должен нарушать систему самоочищения водной среды; это означает отсутствие или слабое влияние на такие параметры, как температура, прозрачность, кислотность, содержание взвешенных частиц, ионов металлов переменной валентности;
- сток не должен обладать токсичностью в отношении обитателей водной среды;
- в стоке не должно быть превышено максимально допустимое содержание биогенных элементов, стимулирующих "цветение" сине-зеленых водорослей.

Что касается исключительно производственных вод, то их делят на три категории: чистые воды (используемые для охлаждения);

- условно чистые (применяют для промывания готовой продукции);
- грязные воды

Такое разделение промышленных стоков отражает фактическую степень их загрязнения и позволяет проводить их отдельную очистку, что является часто оправданным экономически.

Для каждого вида сбросовых вод существует оптимальная степень очистки. С одной стороны, чем глубже очистка, тем больше экономические затраты на неё. С другой стороны, начиная с какого-то уровня очистки, сброс становится безвредным. Это обстоятельство должно приниматься во внимание при экономическом обосновании очистных сооружений и способов очистки.

Для обработки сточных вод в настоящее время применяют механические, физико-химические и биохимические или биологические методы очистки.

Механическая очистка служит, в основном, для извлечения из сточных вод минеральных примесей, а также является предварительной очисткой. В этом случае применяют такие методы как процеживание, отстаивание, осветление в гидроциклонах и

фильтрация. При механических методах очистки из сточных вод удаляют загрязнения, находящиеся в нерастворенном и частично коллоидном состоянии. Отбросы, имеющие большие размеры (тряпки, бумага, остатки овощей и фруктов, и т. д.), а также крупные фракции промышленных отходов задерживаются решетками и направляются затем в дробилки для их дальнейшего измельчения. Основная масса нерастворимых остатков минерального происхождения, плотность которых значительно выше плотности воды (обычно это песок) улавливается песколовками. Загрязнения органического происхождения, находящиеся во взвешенном состоянии, проходят очистку в отстойниках. Суть работы отстойников очень проста: вещества, плотность которых ниже плотности воды (масла, жиры, нефть и нефтепродукты, смолы), всплывают на поверхность, и их с помощью насосов отделяют от воды. После такой механической очистки и проведения дезинфекции сточные воды можно спускать в естественный водоем, если они будут удовлетворять санитарным нормам. Однако, чаще всего, механическая очистка является предварительной.

За механической очисткой обычно следует биохимическая, которая разрушает и удаляет органические загрязнения. Биохимические методы очистки сточных вод основаны на использовании жизнедеятельности микроорганизмов, окисляющих органические вещества, находящиеся в сточных водах в коллоидном и растворенном состояниях.

Физико-химические или химические методы очистки воды целесообразно применять для устранения, например, загрязнения воды ионами тяжелых металлов или токсичными отходами. При химических методах очистки загрязнения удаляются в результате химических реакций между загрязнителями и вводимыми в воду химическими реагентами. В результате как правило образуются соединения, выпадающие в осадок. Процессами химической очистки называют процессы, в которых происходит коагулирование, нейтрализация, химическое окисление, включая процесс озонирования. Физико-химическими методами очистки сточных вод являются методы, использующие экстракцию, коагуляцию, флотацию, электролиз, эвапорацию, ионный обмен, кристаллизацию. В настоящее время стремятся применить такие методы очистки сточных вод, при которых удастся, извлечь ценные вещества, находящиеся в них. Такой способ очистки называется регенеративным.

При очистке промышленных сточных вод накапливается большое количество осадков, которые необходимо обрабатывать. Для их обработки на очистных сооружениях традиционно предусматривают специальные сооружения: септики, двухъярусные отстойники и осветители - перегниватели, а также метантенки, в которых осадок перегнивает. Для обработки некоторых видов промышленных и бытовых осадков в настоящее время начинают применять новую технологию - сжигание в псевдосжиженном слое. Примером такой технологии являются строящиеся в настоящее время под Петербургом мусороперерабатывающие заводы, в которых твердые остатки будут сжигаться в печах с кипящим слоем песка, нагретого до высокой температуры.

Качество воды природного водоема (водной экологической системы), куда осуществляют сброс или куда поступает вода после антропогенного пользователя, определяют на основе анализа численных значений прежде всего таких показателей как количество растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК), окисляемость и многих других (в зависимости от характера использования воды). Эти показатели также применяют и для оценки эффективности очистки сбрасываемых вод.

Важнейшей характеристикой для оценки состояния водоемов является количество растворенного кислорода в воде. Снижение этого параметра указывает на резкое изменение биологических процессов в водоеме и на загрязнение воды веществами, легко биохимически окисляющимися. Концентрация кислорода, растворенного в водоемах санитарного водопользования в пробе отобранной до 12 часов дня должна быть не менее 4 мг кислорода/л в любой период года.

Окисляемость - общее количество содержащихся в воде восстановителей

(неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями, например, с дихроматом или перманганатом калия и другими. Результаты определения окисляемости приводят в миллиграммах кислорода на 1 л воды (мг кислорода/л). наиболее полного окисления достигают с помощью дихромата калия, до 95 - 100%. Поэтому дихроматную окисляемость часто называют «химическим потреблением кислорода» (ХПК). Нормативы ХПК воды водоемов хозяйственно-питьевого водопользования 15 мг кислорода/л культурно-бытового - 30 мг кислорода/л.

БПК - биохимическое потребление кислорода - показатель загрязнения воды, характеризуемый количеством кислорода, которое за установленное время (обычно за 5 суток, БПК₅) в аэробных (в присутствии кислорода) условиях затраченного на окисление в одном литре воды органических веществ в результате протекающих в воде биохимических процессов при 20°C. При этом благодаря жизнедеятельности бактерий органические остатки: фрагменты белков, ДНК, РНК и пр. - окисляются до анионов или оксидов, например, до CO₂, SO₄²⁻, PO₄³⁻, CO₂, H₂O. Единицы измерения БПК: мг кислорода/л. Установлено, что БПК₅ составляет 70% от полного БПК. Величина полного БПК регламентируется в зависимости от категории водоема: не более 3 мг кислорода/л для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг кислорода/л для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования.

Ознакомившись с общими сведениями по воздействию человека на водные экологические системы, рассмотрим ситуации, возникающие при конкретной хозяйственной деятельности, обсудим возможные пути оптимизации природопользования с учетом экономических и экологических показателей.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Экологический мониторинг поверхностных водных объектов в Российской Федерации.
2. Программы наблюдений за качеством воды.
3. Методы биоиндикации и биотестирования.
4. Меры охраны водных объектов, защитные зоны.

Примерные темы докладов по дисциплине:

1. Гидробиология, лимнология и водная экология как науки.

Взаимосвязи и место гидробиологии, лимнологии и водной экологии в системе естественных наук. Связи с другими науками. Смежные науки. Предмет, цель, методы исследований. История развития. Основные направления. Общая и прикладная гидробиология. Практическая значимость.

2. Горизонтальное и вертикальное деление озер в гидробиологии.

Литоральная (эпилитораль, супралитораль, эулитораль; верхняя, средняя, нижняя инфралитораль) и пелагическая (литопрофундаль и профундаль) зоны. Фотическая и афотическая зоны.

3. Известнейшие озера мира.

Одно из следующих озер (Танганьика, Ньяса, Виктория, Чад, Джордж, Ладожское, Онежское, Констанц, Балатон, Лох-Несс, Верхнее, Мичиган, Гурон, Онтарио, Эри, Кратер, Титикака, Тайху, Бива, Хубсугул, Эйри) описать по следующей схеме: наибольшие длина, ширина, глубина; площадь водного зеркала, объем, средняя глубина; длина береговой линии, развитие береговой линии; сток, водообменность, возраст и происхождение, особенности химического режима озера, биологические особенности, использование.

4. Разнообразие озер.

Наибольшие озера мира и России по площади водного зеркала, объему, максимальной глубине.

5. Генетические классификации озер.

Классификация озер Мюррэ: каменные, барьерные и органические бассейны. Классификация озер Швербея: тектонические (включая кратерные), барьерные, вырытые.

6. Тектонические озера.

Вулканические бассейны (кратерные или кальдеровые, лавовые плотины, на лавовом основании). Происхождение озер в результате тектонической деятельности. Свалы, грабены, рифты, подъемы. Примеры озер каждой группы.

7. Метеорные, карстовые, ледниковые озера.

Краткая характеристика каждой группы, примеры озер для каждой группы.

8. Барьерные озера. Органические: фитогенные, зоогенные, антропогенные.

Описать происхождение озер в результате действия рек (дельтовые, старичные, водопадные озера), ветра, волн (прибрежные озера, лагуны, фьорды). Краткая характеристика каждой группы, примеры.

9. Главные биотопы в водоеме.

Описать особенности водной толщи и границ вода/воздух, вода/дно, вода/воздух/дно как сред обитания организмов. Краткие характеристики населяющих их групп организмов.

10. Сообщество толщи вод.

С биоэкологической точки зрения (продуценты, консументы, редуценты) и с лимнологической точки зрения (планктон и нейстон). Краткая характеристика, примеры организмов.

11. Бентос.

С биоэкологической точки зрения (продуценты, консументы, редуценты) и с лимнологической точки зрения (различные структурно-функциональные группы бентонтов). Краткая характеристика, примеры организмов.

12. Тепловая стратификация озер.

Эпилимнион, металимнион (термоклин), гиполимнион. Сезонное «нормальное» поведение озера. Голомиктические и меромиктические озера. Миксолимнион и монимолимнион.

13. Классификации озер, основанные на стратификации.

Классификация озер Уиппла (полярные, умеренной зоны, тропические озера; придонная температура: постоянная, переменная, близкая поверхностной). Классификация Фореля (полярные, умеренной зоны, тропические озера; мелкие, глубокие озера). Классификация Хатчинсона (амиктические, холодные мономиктические, димиктические, теплые мономиктические, олигомиктические). Дополнение к ней: холодные и теплые полимиктические. Примеры озер каждой группы.

14. Биологическая классификация озер.

Классификация Тинеманна (олиготрофные и эвтрофные озера). Современная биологическая классификация (дистрофные, ультраолиготрофные, олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные, гиперэвтрофные) озер. Морфометрия, оптические свойства, гидрохимия, растения, животные, продуктивность озер разной трофности. Примеры озер каждой группы.

15. Уровни организации живых систем: популяции.

Структура, плотность, динамика популяций. Поток энергии через популяцию. Плодовитость популяций. Стратегии развития популяций (R, K, L-стратегии).

16. Уровни организации живых систем: сообщества и функционирование водных экосистем.

Взаимодействия популяций (хищничество, паразитизм, конкуренция, аменсализм, комменсализм, симбиоз). Структура биоценозов. Потоки энергии в экосистемах. Круговорот вещества в экосистемах. Структурные и функциональные особенности водных экосистем. Водные экосистемы и водные геосистемы. Иерархия водных экосистем. Водные экосистемы циклического, транзитного и каскадного типов

17. Первичная продукция.

Методы ее определения. Классификация водоемов по величине первичной продукции.

18. Эвтрофирование.

Лимитирующие факторы. Биогенные элементы. Источники поступления и образования в водоемах. Распределение, динамика и роль в водоемах. Антропогенное эвтрофирование: причины и контроль.

19. Хозяйственно-бытовые сточные воды.

Состав, последствия сброса. Особенности действия на речные и озерные системы.

20. Природные и синтетические загрязняющие вещества.

Примеры, особенности воздействия на водные экосистемы, трансформация.

21. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде.

Источники поступления в гидросферу. Состав нефтепродуктов. Действие на гидробионтов. Особенности трансформации.

22. Поверхностно-активные вещества в окружающей среде.

Источники поступления в гидросферу. Состав ПАВ. Синтетические ПАВ. Воздействие на гидробионтов. Особенности трансформации.

23. Пестициды в окружающей среде.

Источники и объемы поступления в гидросферу. Действие на гидробионтов. Накопление в пищевых цепях. Особенности трансформации. Примеры. ДДТ.

24. Металлы в окружающей среде.

Источники и объемы поступления в гидросферу. Действие на гидробионтов. Накопление в пищевых цепях. Примеры (рассмотреть на выбор один из металлов).

25. Ацидификация водных экосистем.

Агенты закисления водоемов и водотоков. Масштабы ацидификации. Борьба с закислением.

26. Водохранилище – водоем или водоток?

Водохранилище – особый вид экосистемы. Количественные и качественные различия водохранилищ, озер и рек.

Рекомендуемая литература

1. Алексеева, Е.А. Гидробиология: методические указания / Е.А. Алексеева; Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2022. - 57 с.
2. Безруков Ю. Ф. Океанология / Ю. Ф. Безруков. — Симферополь : Таврич. нац. ун-т, 2006. — 159 с.
3. Березина Н.А. Практикум по гидробиологии. / Учебники и пособия для учащихся техникумов /- М.: Агропромиздат, 1989.- 208 с
4. Вербицкий В. Б. Курс лекций по планктонологии / В. Б. Вербицкий. — URL: <https://www.ibiw.ru/index.php?p=edu/contents> (дата обращения: 27.11.2020).
5. Власов В.А. Рыбоводство / В.А.Власов.-Учебное пособие.-Спб.: Издательство «Лань»,2010. - 352 с.
6. Ворошилина, З.П. Товарное рыбоводство[Текст]: учебник/ З.П. Ворошилина, В.Г., Саковская, Е.И. Хрусталева. - М.: Колос, 2009.- 266 с.
7. Зернов С.А. Общая гидробиология. М. –Л.: Изд-во АН СССР, 1949. *
8. Зилов Е. А. Гидробиология и водная экология /Е. А. Зилов. - Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 2009. - 147 с.
9. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоёмов СССР. М.: «Наука», 1969. Зайцев Ю.П. Введение в экологию Черного моря./ – Одесса: <<Эвен>>, 2006. (http://herba.msu.ru/shipunov/school/books/zaitsev2006_vved_v_ekol_chern_morja.pdf)
10. Константинов А. С. Общая гидробиология : учеб. для студентов биол. спец. вузов / А. С. Константинова. - Москва : Высш. шк., 1986. - 472 с
11. Моружи И. В. Практикум по гидробиологии / И. В. Моружи, Е. В. Пищенко, Л. В. Веснина. — Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. аграрн. ун-та, 2016. — 93 с.
12. Моружи И.В. Рыбоводство / И.В.Моружи и др.-учебник.- М.: Колос, 2010. - 295 с.
13. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. К.: «Генеза», 2004.

Дополнительная литература:

- 1.Общая экология : лабораторный практикум / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет» ; авт.-сост. К.В. Харин, Е.В. Бондарь. - Ставрополь : СКФУ, 2021. - Ч. 1. - 149 с.
- 2.Общая экология : лабораторный практикум / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет» ; авт.-сост. К.В. Харин, Е.В. Бондарь. - Ставрополь : СКФУ,

Тема 6. Спектры питания Таблица 3 Условия задания

Показатель	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Планктон:										
Процежено через сетку воды, л	40	20	30	50	20	30	25	15	20	25
Объем сконцентрированной пробы, мл	50	35	35	40	25	35	45	20	25	45
Подсчитано, шт.:										
дафнии	8	15	10	9	22	17	33	81	23	34
сиды	12	23	15	46	33	28	34	36	23	32
коловратки	32	35	34	39	34	39	25	22	39	27
веслоногие рачки (взрослые)	20	30	22	50	18	37	41	39	42	37
ветвистоусые рачки (молодь)	35	45	25	47	38	51	21	18	56	29
Бентос:										
Площадь захвата дночерпателя, м ²	1/20	1/25	1/30	1/35	1/40	1/45	1/50	1/40	1/30	1/2
Подсчитано, шт.:										
хируномиды	45	51	32	67	22	56	47	89	77	57
ракушковые рачки	39	120	77	56	35	46	35	29	65	47
личинки стрекоз	44	99	29	70	28	78	46	37	34	51
личинки поденок	15	1	10	9	12	20	23	46	39	23
малощетинковые черви	11	34	3	18	22	13	16	17	11	21