



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ им. К. Г. РАЗУМОВСКОГО»**
Институт «Биотехнологий и рыбного хозяйства»

Кафедра «Биоэкологии и ихтиологии»



«УТВЕРЖДАЮ»:

Директор института «Биотехнологии и
рыбного хозяйства» (БирХ) МГУТУ

д.б.н., проф. Никишин А. Л.

Дата утверждения: 26 июня 2012г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Санитарная гидробиология»

Для специальности (направления подготовки):

110901.65 - Водные биоресурсы и аквакультура

-

110900.62 - Водные биоресурсы и аквакультура

-

Формы обучения: очная, очная сокращенная,
заочная полная, заочная сокращенная.

Сроки обучения: очная полная – 5 лет, очная
сокращенная - 4 года, заочная полная - 6 лет,
заочная сокращенная - 5 лет

Курс: 4к, 3к,

Москва, 2012


© **Симаков Ю.Г., Горбунов А.В.** Санитарная гидробиология: Учебно-методический комплекс дисциплины, по специальности (направлению): 110901.65 - Водные биоресурсы и аквакультура, - , 110900.62 - Водные биоресурсы и аквакультура, - . -М.: МГУТУ, 2012. - 215с.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Санитарная гидробиология» составлен в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта (ГОС ВПО) к уровню подготовки дипломированного специалиста (бакалавра) в соответствии с учебным планом, и составленной в соответствии с ним и примерными образовательными программами УМО, рабочей программой учебной дисциплины.

Данный УМКД предназначен для студентов очной, заочной полной и сокращенной форм обучения, специальности (направления): 4к 110901.65 - Водные биоресурсы и аквакультура; - ; 3к 110900.62 - Водные биоресурсы и аквакультура; - .

Структура учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД) определена Приложением 1 к Распоряжению Проректора ФГБОУ ВПО МГУТУ им. К.Г. Разумовского по УиИР № 51 от 01.06.2009г. о «Правилах составления учебно-методического комплекса дисциплины по специальности (направлению)».

Составитель(и):


Симаков Ю.Г., д.б.н., проф. кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» (БИ) МГУТУ
Горбунов А.В., к.б.н., доц. кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» (БИ) МГУТУ

Рецензент: Амбросимова Н.А., д.б.н., проф. АЗНИИРХ

УМКД обсужден и одобрен на заседании кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» ин-та БиРХ МГУТУ (*Протокол № 12 от 07.06.2012г.*).

УМКД утвержден на заседании Совета института «Биотехнологий и рыбного Хозяйства» (БиРХ) «Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского» (*Протокол № 10 от 25.06.2012г.*).

© ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского», 2012г.
109004, Москва, Земляной вал, дом 73.

© Кафедра «Биоэкологии и ихтиологии» БиРХ МГУТУ
117452, Москва, ул. Болотниковская, дом 17

УДК 639.3

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» Московского государственного университета технологий и управления (протокол №8 от 26.05.2010г) и рекомендована к рассмотрению на заседание Ученого Совета институту.

Рабочая программа одобрена и утверждена на заседании Ученого Совета института «Биотехнологий и рыбного хозяйства» Московского государственного университета технологий и управления (протокол №10 от 26.06.2010г)

Разработчик РП: *Горбунов А.В.*

Автор (составитель): *д.б.н., проф. Симаков Ю.Г.*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании
ГОС ВПО и предназначена для бакалавров очной формы
обучения, по направлению 110900.62 – «*Водные биоресурсы
и аквакультура*»

Рецензенты:

д.б.н., проф. Амбросимова Н.А. (АзНИИРХ)

д.б.н., зав. сектором Микодина Е.В. (ВНИРО)

© Симаков Ю.Г. Санитарная гидробиология: *Рабочая программа для бакалавров очной формы обучения, по направлению «Водные биоресурсы и аквакультура» / Сер. Рабочая учебно-методическая документация МГУТУ. – М.: МГУТУ, 2010. – 26с. Ред.2. перераб.*

© ГОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления», 2010.

109004, Москва, Земляной вал, 73.

Институт «БиРХ», кафедра «Биоэкологии и Ихтиологии», 2010.

117452, Москва, ул. Болотниковская, 15. тел: (499) 317-2936, 317-2927

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

Накопление знаний о гидробионтах в экологическом плане. Природные сообщества водных организмов, составляющие население водной среды. Освоение комплекса биологических вопросов, связанных с использованием и защитой природных вод от загрязнений, изучением процессов самоочищения загрязнённых вод и методов биологической очистки, оценки степени загрязнения воды по наличию определённых индикаторных организмов, значение водных организмов как агентов процесса самоочищения. Смежные вопросы, касающиеся биологических помех водоснабжению и эксплуатации судов (обрастание микроорганизмами и прикреплёнными животными корпусов судов, различных аппаратов и гидротехнических устройств, труб и водоводов тепловых электростанций, зарастание водохранилищ водными растениями, повреждение судов и портовых сооружений древоточцами и камнеточцами).

Задачами дисциплины являются:

Формирование представления о качестве воды с санитарно-экологических позиций, ознакомление с процессами биологической трансформации основных видов загрязнения водной среды в естественных и промышленных условиях, ознакомление с основными методами биологического контроля качества вод, изучение влияния санитарного состояния водной среды и используемых кормов в обеспечении эпизоотического благополучия объектов аквакультуры.

Изучение процессов загрязнения и самоочищения водоемов, токсического действия отдельных веществ на гидробионтов, их популяции и биоценозы (водная токсикология), биологические основы водоснабжения и очистки сточных вод, меры борьбы с цветением и зарастанием водоемов. Способствовать обеспечению человечества высококачественной водой для сохранения жизни и здоровья, развитию промышленности и повышению продуктивности сельского и рыбного хозяйства.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Настоящая дисциплина входит в состав цикла Специальных дисциплин ООП. Ей предшествует освоение таких курсов, как: зоология беспозвоночных, экология, гидробиология, водные растения, экология водоемов, методы обработки экспериментальных данных, биология размножения и развития, биологические основы рыбоводства, микробиология. В дальнейшем, полученные знания востребованы при изучении таких дисциплин, как: экология рыб, санитарная гидротехника, биология размножения и развития, экология водоемов, прикладная экология, водная токсикология, экология и рациональное природопользование, экологический контроль водных и наземных экосистем.

3. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать:
 - Общие закономерности гидробиологических процессов в загрязненных водах и принципы самоочищения водоемов;
 - Методы исследования бентали и пелагиали и влияние биогенных и абиогенных факторов на гидробионты;
 - Проблемы, связанные с повышением биопродукционных возможностей и рыбопродуктивности водоемов;
 - Закономерностей органолептических качеств воды;
 - Современные приемы для санитарных гидробиологических исследований и эффективные методы прикладных мероприятий;
 - Вопросы региональной гидробиологии, связанные с морями и внутренними водами России.
- Уметь:
 - Определять виды планктона и бентоса, стадии цикломорфоза, защитные приспособления у гидробионтов к перенесению неблагоприятных условий;
 - Осуществлять картирование загрязнений (качества воды);
 - Определять экспресс-методами качество воды на показательных тест-организмах;
 - Применять токсикологические исследования на представительных гидробионтах, и, по их изменению делать выводы о загрязненных водах.
- Владеть:
 - Комплексными знаниями по разработке мероприятий охраны вод от биологических загрязнений и теории биологического

самоочищения водоемов, применение этих концепций в практических целях.

- Методами биологической индикации качества вод с математической интерпретацией результатов анализа;

Распределение трудоемкости дисциплины

В соответствии с учебным планом:

Наименование дисциплины	общий	Объем занятий в ак. часах							
		всего	лек-ций	лаб. зан.	прак зан.	сам. раб.	к.р.	экз.	зач.
Санитарная гидробиология	100	72	36	36	-	28	-	6	-

В том числе по семестрам:

3 курс						4 курс					
5 семестр			6 семестр			7 семестр			8 семестр		
лек	лаб	пр	лек	лаб	пр	лек	лаб	пр	лек	лаб	пр
			36	36							

Для качественного освоения учебного курса применяются:

По видам учебной работы:

лекции, консультации, семинары, практические занятия, лабораторные работы, контрольные работы, самостоятельные работы, научно-исследовательская работа, курсовое проектирование (курсовая работа).
Вуз может устанавливать и другие виды учебных занятий.

По формам контроля:

собеседование, коллоквиум, зачет, экзамен, тест, контрольная работа, эссе и иные творческие работы, реферат, отчет (по практикам, научно-исследовательской работе), курсовая работа (проект) т.е. письменные работы, выпускная квалификационная работа. Формы промежуточного контроля устанавливаются ответственным за обучение преподавателем. Формы итогового контроля устанавливаются вузом и учебным планом.

- *Лекции* предполагают получение основных, концептуальных, фундаментальных знаний, положений, явлений, законов по изучаемой

дисциплине, понимание и использование их как в повседневной жизни, так и в профессиональной сфере. Наряду с базовыми знаниями, в ряде случаев, рассматриваются частные разделы, по прикладным аспектам изучаемой дисциплины.

- *Практические занятия* направлены на развитие теоретических знаний по изучаемой дисциплине, путем решения конкретных задач, участия в деловых играх, а также формирование навыков, как самостоятельной работы, так и совместной (коллективной) работы в малых коллективах, под руководством преподавателя.
- *Лабораторные работы* ориентированы на получение навыков практической исследовательской работы и закрепления как прикладных так и технико-технологических знаний по изучаемой дисциплине (ее разделу), с применением соответствующего учебно-лабораторного оборудования, современных методик и подходов, препаратов и биологического материала.
- *Семинар* форма учебно-практических занятий, при которой учащиеся обсуждают сообщения, доклады и рефераты, выполненные ими по результатам учебных или научных исследований под руководством преподавателя. Цели обсуждений направлены на формирование навыков профессиональной полемики и закрепление обсуждаемого материала.

Научный семинар - в научных коллективах это традиционная форма повышения квалификации, ознакомление с работами коллег, форма коллективного, публичного рабочего обсуждения научной информации коллегами для формирования компетенции участников коллектива в объёме новых знаний, методов, для оптимизации взаимодействия по проектам и программам.

- *Реферат* это письменный доклад или выступление по определённой теме, в котором собрана информация из одного или нескольких источников. Рефераты могут являться изложением содержания научной работы, специализированных книг, теоретических и практических исследований, изучаемых знаний и разделов, методик, подходов и т. п.

Существует два вида рефератов: продуктивные и репродуктивные. *Репродуктивный реферат* - воспроизводит содержание первичного текста. *Продуктивный реферат* - содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника.

Репродуктивные рефераты условно делятся еще на два вида: реферат-конспект и реферат-резюме. *Реферат-конспект* - содержит фактическую информацию в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. *Реферат-резюме* - содержит только основные положения данной темы.

В продуктивных рефератах выделяются два типа: реферат-доклад и реферат-обзор. *Реферат-обзор* - составляется на основе нескольких источников и сопоставляет различные точки зрения по данному вопросу. *Реферат-доклад* - имеет развёрнутый характер и наряду с анализом информации первоисточника, дает объективную оценку реферируемой темы, проблемы, задачи.

- *Самостоятельная внеаудиторная работа* направлена на приобретение навыков самостоятельной работы с учебной литературой, выполнения индивидуальных заданий, решение ситуационных экологических задач, подготовки информационных проектов и презентаций и т.п.
- *Коллоквиум* представляет собой проводимый по инициативе преподавателя промежуточный мини-экзамен в середине учебного курса, имеющий целью уменьшить список тем, выносимых на основной экзамен и/или оценить текущий уровень знаний студентов. В ходе коллоквиума могут также проверяться проекты, рефераты и другие письменные работы учащихся.
- *Эссе* представляет собой свободное и обоснованное изложение материала, небольшим объёмом, по конкретному поводу, ситуации, задаче, исследованию или предмету. Эссе выражает индивидуальное мнение, соображения, предложения и выводы автора, но не претендует на исчерпывающую или законченную трактовку темы.
- *Текущий (промежуточный) контроль* учебно-познавательной деятельности студентов может осуществляться в виде коллоквиумов, эссе, рефератов, контрольных работ, собеседований, отчетов: в тестовой, письменной, устной форме.
- *Итоговый контроль (зачет или экзамен)* проводится по всему материалу изучаемого курса. Ему предшествует выполнение учащимся всех учебно-контрольных работ и заданий. Данная форма контроля может сочетаться с выполнением курсовой работы или проекта.

Примерный тематический план теоретических занятий

№	Наименование темы	Ак. часов
1.	Санитарная гидробиология, отличие от водной токсикологии. Классификация загрязнений водоемов. Действие на гидробионты.	2
2.	Магнификация загрязнителей в пищевых цепях. Пути предотвращения загрязнений.	2
3.	Биотестирование и установление эколого-рыбохозяйственных ПДК. Инструментальные методы.	2
4.	Сапробность и сапротаксобность, зоны сапробности.	2
5.	Биологическая очистка сточных вод и биоиндикация очистки воды.	2
6.	Влияние pH на гидробионты.	2
7.	Взвешенные вещества в водоемах и их действие на гидробионты.	2
8.	Растворимый кислород и его роль в жизни гидробионтов.	2
9.	Бактериальное загрязнение водоемов. Методы анализа.	2
10.	Тяжелые металлы. Накопление в гидробионтах и пищевых цепях.	2
11.	Канцерогенные вещества, мутагены и их влияние на биопродуктивность.	2
12.	Совместное действие нескольких токсикантов на гидробионты	2
13.	Синергизм, аддитивное действие токсикантов.	2
14.	Биологически активные вещества гидробионтов.	2
15.	Методы повышения биопродуктивности, защита от токсикантов.	2
16.	Организация биомониторинга в санитарной гидробиологии.	2
17.	Использование методов генной инженерии в санитарной гидробиологии.	2
18.	Биотехнология защиты окружающей среды от загрязнений	2
	ВСЕГО:	36

Примерный план лабораторно-практических работ

№	Наименование темы	Ак. часов
1.	Канцерогенные вещества, мутагены и их влияние на биопродуктивность. Совместное действие нескольких токсикантов на гидробионтов. Аддитивное действие токсикантов.	4
2.	Индикаторные формы гидробионтов. Значение индикаторных бактерий в системе контроля качества вод. Устройство баклабораторий. Режим работы. Техническое обеспечение. Питательные среды (общего пользования, дифференциальные, элективные, селективные).	4
3.	Сбор, обработка и хранение материалов для санитарно-бактериологического исследования. Техника посева на жидкие и агаровые питательные среды. Основы идентификации. Изучение основных биохимических и морфологических характеристик.	4
4.	Схема санитарно-бактериологического исследования водных проб. Бактериологическая обработка проб воды из рыбоводных хозяйств (раститровка, посев на ряды диагностических сред).	4
5.	Учет первичных посевов. Расчет НВЧ микробного числа. Учет результатов экспресс-индикации колиформ, патогенных псевдомонад, сульфатредуцирующих бактерий. Выделение чистых культур.	4
6.	Изучение общего микробного пейзажа водных проб. Определение доминирующего бактериального фона (окраска по Граму, тест с КОН, оксидазный тест, тест окисления-ферментации, подвижность). Анализ полученных результатов. Оценка санитарно-бактериологического состояния обследуемого водоема.	4
7.	Схема санитарно-бактериологического исследования проб корма для рыб. Микробиологическое исследование проб гранулированного корма, используемого для выращивания рыб.	4
8.	Учет первичных посевов проб корма. Расчет НВЧ микробного числа. Визуальное изучение структуры	4

	микробного фона. Выделение чистых культур бактерий. Короткий ряд идентификации.	
9.	Изучение общего микробного пейзажа кормовых проб. Определение доминирующего бактериального фона (окраска по Граму, тест с КОН, оксидазный тест, подвижность, тест окисления-ферментации). Анализ полученных результатов. Оценка санитарно-микробиологического качества проб корма.	4
	ВСЕГО:	36

Перечень реферативных работ

1. Основные бактерии - загрязнители воды.
2. Вирусные загрязнения воды.
3. Паразиты в водной среде.
4. Традиционные аэробные и анаэробные способы очистки сточных вод.
5. Аэротенки и биоценоз активного ила.
6. Биофильтры. Состав биопленки биофильтра.
7. Замкнутое водоснабжение промышленных предприятий.
8. Специальные микробиологические методы (генная инженерия микроорганизмов деструкторов загрязнителей).
9. Санитарно-биологическое качество комбикормов для рыб.
10. Влияние аквакультуры на качество водной среды.

Свою тему студент выбирает из прилагаемого выше списка, по последней цифре своего учебного шифра. Учебный шифр имеется в студенческом билете или в зачетной книжке каждого студента.

Реферативная работа должна содержать развернутые ответы на выбранную тему, примерный объем реферата – 20-25 стандартных страниц А4.

На титульном листе необходимо указать ФИО студента, специальность и форму обучения, курс, тему реферата.

Реферативные работы должны сопровождаться рисунками, графиками, схемами и т.п. В тетради в клетку писать следует через строчку, оставляя место под поля, разделы реферата должны быть четко выделены.

В начало работы помещается оглавление (содержание); в конце работы приводится перечень использованной литературы, ставится дата и подпись.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Санитарная гидробиология, как одно из прикладных направлений общей гидробиологии, пользуется в основном методами последней с определенной интерпретацией данных. Программа полевых и лабораторных исследований по санитарной гидробиологии строится в соответствии с задачами и объемом интересов.

Приборный парк санитарной гидробиологии не выделяется в самостоятельный по набору приборов, оборудования и материалов. Количественные и качественные данные, полученные по биосистемам водоемов, в общегидробиологических исследованиях в полной мере могут быть использованы для оценки экологического, санитарного, гигиенического, продукционного и рекреационного состояния водоема и водотока.

В санитарной гидробиологии, как в экологии, в широком смысле приемлем главный метод - количественный: все считается и протоколируется. Ряды наблюдений (чем длиннее, тем лучше) позволяют построить экологическую модель водоема по признаку загрязнения.

Методология исследований по качеству воды в наиболее общем плане должна строиться на определении:

- состава показателей, подлежащих контролю;
- принципов размещения пунктов наблюдений;
- сроков проведения исследований;
- необходимости и достаточной степени точности измерений;
- способов обобщения, хранения и представления информации.

Необходимым условием эффективности работ по качеству воды является комплексность проведения исследований, синхронность всех систем наблюдений и унификация методов получения и интерпретации результатов.

Поскольку основные задачи санитарного исследования направлены на установление качества воды водоема как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения и рекреационного использования, то в интересах санитарной гидробиологии непременным условием становится знание разных сторон жизни водоема:

- состояние охранной зоны, особенно для водоемов хозяйственно-питьевого назначения;
- условия формирования поверхностного стока, т.е. должна быть обследована водосборная площадь;
- характер и площади растительности на берегах водоема;

- размещение населенных пунктов, их санитарное состояние, промышленных предприятий, организация сбора, очистки и сброса сточных вод;
- размещение и состояние портов, портовых сооружений, места отстоя судов;
- сельскохозяйственное использование земель на водосборной территории, виды и количество используемых удобрений, места выпаса и загонов для скота; санитарное состояние пляжей.

Биологические характеристики водных экосистем должны быть тесно увязаны с химическими и гидрологическими, причем они должны определяться одновременно, в комплексе. Одними из главных гидрологических данных для реки следует назвать:

- расход реки, определяющий степень воздействия загрязнений на ее воды, влияющий на скорость разбавления, например сточных вод и процесс самоочищения реки;
- характер распределения загрязнений по руслу при рассеянном выпуске сточных вод и при прямоточном, с тем чтобы выделить «факел» сброса по руслу и определиться в выборе створов наблюдений;
- глубина водоема, необходима для выбора точек и метода отбора проб воды и грунта, для определения средней скорости по вертикали и интенсивности перемешивания воды и скорости разбавления загрязнений.

Для озер и водохранилищ необходимо установить акваторию загрязнений и выделить водные массы с разной степенью загрязнений (качества воды), характер распределения загрязнений на пути стока из озера или через плотину водохранилища, или под влиянием ветрового перемешивания, установить зоны аккумуляции загрязнений, наличие и характер вторичного загрязнения. Совершенно необходимо исследовать грунты водоемов с целью определения их загрязнения, особенно илов на глубинах и в зонах замедленного водообмена.

Санитарно-гидробиологические исследования должны носить мониторинговый характер, сезонный, круглогодичный и многолетний. При наличии длинных рядов наблюдений можно строить прогноз качества воды и давать рекомендации по хозяйственному использованию вод и принятию управляющих решений по охране водоемов от загрязнений.

Санитарная гидробиология как наука.

Значение санитарно-биологических исследований и основные направления в современных условиях.

Этапы развития санитарной гидробиологии как науки, ориентированной на сохранение качества водной среды, ее пригодности для жизни водных организмов и различных видов водопользования.

Загрязнение водоемов.

Основные виды загрязняющих веществ. Загрязнение минеральными веществами. Органические природные загрязнения (биологические отходы, углеводороды и др.). Органические синтетические загрязнения (ксенобиотики), ПАВ, пестициды, гербициды и другие галогеносодержащие ксенобиотики. Микробное загрязнение.

Тяжелые металлы. Радионуклиды. Термофикация и ацидофикация водной среды. Источники и пути поступления загрязняющих веществ.

Влияние загрязняющих водную среду веществ на жизнь водных организмов и здоровье человека. Вода как фактор распространения возбудителей инфекционных болезней человека и сельскохозяйственных животных.

Биологическое самоочищение водоемов.

Изменение состояния и структуры экологических систем водоемов в результате различных антропогенных воздействий.

Особенности взаимодействия различных видов гидробионтов с минеральными и органическими загрязнениями природного происхождения. Трансформация органических загрязнений, её пути и конечные продукты. Взаимодействие различных видов гидробионтов с тяжелыми металлами.

Судьба радиоактивных отходов в гидросфере. Биологическая трансформация ксенобиотиков. Миграция загрязнителей по трофическим цепям при самоочищении воды.

Биологический контроль качества поверхностных вод.

Качество воды различных видов водопользования с экологических и санитарно-эпидемиологических позиций.

Система биологического контроля качества вод. Планктонные организмы в оценке качества поверхностных вод. Бентосные организмы в качестве индикаторов различных видов загрязнений.

Комплексная санитарно-экологическая классификация качества поверхностных вод. Методы контроля качества вод (биофизические, микробиологические, эколого-физиологические).

Современные способы индикации чистоты вод, унифицирование индикаторных систем. Биотестирование – интегральный метод оценки качества вод.

Нормативные документы по обеспечению качества воды. Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.

Цветение водоемов и его влияние на качество воды. Воздействие метаболитов на качество воды. Влияние обрастаний на качество воды, меры борьбы с обрастаниями.

Учение о санитарно-показательных микроорганизмах.

Требования к санитарно-показательным микроорганизмам. Основные группы санитарно-значимых форм.

Санитарно-показательные микроорганизмы водной среды в системе профилактических противоэпидемических мероприятий.

Значение санитарно-показательных микроорганизмов в эколого-гигиенической оценке водоемов. Методы индикации санитарно-значимых форм бактерий.

Нормативные документы.

Биотехнология защиты окружающей среды от загрязнений. Традиционные аэробные и анаэробные способы биологической очистки сточных вод, их достоинства и недостатки.

Современные направления биотехнологии очистки сточных вод. Микробиологическая очистка.

Утилизация технических шлаков.

Безотходное производство – решение экологических проблем.

Санитарные микробиологические исследования в практике рыбохозяйственной деятельности.

Влияние аквакультуры на гидробиоценозы и водную среду.

Аквакультура и проблема качества воды. Санитарно-бактериологическое состояние водной среды и здоровья объектов аквакультуры.

Значение санитарно-микробиологического качества кормов в патологии выращиваемой рыбы.

Рекомендуема литература

Основная:

1. Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.
2. Константинов А.С. Общая гидробиология: Учебник для вузов.-М.: Высшая школа. 1979. -480с. Изд. 3-е, перераб. и доп.
3. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПбМ.: Наука, 2000. -147с.
4. Мурадова Е.О., Ткаченко К.В. Микробиология. /Сер.. Учебный курс: Кратко и доступно. – М.: Эксмо, 2009. -336с.

Дополнительная:

5. Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М.: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.
6. Водоснабжение и канализация. / Сер. Евродача: строим - обновляем – ремонтируем. –М.: Диля, 2008. -160с.
7. Галынкин В.А., Заикина Н.А., Потехина Т.С. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии с основами асептики и биотехнологии. -Курск: КГМУ, 2002. -236с.
8. Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
9. Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
10. Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
11. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001 / Сер. Строительство России. –М.: ДЕАН, 2008. -192с.
12. Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
13. Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
14. Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.
15. Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
16. Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические вопросы: Учебное пособие. –М.: Мир, 2004. -432с.
17. Яшнов В.А. Малый практикум по гидробиологии. –М.: URSS, 1952. - 266с.

МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ

1. Модульно-рейтинговая технология обучения студентов принята в университете в целях активизации и повышения эффективности аудиторной и самостоятельной работы студентов.

Модульно - рейтинговый подход включает два ключевых понятия: модуль и рейтинг:

- ❖ *Модуль* - это логически завершенная часть (тема, раздел) курса, который заканчивается контрольной акцией и оценивается в баллах.
- ❖ *Рейтинг* - это сумма баллов, набранная студентом в течение учебного промежутка времени по определенным правилам.

2. Сущностью модульно-рейтинговой технологии обучения является изучение учебного материала той или иной дисциплины отдельными блоками (модулями) с оценкой знаний обучающегося в виде суммы баллов за каждый вид учебной работы, предусмотренный модульной программой.

3. В основу модульной системы обучения и контроля положены следующие принципы:

- перенос центра тяжести учебного процесса на самостоятельную работу студентов;
- отказ от поточного метода обучения и переход к индивидуальной подготовке специалистов;
- возрастание роли текущего (промежуточного) контроля;
- отказ от традиционных форм оценки знаний и внедрение системы рейтинга.

При успешном освоении курса по данной системе обучения у студента отпадает необходимость или упрощается процедура сдачи экзаменов и зачетов.

4. Приступая к модульной системе обучения, студент должен освоить необходимые методические материалы, в которых представлены структура курса и модульная программа.

В комплект учебно-методических материалов входят:

Для очной формы обучения:

- учебный план;
- рабочая программа дисциплины;
- конспекты лекции;

- учебная специализированная литература

Для заочной формы обучения:

- учебно-методическое пособие по курсу;
- учебно-практические пособия по курсу (модули);

Дополнительно в материалы могут входить:

- электронные учебники;
- справочные материалы;
- деловые игры;
- прочие материал по усмотрению ответственных кафедр.

5. Система оценки знаний в модульно-рейтинговой технологии обучения предусматривает следующие виды контроля:

- входной контроль, определяющий степень усвоения студентами ранее изученного материала;
- текущий (промежуточный) контроль, определяющий степень усвоения студентом теоретической и практической части учебной программы каждого модуля;
- рубежный контроль, позволяющий оценить подготовку студента по одному или нескольким модулям;
- итоговый контроль, устанавливающий качество усвоения материала по всем модулям, составляющим изучаемый курс.

Входной контроль позволяет преподавателю оценить индивидуальную и общую подготовку студентов к изучению учебного материала. Результаты входного контроля не влияют на рейтинг студента.

Текущий (промежуточный) контроль осуществляется преподавателем по результатам выполнения студентом учебной работы или отдельной тематической части, предусмотренной программой данного модуля.

Объектом текущего контроля является посещение лекций, выполнение заданий в ходе практических занятий, выполнение лабораторных работ, курсовых проектов (работ), расчетно-графических и контрольных работ, написание рефератов, а также иные виды деятельности, определенные для каждого учебного модуля в рамках изучаемой дисциплины.

Рубежный контроль подводит итог изучения модуля или ряда модулей дисциплины.

Если в ходе изучения модуля студент должен приобрести практические

навыки, качество которых можно оценить по результатам текущего контроля (например, составить компьютерную программу), то в этом случае рубежный контроль не является обязательным.

Итоговый контроль проводится в письменной, в устной форме или в виде тестового задания. Форма проведения итогового контроля по дисциплине определяется кафедрой.

Итоговый рейтинг студента определяется как по результатам текущего и рубежного контроля, так и по результатам итогового контроля. При этом считается, что студент изучил весь курс, если по каждому модулю он набрал **минимальный рейтинг**.

6. Для расчета количества баллов весь курс разбивается на модули.

Минимальная сумма баллов по всем модулям дисциплины (без итогового контроля) в сумме составляет **60** баллов.

Если студент не набирает минимально возможного количества баллов по модулю, то такой модуль считается не изученным. В этом случае, студенту назначается дополнительный день, когда он сможет устно или письменно сдать ведущему преподавателю отдельные темы модуля или пройти повторно рубежный контроль. *Такая возможность предоставляется студенту только один раз.*

Если студент не набрал минимального количества баллов по какому-либо модулю дисциплины (модуль признан не изученным), то он не допускается к итоговой оценке знаний (экзамену или дифференцированному зачету).

После окончания сессии, в установленное время, студенту может быть предоставлена возможность повторно ликвидировать задолженность.

Если набранное количество баллов по модулю будет снова меньше минимально возможного, то студент получает по дисциплине оценку «неудовлетворительно» и отчисляется за неуспеваемость.

Если баллов набрано достаточно, то модуль признается изученным и студент допускается к итоговой оценке знаний.

Максимально возможная сумма баллов по дисциплине (без итогового контроля) составляет 100. В эту сумму входят рейтинговые баллы, набранные студентами в ходе текущего и рубежного контроля при изучении всех модулей курса.

7. Количество промежуточных этапов текущего контроля (контрольных точек) учебной работы студентов по каждому модулю, их форму и сроки

устанавливает кафедра, преподающая данную дисциплину.

Преподаватель кафедры, ведущий занятия со студенческой группой, обязан проинформировать группу об этом решении кафедры на первом занятии.

Оценка результатов текущего контроля зависит от сроков и качества выполнения студентами полученного задания. Сроки проведения текущего контроля устанавливаются преподавателем дисциплины в соответствии с расписанием занятий.

Студент, не сдававший вовремя текущий контроль (за исключением уважительных причин), получает **0** баллов.

По усмотрению преподавателя ему может быть назначен новый срок (до двух недель) с выставлением рейтинга с понижающим коэффициентом:

Срок сдачи	Значение коэффициента
В срок	1
1-ая неделя после установленного срока	0,9
2-ая неделя после установленного срока	0,8
более 2-х недель после установленного срока	0,7

Кроме того, понижающий коэффициент используется для отражения качества выполнения задания:

Качество выполнения задания	Значение коэффициента
<i>Отлично</i>	1
<i>Хорошо</i>	0,8
<i>Удовлетворительно</i>	0,6

Студентам может быть предоставлена возможность по индивидуальному графику досрочно пройти систему текущего тестового контроля по всем модульным программам теоретической части курса или одного семестра.

8. Все преподаваемые в университете дисциплины по итоговой оценке знаний могут заканчиваться:

- экзаменом;
- зачетом с оценкой (дифференцированным зачетом, как правило, при выполнении курсовой работы или проекта));
- зачетом.

Ответ студента на экзамене или дифференцированном зачете оценивается суммой от **10** до **20** рейтинговых баллов.

Оценка в **9** и менее баллов считается неудовлетворительной, студенту за экзамен выставляется **0** баллов и общая оценка «неудовлетворительно».

Студенты, не сдавшие экзамен (итоговый контроль) по расписанию, имеют право пройти переэкзаменовку (вторичный итоговый контроль) после окончания сессии, но не более двух раз. Во второй раз передача экзамена осуществляется в присутствии комиссии, назначаемой заведующим кафедрой, в срок не позднее начала следующей сессии.

Студент, по неважной причине не ликвидировавший задолженность до начала следующей сессии, к занятиям не допускается и отчисляется из университета.

9. Студенты, показавшие высокие результаты в ходе изучения каждого модуля, могут получить определенные поощрения.

Так, студенты, набравшие по дисциплинам с экзаменом или дифференцированным зачетом в ходе текущего и рубежного контроля сумму от **70** до **100** баллов (по всем модулям курса), имеют право получить итоговую оценку *без итогового контроля*, в соответствии со следующей шкалой пересчета баллов:

- от **70** до **79** баллов - «удовлетворительно»;
- от **80** до **89** баллов - «хорошо»;
- от **90** до **100** баллов - «отлично».

Для студента, набравшего от **60** до **69** баллов, - итоговая аттестация обязательна.

10. Студент получает оценку «зачет» по дисциплине, если он набрал не менее **60** баллов по результатам текущего и рубежного контроля.

11. Студент может повысить свой рейтинг и получить более высокую итоговую оценку, сдав итоговый экзамен.

В этом случае, по результатам текущего, рубежного и итогового контроля студенту выставляется традиционная оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), в соответствии со следующей шкалой пересчета рейтинговых баллов:

- от **70 - 84** - «удовлетворительно»;
- от **85 - 99** - «хорошо»;
- более **100** - «отлично».

12. По итогам изучения дисциплины преподаватель проводит рейтинговую оценку студентов по установленной форме. Один экземпляр заполненной формы остается на кафедре, другой передается в деканат для оценки суммарного рейтинга студента не позднее 1 недели после окончания экзаменационной сессии.

13. Курсовой проект (работа), расчетно-графическая и контрольная работа, содержательно охватывающие несколько модулей курса, рассматриваются как самостоятельный модуль с присвоением определенного количества баллов в пределах общей суммы баллов, отведенных на изучение дисциплины **(100)**.

Количество рейтинговых баллов по названным выше видам работ определяется ведущим преподавателям и отражается в модульной карте дисциплины.

14. Суммарный рейтинг студента рассчитывается в деканате исходя из суммы баллов набранных им по всем дисциплинам курса.

Кроме того, деканат определяет средний балл успеваемости студентов по закрепленным за ним специальностям. Эти сведения представляются в Учебно-методический центр не позднее 15 июля каждого года для анализа успеваемости по всем специальностям университета.

ВОПРОСЫ К ИТОГОВОМУ КОНТРОЛЮ

Примерные вопросы ИТОГОВОГО (обобщающего контроля) по факту освоения дисциплины:

1. Антропогенная эвтрофикация и термофикация водоемов.
2. Бактериальные энтомопатогенные препараты.
3. Бентос и перифитон.
4. Био(цено)тические индексы, или оценка степени загрязнения.
5. Биогеохимические циклы в гидроэкосистемах.
6. Биодеградация: пестициды, дегалогенирование, взрывчатые вещества.
7. Биоиндикация загрязнения водоемов.
8. Биологическая продуктивность водных экосистем и пути ее повышения. Первичная продукция. Вторичная продукция.
9. Биологическое самоочищение водоемов и формирование качества воды.
10. Биотехнология как альтернатива химической технологии.
11. Биотические индексы.
12. Биотический круговорот в водоеме.
13. Биохимические характеристики водных микроорганизмов.
14. Вещества, содержащиеся в природной воде.
15. Водно-солевой обмен гидробионтов. Экологическое значение солености и солевого состава воды.
16. Водные экосистемы. Структурные и функциональные особенности водных экосистем.
17. Водохранилища: физико-химические условия жизни гидробионтов.
18. Высшие организмы как экосистема и экологическая ниша для микробных сообществ.
19. Генетически измененные микроорганизмы - получение и роль в окружающей среде
20. Генетически измененные микроорганизмы как новый фактор воздействия на окружающую среду.
21. Генетический обмен в микробных сообществах. Горизонтальная передача генетической информации.
22. Гидробиологический мониторинг.
23. Гидробиоценозы. Трансформация веществ и энергии.
24. Гидроэкосистемы и экологические основы их рационального освоения.

25. Горизонтальный обмен генетической информацией
26. Грибные энтомопатогенные препараты.
27. Дыхание гидробионтов. Адаптация гидробионтов к газообмену. Устойчивость гидробионтов к дефициту кислорода и заморные явления.
28. Дыхание и брожение, аэробноз и анаэробноз.
29. Евтрофирование водоемов.
30. Жизненные формы гидробионтов. Планктон и нектон.
31. Загрязнение водоемов.
32. Индексы сапробности.
33. Индексы сходства видового состава.
34. Использование биокатализаторов как путь построения безотходных и очищающих технологий.
35. Использование растворенных и твердых веществ водными организмами.
36. Использование ферментов в качестве каталитических агентов
37. Источники загрязнения водных объектов.
38. Качество воды и глобальная проблема «чистой воды».
39. Конструирование метаболомов, метаболическая инженерия.
40. Конструирование штаммов для биоремедиации.
41. Континентальные водоемы и их деградация.
42. Культивируемые и некультивируемые микроорганизмы из природных источников.
43. Метаболизм микроорганизмов, его особенности.
44. Методические основы оценки самоочищения.
45. Методология и методы санитарной гидробиологии.
46. Методы выделения микроорганизмов из природных источников и исследования структуры микробных сообществ.
47. Методы идентификации микроорганизмов
48. Методы исследования структуры микробных сообществ
49. Методы конструирования промышленных штаммов микроорганизмов.
50. Механизм самоочищения водоема.
51. Микробиологические средства защиты растений - принципы действия препаратов и их производство.
52. Микробиологические средства защиты растений.
53. Микробиологические стимуляторы и удобрения.
54. Микробные сообщества как компоненты более сложных экосистем.

55. Микроорганизмы как индикаторы загрязнения окружающей среды
56. Молекулярно-биологические методы исследования микроорганизмов и микробных сообществ. Маркерные гены, их выбор.
57. Молекулярно-биологические методы исследования микроорганизмов и микробных сообществ
58. Новообразование органического вещества и энергобаланс водных экосистем.
59. Опишите типы метаболизма микроорганизмов
60. Основные биохимические пути биодegradации отходов.
61. Основные типы взаимоотношений между участниками микробных сообществ
62. Охарактеризуйте особенности метаболизма микроорганизмов
63. Пелагобентос, нейстон и плейстон.
64. Питание гидробионтов. Спектры питания и пищевая селективность. Интенсивность питания и усвоение пищи.
65. Понятие о метаболической инженерии
66. Природная микрофлора как источник штаммов микроорганизмов, перспективных для промышленного использования и создания на их основе промышленных продуцентов.
67. Процессы самоочищения окружающей среды за счет деятельности микроорганизмов.
68. Разъясните понятие "микробное сообщество"
69. Распределение минеральных и химических веществ в водоеме.
70. Распространение микроорганизмов и особенности их метаболизма, определяемые экологическими нишами обитания.
71. Роль биотехнологии в концепции устойчивого развития
72. Роль гидробионтов в процессах самоочищения водоемов от загрязняющих токсикантов
73. Роль и задачи санитарной гидробиологии.
74. Роль микроорганизмов как индикаторов загрязнения окружающей среды.
75. Рост, развитие и энергетика гидробионтов.
76. Сообщества микроорганизмов. Структура сообществ. Взаимоотношения между участниками сообщества.
77. Структура водной фитопопуляции. Продукция органического вещества и трансформация энергии.
78. Структура и функциональные особенности популяций гидробионтов.
79. Сукцессионные процессы в гидроэкосистемах.

80. Термические и оптические свойства воды.
81. Типы автотрофного питания: фотоавтотрофный, хемоавтотрофный.
82. Типы гетеротрофного питания: органотрофный, литотрофный.
83. Типы и последствия загрязнения водоемов.
84. Типы метаболизма: автотрофный, гетеротрофный.
85. Трансформация веществ и энергии в гидробиоценозах
86. Укажите основные отличия аэробного и анаэробного типов метаболизма
87. Укажите основные типы взаимоотношений между участниками микробных сообществ
88. Физико-химические условия существования гидробионтов.
89. Физико-химические явления в водоемах.
90. Физико-химический механизм самоочищения.
91. Формы применения ферментов как катализаторов
92. Фунгицидные препараты.
93. Экологические основы жизнедеятельности гидробионтов
94. Экологические основы очистки воды и борьбы с биотическими помехами.
95. Энтомопатогенные микробиологические препараты

Симаков Ю.Г.

Санитарная гидробиология

Рабочая программа для бакалавров очной формы обучения, по специальности 110900.62 – «Водные биоресурсы и аквакультура»

Подписано к печати:

Тираж:

Заказ №:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБРАЗОВАНИЯ
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ**

(образован в 1953г)

**Институт «Биотехнологий и рыбного хозяйства» (БиРХ),
кафедра «Биоэкологии и ихтиологии»**



www.mgutm.ru

Утверждаю:

Директор Института «Биотехнологий и рыбного
хозяйства» (БиРХ) МГУТУ им. К.Г. Разумовского

Никишин А.Л.

«___» _____ 2010г

СИМАКОВ Ю.Г., ГОРБУНОВ А.В.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Санитарная гидробиология

**По специальности - 110901.65 «Водные биоресурсы и
аквакультура»**

Степень выпускника – *специалист*

Срок обучения – полный, сокращенный

Форма обучения – ОЧНАЯ, ЗАОЧНАЯ

Москва, 2010

УДК 639.3

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» Московского государственного университета технологий и управления (протокол №8 от 23 сентября 2010г) и рекомендована к рассмотрению на заседание Ученого Совета институту.

Рабочая программа одобрена и утверждена на заседании Ученого Совета института «Биотехнологий и рыбного хозяйства» Московского государственного университета технологий и управления (протокол №9 от 01 ноября 2010г)

Разработчик РП: *Горбунов А.В.*

Автор (составитель): *д.б.н., проф., Симаков Ю.Г.*
к.б.н., доц., Горбунов А.В.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ГОС ВПО и предназначена для студентов всех форм и видов обучения, по специальности «Водные биоресурсы и аквакультура»

Рецензенты:

д.б.н., проф. Амбросимова Н.А. (АзНИИРХ)

д.б.н., зав. сектором Микодина Е.В. (ВНИРО)

© Симаков Ю.Г., Горбунов А.В. Санитарная гидробиология: *Рабочая программа для студентов всех форм и видов обучения, по специальности 110901.65 «Водные биоресурсы и аквакультура» / Сер. Рабочая учебно-методическая документация МГУТУ. –М.: МГУТУ, 2010. – 15с. Ред.2. перераб.*

© ГОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления», 2010.

109004, Москва, Земляной вал, 73.

Институт «БиРХ», кафедра «Биоэкологии и Ихтиологии», 2010.

117452, Москва, ул. Болотниковская, 15. тел: (499) 317-2936, 317-2927

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

Накопление знаний о гидробионтах в экологическом плане. Природные сообщества водных организмов, составляющие население водной среды. Освоение комплекса биологических вопросов, связанных с использованием и защитой природных вод от загрязнений, изучением процессов самоочищения загрязнённых вод и методов биологической очистки, оценки степени загрязнения воды по наличию определённых индикаторных организмов, значение водных организмов как агентов процесса самоочищения. Смежные вопросы, касающиеся биологических помех водоснабжению и эксплуатации судов (обрастание микроорганизмами и прикрепленными животными корпусов судов, различных аппаратов и гидротехнических устройств, труб и водоводов тепловых электростанций, зарастание водохранилищ водными растениями, повреждение судов и портовых сооружений древоточцами и камнеточцами).

Задачами дисциплины являются:

Формирование представления о качестве воды с санитарно-экологических позиций, ознакомление с процессами биологической трансформации основных видов загрязнения водной среды в естественных и промышленных условиях, ознакомление с основными методами биологического контроля качества вод, изучение влияния санитарного состояния водной среды и используемых кормов в обеспечении эпизоотического благополучия объектов аквакультуры.

Изучение процессов загрязнения и самоочищения водоемов, токсического действия отдельных веществ на гидробионтов, их популяции и биоценозы (водная токсикология), биологические основы водоснабжения и очистки сточных вод, меры борьбы с цветением и зарастанием водоемов. Способствовать обеспечению человечества высококачественной водой для сохранения жизни и здоровья, развитию промышленности и повышению продуктивности сельского и рыбного хозяйства.

2. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- Знать:
 - Общие закономерности гидробиологических процессов в загрязненных водах и принципы самоочищения водоемов;
 - Методы исследования бентали и пелагиали и влияние биогенных и абиогенных факторов на гидробионты;
 - Проблемы, связанные с повышением биопродукционных возможностей и рыбопродуктивности водоемов;
 - Закономерностей органолептических качеств воды;
 - Современные приемы для санитарных гидробиологических исследований и эффективные методы прикладных мероприятий;
 - Вопросы региональной гидробиологии, связанные с морями и внутренними водами России.
- Уметь:
 - Определять виды планктона и бентоса, стадии цикломорфоза, защитные приспособления у гидробионтов к перенесению неблагоприятных условий;
 - Осуществлять картирование загрязнений (качества воды);
 - Определять экспресс-методами качество воды на показательных тест-организмах;
 - Применять токсикологические исследования на представительных гидробионтах, и, по их изменению делать выводы о загрязненных водах.

Распределение трудоемкости дисциплины

В соответствии с учебным планом:

Наименование дисциплины	общий	Объем занятий в ак. часах							
		всего	лек-ций	лаб. зан.	прак зан.	сам. раб.	к.р.	экз.	зач.
Санитарная гидробиология	90	4	4	-	-	86	-	4	-

В том числе по курсам:

4 курс			5 курс			6 курс		
лек	лаб	пр	лек	лаб	пр	лек	лаб	пр
4								

Тематический план теоретических занятий

№	Наименование темы	Ак. часов
1.	Санитарная гидробиология, отличие от водной токсикологии. Классификация загрязнений водоемов. Действие на гидробионты.	2
2.	Магнификация загрязнителей в пищевых цепях. Пути предотвращения загрязнений.	2
3.	Биотестирование и установление эколого-рыбохозяйственных ПДК. Инструментальные методы.	2
4.	Сапробность и сапротаксобность, зоны сапробности.	2
	ВСЕГО:	8

Перечень тем для самостоятельного освоения

1. Канцерогенные вещества, мутагены и их влияние на биопродуктивность. Совместное действие нескольких токсикантов на гидробионтов.
2. Индикаторные формы гидробионтов. Значение индикаторных бактерий в системе контроля качества вод.
3. Канцерогенные вещества, мутагены и их влияние на биопродуктивность.
4. Биологически активные вещества и гидробионты.
5. Устройство баклабораторий. Режим работы. Техническое обеспечение.
6. Питательные среды (общего пользования, дифференциальные, элективные, селективные).
7. Сбор, обработка и хранение материалов для санитарно-бактериологического исследования.
8. Техника посева на жидкие и агаровые питательные среды.
9. Основы идентификации. Изучение основных биохимических и морфологических характеристик.
10. Бактериологическая обработка проб воды из рыбоводных хозяйств (раститровка, посев на ряды диагностических сред).

11. Схема санитарно-бактериологического исследования водных проб.
12. Учет первичных посевов. Расчет НВЧ микробного числа.
13. Учет результатов экспресс-индикации коли-форм, патогенных псевдомонад, сульфатредуцирующих бактерий.
14. Выделение чистых культур.
15. Изучение общего микробного пейзажа водных проб. Определение доминирующего бактериального фона (окраска по Граму, тест с КОН, оксидазный тест, тест окисления-ферментации, подвижность). Анализ полученных результатов.
16. Оценка санитарно-бактериологического состояния обследуемого водоема.
17. Схема санитарно-бактериологического исследования проб воды.
18. Микробиологическое исследование проб гранулированного корма, используемого для выращивания рыб.
19. Биологическая очистка сточных вод и биоиндикация очистки воды.
20. Влияние рН на гидробионты.
21. Взвешенные вещества в водоемах и их действие на гидробионты.
22. Растворимый кислород и его роль в жизни гидробионтов.
23. Бактериальное загрязнение водоемов. Методы анализа.
24. Тяжелые металлы. Накопление в гидробионтах и пищевых цепях.
25. Совместное действие нескольких токсикантов на гидробионты
26. Синергизм, аддитивное действие токсикантов.
27. Методы повышения биопродуктивности, защита от токсикантов.
28. Организация биомониторинга в санитарной гидробиологии.
29. Использование методов генной инженерии в санитарной гидробиологии.
30. Биотехнология защиты окружающей среды от загрязнений

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Санитарная гидробиология, как одно из прикладных направлений общей гидробиологии, пользуется в основном методами последней с определенной интерпретацией данных. Программа полевых и лабораторных исследований по санитарной гидробиологии строится в соответствии с задачами и объемом интересов.

Приборный парк санитарной гидробиологии не выделяется в самостоятельный по набору приборов, оборудования и материалов.

Количественные и качественные данные, полученные по биосистемам водоемов, в общегидробиологических исследованиях в полной мере могут быть использованы для оценки экологического, санитарного, гигиенического, продукционного и рекреационного состояния водоема и водотока.

В санитарной гидробиологии, как в экологии, в широком смысле приемлем главный метод - количественный: все считается и протоколируется. Ряды наблюдений (чем длиннее, тем лучше) позволяют построить экологическую модель водоема по признаку загрязнения.

Методология исследований по качеству воды в наиболее общем плане должна строиться на определении:

- состава показателей, подлежащих контролю;
- принципов размещения пунктов наблюдений;
- сроков проведения исследований;
- необходимости и достаточной степени точности измерений;
- способов обобщения, хранения и представления информации.

Необходимым условием эффективности работ по качеству воды является комплексность проведения исследований, синхронность всех систем наблюдений и унификация методов получения и интерпретации результатов.

Поскольку основные задачи санитарного исследования направлены на установление качества воды водоема как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения и рекреационного использования, то в интересах санитарной гидробиологии непременным условием становится знание разных сторон жизни водоема:

- состояние охранной зоны, особенно для водоемов хозяйственно-питьевого назначения;
- условия формирования поверхностного стока, т.е. должна быть обследована водосборная площадь;
- характер и площади растительности на берегах водоема;
- размещение населенных пунктов, их санитарное состояние, промышленных предприятий, организация сбора, очистки и сброса сточных вод;
- размещение и состояние портов, портовых сооружений, места отстоя судов;
- сельскохозяйственное использование земель на водосборной территории, виды и количество используемых удобрений, места выпаса и загонов для скота; санитарное состояние пляжей.

Биологические характеристики водных экосистем должны быть тесно увязаны с химическими и гидрологическими, причем они должны определяться

одновременно, в комплексе. Одними из главных гидрологических данных для реки следует назвать:

- расход реки, определяющий степень воздействия загрязнений на ее воды, влияющий на скорость разбавления, например сточных вод и процесс самоочищения реки;
- характер распределения загрязнений по руслу при рассеянном выпуске сточных вод и при прямоточном, с тем чтобы выделить «факел» сброса по руслу и определиться в выборе створов наблюдений;
- глубина водоема, необходима для выбора точек и метода отбора проб воды и грунта, для определения средней скорости по вертикали и интенсивности перемешивания воды и скорости разбавления загрязнений.

Для озер и водохранилищ необходимо установить акваторию загрязнений и выделить водные массы с разной степенью загрязнений (качества воды), характер распределения загрязнений на пути стока из озера или через плотину водохранилища, или под влиянием ветрового перемешивания, установить зоны аккумуляции загрязнений, наличие и характер вторичного загрязнения. Совершенно необходимо исследовать грунты водоемов с целью определения их загрязнения, особенно илов на глубинах и в зонах замедленного водообмена.

Санитарно-гидробиологические исследования должны носить мониторинговый характер, сезонный, круглогодичный и многолетний. При наличии длинных рядов наблюдений можно строить прогноз качества воды и давать рекомендации по хозяйственному использованию вод и принятию управляющих решений по охране водоемов от загрязнений.

Санитарная гидробиология как наука.

Значение санитарно-биологических исследований и основные направления в современных условиях.

Этапы развития санитарной гидробиологии как науки, ориентированной на сохранение качества водной среды, ее пригодности для жизни водных организмов и различных видов водопользования.

Загрязнение водоемов.

Основные виды загрязняющих веществ. Загрязнение минеральными веществами. Органические природные загрязнения (биологические отходы, углеводороды и др.). Органические синтетические загрязнения (ксенобиотики), ПАВ, пестициды, гербициды и другие галогеносодержащие ксенобиотики. Микробное загрязнение.

Тяжелые металлы. Радионуклиды. Термофикация и ацидофикация водной среды. Источники и пути поступления загрязняющих веществ.

Влияние загрязняющих водную среду веществ на жизнь водных организмов и здоровье человека. Вода как фактор распространения возбудителей инфекционных болезней человека и сельскохозяйственных животных.

Биологическое самоочищение водоемов.

Изменение состояния и структуры экологических систем водоемов в результате различных антропогенных воздействий.

Особенности взаимодействия различных видов гидробионтов с минеральными и органическими загрязнениями природного происхождения. Трансформация органических загрязнений, её пути и конечные продукты. Взаимодействие различных видов гидробионтов с тяжелыми металлами.

Судьба радиоактивных отходов в гидросфере. Биологическая трансформация ксенобиотиков. Миграция загрязнителей по трофическим цепям при самоочищении воды.

Биологический контроль качества поверхностных вод.

Качество воды различных видов водопользования с экологических и санитарно-эпидемиологических позиций.

Система биологического контроля качества вод. Планктонные организмы в оценке качества поверхностных вод. Бентосные организмы в качестве индикаторов различных видов загрязнений.

Комплексная санитарно-экологическая классификация качества поверхностных вод. Методы контроля качества вод (биофизические, микробиологические, эколого-физиологические).

Современные способы индикации чистоты вод, унифицирование индикаторных систем. Биотестирование – интегральный метод оценки качества вод.

Нормативные документы по обеспечению качества воды. Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.

Цветение водоемов и его влияние на качество воды. Воздействие метаболитов на качество воды. Влияние обрастаний на качество воды, меры борьбы с обрастаниями.

Учение о санитарно-показательных микроорганизмах.

Требования к санитарно-показательным микроорганизмам. Основные группы санитарно-значимых форм.

Санитарно-показательные микроорганизмы водной среды в системе профилактических противозидемических мероприятий.

Значение санитарно-показательных микроорганизмов в эколого-гигиенической оценке водоемов. Методы индикации санитарно-значимых форм бактерий.

Нормативные документы.

Биотехнология защиты окружающей среды от загрязнений. Традиционные аэробные и анаэробные способы биологической очистки сточных вод, их достоинства и недостатки.

Современные направления биотехнологии очистки сточных вод. Микробиологическая очистка.

Утилизация технических шлаков.

Безотходное производство – решение экологических проблем.

Санитарные микробиологические исследования в практике рыбохозяйственной деятельности.

Влияние аквакультуры на гидробиоценозы и водную среду. Аквакультура и проблема качества воды. Санитарно-бактериологическое состояние водной среды и здоровья объектов аквакультуры.

Значение санитарно-микробиологического качества кормов в патологии выращиваемой рыбы.

РЕКОМЕНДУЕМА ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.
2. Константинов А.С. Общая гидробиология: Учебник для вузов.-М.: Высшая школа. 1979. -480с. Изд. 3-е, перераб. и доп.
3. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПбМ.: Наука, 2000. -147с.
4. Мурадова Е.О., Ткаченко К.В. Микробиология. /Сер.. Учебный курс: Кратко и доступно. – М.: Эксмо, 2009. -336с.

Дополнительная:

5. Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М .: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.

6. Водоснабжение и канализация. / Сер. Евродача: строим - обновляем – ремонтируем. –М.: Диля, 2008. -160с.
7. Галынкин В.А., Заикина Н.А., Потехина Т.С. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии с основами асептики и биотехнологии. -Курск: КГМУ, 2002. -236с.
8. Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
9. Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
10. Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
11. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001 / Сер. Строительство России. –М.: ДЕАН, 2008. -192с.
12. Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
13. Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
14. Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.
15. Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
16. Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические вопросы: Учебное пособие. –М.: Мир, 2004. -432с.
17. Яшнов В.А. Малый практикум по гидробиологии. –М.: URSS, 1952. - 266с.

ВОПРОСЫ К ИТОГОВОМУ КОНТРОЛЮ

1. *Антропогенная эвтрофикация и термофикация водоемов.*
2. *Бактериальные энтомопатогенные препараты.*
3. *Бентос и перифитон.*
4. *Био(цено)химические индексы, или оценка степени загрязнения.*
5. *Биогеохимические циклы в гидроэкосистемах.*
6. *Биодеградация: пестициды, дегалогенирование, взрывчатые вещества.*
7. *Биоиндикация загрязнения водоемов.*
8. *Биологическая продуктивность водных экосистем и пути ее повышения. Первичная продукция. Вторичная продукция.*
9. *Биологическое самоочищение водоемов и формирование качества воды.*

10. Биотехнология как альтернатива химической технологии.
11. Биотические индексы.
12. Биотический круговорот в водоеме.
13. Биохимические характеристики водных микроорганизмов.
14. Вещества, содержащиеся в природной воде.
15. Водно-солевой обмен гидробионтов. Экологическое значение солености и солевого состава воды.
16. Водные экосистемы. Структурные и функциональные особенности водных экосистем.
17. Водохранилища: физико-химические условия жизни гидробионтов.
18. Высшие организмы как экосистема и экологическая ниша для микробных сообществ.
19. Генетически измененные микроорганизмы - получение и роль в окружающей среде
20. Генетически измененные микроорганизмы как новый фактор воздействия на окружающую среду.
21. Генетический обмен в микробных сообществах. Горизонтальная передача генетической информации.
22. Гидробиологический мониторинг.
23. Гидробиоценозы. Трансформация веществ и энергии.
24. Гидроэкосистемы и экологические основы их рационального освоения.
25. Горизонтальный обмен генетической информацией
26. Грибные энтомопатогенные препараты.
27. Дыхание гидробионтов. Адаптация гидробионтов к газообмену. Устойчивость гидробионтов к дефициту кислорода и заморные явления.
28. Дыхание и брожение, аэробноз и анаэробноз.
29. Евтрофирование водоемов.
30. Жизненные формы гидробионтов. Планктон и нектон.
31. Загрязнение водоемов.
32. Индексы сапробности.
33. Индексы сходства видового состава.
34. Использование биокатализаторов как путь построения безотходных и очищающих технологий.
35. Использование растворенных и твердых веществ водными организмами.
36. Использование ферментов в качестве каталитических агентов
37. Источники загрязнения водных объектов.
38. Качество воды и глобальная проблема «чистой воды».
39. Конструирование метаболомов, метаболическая инженерия.
40. Конструирование штаммов для биоремедиации.

41. *Континентальные водоемы и их деградация.*
42. *Культивируемые и некультивируемые микроорганизмы из природных источников.*
43. *Метаболизм микроорганизмов, его особенности.*
44. *Методические основы оценки самоочищения.*
45. *Методология и методы санитарной гидробиологии.*
46. *Методы выделения микроорганизмов из природных источников и исследования структуры микробных сообществ.*
47. *Методы идентификации микроорганизмов*
48. *Методы исследования структуры микробных сообществ*
49. *Методы конструирования промышленных штаммов микроорганизмов.*
50. *Механизм самоочищения водоема.*
51. *Микробиологические средства защиты растений - принципы действия препаратов и их производство.*
52. *Микробиологические средства защиты растений.*
53. *Микробиологические стимуляторы и удобрения.*
54. *Микробные сообщества как компоненты более сложных экосистем.*
55. *Микроорганизмы как индикаторы загрязнения окружающей среды*
56. *Молекулярно-биологические методы исследования микроорганизмов и микробных сообществ. Маркерные гены, их выбор.*
57. *Молекулярно-биологические методы исследования микроорганизмов и микробных сообществ*
58. *Новообразование органического вещества и энергобаланс водных экосистем.*
59. *Опишите типы метаболизма микроорганизмов*
60. *Основные биохимические пути биodeградации отходов.*
61. *Основные типы взаимоотношений между участниками микробных сообществ*
62. *Охарактеризуйте особенности метаболизма микроорганизмов*
63. *Пелагобентос, нейстон и плейстон.*
64. *Питание гидробионтов. Спектры питания и пищевая селективность. Интенсивность питания и усвоение пищи.*
65. *Понятие о метаболической инженерии*
66. *Природная микрофлора как источник штаммов микроорганизмов, перспективных для промышленного использования и создания на их основе промышленных продуцентов.*
67. *Процессы самоочищения окружающей среды за счет деятельности микроорганизмов.*
68. *Разъясните понятие "микробное сообщество"*

69. *Распределение минеральных и химических веществ в водоеме.*
70. *Распространение микроорганизмов и особенности их метаболизма, определяемые экологическими нишами обитания.*
71. *Роль биотехнологии в концепции устойчивого развития*
72. *Роль гидробионтов в процессах самоочищения водоемов от загрязняющих токсикантов*
73. *Роль и задачи санитарной гидробиологии.*
74. *Роль микроорганизмов как индикаторов загрязнения окружающей среды.*
75. *Рост, развитие и энергетика гидробионтов.*
76. *Сообщества микроорганизмов. Структура сообществ. Взаимоотношения между участниками сообщества.*
77. *Структура водной фитопопуляции. Продукция органического вещества и трансформация энергии.*
78. *Структура и функциональные особенности популяций гидробионтов.*
79. *Сукцессионные процессы в гидроэкосистемах.*
80. *Термические и оптические свойства воды.*
81. *Типы автотрофного питания: фотоавтотрофный, хемоавтотрофный.*
82. *Типы гетеротрофного питания: органотрофный, литотрофный.*
83. *Типы и последствия загрязнения водоемов.*
84. *Типы метаболизма: автотрофный, гетеротрофный.*
85. *Трансформация веществ и энергии в гидробиоценозах*
86. *Укажите основные отличия аэробного и анаэробного типов метаболизма*
87. *Укажите основные типы взаимоотношений между участниками микробных сообществ*
88. *Физико-химические условия существования гидробионтов.*
89. *Физико-химические явления в водоемах.*
90. *Физико-химический механизм самоочищения.*
91. *Формы применения ферментов как катализаторов*
92. *Фунгицидные препараты.*
93. *Экологические основы жизнедеятельности гидробионтов*
94. *Экологические основы очистки воды и борьбы с биотическими помехами.*
95. *Энтомопатогенные микробиологические препараты*

Симаков Ю.Г. , Горбунов А.В.
Санитарная гидробиология

*Рабочая программа для студентов всех форм и видов обучения, по
специальности «Водные биоресурсы и аквакультура»*

Подписано к печати:
Тираж:
Заказ №:

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ
(образован в 1953г)**

Кафедра биоэкологии и ихтиологии

Модульный обучающий комплекс МГУТУ

Система вузовской учебной документации

Симаков Ю.Г.

САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

*Учебно-методическое пособие для студентов
всех форм и видов обучения, по специальности
110901 - Водные биоресурсы и аквакультура*



www.mgutm.ru

Москва, 2009

УДК 639.3

© Симаков Ю.Г. Санитарная гидробиология: Учебно-методическое пособие. / Сер. Система вузовской учебной документации. –М.: МГУТУ, 2009. -20с. Изд. 2-е, дополнен.

Обработка материала, компьютерная графика и верстка: Горбунов А.В.

Рассмотрено на заседании кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» МГУТУ протокол №7 от 19.04.2009г и рекомендовано в качестве учебно-методического пособия.

Рекомендовано Институтом информатизации образования РАО.

Обучение по дисциплине строится по блочно-модульной системе. Под учебным модулем понимается целостная функциональная система, в которой объединены информационная, исполнительская и контролирующая части.

Сущность модульного обучения заключается в самостоятельном освоении предлагаемых по данной дисциплине функциональных модулей в соответствии с образовательным стандартом и рабочей программой.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех форм и видов обучения, по специальности 110901 - Водные биоресурсы и аквакультура

Автор (составитель): д.б.н., профессор Симаков Ю.Г.

Рецензенты:

д.б.н., проф. Амбросимова Н.А. (АзНИИРХ)

д.б.н., зав. сектором Микодина Е.В. (ВНИРО)

Редактор: Коновалова Л.Ф.

© Московский государственный университет технологий и управления, 2009.

109004, Москва, Земляной вал, 73.

кафедра "Биоэкологии и Ихтиологии", 2009.

117452, Москва, ул. Болотниковская, 15. тел: (499) 317-2936, 317-2927

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДИКА МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ	4
ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ДИСЦИПЛИНЫ:	9
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..	10
РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ	13
РК 1: МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАПИСАНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	13
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....	15
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	15
ОБОБЩАЮЩИЙ (ИТОГОВЫЙ) КОНТРОЛЬ.....	17

МЕТОДИКА МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

1. Модульно-рейтинговая технология обучения студентов принята в университете в целях активизации и повышения эффективности аудиторной и самостоятельной работы студентов.

Модульно - рейтинговый подход включает два ключевых понятия: модуль и рейтинг.

Модуль - это логически завершенная часть (тема, раздел) курса, который заканчивается контрольной акцией и оценивается в баллах.

Рейтинг - это сумма баллов, набранная студентом в течение некоторого промежутка времени по определенным правилам.

2. Сущностью модульно-рейтинговой технологии обучения является изучение учебного материала той или иной дисциплины отдельными блоками (модулями) с оценкой знаний обучающегося в виде суммы баллов за каждый вид учебной работы, предусмотренный модульной программой.

3. В основу модульной системы обучения и контроля положены следующие принципы:

- перенос центра тяжести учебного процесса на самостоятельную работу студентов;
- отказ от поточного метода обучения и переход к индивидуальной подготовке специалистов;
- резкое возрастание роли текущего контроля;
- отказ от традиционных форм оценки знаний и внедрение системы рейтинга.

При успешном освоении курса по данной системе обучения у студента отпадает необходимость или упрощается процедура сдачи экзаменов и зачетов.

4. Приступая к модульной системе обучения, студент должен получить необходимые методические материалы, в которых представлены структура курса и модульная программа.

В комплект методических материалов входят:

- учебно-методическое пособие по курсу;
- учебно-практические пособия по курсу (модули);

Дополнительно в материалы могут входить:

- электронные учебники;
- справочные материалы;
- деловые игры;
- прочие материал по усмотрению кафедры.

5. Система оценки знаний в модульно-рейтинговой технологии обучения предусматривает следующие виды контроля:

- входной контроль, определяющий степень усвоения студентами ранее изученного материала;
- текущий контроль, определяющий степень усвоения студентом теоретической и практической части учебной программы каждого модуля;
- рубежный контроль, позволяющий оценить подготовку студента по одному или нескольким модулям;
- итоговый контроль, устанавливающий качество усвоения материала по всем модулям, составляющим изучаемый курс.

Входной контроль позволяет преподавателю оценить индивидуальную и общую подготовку студентов к изучению учебного материала. Результаты входного контроля не влияют на рейтинг студента.

Текущий контроль осуществляется преподавателем по результатам выполнения студентом учебной работы, предусмотренной программой данного модуля.

Объектом текущего контроля является посещение лекций, выполнение заданий в ходе практических занятий, выполнение лабораторных работ, курсовых проектов (работ), расчетно-графических и контрольных работ, написание рефератов, а также иные виды деятельности, утвержденные для каждого модуля в рамках изучаемой дисциплины.

Рубежный контроль подводит итог изучения модуля или ряда модулей дисциплины.

Если в ходе изучения модуля студент должен приобрести практические навыки, качество которых можно оценить по результатам текущего контроля (например, составить компьютерную программу), то в этом случае рубежный контроль не является обязательным.

Итоговый контроль проводится в письменной, в устной форме или в виде тестового задания. Форма проведения итогового контроля по дисциплине определяется кафедрой.

Итоговый рейтинг студента определяется как по результатам текущего и рубежного контроля, так и по результатам итогового контроля. При этом считается, что студент изучил весь курс, если по каждому модулю он набрал **минимальный рейтинг**.

6. Для расчета количества баллов весь курс разбивается на модули.

Минимальная сумма баллов по всем модулям дисциплины (без итогового контроля) в сумме составляет **60** баллов.

Если студент не набирает минимально возможного количества баллов по модулю, то такой модуль считается не изученным. В этом случае, студенту назначается дополнительный день, когда он сможет устно или письменно сдать

ведущему преподавателю отдельные темы модуля или пройти повторно рубежный контроль. *Такая возможность предоставляется студенту только один раз.*

Если студент не набрал минимального количества баллов по какому-либо модулю дисциплины (модуль признан не изученным), то он не допускается к итоговой оценке знаний (экзамену или дифференцированному зачету).

После окончания сессии, в установленное время, студенту может быть предоставлена возможность повторно ликвидировать задолженность.

Если набранное количество баллов по модулю будет снова меньше минимально возможного, то студент получает по дисциплине оценку «неудовлетворительно» и отчисляется за неуспеваемость.

Если баллов набрано достаточно, то модуль признается изученным и студент допускается к итоговой оценке знаний.

Максимально возможная сумма баллов по дисциплине (без итогового контроля) составляет 100. В эту сумму входят рейтинговые баллы, набранные студентами в ходе текущего и рубежного контроля при изучении всех модулей курса.

7. Количество промежуточных этапов текущего контроля (контрольных точек) учебной работы студентов по каждому модулю, их форму и сроки устанавливает кафедра, преподающая данную дисциплину.

Преподаватель кафедры, ведущий занятия со студенческой группой, обязан проинформировать группу об этом решении кафедры на первом занятии.

Оценка результатов текущего контроля зависит от сроков и качества выполнения студентами полученного задания. Сроки проведения текущего контроля устанавливаются преподавателем дисциплины в соответствии с расписанием занятий.

Студент, не сдававший вовремя текущий контроль (за исключением уважительных причин), получает **0** баллов.

По усмотрению преподавателя ему может быть назначен новый срок (до двух недель) с выставлением рейтинга с понижающим коэффициентом:

СРОК СДАЧИ	ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
В срок	1
1-ая неделя после установленного срока	0,9
2-ая неделя после установленного срока	0,8
более 2-х недель после установленного срока	0,7

Кроме того, понижающий коэффициент используется для отражения качества выполнения задания:

КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ	ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
Отлично	1
Хорошо	0,8
Удовлетворительно	0,6

Студентам может быть предоставлена возможность по индивидуальному графику досрочно пройти систему текущего тестового контроля по всем модульным программам теоретической части курса или одного семестра.

8. Все преподаваемые в университете дисциплины по итоговой оценке знаний могут заканчиваться:

- экзаменом;
- зачетом с оценкой (дифференцированным зачетом);
- зачетом.

Ответ студента на экзамене или дифференцированном зачете оценивается суммой от **10** до **20** рейтинговых баллов.

Оценка в **9** и менее баллов считается неудовлетворительной, студенту за экзамен выставляется **0** баллов и общая оценка «неудовлетворительно».

Студенты, не сдавшие экзамен (итоговый контроль) по расписанию, имеют право пройти переэкзаменовку (вторичный итоговый контроль) после окончания сессии, но не более двух раз.

Во второй раз передача экзамена (дифференцированного зачета) осуществляется в присутствии комиссии, назначаемой заведующим кафедрой, в срок не позднее начала следующей сессии.

Студент, по неуважительной причине не ликвидировавший задолженность до начала следующей сессии, к занятиям не допускается и отчисляется из университета.

9. Студенты, показавшие высокие результаты в ходе изучения каждого модуля, могут получить определенные поощрения.

Так, студенты, набравшие по дисциплинам с экзаменом или дифференцированным зачетом в ходе текущего и рубежного контроля сумму от **70** до **100** баллов (по всем модулям курса), имеют право получить итоговую оценку *без итогового контроля*, в соответствии со следующей шкалой пересчета баллов:

- от **70** до **79** баллов - «удовлетворительно»;
- от **80** до **89** баллов - «хорошо»;
- от **90** до **100** баллов - «отлично».

Для студента, набравшего от **60** до **69** баллов, - итоговая аттестация обязательна.

10. Студент получает оценку «зачет» по дисциплине, если он набрал не менее **60** баллов по результатам текущего и рубежного контроля.

11. Студент может повысить свой рейтинг и получить более высокую

итоговую оценку, сдав итоговый экзамен.

В этом случае, по результатам текущего, рубежного и итогового контроля студенту выставляется традиционная оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), в соответствии со следующей шкалой пересчета рейтинговых баллов:

- от **70 - 84** - «удовлетворительно»;
- от **85 - 99** - «хорошо»;
- более **100** - «отлично».

12. По итогам изучения дисциплины преподаватель проводит рейтинговую оценку студентов по установленной форме. Один экземпляр заполненной формы остается на кафедре, другой передается в деканат для оценки суммарного рейтинга студента не позднее 1 недели после окончания экзаменационной сессии.

13. Курсовой проект (работа), расчетно-графическая и контрольная работа, содержательно охватывающие несколько модулей курса, рассматриваются как самостоятельный модуль с присвоением определенного количества баллов в пределах общей суммы баллов, отведенных на изучение дисциплины (**100**).

Количество рейтинговых баллов по названным выше видам работ определяется ведущим преподавателям и отражается в Модульной карте дисциплины.

14. Суммарный рейтинг студента рассчитывается в деканате исходя из суммы баллов набранных им по всем дисциплинам курса.

Кроме того, деканат определяет средний балл успеваемости студентов по закрепленным за ним специальностям.

Эти сведения представляются в Учебно-методический центр не позднее 15 июля каждого года для анализа успеваемости по всем специальностям университета.

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

Дисциплина включает в себя ряд модулей, подлежащих освоению. Перечень и функциональная структура модулей показана ниже:

Методика модульно-рейтинговой оценки качества подготовки специалистов. Путеводитель по модульной структуре дисциплины. Рабочая программа по освоению дисциплины. Рубежный контроль: РК 1 Методические указания по написанию контрольной работы. Лабораторно-практические работы. Рекомендуемая литература. Обобщающий (итоговый) контроль.	Уч-МП
Экологические аспекты проблемы чистой воды и охраны водных экосистем. Загрязнение водоемов. Радионуклиды. Нефть. Пестициды. Тяжелые металлы и другие вещества. Антропогенная эвтрофикация и термофикация водоемов. Проявления и причины антропогенной эвтрофикации. Предупреждение антропогенной эвтрофикации. Термофикация водоемов. Биологическое самоочищение водоемов и формирование качества воды. Минерализация органического вещества. Биоседimentация и осветление воды. Биологическая детоксикация. Фотосинтетическая аэрация воды и обогащение ее метаболитами.	Уч-ПП Модуль 1
Экологические основы очистки воды и борьбы с биологическими помехами. Экологические аспекты очистки сточных вод. Экологические основы питьевого водоснабжения. Экологические основы борьбы с биологическими помехами. Экологические основы охраны гидросферы. Биологическая индикация загрязнения водоемов. Мезосапробные воды. Токсикологический контроль. Гидробиологический мониторинг.	Уч-ПП Модуль 2

Где: Уч-МП – учебно-методическое пособие;

Уч-ПП – учебно-практическое пособие.

Ваше текущее местоположение затенено серым цветом.

Рабочая программа по освоению дисциплины

Цели преподавания дисциплины

В результате изучения санитарной гидробиологии должны быть накоплены знания о гидробионтах в экологическом плане.

Задачи изучения дисциплины

Знать: Основы санитарной гидробиологии, методы исследования бентали и пелагиали и влияние биогенных и абиогенных факторов на гидробионты, проблемы, связанные с повышением рыбопродуктивности водоемов, вопросы региональной гидробиологии, связанные с морями и внутренними водами России.

Уметь: Определять виды планктона и бентоса, стадии цикломорфоза, защитные приспособления у гидробионтов к перенесению неблагоприятных условий.

Примерный тематический план теоретических занятий

№	Наименование лекций
1	Санитарная гидробиология, отличие от водной токсикологии. Классификация загрязнений водоемов. Действие на гидробионты.
2	Магнификация загрязнителей в пищевых цепях. Пути предотвращения загрязнений.
3	Биотестирование и установление эколого-рыбохозяйственных ПДК. Инструментальные методы.
4	Сапробность и сапротаксобность, зоны сапробности.
5	Биологическая очистка сточных вод и биондикация очистки воды.
6	Влияние pH на гидробионты.
7	Взвешенные вещества в водоемах и их действие на гидробионты.
8	Растворимый кислород и его роль в жизни гидробионтов.
9	Бактериальное загрязнение водоемов. Методы анализа.
10	Тяжелые металлы. Накопление в гидробионтах и пищевых цепях.
11	Канцерогенные вещества, мутагены и их влияние на биопродуктивность.
12	Совместное действие нескольких токсикантов на гидробионты

13	Синергизм, аддитивное действие токсикантов.
14	Биологически активные вещества гидробионтов.
15	Методы повышения биопродуктивности, защита от токсикантов.
16	Организация биомониторинга в санитарной гидробиологии.
17	Использование методов генной инженерии в санитарной гидробиологии.

Рабочая программа по освоению дисциплины

Тема 1. Санитарная гидробиология как наука.

Значение санитарно-биологических исследований и основные направления в современных условиях.

Этапы развития санитарной гидробиологии как науки, ориентированной на сохранение качества водной среды, ее пригодности для жизни водных организмов и различных видов водопользования.

Тема 2. Загрязнение водоемов.

Основные виды загрязняющих веществ. Загрязнение минеральными веществами. Органические природные загрязнения (биологические отходы, углеводороды и др.). Органические синтетические загрязнения (ксенобиотики), ПАВ, пестициды, гербициды и другие галогеносодержащие ксенобиотики. Микробное загрязнение.

Тяжелые металлы. Радионуклиды. Термофикация и ацидофикация водной среды. Источники и пути поступления загрязняющих веществ.

Влияние загрязняющих водную среду веществ на жизнь водных организмов и здоровье человека. Вода как фактор распространения возбудителей инфекционных болезней человека и сельскохозяйственных животных.

Тема 3. Биологическое самоочищение водоемов.

Изменение состояния и структуры экологических систем водоемов в результате различных антропогенных воздействий.

Особенности взаимодействия различных видов гидробионтов с минеральными и органическими загрязнениями природного происхождения. Трансформация органических загрязнений, её пути и конечные продукты. Взаимодействие различных видов гидробионтов с тяжелыми металлами. Судьба радиоактивных отходов в гидросфере. Биологическая трансформация

ксенобиотиков. Миграция загрязнителей по трофическим цепям при самоочищении воды.

Тема 4. Биологический контроль качества поверхностных вод.

Качество воды различных видов водопользования с экологических и санитарно-эпидемиологических позиций.

Система биологического контроля качества вод. Планктонные организмы в оценке качества поверхностных вод. Бентосные организмы в качестве индикаторов различных видов загрязнений.

Комплексная санитарно-экологическая классификация качества поверхностных вод. Методы контроля качества вод (биофизические, микробиологические, эколого-физиологические).

Современные способы индикации чистоты вод, унифицирование индикаторных систем. Биотестирование – интегральный метод оценки качества вод.

Нормативные документы по обеспечению качества воды. Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.

Цветение водоемов и его влияние на качество воды. Воздействие метаболитов на качество воды. Влияние обрастаний на качество воды, меры борьбы с обрастаниями.

Тема 5. Учение о санитарно-показательных микроорганизмах.

Требования к санитарно-показательным микроорганизмам. Основные группы санитарно-значимых форм.

Санитарно-показательные микроорганизмы водной среды в системе профилактических противоэпидемических мероприятий.

Значение санитарно-показательных микроорганизмов в эколого-гигиенической оценке водоемов. Методы индикации санитарно-значимых форм бактерий.

Нормативные документы.

Тема 6. Биотехнология защиты окружающей среды от загрязнений. Традиционные аэробные и анаэробные способы биологической очистки сточных вод, их достоинства и недостатки.

Современные направления биотехнологии очистки сточных вод. Микробиологическая очистка.

Утилизация технических шлаков.

Безотходное производство – решение экологических проблем.

Тема 7. Санитарные микробиологические исследования в практике рыбохозяйственной деятельности.

Влияние аквакультуры на гидробиоценозы и водную среду.

Аквакультура и проблема качества воды. Санитарно-бактериологическое состояние водной среды и здоровья объектов аквакультуры.

Значение санитарно-микробиологического качества кормов в патологии выращиваемой рыбы.

РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ

В порядке рубежного контроля (РК):

- по факту освоения УчПП модуля выполняется контрольная работа в соответствии с методическими указаниями, приведенными ниже (РК 1).

РК 1: Методические указания по написанию контрольной работы

Контрольная работа должна содержать развернутые ответы на 5 вопросов. Первые 3 вопроса контрольной работы определяются по первым буквам фамилии, имени, отчества. А 2 остальных вопроса - по двум последним цифрам шифра зачетной книжки. Если цифры совпадают – выбирается только последняя цифра.

Например: Николаев Алексей Петрович, зачетная книжка №295-96-Ри, выполняет вариант Н, А, П и 9, 5 и если буквы ФИО одинаковые выполняется вариант а, б.

На титульном листе необходимо указать ФИО студента, специальность и форму обучения, курс, номер варианта и номера контрольных вопросов.

В контрольных работах ответы должны сопровождаться рисунками, схемами и т.п. В тетради в клетку писать следует через строчку, оставляя место под поля, вопросы и ответы должны быть четко выделены.

В конце работы приводится перечень использованной литературы, ставится дата и подпись.

Вопросы к контрольной работе:

- А. Предмет санитарной гидробиологии и его значение для охраны водоемов, гидробионтов и людей.
- Б. Основные виды загрязняющих веществ водной среды.
- В. Загрязнения минеральными веществами.
- Г. Органические загрязнения водной среды.
- Д. Микробное загрязнение водоемов.
- Е. Загрязнение воды тяжелыми металлами.
- Ё. Радионуклеиды в водоемах.
- Ж. Биомагнификация загрязнителей в пищевых цепях.
- З. Источники и пути поступления загрязняющих веществ.
- И. Вода как фактор распространения возбудителей болезней.
- К. Самоочищение водоемов.
- Л. Взаимодействие гидробионтов с минеральными и органическими загрязнителями.
- М. Трансформация загрязнителей в пищевых цепях гидробионтов.
- Н. Миграция загрязнителей по пищевым цепям.
- О. Физико-химические методы контроля загрязнения водной среды.
- П. Микробиологический контроль водного загрязнения.
- Р. Гидробиологические методы определения загрязнения.
- С. Зоны сапробности.
- Т. Полисапробная зона и ее обитатели.
- У. α -Мезосапробная зона и ее население.
- Ф. β -Мезосапробная зона и организмы этой зоны.
- Х. Олигосапробная зона и индикаторы.
- Ц. Биотестирование.
- Ч. Методы установления рыбохозяйственных ПДК.
- Ш. Нормативные документы по обеспечению качества воды.
- Щ Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.
- Э. Цветение водоемов.
- Ю. Методы борьбы с цветением водоемов.
- Я. Воздействие метаболитов гидробионтов на качество воды.
 - а) Влияние обрастания на качество воды.
 - б) Методы борьбы с обрастаниями.

Цифровые варианты.

(ответить на последние две цифры шифра).

1. Основные бактерии - загрязнители воды.
2. Вирусные загрязнения воды.
3. Паразиты в водной среде.

4. Традиционные аэробные и анаэробные способы очистки сточных вод.
5. Аэротенки, биоценоз активного ила.
6. Биофильтры. Состав биопленки биофильтра.
7. Замкнутое водоснабжение промышленных предприятий.
8. Специальные микробиологические методы (генная инженерия микроорганизмов деструкторов загрязнителей)
9. Санитарно-биологическое качество комбикормов для рыб.
- 0 Влияние аквакультуры на качество водной среды.

Лабораторно-практические работы

Осуществляется самостоятельная теоретическая подготовка к выполнению следующих лабораторно-практических работ с преподавателем в аудиториях кафедры:

п/п	Наименование лабораторных работ
1.	Канцерогенные вещества, мутагены и их влияние на биопродуктивность.
2.	Совместное действие нескольких токсикантов на гидробионтов
3.	Аддитивное действие токсикантов.
4.	Биологически активные вещества гидробионтов.

Обучаемый должен знать основные понятия и определения изучаемой дисциплины.

Рекомендуемая литература

- 1 Константинов А.С. Общая гидробиология: Учебник для вузов.-М.: Высшая школа. 1979. -480с. Изд. 3-е, перераб. и доп..
- 2 Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПбМ.: Наука, 2000. -147с.
- 3 Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические вопросы: Учебное пособие. –М.: Мир, 2004. -432с.
- 4 Эрхард Ж.П., Сежен Ж. Планктон. Состав, экология, загрязнение. –М.: URSS, 1984. -256с. Пер. с фр.

- 5 Алимов А.Ф. Продукционная гидробиология и функционирование экосистем. // В кн. «Новые идеи в океанологии». Т.1. –СПб.: Наука, 2004. С.264-279.
- 6 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001 / Сер. Строительство России. –М.: ДЕАН, 2008. -192с.
- 7 Водоснабжение и канализация. / Сер. Евродача: строим - обновляем – ремонтируем. –М.: Диля, 2008. -160с.
- 8 Яшнов В.А. Малый практикум по гидробиологии. –М.: URSS, 1952. - 266с.
- 9 Галынкин В.А., Заикина Н.А., Потехина Т.С. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии с основами асептики и биотехнологии. -Курск: КГМУ, 2002. -236с.
- 10 Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Монография. -М.: Наука, 2007. -216с.
- 11 Мурадова Е.О., Ткаченко К.В. Микробиология. /Сер.. Учебный курс: Кратко и доступно. – М.: Эксмо, 2009. -336с.
- 12 Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.
- 13 Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М.: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.
- 14 Константинов А.С. Общая гидробиология. - М.: Высшая школа, 1986.- 466 с.
- 15 Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
- 16 Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
- 17 Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
- 18 Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
- 19 Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
- 20 Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
- 21 Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.

Обобщающий (итоговый) контроль

Примерные вопросы ИТОГОВОГО (обобщающего) контроля, по факту освоения дисциплины:

- 1 Аэротенки, биоценоз активного ила.
- 2 Биомагнификация загрязнителей в пищевых цепях.
- 3 Биотестирование.
- 4 Биофильтры. Состав биопленки биофильтра.
- 5 Взаимодействие гидробионтов с минеральными и органическими загрязнителями.
- 6 Вирусные загрязнения воды.
- 7 Влияние аквакультуры на качество водной среды.
- 8 Влияние обрастания на качество воды.
- 9 Вода как фактор распространения возбудителей болезней.
- 10 Воздействие метаболитов гидробионтов на качество воды.
- 11 Гидробиологические методы определения загрязнения.
- 12 Загрязнение воды тяжелыми металлами.
- 13 Загрязнения минеральными веществами.
- 14 Замкнутое водоснабжение промышленных предприятий.
- 15 Зоны сапробности.
- 16 Источники и пути поступления загрязняющих веществ.
- 17 Методы борьбы с обрастаниями.
- 18 Методы борьбы с цветением водоемов.
- 19 Методы установления рыбохозяйственных ПДК.
- 20 Миграция загрязнителей по пищевым цепям.
- 21 Микробиологический контроль водного загрязнения.
- 22 Микробное загрязнение водоемов.
- 23 Нормативные документы по обеспечению качества воды.
- 24 Олигосапробная зона и индикаторы.
- 25 Органические загрязнения водной среды.
- 26 Основные бактерии - загрязнители воды.
- 27 Основные виды загрязняющих веществ водной среды.
- 28 Паразиты в водной среде.
- 29 Полисапробная зона и ее обитатели.
- 30 Предмет санитарной гидробиологии и его значение для охраны водоемов, гидробионтов и людей.
- 31 Радионуклиды в водоемах.

- 32 Самоочищение водоемов.
- 33 Санитарно-биологическое качество комбикормов для рыб.
- 34 Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.
- 35 Специальные микробиологические методы (генная инженерия микроорганизмов деструкторов загрязнителей).
- 36 Традиционные аэробные и анаэробные способы очистки сточных вод.
- 37 Трансформация загрязнителей в пищевых цепях гидробионтов.
- 38 Физико-химические методы контроля загрязнения водной среды.
- 39 Цветение водоемов.

Симаков Ю.Г.
Санитарная гидробиология
Учебно-методическое пособие

Подписано к печати:
Тираж:
Заказ №:

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ
(образован в 1953г)**

Кафедра биоэкологии и ихтиологии

Модульный обучающий комплекс МГУТУ

Система вузовской учебной документации

Симаков Ю.Г.

САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

*Учебно-практическое пособие для студентов
всех форм и видов обучения, по специальности
110901 - Водные биоресурсы и аквакультура*

МОДУЛЬ 1



www.mgutm.ru

Москва, 2009

УДК 639.3

© Симаков Ю.Г. Санитарная гидробиология: Учебно-практическое пособие. Модуль 1. / Сер. Система вузовской учебной документации. –М.: МГУТУ, 2009. –52с. Изд. 2-е, дополнен.

Обработка материала, компьютерная графика и верстка: Горбунов А.В.

Рассмотрено на заседании кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» МГУТУ протокол №7 от 19.04.2009г и рекомендовано в качестве учебно-практического пособия.

Рекомендовано Институтом информатизации образования РАО.

Обучение по дисциплине строится по блочно-модульной системе. Под учебным модулем понимается целостная функциональная система, в которой объединены информационная, исполнительская и контролирующая части.

Сущность модульного обучения заключается в самостоятельном освоении предлагаемых по данной дисциплине функциональных модулей в соответствии с образовательным стандартом и рабочей программой.

Учебно-практическое пособие предназначено для студентов всех форм и видов обучения, по специальности 110901 - Водные биоресурсы и аквакультура

Автор (составитель): д.б.н., профессор Симаков Ю.Г.

Рецензенты:

д.б.н., проф. Амбросимова Н.А. (АзНИИРХ)

д.б.н., зав. сектором Микодина Е.В. (ВНИРО)

Редактор: Коновалова Л.Ф.

© Московский государственный университет технологий и управления, 2009.

109004, Москва, Земляной вал, 73.

кафедра "Биоэкологии и Ихтиологии", 2009.

117452, Москва, ул. Болотниковская, 15. тел: (499) 317-2936, 317-2927

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ДИСЦИПЛИНЫ *САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ*

Дисциплина включает в себя ряд модулей, подлежащих освоению. Перечень и функциональная структура модулей показана ниже:

Методика модульно-рейтинговой оценки качества подготовки специалистов. Путеводитель по модульной структуре дисциплины. Рабочая программа по освоению дисциплины. Рубежный контроль: РК 1 Методические указания по написанию контрольной работы. Лабораторно-практические работы. Рекомендуемая литература. Обобщающий (итоговый) контроль.	Уч-МП
Экологические аспекты проблемы чистой воды и охраны водных экосистем. Загрязнение водоемов. Радионуклиды. Нефть. Пестициды. Тяжелые металлы и другие вещества. Антропогенная эвтрофикация и термофикация водоемов. Проявления и причины антропогенной эвтрофикации. Предупреждение антропогенной эвтрофикации. Термофикация водоемов. Биологическое самоочищение водоемов и формирование качества воды. Минерализация органического вещества. Биоседimentация и осветление воды. Биологическая детоксикация. Фотосинтетическая аэрация воды и обогащение ее метаболитами.	Уч-ПП Модуль 1
Экологические основы очистки воды и борьбы с биологическими помехами. Экологические аспекты очистки сточных вод. Экологические основы питьевого водоснабжения. Экологические основы борьбы с биологическими помехами. Экологические основы охраны гидросферы. Биологическая индикация загрязнения водоемов. Мезосапробные воды. Токсикологический контроль. Гидробиологический мониторинг.	Уч-ПП Модуль 2

Где: Уч-МП – учебно-методическое пособие;

Уч-ПП – учебно-практическое пособие.

Ваше текущее местоположение затенено серым цветом.

Выдержка из методики модульно-рейтинговой оценки знаний

Минимальная сумма баллов по всем модулям дисциплины (без итогового контроля) в сумме составляет **60** баллов.

Если студент не набрал минимального количества баллов по какому-либо модулю дисциплины (модуль признан не изученным), то он не допускается к итоговой оценке знаний (экзамену или дифференцированному зачету).

В этом случае студенту назначается дополнительный день, когда он сможет устно или письменно сдать ведущему преподавателю отдельные темы модуля или пройти повторно рубежный контроль. Такая возможность предоставляется студенту только один раз.

Если набранное количество баллов по модулю будет снова меньше минимально возможного, то студент получает по дисциплине оценку «неудовлетворительно» и отчисляется за неуспеваемость.

Если баллов набрано достаточно, то модуль признается изученным и студент допускается к итоговой оценке знаний.

Студент, не сдававший вовремя текущий контроль (за исключением уважительных причин), получает 0 баллов.

По усмотрению преподавателя ему может быть назначен новый срок (в течение до двух недель) с выставлением рейтинга с понижающим коэффициентом в зависимости от срока сдачи от назначенной даты.

Студент получает по дисциплине "зачет", если он набрал не менее **60** баллов по результатам текущего и рубежного контроля. После чего он допускается к итоговому контролю (экзамен или зачет).

После успешного прохождения образовательной программы по дисциплине, сформированной из отдельных модулей, и выполнением всех требований, предусмотренных учебным графиком, данная дисциплина считается освоенной.

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ	6
ТЕМА 1: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ЧИСТОЙ ВОДЫ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ	7
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОЕМОВ	8
<i>Радионуклиды</i>	<i>11</i>
<i>Нефть</i>	<i>12</i>
<i>Пестициды</i>	<i>14</i>
<i>Тяжелые металлы и другие вещества</i>	<i>15</i>
<i>Антропогенная эвтрофикация и термофикация водоемов</i>	<i>18</i>
Проявления и причины антропогенной эвтрофикации	19
Предупреждение антропогенной эвтрофикации	24
<i>Термофикация водоемов</i>	<i>26</i>
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ТЕМЕ:	29
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:	30
ТЕМА 2: БИОЛОГИЧЕСКОЕ САМООЧИЩЕНИЕ ВОДОЕМОВ И ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ	31
МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	32
БИОСЕДИМЕНТАЦИЯ И ОСВЕТЛЕНИЕ ВОДЫ	34
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕТОКСИКАЦИЯ	36
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АЭРАЦИЯ ВОДЫ И ОБОГАЩЕНИЕ ЕЕ МЕТАБОЛИТАМИ	39
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ТЕМЕ:	42
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:	43
ЛАБОРАТОРНЫЕ (ПРАКТИЧЕСКИЕ) ЗАНЯТИЯ	43
ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО МОДУЛЮ ..	44

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ

Активный ил – биологическая масса (флокулированные осадки), образованная во время очистки сточных вод в результате роста бактерий в присутствии растворенного в воде кислорода.

Аэрация – насыщение воды кислородом.

БПК – биологическое потребление кислорода.

ГОСТ – государственный отраслевой стандарт.

ЛК – летальная концентрация.

Минерализация органических веществ – разложение органического вещества до образования диоксида углерода и воды.

Нейтрализация – процесс, основанный на реакции между кислотой и основанием, является одним из методов физико-химической очистки.

Осаждение - предназначено для удаления из воды крупнодисперсных примесей (песка и взвесей) и может быть организовано двумя способами: под действием силы тяжести (отстойники) или центробежной силы.

Пестициды - химические препараты, синтезированные для борьбы с вредными животными и растениями.

Приемная емкость водоема — количество загрязняющих веществ, которое он может воспринимать без возрастания их концентрации до уровня, вызывающего деформацию экосистемы и неприемлемого для человека.

РОВ - растворенные в воде органические вещества.

СПАВ - синтетические поверхностно-активные вещества.

Термофикация водоемов — это изменение температурного режима водоема, вызываемое поступлением в него подогретых вод.

Устойчивость гидробионтов - способность выносить без ущерба для себя ту или иную степень загрязнения среды

Фильтрование - наиболее распространенный метод очистки воды от грубодисперсных примесей, осуществляется через слой пористого материала или сетки с подходящим размером отверстий.

Флотация - способ очистки от грубодисперсных примесей; сущность данного метода заключается в переносе загрязняющих веществ на поверхность воды с помощью пузырьков воздуха.

Чувствительность гидробионтов – их способность реагировать на минимальные концентрации токсикантов.

ТЕМА 1: Экологические аспекты проблемы чистой воды и охраны водных экосистем

Проблемы чистой воды и охраны водных экосистем является важнейшей в санитарной гидробиологии и становятся все более острыми по мере исторического развития общества, стремительного увеличения его воздействия на природу, вызванного научно-технической революцией.

Уже сейчас во многих районах земного шара наблюдаются большие трудности в обеспечении водопотребления (питьевое и техническое водоснабжение, орошение и др.) и водопользования (рекреация, навигация, энергетика и др.) вследствие количественного и качественного истощения водных ресурсов, что связано с загрязнением водоемов и забором из них больших объемов воды.

Огромны по своим масштабам последствия гидростроительства (зарегулирование, переброска части стока рек и др.), ведущегося в интересах энергетики, орошения земель, навигации и в других целях.

Загрязнение водоемов в наибольшей степени связано со сбросом в них промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков, с попаданием загрязняющих веществ из атмосферы, а также деятельностью человека на самих водоемах (судоходство, транспорт нефти, подводное бурение, лесосплав и др.). Во многих водоемах загрязнение настолько велико, что привело к полной деградации их как источников водоснабжения, рыбохозяйственных угодий, зон рекреации или в ином отношении, отрицательно сказывающемся на ресурсной ценности гидроэкосистем.

Ресурсная деградация водоемов часто вызывается их *антропогенной эвтрофикацией* (повышением уровня трофии), сопровождающейся нарушением баланса веществ в экосистеме.

В результате такой эвтрофикации, как правило, связанной с избыточным поступлением в водоемы биогенов, первичная продукция начинает резко превалировать над деструкцией, аэробные процессы все больше заменяются анаэробными, питьевые и гигиенические качества воды снижаются, ухудшается санитарное и рекреационное состояние водоемов.

Значительное влияние на ресурсную ценность водоемов оказывает их *термофикация* (отепление). Обычно она связана со сбросом в водоемы подогретых вод из охлаждающих контуров тепловых и атомных электростанций.

Термофикация вызывает ряд существенных сдвигов в структуре и функциях гидроэкосистем и часто становится фактором, усиливающим проявление антропогенной эвтрофикации. Вместе с тем отепление водоемов создает новые возможности их рыбохозяйственного освоения и использования в других отношениях.

Небольшое количество загрязняющих веществ не всегда вызывает ухудшение состояния водоемов, так как они обладают свойством

биологического самоочищения той или иной мощности. За счет минерализации органических веществ, разрушения различных токсических соединений и ряда других процессов гидробиоценозы способны кондиционировать среду, препятствуя ее отклонениям от нормы. Эту особенность биоценозов широко используют при организации очистки сточных и питьевых вод.

Водопотребление и водопользование часто осложняются биологическими помехами. Зарастание каналов снижает их пропускную способность, цветение водорослей ухудшает качество воды, ее санитарное состояние и осложняет организацию питьевого водоснабжения.

Обрастание создает помехи в навигации и при эксплуатации гидротехнических сооружений. Многие гидробионты патогенны для человека и домашних животных или вредны в других отношениях. Поэтому разработка мер борьбы с биологическими помехами приобретает большое практическое значение и становится одной из серьезных задач гидробиологии.

Загрязнение, эвтрофикация и термофикация водоемов, забор из них больших объемов воды и многие последствия гидростроительства отражаются не только на водопотреблении и водопользовании, но и на биосферной роли водных экосистем. Изменяясь, они уже не обеспечивают тот вклад в биосферу, который обуславливал ее становление и эволюцию. Создается угроза нарушения экологического равновесия в природе, опасность которого трудно переоценить.

Поэтому перед человечеством встает грандиозная задача охраны гидросферы—оптимизация ее состояния в интересах водопотребления, водопользования и сохранения экологического равновесия в биосфере.

Следовательно, охрана гидросферы — не сохранение ее в исходном состоянии, не уменьшение использования водоемов, а преобразование их как элементов природной среды человека с перспективой на временную бесконечность природопользования.

Загрязнение водоемов

Под загрязнением водоемов понимается ухудшение их экономического значения и биосферных функций в результате антропогенного поступления в них вредных веществ. Экологическое действие загрязняющих веществ проявляется на организменном, популяционном; биоценоотическом и экосистемном уровнях.

На организменном уровне наблюдаются нарушение отдельных физиологических функций, изменение поведения, снижение темпа роста, увеличение смертности вследствие прямого отравления или уменьшения устойчивости к стрессовым состояниям внешней среды. Большое значение имеет изменение наследственности особей — повреждение их генетического аппарата и трансформации исходного генофонда.

На уровне популяций загрязнение может вызывать изменение их численности и биомассы, рождаемости и смертности, половой и размерной структуры, типа динамики и ряда функциональных свойств. К этому следует

добавить хаотизацию внутривидовых отношений, вызываемую изменением поведения особей и искажением языка химических сигналов, играющих огромную роль в коммуникации особей.

На биоценотическом уровне загрязнение сказывается на структуре и функциях сообщества, поскольку одни и те же загрязняющие вещества неодинаково влияют на разные компоненты биоценоза. Например, жгутиковые водоросли устойчивее диатомовых к нефтяному загрязнению, и оно существенно изменяет видовую структуру микропланктона (Curds, 1982).

Под влиянием токсических веществ изменяется хронологическая структура сообществ, цепи разложения начинают преобладать над пастбищными, анаэробные процессы над аэробными, деструкция над продукцией.

В конечном счете, происходит *деградация экосистем*—ухудшение их как элементов среды человека и снижение положительной роли в формировании биосферы, обесценение в хозяйственном отношении (замена ценных видов бесполезными, появление вредных видов и др.).

Каждый из токсикантов обладает определенным *механизмом действия* (пути воздействия загрязнителя на клетки, ткани, органы и организмы в целом) и обуславливает специфический *механизм реагирования*—ответные реакции на изменения, вызванные загрязнителем (Строганов, 1975).

Гидробионты, их популяции и гидробиоценозы обнаруживают разную *чувствительность* и *устойчивость* к токсикантам. Под чувствительностью понимают их способность реагировать на минимальные концентрации токсикантов, под устойчивостью — способность выносить без ущерба для себя ту или иную степень загрязнения среды (Строганов, 1976).

Наиболее важный критерий устойчивости — сохранение уровня естественного воспроизводства, включая сохранение качества потомства в ряде поколений. Чувствительность гидробионтов к действию одного и того же токсиканта может различаться в тысячи раз. То же самое относится и к устойчивости.

При одновременном действии на гидробионтов нескольких токсикантов влияние каждого из них может быть независимым, и тогда имеет место эффект *аддитивности* (слагаемости) конечных результатов.

В других случаях может наблюдаться *синергизм* («сверхаддитивность»), когда суммарный эффект выше суммы отдельных воздействий, или *антагонизм*, если результат совместного действия ниже аддитивного.

Сила воздействия отравляющих веществ наиболее часто оценивается концентрацией или дозой токсиканта, вызывающих гибель половины особей (обозначаются соответственно CL_{50} и DL_{50}). При этом учитывают время воздействия токсиканта: чем дольше организмы испытывают действие яда, тем ниже его концентрация, вызывающая отравление.

Например, после четырех дней пребывания карасей в воде с концентрацией фенола 25 мг/л у рыб обнаруживался ряд симптомов отравления, но без летального исхода, через 10 дней наблюдалась гибель всех особей (Лукияненко, 1983). Помимо летальной концентрации токсиканта

различают *пороговую* — ту минимальную, которая вызывает какие-либо патологические сдвиги в любой отдельно взятой функциональной системе организма; это определение можно распространить также на популяции и биоценозы.

Для многих гидробионтов характерен *кумулятивный* эффект — накопление в организме токсиканта, когда скорость его поступления в тело выше, чем скорость выведения из него.

Накапливая ядовитое вещество, организмы начинают страдать от него даже тогда, когда концентрация токсиканта в воде сравнительно невелика (ниже пороговой).

Помимо этого, концентрируя в себе ядовитые вещества, гидробионты сами становятся токсически опасными. *Коэффициенты накопления*, или *коэффициенты концентрации* (отношение концентрации токсиканта в организме к таковой в воде), иногда выражаются астрономическими цифрами.

Например, коэффициент накопления кобальта в теле *Lamacina* достигает $4-10^{13}$, а кадмия — $14 \cdot 10^{15}$. Огромные количества мышьяка — до 2 мг, а в пальпах и жабрах — до 13 мг/г сухой массы накапливают обитающие у побережья Великобритании полихеты *Thairix marioni*; небезынтересно, что другие полихеты, встречающиеся совместно с *T. marioni*, содержат мышьяка в десятки раз меньше.

Обнаружено, что многие моллюски энергично накапливают цинк и медь, медузы — цинк, радиолярии — стронций, асцидии — ванадий, морские водоросли — йод, бром и алюминий.

Ксенофиофоры — единственная группа животных, у которых в значительных количествах встречаются кристаллы барита — сульфата бария.

Среди металлов и их радиоизотопов низкие коэффициенты аккумуляции в организме (10^2-10^3) характерны для щелочных и щелочно-земельных элементов, в том числе Sr-90 и Cг-137, средние (IQs— 10^4) для Ce, Ru, Zr, Ni, высокие (10^5) для Fe, Mn, Cu, Zn и др.

В ряде случаев наблюдается нарастание концентрации токсикантов в организмах последующих трофических уравниваний — так называемый эффект пищевой цепи.

Например, с липофильными свойствами метилированной ртути и ее способностью образовывать прочные комплексы с белками связано «ртутное загрязнение» тунцов — одного из верхних звеньев трофической цепи в океане. Эффект пищевой цепи характерен также для хлорорганических соединений (ДДТ и др.) и некоторых других токсикантов.

Прослеживается обратная корреляция между размерами организмов и коэффициентами накопления ими токсикантов. В значительной мере это связано с увеличением относительной поверхности при уменьшении организмов (больше адсорбирующая площадь).

Из загрязняющих веществ наибольшее значение для водных экосистем имеют нефть и продукты ее переработки, пестициды, соединения тяжелых металлов, детергенты, антисептики.

Чрезвычайно опасным стало загрязнение водоемов различными

продуктами радиоактивного распада — *радионуклидами*, или *радиоизотопами*.

Все большую озабоченность вызывает ацидификация пресных водоемов в результате выпадения «кислых дождей», когда в атмосферной влаге растворяются сернистый газ и некоторые другие вещества, выбрасываемые в воздух различными промышленными предприятиями.

Значительную роль в загрязнении водоемов играют бытовые стоки, лесосплав, отходы деревообрабатывающей промышленности, пластики и многие другие загрязнения, не относящиеся к токсическим. Ухудшающие среду гидробионтов (снижение концентрации кислорода, уменьшение прозрачности воды, выпадение взвеси на дно).

Радионуклиды

В водоемах наиболее опасны для гидробионтов и часто встречаются радиоизотопы стронция, иттрия, цезия, циркония, ниобия. Поверхность водоема представляет собой более эффективный коллектор радиоактивных аэрозолей, чем суша, причем особенно много радионуклидов накапливается в самом поверхностном слое. Так, в пене водохранилищ, концентрация радиоизотопов доходила до 370 мБк/л, а в воде — 185 мБк/л.

В северо-восточной, западной и центральной частях Тихого океана концентрация стронция-90 в поверхностных водах соответственно равнялась 11,1—22,2, 7,4—11,1, 2,9—5,5 мБк/л, а на глубинах 500, 1000 и 1500 м изменялась в пределах 0,55—1,4 мБк/л. Среднее содержание Sr и Cs в пелагиали Мирового океана достигает соответственно 2,4—7,4, 2,96—11,1 мБк/л.

В грунте водоемов концентрации многих радионуклидов (цезия-95, цезия-144 и др.) в десятки раз выше, чем в воде, вследствие их адсорбции на поверхности минеральных и органических частиц. Поэтому гидробионты, ведущие донный или придонный образ жизни, страдают от радиоактивных загрязнений больше, чем пелагические.

Например, в загрязненных радионуклидами прибрежных морских водах близ Уиндсейла (США) доза облучения пелагических рыб достигала 0,05—0,24 нГр, а у придонных—3,6—33 нГр.

В зависимости от интенсивности облучения ионизирующая радиация может оказывать на гидробионтов стимулирующее, угнетающее или летальное воздействие. Например, длительное облучение предличинок чавычи γ -лучами в дозе 5 мГр в день ускоряло их рост, большее—вызывало различные нарушения.

У парameций *P. caudatum* и *P. aurelia*, изолированных от действия естественной радиации (помещались в толстостенные свинцовые цилиндры), численность популяций через 2—6 дней снижалась вдвое и восстанавливалась до исходных величин, когда культуры облучались радиоактивным Со до уровня естественного фона.

На Рис. 1 показано, как влияют различные дозы гамма-радиации на размножение и смертность рачка *Daphnia pulex*.

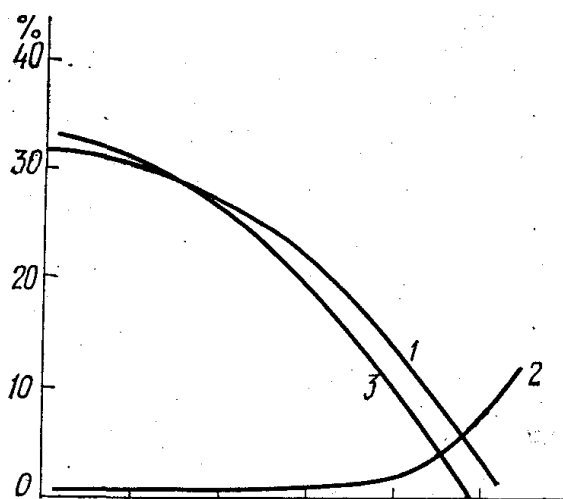


Рис. 1 Влияние гамма-радиации на размножение и отмирание рачков:
1 — рождаемость, 2 — смертность, 3 — прирост (в % от начальной численности за одни сутки)

Как правило, радиочувствительность с повышением уровня организации гидробионтов возрастает. Наиболее выносливы бактерии; некоторые из них (например, *Pseudomonas*) живут в воде, охлаждающей атомные реакторы при величине облучения до 1 млн. рентген.

Растения обычно устойчивее животных. Доза радиации, вызывающая гибель 50 % облученных организмов за 30 дней (*L. D₅₀*), для водных растений обычно равна 0,1—5 кГр, для беспозвоночных — 0,01—2 кГр, для рыб — 5—40 Гр, для млекопитающих — 2—5 Гр. Есть данные, что при высоких температурах радиочувствительность рыб возрастает.

Наблюдается известная избирательность в накоплении отдельных радиоизотопов различными гидробионтами. Например, цезий-137 наиболее энергично накапливают бурые и красные водоросли, стронций-90 — радиолярии, бурые водоросли и кости рыб, радиоизотопы иттрия — ракообразные и икра рыб, церий-144 — актинии.

Часто отмечается характерная локализация отдельных радионуклидов в различных тканях.

Так, радиоактивные стронций и кальций накапливаются преимущественно (до 90 %) в скелете, цезий-137 — главным образом в мышцах и мягких тканях, кобальт-60 — в печени и почках.

Нефть

Загрязнение водоемов нефтью и различными продуктами ее переработки (бензин, керосин, соляровое масло, мазут и др.) происходит главным образом:

- при транспортировке жидкого топлива и повреждениях нефтепроводов;
- работе флота;
- подводных бурениях нефтяных скважин;
- в результате сбросов стоков нефтеперерабатывающих предприятий;

— смыва нефтепродуктов, загрязняющих сушу.

Среднее содержание нефти в пелагиали Мирового океана достигает 10—20 мкг/л. Заметно выше оно в континентальных водоемах.

Особую форму нефтяного загрязнения представляют мелкие комочки, в огромном количестве плавающие в толще воды. Масса таких нефтяных комочков только в Северной Атлантике достигала 17 млн. т.

Комочки становятся субстратом, на котором обильно поселяются бактерии, простейшие и другие организмы, образующие своеобразное перифитонное сообщество.

Образуя на поверхности воды пленку, нефть нарушает дыхание гидробионтов, так как препятствует проникновению кислорода в толщу воды. Растворяющиеся в воде фракции нефти остро токсичны для подавляющего большинства гидробионтов.

Опускающиеся на дно тяжелые фракции склеивают частицы грунта. При сильном загрязнении образуются зоны, практически лишенные жизни, если не считать развивающихся здесь в большом количестве нефтеокисляющих бактерий.

Нефть оказывает токсическое действие на фитопланктон в концентрациях 10^{-3} — 10^{-8} (замедление или прекращение деления клеток, снижение первичной продукции). В хронических опытах (70 дней) первичная продукция морского фитопланктона при концентрации нефтепродуктов 0,05—0,5 мг/л снижалась на 50 %.

Низшие ракообразные начинают гибнуть при концентрации нефти и ее продуктов около 10^{-6} мг/л, такова же степень устойчивости икры рыб. Личинки рыб примерно на порядок устойчивее икры, взрослые рыбы выдерживают еще более высокие концентрации.

Сравнительно устойчивы к нефтяному загрязнению многие донные животные (мидии, мраморные крабы, раки-отшельники и др.), выдерживающие концентрации до 10^{-3} — 10^{-4} мг/л.

Мраморные крабы не покидают прибрежных районов, загрязненных нефтью, хотя, вылезая на выступающие из воды камни, многократно проходят через нефтяную пленку.

Мидии, фильтруя морскую воду, освобождают ее от эмульгированной нефти, переводя последнюю в комочки псевдофекалий.

Донные растения выдерживают концентрации нефти порядка 10^{-5} мг/л. Примерно та же устойчивость к нефтяному загрязнению у простейших, выносящих концентрации порядка 10^{-5} мг/л.

Острая токсичность нефти и ее продуктов связана с тем, что углеводороды легко смачивают поверхность гидробионтов и, проникая внутрь, растворяют липоидные фракции клеточных оболочек и мембран, разрыхляют их, изменяют их проницаемость.

Разрушая липопротеидные комплексы, входящие в состав клеток, углеводороды изменяют физико-химическое состояние цитоплазмы и нарушают упорядоченность биохимических процессов.

Имеются данные о резком воздействии нефти и ее продуктов на генетический аппарат гидробионтов, в частности на содержание в клетках РНК и ДНК. Уменьшение содержания ДНК и РНК у большинства водорослей, вероятно, связано с подавлением биосинтеза нуклеиновых кислот.

Влияние нефтяного загрязнения на содержание ДНК и РНК отмечено и для беспозвоночных.

Пестициды

К пестицидам относят многие тысячи химических препаратов, синтезированных для борьбы с вредными животными и растениями. По назначению их подразделяют на инсектициды, акарициды, нематоциды, моллюскоциды, ихтиоциды, альгициды, гербициды и некоторые другие.

По химическому составу различают соединения:

- хлорорганические (ДДТ, гексахлоран, альдрин, эндрин и др.);
- фосфорорганические (метафос, хлорофос, карбофос),
- производные симметриазина (атразин, симазин), мочевины (монурон, диурон), карбоновых кислот (трихлорацетат) и ряд других соединений.

Хлорорганические пестициды малорастворимы в воде и хорошо в жирах, липидах, восках и потому накапливаются в жировой ткани, печени, почках и мозге водных животных.

Период полураспада этих пестицидов более 10 лет. Попав в организм, они долго удерживаются в нем. Фосфорорганические пестициды в организмах не накапливаются, быстро разлагаясь под действием внутриклеточных эстераз.

Пестициды попадают в водоемы с поверхностным стоком, из атмосферы, особенно при опылении полей с самолетов с большей высоты и в ветреную погоду, при обработке водоемов различными препаратами с целью уничтожения вредных гидробионтов и другими путями.

В настоящее время ежегодное мировое производство пестицидов достигает более 2 млрд. т, и значительная часть их попадает в водоемы. Пестициды, главным образом хлорорганические, обнаружены у гидробионтов почти всех исследованных водоемов, как морских, так и пресных. Среднее содержание пестицидов в пелагиали Мирового океана достигает 10—20 нг/л. Заметно выше оно в континентальных водоемах.

Из отдельных пестицидов особенно опасны хлорорганические соединения из-за их устойчивости и разнообразных эффектов воздействия (токсический, мутагенный, канцерогенный).

Нельзя не упомянуть, что в настоящее время применение наиболее распространенного хлорорганического препарата ДДТ, за синтез которого П. Мюллеру в 1948 г. была присуждена Нобелевская премия, во многих странах, в том числе и в СССР, запрещено законом.

Летальная концентрация (LK_{50}) ДДТ для отдельных видов лежит в пределах 2—20 мкг/л. Для карбофоса применительно к тем же видам $LK < 50$ равна 0,1—10 мг/л., т.е. примерно в 100 раз выше.

Сходная величина летальной концентрации наблюдалась для препарата «байтокс» (0,9—3 мг/л), более высокая — для препарата «линдан» (2—75 мкг/л).

Рыбы эвтрофных водоемов устойчивее к действию пестицидов, чем представители ихтиофауны более холодных и чистых вод. Например, летальная концентрация ДДТ для карася, карпа и кумжи соответственно равна 20, 10 и 2 мкг/л.

Заметно чувствительнее к действию пестицидов беспозвоночные. Например, для высших ракообразных ЛК₅₀ карбофоса лежит в пределах 3—250, а для рыб - 170—12900 мкг/л. Для линдана соответствующие концентрации составляют 12—62 и для рыб - 20—90 мкг/л; для байтекса — 15 и для рыб - 930—3400 мкг/л.

Фотосинтез фитопланктона угнетается на 75—95 % при концентрации хлорорганических соединений 1—10 мкг/л, для зоопланктона они токсичны в дозах порядка 10 мкг/л. Хлорорганические пестициды хорошо растворяются в нефти и ее продуктах, загрязняющих воду, вследствие чего становятся еще более опасными.

Заметно токсичнее хлорорганических фосфорорганические пестициды. Например, ветвистоусые рачки полностью погибают после суточного содержания в воде с концентрацией байтекса, дихлорофоса, карбофоса и метилнитрофоса соответственно 0,1, 0,1, 100 и 500 мкг/л.

Не столь токсичны, но тем не менее крайне опасны производные симметриазина, мочевины и карбоновых кислот. Например, препараты монурон, диурон, атразин и трихлорацетат ядовиты для дафний в концентрациях 1—10 мг/л, приблизительно в тех же концентрациях они токсичны для протококковых и нитчатых водорослей. С повышением температуры токсический эффект пестицидов возрастает.

Внутри организмов пестициды в основном попадают через истонченные поверхности, в частности через жабры и другие органы дыхания.

Механизм действия различных пестицидов в зависимости от их химической природы крайне многообразен: угнетение фотосинтеза растений и дыхания животных в результате блокирования реакций с переносом электронов, нарушение обмена через мембраны, ингибирование синтеза белка и хитина, нарушение функций нервной системы.

При воздействии пестицидов на гидробионты наблюдается характерная фазность: после возбуждения следуют депрессия и гибель.

Тяжелые металлы и другие вещества.

Среди тяжелых металлов наибольшую роль в загрязнении водоемов играют ртуть, свинец, олово, кадмий, хром, медь, цинк. Попадают они в водоемы с промышленными стоками, из атмосферы (например, свинец выхлопных газов автомобилей), из лакокрасочных покрытий, защищающих суда от обрастания, и некоторыми другими путями.

Токсичность отдельных соединений сильно колеблется и неодинакова

для разных гидробионтов.

Например, *Daphnia hyalina* более чувствительна к стронцию и цинку и менее — к никелю. *Cyclops abyssorum* резистентнее к перечисленным металлам, чем дафнии.

Ртуть остротоксична для многих гидробионтов в концентрациях свыше 1 мкг/л, свинец — при содержании более 0,1 мкг/л, кадмий—при 1 мг/л.

Например, в трехдневных опытах с эмбрионами моллюска *Mercenaria mercenaria* ЛК₅₀, HgCb, РЬ(МО₃)₂, NiCl₂, Ag(NO)₂ и ZnCl₂ составляла по металлу соответственно 5, 800, 300, 20 и 160 мкг/л. Для краба *Eurypanopeus depressus* ЛК₅₀ хлористого кадмия равнялось 4,9 мг/л.

Оловоорганические соединения вызывают полную гибель (ЛК₅₀) водорослей *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus quadricauda*, ряски и элодеи в концентрации 0,5 мг/л; значительно токсичнее они для животных, вызывая полную гибель рачков дафний, личинок насекомых и рыб (тиляпий) соответственно в концентрациях 10, 250 и 50 мкг/л.

В организм водных животных металлы попадают в основном с пищей; меньшее значение имеет непосредственное проникновение через поверхность тела — путь, характерный для водных растений.

Токсичность металлов зависит не только от их концентрации и продолжительности действия. Большую роль играют температура, насыщенность воды кислородом, синергизм и антагонизм ионов, жесткость воды и другие факторы.

Наиболее опасное действие тяжелых металлов — отравление системы ферментов. Например, ртуть, медь и серебро, имея высокое сродство с амино- и сульфогидрильными группами, блокируют многие реакции. Цинк уже в концентрации 0,065 мг/л ингибирует фосфорилирующее дыхание.

Опасность тяжелых металлов как загрязнителей усугубляется тем, что они устойчивы к разрушению в течение многих лет, быстро накапливаются в гидробионтах и, обладая в сульфидной форме большой стабильностью, очень медленно выводятся из организмов.

Существенное экологическое значение для гидробионтов имеет загрязнение водоемов детергентами — синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ), антисептиками, фонолами, солями серной и других кислот, отходами деревообрабатывающей, целлюлозной и бумажной промышленности, химических и металлургических предприятий и многими другими веществами.

Например, катионные, анионные и неионные детергенты вызывают полную гибель бокоплавов и многих рыб в концентрациях свыше 0,5—25 мг/л; в меньших дозах они задерживают рост и развитие гидробионтов, ухудшают усвоение пищи, ингибируют функции хеморецепторов.

У водорослей, СПАВ в сублетальных концентрациях, нарушают подвижность половых клеток и спорообразование. Большие количества детергентов попадают в водоемы с промышленными и бытовыми стоками, при обработке (эмульгировании) нефтяных скоплений в водоемах. Средняя концентрация СПАВ в Атлантическом океане достигает 27—30 мкг/л на

поверхности и 8—9 мкг/л на глубине 500 м.

Крайне токсичны для гидробионтов многочисленные антисептики, находящие применение в разных отраслях промышленности. Например, пантахлорфенолят и салициланилид, используемые в целлюлозно-бумажной промышленности, вызывают нарушения в эмбриональном развитии ряда костистых рыб в концентрациях выше 0,01—0,1 мг/л.

Примерно столь же токсичны фенолы, ядовитые для рыб в концентрации выше 3—10 мг/л. Растения устойчивее к действию фенолов и снижают интенсивность фотосинтеза с повышением их концентрации до 0,1—2 мг/л.

В токсичных концентрациях фенолы блокируют у животных нервно-мышечную проводимость в синапсах, что приводит к полному торможению двигательных реакций.

В последнее время во все больших количествах выпадают «кислые осадки», образующиеся вследствие промышленного выброса в атмосферу различных газов, особенно содержащих SO_2 и NO_3 .

В кислых осадках, помимо оксидов серы (до 60 %) и азота. В организм водных животных металлы попадают в основном с пищей; меньшее значение имеет непосредственное проникновение через поверхность тела — путь, характерный для водных растений.

Токсичность металлов зависит не только от их концентрации и продолжительности действия. Большую роль играют температура, насыщенность воды кислородом, синергизм и антагонизм ионов, жесткость воды и другие факторы.

Крайне токсичны поступающие в водоемы с промышленными стоками соединения мышьяка, фенолы, цианистые соединения. Их летальные для гидробионтов концентрации примерно те же, что и для тяжелых металлов.

Отходы бумажной и деревообрабатывающей промышленности, помимо химического воздействия, оседая на дно, делают его безжизненным вследствие захоронения бентосных организмов и ухудшения кислородного режима.

Глобальный характер приняло в настоящее время загрязнение вод чрезвычайно медленно разлагающимися пластиками. Они составляют 2/3 всех объектов, дрейфующих на поверхности океанов и выбрасываемых на берег. Многие животные, заглатывая пластики, погибают.

Ряд организмов — водоросли, гидроиды, мшанки, полихеты и др. — используют пластики в качестве субстрата для прикрепления. Ряд бентонитов, в частности полихеты, строят из пластмассовых частиц трубки.

Помимо токсических, в водоемы попадает огромное количество других веществ, которые резко ухудшают качество воды, санитарное состояние водоемов и нарушают структуру их биоценозов.

Сюда относятся коммунальные сточные воды, стоки животноводческих ферм и комплексов, поступление органических веществ с отходами деревообрабатывающей промышленности и некоторыми другими.

Не оказывая непосредственного токсического действия на гидробионтов, они ухудшают газовый режим водоемов и многие другие условия существования водных организмов, обуславливают изменение фауны и флоры,

кардинальные сдвиги в структуре и функциях гидробиоценозов.

В последнее время все возрастающее экологическое значение начинают приобретать рекреационные загрязнения. Водоемы часто используют в качестве зон отдыха без учета их самоочистительного потенциала.

Все большее влияние начинает оказывать на гидробиоценозы добыча полезных ископаемых и строительных материалов в водоемах, в частности бурение на нефть и газ, сейсморазведка, сбор железо-марганцевых конкреций, изъятие значительных количеств песка и гравия, землечерпательные работы.

В последние годы внимание привлечено к проблеме неионизирующей радиации, особенно к «электромагнитному загрязнению», значение которого для гидробионтов, несомненно, существенно, но пока еще мало исследовано.

Более изучено действие «шумового загрязнения», создаваемого, в частности, маломерным флотом. Например, креветки *Grangon crangon*, выращиваемые при уровне шума 30 дБ с диапазоном частот 25—400 Гц, по сравнению с контролем заметно снижали интенсивность питания и скорость роста, как это наблюдается при других стрессорных реакциях (Lagarbere, 1982).

Антропогенная эвтрофикация и термофикация водоемов

В понятие «антропогенная эвтрофикация» разные исследователи вкладывают неодинаковый смысл. Наиболее часто под нею подразумевают связанное с деятельностью человека повышение уровня трофии водоемов, возникающее при некоторых условиях в результате избыточного поступления в них биогенов (азота, фосфора) и сопровождающееся характерным комплексом изменения экосистем.

Наиболее существенные из них — ухудшение кислородного режима, возникновение и усиление контрастности послойного распределения биохимических процессов с обособлением верхней трофогенной области и глубинной трофолитической. Соответственным образом распределяются окислительно-восстановительные условия и наиболее связанные с химическими реакциями концентрации кислорода, карбонатов, водородных ионов, биогенов.

В результате антропогенной эвтрофикации повышается скорость новообразования органического вещества, продукция преобладает над деструкцией и биомасса экосистемы возрастает. Подобный процесс может происходить в результате естественной сукцессии водоемов, но в этом случае темп изменений неизмеримо ниже.

Критерий скорости — один из самых надежных при диагностике антропогенной эвтрофикации, развитие которой измеряется не столетиями, что наиболее обычно для естественного процесса, а годами или десятками лет.

Термофикация водоемов — это изменение их температурного режима, вызываемое поступлением подогретых вод с тех или иных предприятий, в первую очередь тепловых электростанций.

Повышение температуры воды ускоряет круговорот веществ в экосистеме, в частности первичное продуцирование (при достаточном

количестве биогенов), что служит дополнительной предпосылкой эвтрофикации водоемов.

Вместе с тем нарушение естественного температурного режима сопровождается изменением флоры и фауны водоемов, часто вызывая существенные сдвиги в структуре и функциях исходных экосистем в нежелательном направлении.

Эвтрофикация и термофикация водоемов часто сопровождаются ухудшением их социального значения и биосферных функций экосистем. В этом случае оба явления выступают как особые формы загрязнения.

Однако эвтрофикация и термофикация не всегда ведут к деградации водных экосистем и могут оказаться полезными для человека. Например, термофикация водоемов расширяет перспективы развития аквакультуры, то же значение имеет повышение трофности водоемов при умелом овладении новым потенциалом.

Кроме того, следует четко различать два процесса: дополнительное поступление в водоемы биогенов и тепла (предпосылки эвтрофикации) и само это явление (эвтрофикацию). В рыбоводстве дорогостоящие биогены специально вводят в водоемы ради повышения продуктивности; об опасности эвтрофикации прудов речь не идет.

Интенсивное поступление биогенов в озера и водохранилища не всегда сопровождается их эвтрофированием, если направить работу экосистем в нужном направлении.

Например, изъятие из водоемов органики в форме полезной продукции может проводиться в масштабах, уравнивающих ее перепроизводство вследствие дополнительного поступления биогенов. В системе будет сохраняться одно и то же количество биогенов, баланс нормализуется, и явления эвтрофикации окажутся исключенными.

Перспективы управления продуктивностью водоемов могут предусматривать и другие средства в борьбе с эвтрофикацией, в частности перекрытие различных каналов избыточного поступления биогенов в водоемы.

Однако важно подчеркнуть, что поступление биогенов в водоемы нельзя отождествлять с ухудшением состояния последних, которое вызывается целым комплексом причин и условий. Таким должен быть подход и к оценке термофикации.

Остановить рост строительства предприятий, сбрасывающих подогретые воды в водоемы-охладители, нельзя. Сброс подогретых вод усиливает опасность эвтрофикации и вреден лишь в той степени, в которой невозможно управлять экосистемными процессами.

Овладение ими превратит термофикацию в источник дополнительных выгод за счет лучшего использования водоемов путем развития аквакультуры.

Проявления и причины антропогенной эвтрофикации.

Для оценки степени эвтрофикации водоемов используют биологические, химические и физические показатели, различные для поверхностных и

глубинных вод.

Например, для эпилимниона это в первую очередь видовой состав, численность, биомасса и продукция водорослей, численность бактерий, в частности сапрофитных, видовой состав и степень развития макрофитов, содержание $P-(PO)_4$ или сумма фосфорсодержащих компонентов в начале весенней циркуляции, активность фосфатазы и нитрогеназы.

Для гипolimниона это прежде всего содержание кислорода в воде к концу летней стагнации, БПК, выделение CO_2 , накопление $P-(PO)_4$ и растворенных соединений азота, образование метана и сероводорода в донных отложениях.

На основе статистического анализа Р. Р. Фолленвайдер. предложил схему классификации трофии водоемов по содержанию в воде общего фосфора, азота, хлорофилла - «а» (в mg/m^3) и прозрачности (в м, по диску Секки). Соответствующие показатели для водоемов равны:

- олиготрофные - 8, 660, 1,7 и 9,9;
- мезотрофные - 27, 753, 4,2 и 4,2;
- эвтрофные - 84, 1875, 14,3 и 2,45.

В наибольшей степени антропогенной эвтрофикации подвергаются континентальные водоемы, в частности озера, реки и водохранилища, но она отчетливо прослеживается и в морях. Например, за последние 10—20 лет численность бактерий в Ионическом море возросла в 2 раза, в Тирренском — в 4, в Черном — в 6, в Адриатическом и Эгейском — в 20 и 30 раз.

Одно из важнейших отрицательных проявлений антропогенной эвтрофикации, особенно в озерах и водохранилищах, — цветение водоемов (обычно цианобактерии *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* и некоторые другие), увеличивающееся зарастание прибрежных мелководий и появление здесь в больших количествах нитчатых водорослей, загрязнение берегов остатками гидрофитов.

Обилие водорослей ухудшает питьевые качества воды (выделение метаболитов, придающих воде различные запахи и привкусы), затрудняет ее переработку при организации питьевого водоснабжения (засорение фильтров). Всплывая к поверхности после отмирания, цианобактерии образуют сплошной ковер, ухудшающий условия атмосферной аэрации воды.

Разложение отмерших водорослей сопровождается образованием продуктов анаэробного распада. Гниение массы водорослей, выброшенных на берег или скапливающихся около него, ухудшают возможность рекреационного использования водоемов, в частности водохранилищ. Практически цветут все водохранилища.

Наиболее часто цветение вызывается цианобактериями. Их способность к быстрому размножению, прежде всего, связана с выносливостью к экстремальным температурам и концентрациям солей, низкому содержанию биогенов, к слабой освещенности, наличию H_2S , малому количеству кислорода.

Другая группа свойств, благоприятствующих массовому развитию сине-зеленых, — их способность к миксотрофному и хемогетеротрофному питанию,

помимо обычного фототрофного, а также способность многих из них к фиксации азота.

Некоторые цианобактерии в условиях дефицита фосфора могут выделять щелочную фосфатазу, способствующую высвобождению $P-(PO)_4$ из монофосфорных эфиров — экзометаболитов различных водорослей. Это создает дополнительные условия для существования цианобактерии.

Во время массового развития цианобактерии образуются характерные «пятна цветения». Иногда они имеют площадь в несколько десятков гектаров и хорошо ограничены от тех, которые находятся в планктоне.

Образование скоплений представляет собой определенное звено в сезонном развитии цианобактерии, связанное со старением и отмиранием особей в популяции.

Последовательность процессов, происходящих в пятне цветения, характеризуется постепенным переходом цианобактерии от активной жизнедеятельности к разрушению и распаду.

В соответствии с этим в пятнах цветения различают отдельные зоны: *планктонную*, где клетки находятся во взвешенном состоянии, *гипонейстонную*, представленную кашицеобразной или студенистой массой клеток, и *деструктивную* — грязную пенистую массу на самой поверхности центральной части пятна.

Пятна цветения разбиваются штормами, массы клеток выбрасываются на мелководье и прибрежные отмели, где отмирающие генерации дают начало новым, превращая прибрежные участки в своеобразные «резерваты», способствующие процветанию популяции этих бактерий (Брагинский и др., 1968).

Резерватом цианобактерий служат и придонные слои воды. Например, *Microcystis aeruginosa* до начала летней стратификации в значительной мере концентрируется на грунте.

С наступлением здесь кислородного дефицита, сопровождающегося высвобождением дополнительного количества фосфатов и аммонийного азота, происходят физиологическая активация клеток, увеличение объема их газовых вакуолей и всплывание колоний в эпилимнион, где они быстро размножаются.

С началом осеннего перемешивания колонии заносятся на все большие глубины и возрастающее давление, действуя на вакуоли, снижает плавучесть бактерии. Это приводит к оседанию колоний на грунт, где они сохраняются до следующего лета.

Вещества, способствующие эвтрофикации водоемов, разнообразны по своему происхождению, составу, физиологическому и экологическому значению. Из них основные — фосфор и азот, значительно реже углерод, кремний и некоторые другие.

Из двух первых биогенов, большее значение имеет фосфор. Он реже лимитирует развитие автотрофов азот, что в значительной мере связано со способностью многих бактерий и цианобактерий к его фиксации.

Исследования В. Эдмондсона на оз. Вашингтон показали, что порознь азот и фосфор слабее стимулировали развитие фитопланктона, чем совместно.

Испытание действия различных сочетаний биогенов (N+P, N+P+S) вскрыло регулируемую роль фосфора в формировании продукционного процесса.

Повышение его содержания усиливает потребление кремния диатомовыми и способствует более полному использованию фитопланктоном имеющегося в воде азота. По-видимому, фосфор стимулирует фиксацию азота.

В опытах Д. Шиндлера показана ключевая роль фосфора в эвтрофикации некоторых канадских озер с мягкой водой. Озера быстро возвращались в исходное состояние, когда внесение в них фосфора прекращалось, даже если продолжалось обогащение азотом и углеродом.

Внесение фосфора в гипolimнион повышения первичной продукции не вызывало, так как он быстро поглощается сестоном (главным образом бактериями) и уходит в донные отложения. Обратный выход из них в воду происходит только после длительного накопления в осадках и обогащения им значительной толщи отложений. В последнем случае прекращение поступления фосфора в озеро не сопровождается их быстрой деэвтрофикацией.

Для выяснения допустимой «нагрузки» озер фосфором Р. Фолленвайдер сопоставил его поступления с уровнем трофии водоемов и получил достаточно четкие корреляции. Оказалось, что необходимо учитывать глубину озер, с увеличением которой допустимая нагрузка фосфора возрастает.

Так, годовое поступление фосфора в концентрации 0,2—0,5 г/м² вызывает эвтрофное состояние озер с глубиной 5—15 м, в то время как более глубокие водоемы остаются мезотрофными или даже олиготрофными.

Схема Р. Фолленвайдера позволяет в первом приближении установить предельно допустимые «нагрузки» фосфора на водоемы с разными морфометрическими характеристиками.

Например, с возрастанием глубины озер до 5, 10, 50 и 100 м допустимая нагрузка фосфора может достигать соответственно 70, 100, 250 и 400 мг/м² в год. Превышение ее в два раза грозит развитием эвтрофикации. Для азота эта норма составляет соответственно 1, 1,5, 4 и 6 г/м² в год.

Хотя схема Р. Фолленвайдера не учитывает ряд очень существенных факторов (скорости водообмена и оборота биогенов, зонально-географическое положение водоемов и др.), практическая польза ее несомненна.

В определенных условиях стимулирующее действие на развитие автотрофов оказывают железо, медь, кобальт, бор, марганец, молибден и др. Однако роль этих стимуляторов в антропогенной эвтрофикации невелика.

Сравнительно мала и роль таких витаминов, как В₁₂, тиамин, биотин. Вместе с тем заметно усиливать развитие водорослей могут различные очищенные коммунальные стоки, в которых образуются какие-то биостимуляторы.

Избыточное накопление биогенов — основная причина эвтрофикации — в первую очередь обусловлено поступлением их с водосборной площади, с коммунальными стоками, атмосферной пылью, а также рекреационным использованием водоемов.

Это накопление резко возрастает вследствие интенсификации сельского хозяйства, в частности все более широкого применения минеральных

удобрений. Значительную роль при этом играет усиление смыва поверхностных слоев почвы. Найдено, что до 10—25 % вносимого в почву азота и 1—5 % фосфора попадает в водоемы.

По мере роста населения и развития централизованной канализации непрерывно увеличивается поступление биогенов с коммунальными стоками. Этому способствует, в частности, употребление во все больших количествах моющих средств, содержащих фосфор. Поступление фосфора и азота в коммунальные стоки составляет на одного человека соответственно 4—5 и 8—10 г в сутки.

Учитывая предельно допустимые нормы сброса, можно подсчитать, что минимальная площадь водоема, обеспечивающая отсутствие эвтрофикации, должна составлять около 5 тыс. м² на человека, если даже не учитывать другие источники поступления биогенов.

Показательно, что каждый купающийся вносит в водоем в среднем 75 мг фосфора и 695 мг азота и для предупреждения эвтрофикации водоемов рекреационная нагрузка должна быть не более 50—100 человек на 1 га в сутки. Количество азота, попадающего в водоемы с пылью, может достигать около 10 кг/га в год.

В нашей стране в водоемы 94 % фосфора поступает с сельскохозяйственных угодий, 5 % — с коммунальными стоками и около 1 % — с городских территорий; для азота соотношение несколько иное (соответственно 68, 31 и 1 %).

В Германии с коммунальными водами в водоемы поступает 91 % всего фосфора и только 9 % — с сельскохозяйственных угодий. При образовании новых водоемов, в частности водохранилищ, их обогащение биогенами может идти дополнительно за счет вымывания из вновь залитых почв.

Особенно интенсивно этот процесс идет в первые 3—4 года после затопления ложа водохранилища, обуславливая в это время наиболее бурное цветение воды.

Антропогенная эвтрофикация водоемов часто усиливается или даже полностью обуславливается изменением гидрологического режима водоемов. Например, после падения уровня оз. Севан на 18 м и почти полного исчезновения в нем гипolimниона прозрачность воды снизилась почти в два раза, стал наблюдаться летне-осенний дефицит кислорода, первичная продукция возросла в несколько раз, еще резче усилилась деструкция, в массе появились цианобактерии.

Олиготрофное озеро превратилось в эвтрофное главным образом в результате мобилизации биогенов из донных отложений и возросшей прогреваемости толщи воды.

В сильнейшей мере эвтрофикация водоемов усиливается с возрастанием их застойности, при снижении турбулентной перемешиваемости воды, что, в частности, способствует цветению.

В значительной мере по этой причине цветут равнинные водохранилища, особенно в низких широтах. Зарегулирование стока рек, сопровождающееся замедлением течения и усилением режима стагнации, сильно ускоряет процесс

их антропогенной эвтрофикации.

Сходным образом стимулирует процесс эвтрофикации ухудшение кислородного режима, а также термофикация водоемов. Дополнительное поступление биогенов служит лишь предпосылкой антропогенной эвтрофикации, которая развивается при определенных гидрологических условиях, обеспечивающих новый тип круговорота веществ в водоеме.

Предупреждение антропогенной эвтрофикации.

Основная мера предупреждения эвтрофикации водоемов сводится к их охране от избыточного поступления биогенов, в частности фосфора и азота. Эта мера осуществляется многими путями. В первую очередь к ним относится повышение культуры земледелия, сопровождающееся уменьшением стока биогенов с сельскохозяйственных угодий.

Очень важно не применять повышенные дозы удобрений, не дающие заметного экономического эффекта.

Другой путь — перехват биогенов, выносимых с сельскохозяйственных угодий. Для малых водоемов можно сооружать кольцевую дренажную систему с последующим отводом собранных сточных вод за пределы водосбора.

Применительно к крупным водоемам важен перехват биогенов, поступающих по гидрографической сети — основному пути поверхностного стока. Например, в предгорьях Гарца (Германия) сооружение на пути к основному водохранилищу сети так называемых «предводохранилищ», имеющих площадь в 5—10 % от основного, задерживало поступление фосфора в последнее на 50 %.

Принимающий на себя речной сток резервуар-отстойник водохранилища Есценице (Чехия) понижал концентрацию $(P_0)_4$ и $P_{\text{общ.}}$ на 65—90 %. В небольших водохранилищах, сооружаемых на малых водотоках, в том числе пересыхающих летом (балки, овраги и др.), от излишка биогенов можно освободиться путем рыбоводных мероприятий, одновременно получая ценную продукцию.

Особенно перспективно использование растительноядных рыб, непосредственно утилизирующих первичную продукцию и повышающих эффективность эксплуатации рыбных хозяйств — деэвтрофикаторов.

Для перехвата биогенов, поступающих в небольшие водоемы с малой водосборной площадью, важно правильное обустройство прибрежной полосы, в частности ее облесение.

Показано, что в условиях Московской области лесная полоса шириной 30 м почти полностью задерживает поступление биогенов в водоем с пахотного поля длиной 190 м и уклоном 3°.

Лесная полоса не должна вплотную подступать к берегу во избежание загрязнения водоема листовым спадом; оставление полосы луга шириной 15 м устраняет эту возможность, особенно при посадке по краю лесной полосы елей. В одном из ручьев США после сведения леса на водосборе вынос фосфора с крупнодисперсной взвесью возрос в 12 раз.

Поступление биогенов в водоемы с коммунальными и другими стоками предупреждается двумя способами. Первый из них — более или менее полное освобождение стоков от биогенов, особенно фосфора. Для этого используют осаждение его (солями алюминия» железа, известью), обратный осмос, ионный обмен и ряд других методов.

Например, осаждение фосфора солями железа и алюминия позволило заметно снизить эвтрофикацию Цюрихского озера; в ряде озер Швеции, США, Канады изъятие фосфора из стока достигает 85—95 % от исходного количества.

Другой путь обезвреживания стоков — снижение в них концентрации фосфора за счет использования детергентов с меньшим содержанием этого биогена.

Например, в округе Эри (США) с 1971 г. было запрещено производство детергентов с содержанием Р выше 8,7 %, а в 1972 г. эта норма была снижена до 0,5 %. В итоге содержание фосфора в реках округа снизилось на 60 %. Наиболее радикальная форма борьбы с биогенами стоков—отведение последних за пределы водосбора.

Как уже говорилось, избыточное поступление биогенов — лишь предпосылка эвтрофикации, реализующаяся в определенных гидрологических условиях. Поэтому их регулирование (усиление перемешиваемости вод, аэрации, предупреждение термофикации водоемов) также можно широко использовать для предупреждения эвтрофикации, особенно в небольших водоемах.

При избыточном поступлении биогенов и в других условиях для развития эвтрофикации, она может быть исключена различными химическими, физическими и биологическим методами. Один из них — внесение в водоем различных препаратов, подавляющих первичное продуцирование.

Этот способ очень уязвим, так как препараты, ингибирующие фотосинтез, в той или иной мере токсичны для беспозвоночных и рыб.

Физические воздействия сводятся к разбавлению эвтрофицируемых вод чистыми, снижению их прозрачности (взмучивание ила), удалению ила и богатых биогенами вод гиполимниона, а также к аэрации воды.

Аэрация дает хорошие результаты при предупреждении эвтрофикации небольших водоемов. В большинстве случаев аэрационные установки работают по принципу подачи воздуха в водоем (прокладка воздухоподающих перфорированных труб в придонном слое) или распыления воды в атмосфере (фонтанирование). С улучшением кислородного режима усиливается минерализация органики, сокращается или прекращается ее накопление в водоеме.

Наиболее перспективно предупреждение эвтрофикации биологическими методами. Еще в 1932 г. Е. Е. Успенский предложил предотвращать развитие водорослей с помощью макрофитов, перехватывающих в прибрежной полосе биогены, поступающие с водосбора. Такой метод особенно ценен, если сопровождается последующим изъятием фитомассы макрофитов.

В противном случае после их отмирания биогены снова окажутся в воде, не говоря уже об отрицательном эффекте самого процесса гниения макрофитов

в прибрежье.

Предложение культивировать в прибрежье два вида дикого риса (водяного и широколистного), бекманию и канареечник, дающих огромную фитомассу с высокими кормовыми качествами, экономически выгодно.

Культивирование этих и некоторых других растений с их последующей уборкой — не только эффективная мера борьбы с эвтрофикацией, но и дополнительный способ укрепления кормовой базы животноводства.

В биологическом и экономическом отношении перспективно использование для борьбы с эвтрофикацией водоемов растительных рыб.

Наряду с предупреждением эвтрофикации в настоящее время во многих странах прилагаются усилия к деэвтрофикации водоемов.

С этой целью частично или полностью заменяют воду, удаляют донные осадки, аэрируют гипolimнион и верхние слои грунта, дестратифицируют водную массу, связывают и осаждают биогены.

Термофикация водоемов.

В наибольшей мере термофикация водоемов связана со спуском в них вод, охлаждающих пар в атомных и тепловых электростанциях (АЭС и ТЭС); в меньшей — со сбросом подогретых городских стоков. В настоящее время тепловыми электростанциями мира вырабатывается $17 \cdot 10^{12}$ кВт·ч в год, и водоемам-охладителям отдается около $61 \cdot 10^{18}$ Дж.

Подогрев воды в конденсаторах АЭС и ТЭС достигает обычно 8—11°C. Проходя через открытый водосбросный канал, вода остывает на 0,5—1°C, основное же тепло отдается в водоем-охладитель.

Малые водоемы-охладители прогреваются полностью, в крупных — создается зона подогрева той или иной конфигурации.

Летом, подогретые воды обычно растекаются в поверхностном слое. Зимой образуется полынья, температурная стратификация становится обратной (охлаждение поверхностного слоя). Кислородный режим обычно благоприятный, так как вода дополнительно аэрируется в водосбросном канале и в результате образования полыньи.

В России повышение температуры в водоеме допускается не свыше 3°C летом и 5°C зимой, в других странах нормы несколько иные.

В качественном отношении фауна и флора водоемов-охладителей изменяется слабо, формируясь в основном из эвритермных и; более теплолюбивых форм исходного населения. Зимой список обнаруживаемых видов несколько шире, чем в непогреваемых водоемах (за счет форм, не могущих вести активную жизнь при низких температурах), летом наблюдается обратная картина (выпадение более холодолюбивых форм).

Резкое обеднение фауны и флоры начинается при повышении температуры до 30°C и более. Для гидробионтов существенна не только степень подогрева воды, но и скорость температурных изменений. Медленное нагревание воды благодаря акклимации переносится гидробионтами легче, и верхний летальный порог становится выше.

Особенно плохо переносят гидробионты быстрое понижение температуры. Так, летальная для рыбы *Lepomis* скорость понижения температуры в 20 раз ниже той, которая наблюдается при повышении (Brett, 1960). Холодовой шок опаснее теплового, и с его возможностью нужно считаться даже при кратковременных остановках работы АЭС и ТЭС. Особенно чувствительны к термическому стрессу гидробионты на ранних стадиях развития.

Повышение температуры воды оказывает очень сложное влияние на физиологию гидробионтов как непосредственно, так и косвенно. Например, у рыб в связи с подогревом воды снижается буферность крови и нарушается процесс формирования скелета (снижение концентрации карбонатов), повышается рН крови, усиливается синтез липидов (деактивация холина), уменьшается количество убихинона и снижается уровень окислительного фосфорилирования, возрастает концентрация водорастворимых витаминов.

Подогрев воды сдвигает фенологические фазы на более раннее время и удлиняет вегетационный период.

Схематизируя картину, можно сказать, что к северу от Москвы весна в подогреваемых водоемах начинается вместо мая в апреле, а глубокая осень — в ноябре вместо октября. Особенно заметно сказывается подогрев на планктоне.

Повышение температуры до 45°C приводит к отмиранию *Aerobacter aerogenes* и усиленному развитию кишечной палочки, повышение до 35°C благоприятствует развитию цианобактерий в ущерб зеленым водорослям. Донные организмы испытывают его влияние значительно меньше, так как в придонных слоях температура изменяется слабо.

У отдельных групп планктона реакция на подогрев имеет свои особенности. В связи с удлинением вегетационного сезона число одновременно или круглогодично вегетирующих водорослей возрастает.

Видовой состав изменяется слабо, но относительная роль диатомовых снижается, а зеленых, пиррофитовых и особенно цианобактерий, наиболее устойчивых к подогреву, возрастает.

Фотосинтез повышается, если до подогрева температура была ниже 15—20°C, но угнетается, когда вода подогревается до 30—35°C; многие цианобактерий и протококковые от такого повышения не страдают.

Даже небольшое (2—3°C) повышение температуры сопровождается существенным перераспределением отдельных видов. Подогрев вод ускоряет освобождение и выход в раствор P-(P0)₄; при потреблении АЭС 20 тыс. м³ в оз. Нехмиц-Зее (Германия) ежедневно дополнительно высвобождалось 3 кг P-(P0)₄.

Благодаря этому и ускорению фотосинтеза с повышением температуры термофикация водоемов служит дополнительной предпосылкой их эвтрофикации. В зимнее время численность и фотосинтез водорослей заметно 'повышаются не только вследствие подогрева воды, но и в результате улучшения светового режима (отсутствие льда).

Зоопланктон при подогреве изменяется слабо, но при сильном — до 27—28°C — повышении температуры его количество снижается. В условиях четкой

температурной стратификации рачки уходят из верхних слоев в нижние; подогрев воды в придонных слоях до 27—28°C приводит к сильному снижению численности всех видов, а при 28—30°C вследствие прекращения размножения и гибели исчезает большинство видов.

При умеренном подогреве продукция зоопланктона в одних случаях повышается, в других — понижается в зависимости от конкретных трофических и других условий.

При подогреве часто наблюдается сильное разрастание нитчатых водорослей и особенно цианобактерий *Oscillatoria* — одной из наиболее устойчивых форм к повышению температуры. При умеренном подогреве количество микрофитобентоса может возрасти в 6—8 раз, при сильном (свыше 25°C) — снижается.

Развитие высших растений в зонах подогрева усиливается, причем в водоемах умеренной полосы особенно разрастаются более теплолюбивые и южные формы (тростник, рдест курчавый, валлиснерия). Продукция макрофитов возрастает, и только при очень сильном подогреве (свыше 30°C) снижается.

Видовой состав и биомасса бентоса в зонах подогрева резких закономерных изменений не претерпевают, но замечаются существенные сдвиги в фенологии. С повышением температуры укорачиваются жизненные циклы олигохет, хирономид и других беспозвоночных, возрастает число поколений у отдельных форм.

Например, в водоемах-охладителях бассейна Днепра круглосуточно стали размножаться рачки *Pontogammarus robustoides* и *Limnomysis benedeni* (Журавель, 1971). Продукция зообентоса в одних случаях несколько понижается, в других — повышается, что отражает воздействие на беспозвоночных не только температуры, но и многих факторов.

Развитие гетеротрофных гидробионтов может подавляться из-за нарушения жизненных циклов. Например, ранней осенью личинки хирономид успешно окукливаются в теплой воде, но комары не откладывают яйца из-за низкой температуры воздуха; сходная картина может наблюдаться и весной.

Работа АЭС и ТЭС ведет не только к термофикации водоемов, При прохождении воды через узкие трубки, конденсатора, когда за несколько секунд ее температура повышается на 10°C и более, у многих беспозвоночных и личинок рыб наблюдается температурный шок и связанное с ним нарушение 'поведенческих реакций. В результате возрастает гибель животных, в частности за счет ослабления оборонительных реакций.

Значительная часть беспозвоночных отмирает вследствие травмирования в трубках конденсатора и в водосбросном канале, в особенности в местах перепада воды. Значительная часть гидробионтов, в частности водорослей, гибнет под влиянием гидравлического шока.

Во время прохождения воды через охлаждающий контур меняется состав находящихся в ней веществ в сторону уменьшения количества соединений азота и увеличения доли органических соединений повышенной биологической активности — кетонов, спиртов и др. Все это в значительной мере влияет на

состояние экосистем водоема-охладителя.

Отрицательные последствия термофикации водоемов, связанные с усилением первичного продуцирования, разрастанием нитчатых водорослей и зарастанием высшими растениями, могут быть нейтрализованы правильной эксплуатацией вновь образующихся экосистем.

В первую очередь сюда относится использование водоемов-охладителей в аквакультуральном плане. Разведение растительноядных рыб не только предотвращает зарастание водоемов-охладителей макрофитами и снимает вызываемые ими помехи (засорение решеток, фильтров и др.), но и дает значительную дополнительную продукцию. При этом культуру теплолюбивых растительноядных рыб, в частности белого амура и белого толстолоба, можно значительно продвинуть на север.

Рекомендуемая литература по теме:

- 1 Константинов А.С. Общая гидробиология: Учебник для вузов.-М.: Высшая школа. 1979. -480с. Изд. 3-е, перераб. и доп..
- 2 Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПбМ.: Наука, 2000. -147с.
- 3 Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические вопросы: Учебное пособие. –М.: Мир, 2004. -432с.
- 4 Эрхард Ж.П., Сежен Ж. Планктон. Состав, экология, загрязнение. –М.: URSS, 1984. -256с. Пер. с фр.
- 5 Алимов А.Ф. Продукционная гидробиология и функционирование экосистем. // В кн. «Новые идеи в океанологии». Т.1. –СПб.: Наука, 2004. С.264-279.
- 6 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001 / Сер. Строительство России. –М.: ДЕАН, 2008. -192с.
- 7 Водоснабжение и канализация. / Сер. Евродача: строим - обновляем – ремонтируем. –М.: Диля, 2008. -160с.
- 8 Яшнов В.А. Малый практикум по гидробиологии. –М.: URSS, 1952. - 266с.
- 9 Галынкин В.А. , Заикина Н.А. , Потехина Т.С. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии с основами асептики и биотехнологии. -Курск: КГМУ, 2002. -236с.
- 10 Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Монография. -М.: Наука, 2007. -216с.
- 11 Мурадова Е.О., Ткаченко К.В. Микробиология. /Сер.. Учебный курс: Кратко и доступно. – М.: Эксмо, 2009. -336с.
- 12 Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.

- 13 Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М .: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.
- 14 Константинов А.С. Общая гидробиология. - М.: Высшая школа, 1986.- 466 с.
- 15 Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
- 16 Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
- 17 Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
- 18 Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
- 19 Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
- 20 Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
- 21 Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. *Какие существуют проблемы охраны водной среды и чистой воды?*
2. *Что такое загрязнение водоема?*
3. *Какие наиболее опасные загрязнения водоема Вы знаете?*
4. *Охарактеризуйте основные загрязнители.*
5. *Что такое антропогенная эвтрофикация водоема?*
6. *Что такое термофикация водоема?*
7. *Каковы причины эвтрофикации? Как она проявляется?*
8. *Как можно предупредить антропогенную эвтрофикацию водоема?*
9. *Как проявляется термофикация водоема и каковы ее последствия?*

ТЕМА 2: Биологическое самоочищение водоемов и формирование качества воды

Не всякое поступление загрязняющих веществ и аллохтонной органики сопровождается загрязнением или эвтрофикацией водоемов, поскольку биоценозы в известных пределах способны кондиционировать свою среду, противодействовать ее изменениям под влиянием внешних воздействий.

Поэтому часто говорят о *приемной емкости* водоема — количестве загрязняющих веществ, которое он может воспринимать без возрастания их концентрации до уровня, вызывающего деформацию экосистемы и неприемлемого для человека.

Различают емкость *геофизическую*, определяемую скоростью седиментации, *геохимическую*, обуславливаемую химическими превращениями, и *биологическую*, зависящую от темпа биоседиментации и биодетоксикации загрязнений.

Поступающая с водосборной площади органика, если ее не слишком много, не накапливается в водоеме, минерализуясь в процессе дыхания. В значительной мере в метаболизм вовлекаются различные загрязняющие вещества, и в результате их биологического разрушения происходит детоксикация среды.

Гидробионты-фильтраторы и седиментаторы осветляют воду, осажая взвесь на дно, и способствуют захоронению вредных веществ в грунте, т.е. удалению из экосистемы. Выделение автотрофами кислорода и поглощение углекислого газа — важнейшие факторы улучшения газового режима водоемов.

В этом же отношении большое значение имеет вододвигательная функция гидробионтов. Усиление турбулентного движения воды одновременно ускоряет многие процессы биологического самоочищения, способствуя повышению уровня метаболизма гидробионтов (отток катаболитов, принос анаболитов), поступлению ферментов из функционирующих и мертвых организмов (экстракция).

Обогащение воды некоторыми метаболитами гидробионтов имеет первостепенное значение для улучшения ее питьевых качеств и условий существования многих представителей населения водоемов.

Велико значение биологических процессов, влияющих на распределение в грунте загрязняющих веществ. К ним относятся:

- биоотложения веществ (фекалии, псевдофекалии и др.);
- бионарушения (перекапывание грунта, закапывание, рытье нор, построение трубок, домиков и т. п.);
- биостабилизация осадков (микробное склеивание частиц, укрепление корнями, ризоидами).

Гидробиоценозы представляют собой систему, противостоящую эвтрофикации и загрязнению водоемов, систему биологического

самоочищения, направление и мощность работы которой в значительной мере определяют качество воды, ее биологическую полноценность.

Под воздействием гидробионтов из природного минерала — воды образуется новое, более сложное биокосное тело, которое необходимо для нормального существования организмов, в том числе и человека.

Гидробиоценозы — «биофабрики» питьевой воды, дающие в соответствии со своим состоянием продукцию разного качества, улучшение которого имеет существенное медико-санитарное значение.

Поэтому изучение процессов биологического самоочищения водоемов и формирование качества воды с ростом цивилизации приобретает все большее значение.

Минерализация органического вещества.

Чем больше в водоеме гидробионтов-гетеротрофов и чем выше уровень их метаболизма, тем больше органического вещества подвергается биологическому окислению и, следовательно, энергичнее идет процесс самоочищения. При этом полагают, что концентрация кислорода в воде достаточна для того, чтобы не тормозить аэробные процессы, играющие основную роль в минерализации органики.

Универсальной мерой интенсивности минерализации служит величина деструкции, выражаемая количеством кислорода, восстанавливаемого экосистемой в единицу времени. Для получения сравнительных величин деструкцию удобнее выражать на единицу объема воды (грунта) или на столб воды, приходящийся на единицу поверхности водоемов.

Величина редукции органики оценивается превышением деструкции над первичной продукцией и поступлением аллохтонной органики. Данные показывают, что в континентальных водоемах, особенно в реках и водохранилищах, деструкция значительно превышает новообразование органического вещества.

Такая ситуация весьма обычна, так как в условиях поступления аллохтонной органики с водосбора экосистемы могут устойчиво существовать только в случае превышения деструкции над продукцией, за счет перемещения части органических веществ в грунт или выноса их из водоема. Как правило, все три формы редукции органики протекают параллельно друг другу с разным долевым выражением.

В качестве примера величины деструкции органики различными группами гидробионтов можно привести данные по Волгоградскому водохранилищу (Константинов, 1976). Суммарная минерализация без учета дыхания водорослей и микрозообентоса здесь достигает около 33390 кДж/м², или 1590 г/м² сухого органического вещества, за вегетационный период. Из этого количества около 42 % минерализуется бактериопланктоном, 40 % — бактериобентосом, 10 % — планктонными инфузориями, 5 % — моллюсками, 1,5 % — ветвистоусыми рачками и менее 1,5 % — всеми остальными группами зоопланктона и зообентоса. Во всем водоеме ежегодно разрушается 8,5 тыс. т

органики — такова суммарная величина биологического самоочищения в Волгоградском водохранилище за счет минерализации.

На очистных сооружениях Москвы за счет деятельности гидробионтов ежедневно минерализуется около 680 тонн органики. В наибольшей степени минерализация идет благодаря жизнедеятельности аэробных бактерий и простейших. Поэтому высокая обеспеченность кислородом ускоряет самоочищение.

В соответствии с общими закономерностями минерализация возрастает с повышением температуры, ускорением оттока катаболитов и притока анаболитов. Вследствие этого, в проточных водоемах с интенсивным турбулентным перемешиванием воды минерализация идет быстрее, чем в стоячих.

Прослежено, что корреляция между количеством микроорганизмов (основных минерализаторов) и скоростью минерализации не очень тесная. С одной стороны, это связано с колебаниями активности микроорганизмов, с другой — с присутствием в воде свободных окислительных ферментов.

При разрушении микроорганизмов содержащиеся в них ферменты оказываются в воде и продолжают работу. Турбулентность воды ускоряет экстракцию ферментов и их воздействие на разлагаемые субстраты.

Например, протеолитическая активность сапрофитной бактериофлоры в нижнем бьефе ГЭС, где вследствие сброса воды создается усиленное турбулентное перемешивание, в два-три раза выше, чем в далее расположенных участках с более спокойной гидродинамикой. Увеличение протеолитической активности в нижнем бьефе, по-видимому, связано также с наличием здесь песчаного грунта, который способствует разрушению клеток и выходу свободных ферментов в окружающую среду.

Анализ показал, что зависимость степени самоочищения от скорости течения носит характер гиперболической функции, резкое нарастание которой начинается от 0,7 м/с.

О минерализационной работе гидробионтов можно судить по снижению ВПК—биохимического потребления кислорода. Так БПК₅ (БПК за 5 суток) в Днепре выше г. Смоленска летом составлял 6,1 мг, далее вниз по течению уменьшался до 4 мг и близ г. Орши падал до 3,4 мг. Следовательно, на рассматриваемом участке минимальная величина минерализации за время прохождения воды от Смоленска до Орши достигала 2,7 мг/л.

Действительная величина минерализации значительно выше, поскольку уменьшение БПК₅ отражает лишь превышение деструкции над алло- и автохтонным поступлением органики в экосистему.

На очистных сооружениях Москвы минерализация, оцениваемая по снижению БПК, составляет 672 тонн в сутки. Эта величина уже близка к реальной, поскольку новообразования органического вещества и его поступления извне нет.

Одновременно четко прослеживается постепенное снижение содержания в воде фосфора. Примерно в 60 км ниже очага загрязнения вода по рассматриваемым гидрохимическим показателям сходна с той, какой она была

до загрязнения.

Хорошая характеристика редукции органического вещества — снижение окисляемости воды, как перманганатной, так и бихроматной. Первая, как уже говорилось, отражает содержание в воде легкоокисляемого органического вещества и по величине значительно уступает бихроматной.

Например, в Днепре на участке Могилев — Ново-Быхов перманганатная окисляемость колебалась от 3,1 до 5,7 мг O₂/л, бихроматная — от 13 до 27 мг C₂/л и каждый раз превышала первую в 4—5 раз.

Для самоочищения водоемов особенно существенна минерализация легкоокисляемого органического вещества, количество которого приближенно равно полному ВПК (БПКп).

БПКп можно определять не только непосредственно (более 20 суток экспозиции склянок), но и рассчитывать разными способами, зная БПК, за более короткие сроки. БПКп составляет обычно 40—50 % от количества кислорода, потребного на окисление всей органики.

Так, на упомянутом участке Днепра отношение БПКп к бихроматной окисляемости на различных разрезах колебалось от 37 до 44 % (Остапеня, 1972).

Известное представление о ходе минерализационных процессов можно получить на основе анализа изменений концентрации кислорода в воде по мере удаления от источника загрязнения.

Получается характерная кривая «кислородного прогиба», отражающая напряженность окислительных процессов в местах с различным содержанием лабильной органики.

Биоседиментация и осветление воды

Освобождение воды от загрязняющих веществ, как правило, происходит в результате их биологического перемещения на дно.

Захороняясь в грунт, токсиканты становятся менее опасными, тем более, что многие из них недолговечны (короткоживущие радионуклиды, нестойкие органические вещества) и могут полностью обезвреживаться за время пребывания в донных отложениях.

Сам процесс биологического перемещения загрязнений из воды в осадки (биоседиментация) может быть следствием нормальной жизнедеятельности гидробионтов или их отмирания с последующим опусканием на дно.

Транзит загрязнений из воды в грунт в процессе нормальной жизнедеятельности гидробионтов осуществляется главным образом в результате работы фильтраторов и седиментаторов.

Изымая из воды огромные количества взвеси, эти организмы отчасти транспортируют ее в грунт в виде фекальных комочков, которые опускаются на дно.

Неизмеримо большое значение имеет образование животными комков незаглатываемого фильтрата — псевдофекалий.

Например, основную часть отфильтрованного материала, особенно-

малопригодного в пищевом отношении, двустворчатые моллюски не заглатывают, а в склеенном виде выбрасывают через выводные сифоны, и крупные комочки псевдофекалий опускаются на дно.

Таким образом, в результате изъятия взвесей в пресных водоемах и морях происходит огромный по своим масштабам процесс осветления воды, осуществляемый моллюсками, ракообразными, асцидиями, иглокожими, личинками насекомых и многими другими животными.

Особенно велика роль в биофильтрации двустворчатых моллюсков. Так, мидии длиной 5—6 см отфильтровывают за сутки около 3,5 л воды, а на морском побережье количество процеживаемой ими воды на площади 1 м² нередко достигает 150 или даже 280 м³ в сутки.

Благодаря совокупной фильтрационной работе мидий, устриц и других двустворчатых моллюсков в прибрежье морей создается необычайно мощный пояс биофильтра, сквозь который ежедневно пропускается вся вода литоральной и сублиторальной зоны. Иногда под поселениями мидий накапливаются метровые толщи вязких плов, образующихся в результате оседания фекалий и псевдофекалий.

В пресных водах огромная фильтрационная работа выполняется перловицами, беззубками, дрейссеной и другими двустворчатыми, причем скорость фильтрации у них еще выше, чем у морских форм.

Например, перловицы *Unio modestus* и *U. tumidus* длиной 5—6 см и такие же по размерам беззубки *Anodonta piscinalis* при температуре 9—10°C отфильтровывают до 12 л воды в сутки.

С повышением температуры до 20 и 30°C количество воды, профильтровываемой этими же моллюсками, возрастает соответственно до 16 и 28 л в сутки, крупные перловицы и беззубки, достигающие 9—11 см, за сутки могут пропустить до 60—70 л воды на одну особь (Кондратьев, 1969). Дрейссена (*D. polymorpha*) длиной 2—3 см при температуре 17—18°C процеживает за сутки до 1,5—2 л.

В качестве характеристики роли двустворчатых моллюсков в осветлении воды можно привести данные по Волгоградскому водохранилищу. Количество воды, отцеживаемой здесь моллюсками (в основном дрейссеной), за вегетационный период (с апреля по ноябрь) достигает 840 млрд. м³, что примерно в 24 раза превышает полный объем водохранилища.

В расчете на 1 м² акватории за 8 месяцев отцеживается 240 м³, или 1 м³ в сутки. В летнее время {июнь—август) за месяц отфильтровывается 160—180 млрд. м³ воды — 5—6 объемов всего водохранилища. Степень отфильтровывания частиц размером 1—3 мкм достигает 90—92 %, с их увеличением до 20—30 мкм—до 97—100 %.

Количество вещества, отцеживаемого моллюсками, за вегетационный период достигает 36 млн. т, из которых 29 (8,3 кг/м²) перемещается на грунт. В Учинском водохранилище дрейссены за год отфильтровывают два объема всего водоема.

Интересно отметить, что, отцеживая огромные количества воды, моллюски не губят свою молодежь из-за отсутствия в кишечнике протеаз; после

прохождения через пищеварительный тракт велигеры дрейссен и диссоконхи мидий полностью сохраняют свою жизнеспособность.

Огромную работу по осветлению воды выполняют обитатели пелагиали. По расчетам Г. Г. Вин-берга, при 20°C планктонные рачки за сутки фильтруют 360 мл воды на 1 мг массы; в эвтрофных озерах — при обычной их биомассе около 3 мг/л весь объем воды пропускается через фильтровальный аппарат всего за одни сутки.

Количество воды, пропускаемой фильтраторами и седиментаторами, может быть меньше, чем то, которое осветляется ими (в результате коагуляции взвеси выделяемой в воду слизи).

Очень велика в биологическом самоочищении и роль вододвигательной функции фильтратов и седиментаторов. Вызываемое ими перемешивание воды ускоряет процесс минерализации органики и биологической детоксикации загрязнений.

Чрезвычайно велика биоседиментация, связанная с опусканием на грунт отмерших организмов. Инкорпорированные в них токсические и другие загрязняющие вещества захороняются в количествах, соизмеримых со всеми формами гидрологического осаждения. Такое положение, в частности, отмечается для радионуклидов в неритической и океанической зонах пелагиали Мирового океана.

Прижизненное инкорпорирование загрязненных веществ гидробионтами вне зависимости от дальнейшей судьбы последних представляет собой самостоятельный фактор улучшения качества воды, сопряженный, однако, с ухудшением токсикологической характеристики самих обитателей гидросферы.

Биологическая детоксикация

Все гидробионты в какой-то мере способны разрушать или обезвреживать различные токсические вещества. В одних случаях токсиканты используются как источники пищи (энергии), в других — в качестве донаторов кислорода или в иных целях, в третьих — попадают в тело гидробионтов вместе с пищей и водой, после чего инактивируются подобно тому, как обезвреживаются ядовитые вещества в печени высших животных. В результате этих процессов количество и концентрация токсикантов в водоемах снижаются.

В еще большей степени уменьшается количество токсических веществ в воде вследствие их накопления в организмах. Наибольшее значение для самоочищения водоемов имеет биологическая детоксикация нефти и других углеводородов, пестицидов и солей тяжелых металлов, вредных продуктов метаболизма.

Разрушение нефти и ее продуктов на 10—90 % осуществляется микроорганизмами по типу окислительной ассимиляции; такой способностью обладает около 100 видов бактерий, дрожжей и грибов, на развитие которых в естественных условиях влияют температура, рН, концентрация кислорода, соленость и другие факторы.

Окисление идет по схеме: предельные углеводороды — непредельные

углеводороды-спирт — кетосоединения- жирные кислоты — CO_2 и H_2O .

В водоемах, загрязненных нефтепродуктами, встречаются микроорганизмы, окисляющие соляровое, машинное, вазелиновое масла, керосин, парафин, нафталин.

В море интенсивность окисления нефти бактериями при достаточном обеспечении биогенами составляет в среднем 5 пг нефти на одну клетку в час или в кислородном эквиваленте 15 пг O_2 в час.

Сходные данные получены при исследовании интенсивности разрушения нефти в водохранилищах Волги. Для углеродооксилющих бактерий Каспийского моря эта величина оценивается в $5 \cdot 10^{-10}$ — $1,5 \cdot 10^{-9}$ мг нефти на клетку в час при 20 — 25°C ; за летний период бактерионейстон прибрежных районов Каспия на 1 м^2 поверхностной пленки разрушает 12 — 36 г нефти, а во всем море—около 9 тыс. т.

В Онежском озере, Рыбинском, Горьковском, Волгоградском и Свирском водохранилищах скорость бактериального разложения нефтепродуктов достигает $0,1$ — $0,9$ мг/л в; сутки.

Бактерий, окисляющих керосин и соляровое масло, особенно много (до 10 — 100 тыс. в 1 мл) в участках, загрязненных нефтью, причем в поверхностной пленке их в 10 раз больше, чем под ней.

Бактерии, окисляющие парафин и нафталин, не так многочисленны — до $0,1$ — 1 тыс./мл. По данным О. Г. Миронова, количество нефтеоксилющих бактерий в морях положительно коррелирует со степенью их загрязнения нефтепродуктами.

Выделено 14 видов бактерий, способных расти на минеральной среде с нефтью в качестве единственного источника углерода и энергии. Наиболее распространенные среди них — *Pseudomonas desmolytlcum* и *Bacterium album*.

Например, в северо-западной части Черного моря на долю первого приходится около 70 % нефтеоксилющих бактерий в толще воды и 47 % в грунте.

Максимальное количество бактерий встречается в прибрежье, в грунте бактерии концентрируются преимущественно в верхнем (окисленном) слое, их численность резко снижается с продвижением в открытое море.

Помимо бактерий в разрушении нефти принимают участие большое число миксомицетов, среди которых хорошо растут на всех видах нефтепродуктов представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*.

Число нефтеоксилющих бактерий в морских осадках достигает несколько сот тысяч в 1 г, в воде — несколько десятков тысяч в 1 мл. В 1 г грунтов, подвергшихся загрязнению при аварии танкера «Торри Каньон», обнаружилось до 400 млн. нефтеразрушающих бактерий, в загрязненных нефтью грунтах Черного моря — до 10 млн.

В море нефтеоксилющие бактерии разрушают $0,1$ — 12 г/м³ нефтепродуктов в сутки, или 35 — 350 г/м³ за год.

Подавляющее большинство культур нефтеоксилющих бактерий способно расти на других источниках углерода — пептиноуглеводах и др. Это значит, что процессы бактериального разрушения нефти могут тормозиться при

загрязнении воды другими органическими веществами.

В настоящее время на основе изучения жизнедеятельности нефтеокисляющих бактерий разработан эффективный метод биологической очистки вод, содержащих нефтепродукты. Такие воды, в частности балластные воды танкеров, содержащие 5—10 % нефтепродуктов, засеваются нужными штаммами бактерий, которые почти полностью используют углеводороды в процессе своей жизнедеятельности.

Существенное значение в самоочищении водоемов от нефти имеют высшие растения. Они увеличивают площадь соприкосновения нефтепродуктов с разлагающей их микрофлорой, повышают численность микроорганизмов — разрушителей нефти, выделяя стимулирующие их рост метаболиты, и обогащают воду кислородом, обеспечивая бесперебойность окислительных процессов.

В эксперименте численность нефтеокисляющих бактерий в присутствии рогоза широколистного и камыша озерного возросла по сравнению с контролем соответственно в 19 и 150 раз; разложение нефти (1 г/л) в присутствии погруженных растений происходило на 10—13-й день, в контроле—на 20—35-й день.

Существенную роль в снижении нефтяного загрязнения играют мидии. Резистентные к загрязнению моллюски собирают взвешенные в воде частицы нефти в комки псевдофекалий. Комочки легче воды, плавают на ее поверхности, но когда на них оседает минеральная взвесь, тонут.

Уже через несколько минут в мутно-желтой эмульсии нефти вокруг мидий начинает образовываться светлое пятно, через час вода в аквариуме осветлялась.

В пол-литровых сосудах с эмульсией нефти (1 г/л), содержащих одну мидию (черноморская форма), через сутки общее количество нефти снижалось на 22 % (в контроле—на 2,5 %), причем 44 % ее находилось в плавающих псевдофекалиях; через пять суток осталось только 48 % исходного количества нефти.

Помимо нефти и ее продуктов, микроорганизмы энергично окисляют многие другие углеводороды и органические вещества различных классов. В частности, описано разрушение микроорганизмами салициловой кислоты, гептанола, метилового, этилового и других спиртов, метана, этана.

Окисление метана в основном происходит в периоды весеннего и осеннего перемешивания воды, так как тормозится избытком и недостатком кислорода. Широко распространенные в водоемах азотфиксирующие бактерии *Azotobacter agile* и денитрифицирующие *Pseudomonas denitrif leans* энергично разрушают фенолы, используя их как источники углерода; за сутки они способны окислить соответственно до 10 и 30 мг фенола в 1 л воды.

Работа этих бактерий значительно усиливается при достаточном количестве биогенов. В их присутствии *P. denitricans*, *Myco-bacterium philei* и другие микроорганизмы интенсивно разлагают органические вещества ароматического ряда, в частности сульфаниловую кислоту, являющуюся исходным и промежуточным продуктом при получении красителей.

С участием большого количества микроорганизмов разрушаются пестициды. Многие феноксиуксусные кислоты (гербициды 2,4-Д; 2,4-Т) разлагаются в результате разрыва ароматического кольца и отщепления атомов хлора в виде неорганических хлоридов.

Бактерии *P.Pseudomonas* гидроксилируют высшие феноксиалкилкарбоновые кислоты — гербициды 2, 4, 5-Т и др. Широко применяющиеся пестициды группы симтриазинов до некоторой степени разлагаются животными в процессе метаболизма и еще больше — микроорганизмами, разрывающими триазиновое кольцо.

Многие соли тяжелых металлов, особенно с переменной валентностью, обезвреживаются в процессе жизнедеятельности ряда водорослей и бактерий. Например, Cr^+ полностью исчезал из воды через 30 дней после инокуляции *Scenedesmus quadricauda* и *Chlorella vulgaris*: с одной стороны, происходило его восстановление до Cr^{3+} , с другой — накопление в водорослях.

В свою очередь Cr^{3+} прочно связывается белками клеток, в частности находящимися в иловых отложениях. Выявлены бактерии (*B. dechromaticum*), использующие в анаэробных условиях в качестве акцептора водорода CrO_3 . При этом высокотоксичный шестивалентный хром переходит в сравнительно безвредный трехвалентный, который в виде гидроокиси выпадает в осадок.

Другие бактерии способны восстанавливать хроматы. Найдены бактерии, разрушающие перхлораты (соли HC10_4). Процесс проходит через стадию хлоратов.

В результате использования бактериями кислорода бихроматов, хроматов, перхлоратов и хлоратов эти ядовитые соединения разрушаются. Необычайно широко распространены в водоемах бактерии, использующие в качестве акцепторов водорода SO_4^{2-} , что ведет к разрушению этих ионов.

Фотосинтетическая аэрация воды и обогащение ее метаболитами

Большое значение для ускорения многих процессов биологического самоочищения и улучшения питьевых качеств воды имеет обогащение ее кислородом, выделяющимся в процессе фотосинтеза.

Установлено, что фотосинтетическая аэрация часто превосходит атмосферную или вполне соизмерима с нею. Например, летом в р. Свислочь суточная величина фотосинтетической аэрации в пересчете на 1 м^2 составляла 33,2 мг CO_2 , а атмосферной—15,8 мг.

Преобладание фотосинтетической аэрации над атмосферной отмечено и в других загрязненных реках, в частности Рейне, Майне, Дунае. В сильно загрязненной гавани города Сан-Диего, вода в результате фотосинтеза ежедневно получает 59,7 т кислорода, из атмосферы—45 т (1,8 и 1,3 г/м²). В гавани Балтимора атмосферная аэрация в 3,2 раза меньше фотосинтетической.

Преобладание фотосинтетической аэрации над атмосферной отмечено и в мелких эвтрофных прудах. В Волгоградском водохранилище фотосинтетическая продукция кислорода за вегетационный период достигает.

10,5 млн. т (несколько более 300 г/м^2) и примерно равна атмосферной.

Фотосинтетическое аэрирование воды не только усиливает минерализацию органических веществ, но и ускоряет многие процессы окислительной биологической детоксикации, тем самым, улучшая качество воды.

Установлено, что на качество воды огромное влияние оказывают вещества, выделяемые в процессе жизнедеятельности микроорганизмами, водорослями и другими гидробионтами.

С одной стороны, речь идет о выделении различных витаминов и других веществ, благоприятствующих росту и развитию водных организмов и повышающих питьевые качества воды. С другой стороны, многие катаболиты гидробионтов способны предотвращать некоторые физико-химические процессы, ухудшающие биологические качества воды.

Установлено, что «растворенные в воде органические вещества» (РОВ) подвергаются перекисному окислению свободным кислородом с образованием биологически активных перекисей, гидроперекисей, свободных радикалов и других продуктов.

Среди РОВ особенно реакционно-способны липиды, в частности ненасыщенные жирные кислоты. В результате перекисного окисления липидов образуются промежуточные продукты — гидроперекиси и перекиси, и конечные — альдегиды, кетоны, эпоксиды и др. Эти продукты токсичны для гидробионтов.

Перекиси разрушают витамины А, D, К, эпоксиды мутагенны и канцерогенны. Летучие осколки молекул могут придавать воде неприятные запахи и привкусы. Свободные радикалы ингибируют многие жизненно важные процессы; под влиянием продуктов перекисного окисления инициируется цепное окисление ненасыщенных жирных кислот в фосфолипидах биомембран, которое вызывает нарушение их проницаемости и гибель гидробионтов.

Показано, что продукты свободнорадикального окисления вызывают у гидробионтов ряд неспецифических патологических изменений с характерными симптомами: слабой реакцией на внешние раздражения, падением темпа роста, анемией и др.

Гомеостаз организма на гуморальном уровне регуляции свободнорадикального окисления обеспечивается перераспределением между тканями эндогенных антиокислителей.

При недостатке в яйцеклетках запасов антиокислителей (*антиоксидантов*) в липидах икры образуется большое количество продуктов свободнорадикального окисления, и появляется много уродливых эмбрионов.

При обогащении воды антиокислителями они сорбируются икрой, и процессы эмбриогенеза оптимизируются. Одновозрастные группы рыб, выращенные в одинаковых условиях, разнородны по количеству антиоксидантов и липоперекисей в тканях.

Особь, в тканях которых больше антиокислителей, быстрее растут, лучше используют корм, устойчивее к повреждающим воздействиям и инфекционным заболеваниям. Неконтролируемое антиоксидантами свободнорадикальное

окисление вызывает необратимые патологические процессы. Таким образом, присутствие и концентрация антиоксидантов в воде в значительной степени определяют ее качество как среды гидробионтов.

Выяснилось, что водоросли активно ингибируют перекисное окисление РОВ. Добавка фильтратов от культуры водоросли *Scenedesmus obliquus* к водносолевому раствору тирозина подавляла электрохемилюминесценцию последнего, пропорциональную уровню перекисного окисления РОВ.

В экстрактах водорослей обнаружены вещества с антирадикальными и антиокислительными свойствами: а-токоферол, каротиноиды и др. По мере старения культуры и снижения интенсивности ее размножения антиокислительная активность водорослей падает.

В цветущих водоемах обнаруживаются токоферолы, витамины А, D, К и каротиноиды, обладающие антиокислительной активностью, в концентрации 10^{-9} - 10^{-6} моль/л. Показано, что антиокислительная активность экстрактов нейстона выше, чем у планктона, и зависит главным образом от доли в нем животных.

Для оценки биологического значения антиокислителей характерен опыт с дафниями, содержащимися в воде с окисленными и неокисленными (контроль) липидами. В воде после окисления липидов, содержащей до $1,7 \cdot 10^{-7}$ моль/мл гидро- и диалкалперекисей, число пометов, рождаемость и количество линек у дафний понижались, образовывались эфиппии, задерживалось созревание рачков.

Присутствие в воде большого количества водорослей, способных ферментативно расщеплять перекиси, служит дополнительным фактором подавления неблагоприятных последствий окисления РОВ.

Интересно отметить, что цианобактерии, наименее способные к разрушению перекисей, чувствительнее других к высоким концентрациям кислорода и особенно бурно развиваются в застойной воде.

Биологически полноценной считается вода, которая содержит не только все соли и микроэлементы, но также белки, ферменты, витамины и другие продукты жизнедеятельности гидробионтов.

Вода, генерированная из мочи, соответствующая всем нормам ГОСТа, оказывала неблагоприятное воздействие на дафний, которое исчезло через 20 дней после вселения водорослей *Oscillatoria*; метаболиты водорослей сделали воду безвредной.

Интересно, что артезианская вода содержит примерно тот же набор липидных реакций, что и регенерированная из мочи и, подобно последней, способна нарушать физиологические процессы. Очевидно, это связано с отсутствием в артезианской воде биологических антиокислителей.

Биологически полноценной считается вода, которая содержит не только все соли и микроэлементы, но также белки, ферменты, витамины и другие продукты жизнедеятельности гидробионтов.

Вода, генерированная из мочи, соответствующая всем нормам ГОСТа, оказывала неблагоприятное воздействие на дафний, которое исчезло через 20 дней после вселения водорослей *O. scillatoria*, метаболиты водорослей

сделали воду безвредной.

Интересно, что артезианская вода содержит примерно тот же набор липидных фракций, что и регенерированная из мочи и, подобно последней, способна нарушать физиологические процессы. Очевидно, это связано с отсутствием в артезианской воде биологических антиокислителей.

Существенное значение для формирования качества воды имеют протеолитические ферменты, выделяемые в нее гидробионтами.

Чем выше протеолитическая активность воды, тем быстрее идет процесс ее самоочищения.

Рекомендуемая литература по теме:

- 1 Константинов А.С. Общая гидробиология: Учебник для вузов.-М.: Высшая школа. 1979. -480с. Изд. 3-е, перераб. и доп..
- 2 Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПбМ.: Наука, 2000. -147с.
- 3 Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические вопросы: Учебное пособие. –М.: Мир, 2004. -432с.
- 4 Эрхард Ж.П., Сежен Ж. Планктон. Состав, экология, загрязнение. –М.: URSS, 1984. -256с. Пер. с фр.
- 5 Алимов А.Ф. Продукционная гидробиология и функционирование экосистем. // В кн. «Новые идеи в океанологии». Т.1. –СПб.: Наука, 2004. С.264-279.
- 6 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001 / Сер. Строительство России. –М.: ДЕАН, 2008. -192с.
- 7 Водоснабжение и канализация. / Сер. Евродача: строим - обновляем – ремонтируем. –М.: Диля, 2008. -160с.
- 8 Яшнов В.А. Малый практикум по гидробиологии. –М.: URSS, 1952. - 266с.
- 9 Галынкин В.А. , Заикина Н.А. , Потехина Т.С. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии с основами асептики и биотехнологии. -Курск: КГМУ, 2002. -236с.
- 10 Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Монография. -М.: Наука, 2007. -216с.
- 11 Мурадова Е.О., Ткаченко К.В. Микробиология. /Сер.. Учебный курс: Кратко и доступно. – М.: Эксмо, 2009. -336с.
- 12 Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.
- 13 Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М .: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.
- 14 Константинов А.С. Общая гидробиология. - М.: Высшая школа, 1986.- 466 с.

- 15 Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
- 16 Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
- 17 Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
- 18 Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
- 19 Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
- 20 Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
- 21 Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как и из чего формируется качественная вода?
2. Что такое биологическое самоочищение?
3. Зачем нужна минерализация органических веществ в воде?
4. Что такое биоседиментация воды?
5. Как можно произвести осветление воды? Зачем это делается?
6. Что такое биологическая детоксикация водоема?
7. Зачем воду нужно обогащать метаболитами?
8. Что такое фотосинтетическая аэрация воды?

ЛАБОРАТОРНЫЕ (ПРАКТИЧЕСКИЕ) ЗАНЯТИЯ

Проводится самостоятельная теоретическая подготовка к выполнению следующих лабораторно-практических работ с преподавателем в аудиториях кафедры:

п/п	Наименование лабораторных работ
1	Канцерогенные вещества, мутагены и их влияние на биопродуктивность.
2	Совместное действие нескольких токсикантов на гидробионтов

Обучаемый должен знать основные понятия и определения изучаемой дисциплины.

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО МОДУЛЮ

Выберите в качестве ответа на поставленный вопрос один из предлагаемых вариантов.

1) Когда возникла наука гидробиология?	
a) в начале VIII века;	
b) в конце XIX века;	
c) в Древней Греции;	
d) в средние века;	
e) в конце XX века.	
2) Как называются физико-химические факторы в водной среде?	
a) абиотические;	
b) биотические;	
c) мощные;	
d) слабые;	
e) противоречивые.	
3) Как называются гидробионты, способные переносить широкий диапазон воздействий?	
a) термофильные;	
b) стенобарные;	
c) эврибионты;	
d) оксифилы;	
e) токсикорезистентные.	
4) Укажите стеногалинный организм:	
a) артемии;	
b) водяной скорпион;	
c) хирономиды;	
d) мидии;	
e) осетр.	
5) Какой гидробионт относится к эврибарным?	
a) физалия;	
b) водомерка;	
c) кашалот;	
d) ряска;	

e) рогоз.	
6) К какому биотическому фактору относятся взаимоотношения зооксантел и тридакны?	
a) протокооперации;	
b) коменсализму;	
c) конкуренции;	
d) паразитизму;	
e) мутуализму.	
7) Как называются парящие в воде организмы?	
a) бентос;	
b) эпинеuston;	
c) перифитон;	
d) планктон;	
e) нектон.	
8) Какой у планктонных организмов скелет?	
a) редуцированный;	
b) громоздкий;	
c) прозрачный;	
d) разнокачественный;	
e) округлый.	
9) За счет какого механизма уменьшается удельный вес планктоновых организмов?	
a) переворачивания;	
b) газовых включений;	
c) вскрытия;	
d) вибрации;	
e) отложения кальция.	
10) Как называются прикрепленные организмы зообентоса?	
a) медузы;	
b) интерфауна;	
c) планктон;	
d) инфауна;	
e) нейстон.	
11) Укажите биотоп толщи воды:	
a) нейсталь;	
b) пелагиаль;	
c) бенталь;	

d) батраль;	
e) эпинеяль.	
12) Как называется обрастания предметов в воде?	
a) нейстон;	
b) порация;	
c) перифитон;	
d) фрактал;	
e) гипонейстон.	
13) Укажите донно-плавающих животных:	
a) нектобентос;	
b) фитобентос;	
c) зообентос;	
d) фитопланктон;	
e) зоопланктон.	
14) Какой организм относится к плейстоцену?	
a) гидра;	
b) моллюски;	
c) физалия;	
d) дафнии;	
e) гаммарусы.	
15) Укажите вторичноводный организм?	
a) щука;	
b) большой прудовик;	
c) хлорелла;	
d) морской ангел;	
e) морской черт.	
16) У каких организмов встречаются водные легкие?	
a) рыбы;	
b) калянусы;	
c) балянусы;	
d) морской огурец;	
e) морской таракан.	
17) У кого встречаются трехклеточные жабры?	
a) личинки поденок;	
b) хирономиды;	
c) рыбы;	
d) диаптомусы;	

е) крабы.	
18) Где находятся ложные жабры у личинки стрекозы?	
а) голова;	
б) грудь;	
с) брюшко;	
д) задняя кишка;	
е) конечности.	
19) Укажите автотрофные организмы:	
а) коловратки;	
б) инфузории;	
с) амёбы;	
д) цианобактерии;	
е) моллюски.	
20) Какие организмы относятся к миксотрофам?	
а) вольвокс;	
б) хламидомонады;	
с) диатомеи;	
д) артемии;	
е) гуппи.	
21) У кого внешнее пищеварение?	
а) морские звезды;	
б) гидроиды;	
с) губки;	
д) рыбы;	
е) сифонофоры.	
22) Укажите седиментаторов:	
а) водяные клопы;	
б) стрекозы;	
с) коловратки;	
д) пиявки;	
е) нематоды.	
23) Какой организм нельзя отнести к фильтраторам?	
а) дафнии;	
б) циклопы;	
с) двустворчатые моллюски;	
д) калянусы;	
е) брюхоногие моллюски.	

24) К какой группе организмов принадлежат хемосинтетики?	
a) водоросли;	
b) серобактерии;	
c) мшанки;	
d) сине-зеленые водоросли;	
e) элодея.	
25) Какой пресноводный организм обладает внешним пищеварением?	
a) водяные клопы;	
b) дафнии;	
c) личинки жука плавунца;	
d) водомерки;	
e) циклопы.	
26) Укажите организм с цикломорфозом:	
a) водяной скорпион;	
b) жук плавунец;	
c) водомерки;	
d) дафния гребенчатая;	
e) рогоз.	
27) Какие водные животные размножаются с гетерогонией?	
a) дафнии;	
b) рыбы;	
c) китообразные;	
d) кальмары;	
e) амёбы.	
28) Какие группы гидробионтов наделены эхолокацией?	
a) поденки;	
b) дельфины;	
c) бактерии;	
d) простейшие;	
e) осьминоги.	
29) У каких рыб лучше всего развито электрочувство?	
a) плотва;	
b) карась;	
c) щуки;	
d) мормириды (нильский слоник);	
e) осетр.	
30) Как рак-отшельник может указать на свою иерархическую	

принадлежность?	
a) раскрашивает раковину;	
b) переворачивает раковину;	
c) живет без раковины;	
d) выходит из раковины;	
e) носит на раковине актинию.	
31) Как индийские данио плавают, если они относятся к α -особям?	
a) вертикально;	
b) с наклоном;	
c) задом наперед;	
d) горизонтально;	
e) головой вниз.	
32) Какая структура популяции гидробионтов говорит об их положении в пространстве?	
a) трофическая;	
b) хориологическая;	
c) возрастная;	
d) половая;	
e) информационная.	
33) При каких взаимоотношениях в популяции гидробионтов используется конгрегация?	
a) контакте;	
b) образовании хориологической структуры;	
c) нейтрализации;	
d) хищничество	
e) конкуренции паразитизма.	
34) Какие преимущества дает половая структура в популяции гидробионтов?	
a) способствует более быстрому размножению;	
b) позволяет самцам находить самок;	
c) помогает выращиванию молоди;	
d) снимает конкуренцию;	
e) улучшает трофику.	
35) Какой процесс в популяции способствует гетерогонии?	
a) разделение;	
b) рост;	
c) возбуждение;	
d) партеногенез;	

e) цикломорфоз.	
36) Какая структура гидробиоценоза позволяет следить за передвижением питательных веществ по пищевым цепям?	
a) голандрическая;	
b) факультативная;	
c) хорологическая;	
d) ферментативная	
e) половая.	
37) К какой структуре гидробиоценоза приложима формула Маргалефа?	
a) хорологической;	
b) трофической;	
c) лидирующий;	
d) информационной;	
e) океанической.	
38) Какой кривой описывается взаимоотношение в системе хищник-жертва?	
a) параболической;	
b) экспонентой;	
c) осцилаторной;	
d) логарифмической;	
e) степенной.	
39) Найдите однотипные взаимоотношения популяций в гидробиоценозе:	
a) «хищник-жертва — «паразит-хозяин»;	
b) «конкуренция-хищничество»;	
c) «нейтрализм-симбиоз»;	
d) «протокооперация-антогонизм»;	
e) «конкуренция-мутуализм».	
40) У каких популяций в гидробиоценозе истинный симбиоз?	
a) щука-карась;	
b) парамеции-амебы;	
c) жгутиконосцы-миксотрофы;	
d) кальпода-зоохлореллы;	
e) креветка-мурена.	
41) Основное отличие гидробиоценоза от наземного биоценоза?	
a) состоит из популяций;	
b) есть продуценты и консументы;	
c) распространяются вертикально до 10 км;	
d) есть хищники;	

e) есть анаэробы.	
42) В каком биоценозе наиболее прочные биохимические связи?	
a) лесном;	
b) луговом;	
c) пустынном;	
d) водном;	
e) аграрном.	
43) В каком случае биомасса продуктов может быть меньше биомассы консументов?	
a) в пресноводном биоценозе;	
b) в биоценозе болот;	
c) в биоценозе луга;	
d) в морском биоценозе;	
e) в биоценозе леса.	
44) Какая сукцессия развивается в рыбноводном пруду спускаемом на зиму?	
a) вторичная;	
b) первичная;	
c) третичная;	
d) четвертичная;	
e) обратная.	
45) Как называется сукцессия смены гидробиоценозов в колбе с изначальной чистой водой?	
a) гетеротрофная;	
b) автотрофная;	
c) вторичная;	
d) первичная;	
e) временная.	
46) Какая сукцессия развивается в водоеме, в который принимают сточные воды с органикой?	
a) конечная;	
b) начальная;	
c) прерывистая;	
d) промышленная;	
e) гетеротрофная.	

Симаков Ю.Г.
Санитарная гидробиология
Учебно-практическое пособие
Модуль 1

Подписано к печати:
Тираж:
Заказ №:

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ
(образован в 1953г)**

Кафедра биоэкологии и ихтиологии

Модульный обучающий комплекс МГУТУ

Система вузовской учебной документации

Симаков Ю.Г.

САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

*Учебно-практическое пособие для студентов
всех форм и видов обучения, по специальности
110901 - Водные биоресурсы и аквакультура*

МОДУЛЬ 2



www.mgutm.ru

Москва, 2009

УДК 639.3

© Симаков Ю.Г. Санитарная гидробиология: Учебно-практическое пособие. Модуль 1. / Сер. Система вузовской учебной документации. –М.: МГУТУ, 2009. –44с. Изд. 2-е, дополнен.

Обработка материала, компьютерная графика и верстка: Горбунов А.В.

Рассмотрено на заседании кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» МГУТУ протокол №7 от 19.04.2009г и рекомендовано в качестве учебно-практического пособия.

Рекомендовано Институтом информатизации образования РАО.

Обучение по дисциплине строится по блочно-модульной системе. Под учебным модулем понимается целостная функциональная система, в которой объединены информационная, исполнительская и контролирующая части.

Сущность модульного обучения заключается в самостоятельном освоении предлагаемых по данной дисциплине функциональных модулей в соответствии с образовательным стандартом и рабочей программой.

Учебно-практическое пособие предназначено для студентов всех форм и видов обучения, по специальности 110901 - Водные биоресурсы и аквакультура

Автор (составитель): д.б.н., профессор Симаков Ю.Г.

Рецензенты:

д.б.н., проф. Амбросимова Н.А. (АзНИИРХ)

д.б.н., зав. сектором Микодина Е.В. (ВНИРО)

Редактор: Коновалова Л.Ф.

© Московский государственный университет технологий и управления, 2009.

109004, Москва, Земляной вал, 73.

кафедра "Биоэкологии и Ихтиологии", 2009.

117452, Москва, ул. Болотниковская, 15. тел: (499) 317-2936, 317-2927

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО МОДУЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ДИСЦИПЛИНЫ

САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

Дисциплина включает в себя ряд модулей, подлежащих освоению. Перечень и функциональная структура модулей показана ниже:

Методика модульно-рейтинговой оценки качества подготовки специалистов. Путеводитель по модульной структуре дисциплины. Рабочая программа по освоению дисциплины. Рубежный контроль: РК 1 Методические указания по написанию контрольной работы. Лабораторно-практические работы. Рекомендуемая литература. Обобщающий (итоговый) контроль.	Уч-МП
Экологические аспекты проблемы чистой воды и охраны водных экосистем. Загрязнение водоемов. Радионуклиды. Нефть. Пестициды. Тяжелые металлы и другие вещества. Антропогенная эвтрофикация и термофикация водоемов. Проявления и причины антропогенной эвтрофикации. Предупреждение антропогенной эвтрофикации. Термофикация водоемов. Биологическое самоочищение водоемов и формирование качества воды. Минерализация органического вещества. Биоседimentация и осветление воды. Биологическая детоксикация. Фотосинтетическая аэрация воды и обогащение ее метаболитами.	Уч-ПП Модуль 1
Экологические основы очистки воды и борьбы с биологическими помехами. Экологические аспекты очистки сточных вод. Экологические основы питьевого водоснабжения. Экологические основы борьбы с биологическими помехами. Экологические основы охраны гидросферы. Биологическая индикация загрязнения водоемов. Мезосапробные воды. Токсикологический контроль. Гидробиологический мониторинг.	Уч-ПП Модуль 2

Где: Уч-МП – учебно-методическое пособие;

Уч-ПП – учебно-практическое пособие.

Ваше текущее местоположение затенено серым цветом.

Выдержка из методики модульно-рейтинговой оценки знаний

Минимальная сумма баллов по всем модулям дисциплины (без итогового контроля) в сумме составляет **60** баллов.

Если студент не набрал минимального количества баллов по какому-либо модулю дисциплины (модуль признан не изученным), то он не допускается к итоговой оценке знаний (экзамену или дифференцированному зачету).

В этом случае студенту назначается дополнительный день, когда он сможет устно или письменно сдать ведущему преподавателю отдельные темы модуля или пройти повторно рубежный контроль. Такая возможность предоставляется студенту только один раз.

Если набранное количество баллов по модулю будет снова меньше минимально возможного, то студент получает по дисциплине оценку «неудовлетворительно» и отчисляется за неуспеваемость.

Если баллов набрано достаточно, то модуль признается изученным и студент допускается к итоговой оценке знаний.

Студент, не сдававший вовремя текущий контроль (за исключением уважительных причин), получает 0 баллов.

По усмотрению преподавателя ему может быть назначен новый срок (в течение до двух недель) с выставлением рейтинга с понижающим коэффициентом в зависимости от срока сдачи от назначенной даты.

Студент получает по дисциплине "зачет", если он набрал не менее **60** баллов по результатам текущего и рубежного контроля. После чего он допускается к итоговому контролю (экзамен или зачет).

После успешного прохождения образовательной программы по дисциплине, сформированной из отдельных модулей, и выполнением всех требований, предусмотренных учебным графиком, данная дисциплина считается освоенной.

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ	6
ТЕМА 1: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ И БОРЬБЫ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПОМЕХАМИ	7
<i>Экологические аспекты очистки сточных вод.....</i>	<i>8</i>
<i>Экологические основы питьевого водоснабжения.....</i>	<i>11</i>
<i>Экологические основы борьбы с биологическими помехами.....</i>	<i>14</i>
<i>Экологические основы охраны гидросферы.....</i>	<i>18</i>
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ТЕМЕ:	20
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:.....	21
ТЕМА 2: БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ	22
<i>Мезосапробные воды.....</i>	<i>24</i>
<i>Токсикологический контроль</i>	<i>27</i>
<i>Гидробиологический мониторинг</i>	<i>29</i>
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ТЕМЕ:	32
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:.....	33
ЛАБОРАТОРНЫЕ (ПРАКТИЧЕСКИЕ) ЗАНЯТИЯ	34
ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО МОДУЛЮ ..	35

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ

Активный ил – биологическая масса (флокулированные осадки), образованная во время очистки сточных вод в результате роста бактерий в присутствии растворенного в воде кислорода.

Аэрация – насыщение воды кислородом.

Биологические методы борьбы с обрастаниями - методы борьбы, в которых чаще всего используются биоценологические отношения между различными группами гидробионтов.

Биофильтр — сооружение, в котором сточная жидкость обтекает поверхность загрузочного материала (гравий, шлак, керамзит и др.), покрытого биопленкой из колоний аэробных микроорганизмов.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – количество кислорода, использованного при биохимических процессах окисления органических веществ (не включая процессы нитрификации) за определенный промежуток времени (2, 5, 8, 10 сут.).

Метантенк - закрытые бассейны, загружаемые иловыми осадками из отстойников.

Минерализация органических веществ – разложение органического вещества до образования диоксида углерода и воды.

Нейтрализация – процесс, основанный на реакции между кислотой и основанием, является одним из методов физико-химической очистки.

Организм-обрастатель – организм, растущий на гидрологических сооружениях, судах и водных объектах, и причиняющий им непосредственный и различный вред из-за своей большой биомассы.

ПДВ – предельно-допустимый выпуск воды.

ПДК – предельно-допустимая концентрация вещества; бывают: санитарными, рыбохозяйственными, медицинскими, экологическими и т.п.

Система глобального мониторинга - служба слежения за состоянием биосферы, в частности биогидросферы, по многим показателям, из которых важнейшие — биологические.

Токсикологический контроль - испытание воды на токсичность с использованием различных биотестов.

ТЕМА 1: Экологические основы очистки воды и борьбы с биологическими помехами

Способность водоемов к биологическому самоочищению неограничена, и охрана их от загрязнения невозможна без максимального обезвреживания сточных вод. Суммарное количество последних сейчас таково (свыше 1200 км³), что собранные вместе они дали бы реку в шесть раз более полноводную, чем Волга.

Если бы сточные воды не подвергались очистке, экосистемы континентальных водоемов полностью бы деградировали в считанные месяцы. Поэтому сброс неочищенных стоков повсеместно запрещен, требуемая степень очистки регламентируется законодательством.

На очистных сооружениях с помощью физических, химических и биологических методов сточные воды доводят до состояния, отвечающего определенным гигиеническим и биологическим требованиям.

Различные вещества, остающиеся в сточной воде, не должны находиться в количестве, превышающем предельно допустимые концентрации (ПДК). ПДК устанавливают с учетом гигиенических требований и интересов охраны экосистемы водоемов, т. е. экологически обосновывают.

Сам процесс очистки сточных вод в значительной мере строят на принципе биологического самоочищения, многократно усиливаемого созданием специальных условий.

Для этой цели конструируют экосистемы специального назначения, работающие в заданном режиме, обеспечивающем наибольший очистной эффект. Здесь наблюдается случай, когда гидробиология переходит на высшую стадию научных исследований, т.е. на разработку основ формирования нужных экосистем и полного управления их функциями.

Создание экосистем специального назначения с регулируемым режимом работы имеет место и при организации очистки воды, используемой для питьевого водоснабжения.

Производство питьевой воды из природного сырья становится одной из мощных отраслей индустрии. Одно из главных технологических звеньев этого производства — работа очистных сооружений, обеспечивающих формирование биологически полноценной воды.

Она построена на основе использования процессов биологического самоочищения, интенсифицируемых умелой конструкцией экосистем и созданием совершенной технологии их эксплуатации.

Эксплуатация водоемов и водоводов часто осложняется теми или иными биологическими помехами. Цветение водоемов ухудшает их санитарное состояние, снижает качество воды, осложняет организацию водоснабжения. Те же отрицательные последствия имеет зарастание, которое к тому же часто ухудшает условия навигации, а в каналах снижает их пропускную способность.

Обрастание днища кораблей замедляет их ход и сопровождается

биоокоррозией обшивки. Поселяясь в различных водоводах и трубах, гидробионты закупоривают их и выводят из строя.

Большой вред приносят гидробионты, опасные в медицинском и ветеринарном отношениях. Изыскание мер борьбы с биологическими помехами — одна из важных прикладных задач гидробиологии.

Экологические аспекты очистки сточных вод

Для очистки промышленных сточных вод, содержащих в основном минеральные вещества, используют физико-химические методы (нейтрализация кислот, окисление с помощью хлора, фильтрация через активированный уголь, связывание с помощью различных реагентов, коагуляция сернокислым алюминием, гашеной известью и др.).

Стоки, включающие большое количество органических веществ пищевой промышленности, целлюлозного, сельскохозяйственного и других производств, проходят биологическую очистку. Для этого в очистных сооружениях в основном используют три функциональных элемента: аэротенки, аэрофильтры и окислительные пруды.

Предпочтительный выбор каждого из них определяется конкретными требованиями к работе очистных сооружений.

В качестве примера, поясняющего работу наиболее мощных очистных сооружений, приведем организацию очистки стоков Москвы (Люберецкая станция аэрации).

Вода, поступающая на очистное сооружение по закрытому каналу, сначала проходит сквозь решетку, на которой задерживаются все крупные объекты: механизированные грабли собирают с решеток задерживаемый ими материал. После прохождения через решетку сточная жидкость поступает в «песколовку» — вертикальную емкость, из которой забирают верхний слой воды, а на дне оседают песок и другие тяжелые взвеси.

Далее следует «жироловка», сходная с «песколовкой», но вода в нее поступает сверху, а забирается снизу, освобождаясь от легких фракций. После этого вода поступает в центр круглого первичного отстойника диаметром около 40 м и глубиной 5 м; остающийся на его дне ил удаляют с помощью специального скребкового механизма.

Стекая по периферии, вода из первичных отстойников поступает в аэротенки (Рис. 1). Каждый из них имеет длину около 120 м, глубину 5 м, ширину 10 м.

На дне находятся перфорированные керамические пластины, и воздух, подводимый снизу, проходя через них в виде мелких пузырьков, поступает в толщу воды. На 1 м² стоячей жидкости подается 5—7 м³ воздуха.

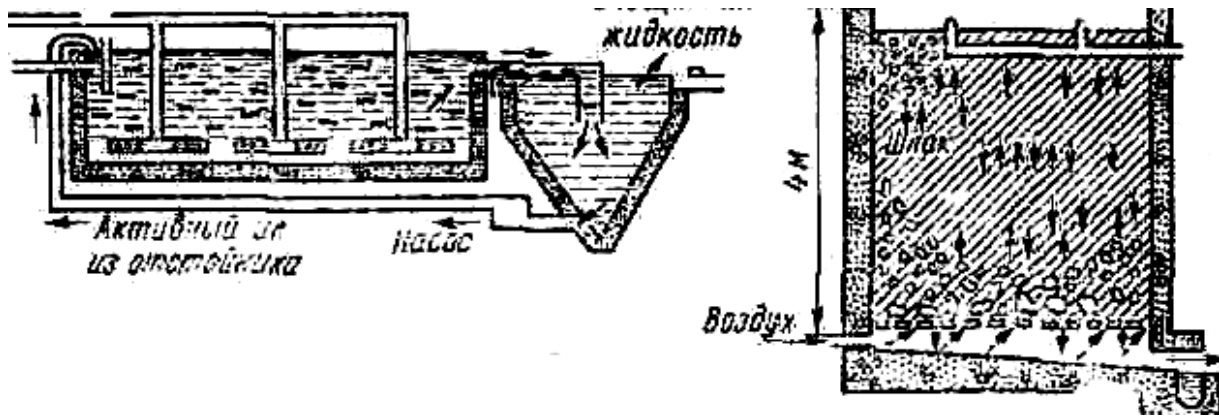


Рис. 1 Очистка сточных вод:

слева — схема устройства и работы аэротенка; справа — схема устройства и работы аэрофильтра

В аэротенках в большом количестве образуются хлопья «активного ила» — скопления бактерий, простейших и других микроорганизмов. При избытке кислорода они энергично минерализуют находящиеся в воде органические вещества.

Ток воздуха, с одной стороны, создает благоприятные кислородные условия для микроорганизмов, концентрирующихся в хлопьях активного ила, а с другой — обеспечивает нахождение их во взвешенном состоянии. При этом организмы оказываются в условиях максимального контакта со сточной жидкостью, поставляющей им пищу и уносящей продукты обмена.

В результате метаболизм микроорганизмов приближается к максимально возможному. Иногда в аэротенки вносят биогены, если их дефицит лимитирует минерализационную работу микроорганизмов.

Из аэротенков вода поступает во вторичные отстойники, по форме и размерам сходные с первичными. Здесь оседающие на дно хлопья активного ила собираются и частично используются для зарядки аэротенков. Другая часть поступает в уплотнители, а затем в сооружения по обработке осадка — метантенки и иловые площадки.

Метантенки представляют собой закрытые бассейны, загружаемые иловыми осадками из отстойников. Благодаря искусственному подогреву массы, находящейся в метантенке, в ней развивается колоссальное количество анаэробных бактерий, в результате жизнедеятельности которых происходит распад белков до аминокислот и аммиака с выделением сероводорода, а также сбраживание жирных кислот с образованием углекислоты, метана и водорода.

Выделяющиеся в результате анаэробного брожения различные горючие газы отводятся и используются для подогрева закладываемых в метантенки масс из отстойника.

На очистных сооружениях сравнительно небольшой мощности вместо аэротенков используют биофильтры — сооружения, в которых сточная жидкость обтекает поверхность загрузочного материала (гравий, шлак, керамзит и др.), покрытого биопленкой из колоний аэробных микроорганизмов.

Навстречу току жидкости подается воздух (см. Рис. 1). Проходя через

загрузочный материал, загрязненная вода оставляет на нем взвесь, не осевшую в первичных отстойниках, а также коллоидные и растворенные органические вещества. Они сорбируются биопленкой и минерализуются образующими ее микроорганизмами или используются на рост. Омертвевшая и отработавшая пленка выносятся вместе с током фильтруемой жидкости.

Биофильтры различаются по степени очистки, способу подачи воздуха, по режиму работы (наличие или отсутствие рециркуляции), по технологической схеме (одно-, двух- и трехступенчатые) и т.д.

Своеобразна конструкция погруженных биофильтров.

Вдоль резервуара с выгнутым днищем проходит вращающийся вал с насаженными на нем дисками (пластмасса, металл) диаметром 0,6— 3 м, отстоящими друг от друга на 10—20 мм. Сточная жидкость, находящаяся в резервуаре, смачивает вращающиеся диски (1— 40 об/мин), обросшие организмами, и создающийся контакт с атмосферным воздухом обеспечивает высокую эффективность минерализационных процессов.

Аэротенки имеют перед биофильтрами то преимущество, что обеспечивают более продолжительную обработку сточной жидкости и поэтому чаще применяются для очистки стоков с трудно разрушаемыми компонентами. Например, чтобы достигнуть 90 % очистки по БПК, для бытовых стоков достаточно 2— 3 ч аэрации, для промышленных стоков— 12—18 ч.

Как бы ни была организована технология очистки вод на станциях аэрофильтрации, основой ее остается функционирование биоценозов, состоящих из бактерий, грибов, инфузорий, колероваток и других организмов, в основном относящихся к *поли-, α - и β -мезосапробным* видам.

Видовой состав биоценозов может служить индикатором степени и характера очистки вод.

Очистка сравнительно небольшого количества сточных вод часто осуществляется в *биологических* или *окислительных* прудах. Так очищаются стоки мясокомбинатов, молочных, кондитерских и других предприятий. Нередко такие пруды обеспечиваются принудительной аэрацией и циркуляцией воды.

В качестве характеристики работы биологических прудов можно привести данные по одному из них, обслуживающему нужды мясокомбината (Neumann, Viehl, 1966). Объем пруда 300 м³, количество очищаемой за сутки воды 135 м³ с БПК₅ около 3 г/л, т. е. 0,45 м³ стоков на 1 м³ пруда. За счет окисления в толще воды минерализуется 1,25 кг/м³ органического вещества. Длительность очистки составляла 2,2 суток, вода в пруду имела принудительную циркуляцию (вращение двух щеток длиной по 2,5 м).

Эти данные показывают, что при правильной организации даже небольшие окислительные пруды способны эффективно очищать значительные объемы воды, сильно загрязненной органическими веществами.

Для очистки сточных вод от биогенов хорошие результаты дает культивирование макрофитов, в частности тростника, камыша, рогоза. В очистных прудах штата Айовы (США) используют водный гиацинт (к тому же неплохой корм скота). Его продукция составляла 645 т/га; из прудовой воды

быстро исчезали аммоний и нитраты, заметно понижалось количество фосфатов (Wooten, Dadd, 1976).

Очистка сточных вод должна обеспечивать их безвредность для экосистем водоемов. Поэтому правы те исследователи, которые считают, что установленные ПДК должны относиться не к водоемам, а к стокам. Игнорирование этого положения ведет к прогрессирующему загрязнению водоемов и деградации их биоценозов. Второй момент, требующий внимания — сами нормы ПДК.

В настоящее время они, установленные в основном гигиенистами, охраняют здоровье человека, но не экосистемы. Гидробионты гораздо чувствительнее к загрязнению воды, чем человек. Например, медицинские ПДК меди и никеля равны 0,1 мг/л, рыбохозяйственные—0,01 мг/л. Поэтому необходимо скорейшее установление ПДК, охраняющих экосистемы.

Наконец, ПДК, установленные безотносительно к особенностям отдельных водоемов, часто совершенно непригодны для тех, которые отличаются слабой способностью к самоочищению. Например, в оз. Байкал, где среднегодовая температура равна 4⁰С, а максимальная не превышает 14⁰С, развитие бактериопланктона, участвующего в разложении органических веществ, происходит в десятки раз медленнее, чем в мелководных водоемах средней полосы России; это нельзя не учитывать при установлении ПДК (Галазий, 1968).

Помимо ПДК, при регламентации правил сброса сточных вод необходимо учитывать также их предельно допустимый выпуск (ПДВ). Понятно, что суммарный эффект загрязнения водоемов зависит как от концентрации стоков, так и общего их количества.

Экологические основы питьевого водоснабжения.

В настоящее время, по данным ВОЗ, только незначительная часть населения пользуется чистой природной водой. Как уже говорилось, биологические качества воды определяются внутриводоемными процессами, особенно биоценоотическими.

Поэтому задача обеспечения населения хорошей питьевой водой — в значительной мере экологическая (гидробиологическая). Используя в первую очередь экологический подход, необходимо обеспечить оптимальный режим водоподготовки в пределах самого источника водоснабжения.

Другими словами, речь идет об управлении биоценоотическими и другими внутриводоемными процессами, определяющими формирование биологических свойств воды.

Так как в условиях большого водоема полный контроль за формированием воды требуемого качества технически не осуществим, технология водоснабжения предусматривает дополнительный комплекс операций.

Вода, забираемая из соответствующих источников, подвергается дополнительной обработке, которая обеспечивает соответствие конечной

продукции требованиям установленного стандарта.

В нашей стране ГОСТ на питьевую воду предусматривает учет многих органолептических, химических, физических, паразитологических, бактериологических и других показателей. Выдерживание их — задача сложная, требующая объединения усилий специалистов разного профиля, в первую очередь гидробиологов.

В качестве источников централизованного водоснабжения наиболее часто используют реки, водохранилища и озера. Общий принцип проводимой в них водоподготовки сводится к предохранению водоемов от загрязнения и эвтрофикации и одновременно к созданию в них режима максимального благоприятствования процессам биологического самоочищения. Так как степень трофии водоемов повышается с увеличением их водосборной площади, это должно учитываться при выборе источников водоснабжения.

Водоподготовка в источниках водоснабжения включает улучшение кислородного режима, снижение мутности и цветности воды, контроль над концентрацией в ней различных ионов и соединений. Особое значение приобретают меры предотвращения чрезмерного развития водорослей, наблюдающегося практически во всех равнинных водохранилищах.

Массовое размножение водорослей и цианобактерии представляет собой один из основных факторов, ухудшающих питьевые качества воды и осложняющих водоснабжение. Поступление больших масс водорослей на водозаборы и очистные сооружения вынуждает значительно чаще промывать их (иногда каждые 30—45 мин).

Водоросли и сине-зеленые забивают поры песчанистого фильтра, их слизь склеивает отдельные зерна, вызывая образование не проницаемой для воды пленки. Цементация песчинок усиливается осаждением из воды карбоната кальция и гидроокиси магния, вызываемым повышением рН в результате энергичной фотосинтетической деятельности водорослей.

Во время массового размножения фототрофного планктона вода приобретает различные запахи и привкусы, порой исключаящие ее пригодность для питья.

Например, *Anabaena lemmermanni* придает воде затхлый запах, *Microcystis aeruginosa* — сильный ароматический, *Ceratium hirundinella* — запах рыбьего жира. Кроме того, водоросли, цианобактерии и их метаболиты могут иметь для человека токсическое значение.

Мерой предупреждения массового развития фототрофного планктона прежде всего может служить охрана водоемов от попадания веществ, увеличивающих содержание в воде питательных солей. Это особенно важно, когда водоемы окружены плодородными пахотными землями и поверхностный сток богат биогенами.

Если вблизи находится лес, то необходима охрана водоема от попадания в него подмываемых деревьев и листового опада. Принос биогенов водотоками можно снизить, если создавать в них заросли высших растений. Макрофиты аккумулируют биогены в своих тканях, делая поступающую воду менее пригодной для размножения водорослей и цианобактерии.

Культивирование макрофитов в самом водоеме—источнике водоснабжения подавляет развитие в нем водорослей и одновременно усиливает процессы самоочищения за счет аэрации воды, ее детоксикации и др.

Другая форма биологической борьбы с цветением водоемов — разведение в них рыб, в частности альгофагов. Они не только минерализуют и аккумулируют органику, но и ускоряют процессы биологического самоочищения благодаря инициированию начальных стадий разрушения различных объектов.

Таким образом, рыбное хозяйство, умело поставленное на водоеме питьевого водоснабжения, может обеспечить улучшение качества воды, сопровождающееся выходом ценного пищевого сырья.

Биологическое самоочищение можно усилить путем управления многими гидробиологическими процессами.

Например, пологий песчаный берег с периодически набегающей на него водой представляет собой первоклассное «очистное сооружение», работающее подобно биофильтру. Набегающие волны смачивают лесок, вода фильтруется сквозь него, и организмы, развивающиеся в порах грунта, минерализуют находящиеся в ней органические вещества.

Для предотвращения массового развития водорослей широко применяют внесение в воду медного купороса. Большинство водорослей, за исключением протококковых, гибнет при его концентрациях от 0,1 до 0,6 мг/л, которые безвредны для человека, и никакого привкуса воде не придают.

Вероятные сроки массового появления водорослей довольно точно прогнозируются с помощью методики, разработанной А.В. Францевым и К.А. Гусевой.

Для этого воду из водоема помещают в *термолюминостат*, в условия, ускоряющие массовое появление водорослей (высокая температура, круглосуточное освещение).

Установив время массового появления водорослей в термолюминостате, и зная величину даваемого им ускорения биологических процессов, можно определить, когда начнется массовое размножение водорослей в исследуемом водоеме.

Очистка воды, забираемой из водоема для питьевых целей, проходит в три этапа. Сначала она попадает в отстойники, где оседают различные мелкие и крупные частицы.

Для ускорения работы отстойников их строят с таким расчетом, чтобы вода пребывала в них в состоянии наибольшего покоя. С этой целью внутри них устанавливают большое число вертикальных перегородок, мешающих возникновению горизонтальных токов воды.

Чтобы ускорить осаждение частиц, в воду добавляют коагуляторы (обычно сернокислый глинозем). Отстоявшаяся вода поступает на фильтры. Они представляют собой слой песка, лежащий на поддерживающем слое из щебня и гальки, в котором помещаются водосборные трубы.

Фильтруясь, вода проходит через песок, затем попадает в трубы. Эффективность фильтрации сквозь песок определяется существованием на его

поверхности и в порах между отдельными песчинками биологической пленки, состоящей из бактерий, простейших и других мелких организмов.

После прохождения воды через песчаный фильтр в нем остается до 90 % всех имевшихся бактерий. Такие фильтры работают сравнительно медленно, но зато редко (раз в несколько недель) нуждаются в чистке.

Для ускорения работы фильтров на них создают минеральную пленку. Такие фильтры работают быстрее, но очень скоро засоряются, поскольку отфильтровываемое органическое вещество не разрушается, как при очищении воды за счет контакта с биологической пленкой.

После фильтрации воду дезинфицируют главным образом путем хлорирования (прибавление хлорной извести или жидкого хлора), часто проводимого в сочетании с аммонизацией (прибавление NH_3).

Экологические основы борьбы с биологическими помехами.

Разнообразны помехи и вред, причиняемые человеку водным населением. Крайне опасны гидробионты, патогенные для человека и домашних животных, те, что осложняют навигацию, ухудшают качество воды и санитарное состояние водоемов, снижают водопрпускную способность каналов, осложняют эксплуатацию гидротехнических сооружений.

Борьбу с вредными гидробионтами ведут физическими, химическими и биологическими средствами, основанными на экологических знаниях.

Необходимость широкого экологического подхода усиливается тем обстоятельством, что уничтожение отдельных нежелательных для человека организмов нарушает структуру биоценозов, поэтому необходимо учитывать реакцию всей экосистемы на то или иное воздействие.

Печальный опыт неосмотрительного уничтожения некоторых «вредных» животных на суше не должен забываться при работе на водоемах.

Для борьбы с организмами, опасными в медицинском и ветеринарном отношении, в первую очередь с обитающими в воде личинками кровососов, в основном применяют химические, физические, реже биологические методы.

Например, к наиболее распространенным способам борьбы с личинками малярийных комаров относится нефтевание водоемов, опыление их «парижской зеленью».

Иногда весьма экономична и эффективна биологическая борьба с этими личинками путем акклиматизации гамбузии. В Абхазии этой рыбкой было заселено 75 % всех водоемов, опасных в малярийном отношении, и численность личинок *Anopheles* вследствие выедания гамбузией резко снизилось.

Весьма эффективное средство борьбы с кровососами, в частности с переносчиками малярии - заселение водоемов растительноядными рыбами, уничтожающими макрофиты, в зарослях которых происходит массовый выплод комаров.

Например, с интенсивным зарастанием Куртулинского и Спортивного водохранилищ в Туркменской ССР было связано появление в столице этой

республики *Anopheles pulcherrimus*. Обработка ядохимикатами дневок комаров не дала нужных результатов. В 1970 г. в водохранилища был выпущен белый амур, который за один сезон очистил их от зарастания; лишённые благоприятных биотопов для откладки яиц и развития личинок, комары исчезли, повысилась рекреационная ценность водохранилищ.

Серьезные помехи, особенно в навигации, создают организмы-обрастатели (рис. 3). Достаточно ничтожного (400 экз./м²) оброста баянусами, чтобы созданная ими шероховатая поверхность снизила скорость судна на 16 %, при сильном обрастании судов скорость их хода может снижаться на 50 %.

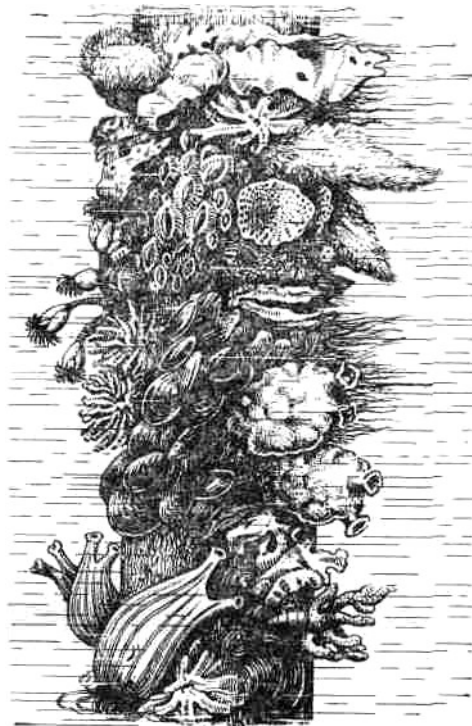


Рис. 2 Наиболее массовые обрастатели — усонogie рачки *Balanus*, моллюски *Mytilus edulis*, *Mytilaster lineatus* и *Dreissena polymorpha*, полихеты *Nereis* и *Hydroldes*.

Обрастание способно помешать гидросамолету оторваться от воды, снизить эффективность работы гидроакустических приборов, вызвать серьезные затруднения в эксплуатации водопроводных труб, как на кораблях, так и на берегу (промышленные водоводы, трубы для снабжения населения питьевой водой).

Степень и характер обрастания зависят от расположения субстрата, скорости течения воды, ее температуры и многих других факторов. В теплых морях обрастание идет интенсивнее, чем в холодных.

С повышением скорости течения у поверхности обрастания видовой состав обитающих здесь организмов резко сужается. Токи воды вымывают из обрастания прежде всего тех животных, которые живут, не прикрепляясь, а свободно ползая среди прикрепленных форм.

С дальнейшим повышением скорости тока начинают отрываться организмы, недостаточно прочно прикрепленные, а также те, которые периодически переходят к неприкрепленному образу жизни (например,

присасывающиеся моллюски). При скоростях, превышающих 0,5 м/с, не могут прикрепляться к субстрату даже такие обрастатели, как личинки усоногих раков.

Весьма значителен ущерб, причиняемый обрастателями, поселяющимися в различных водоводах. Они сужают просветы труб, разрушают их стенки, нарушают процессы теплообмена в холодильных установках, ухудшают качество питьевой воды в водопроводных магистралях.

О количестве обрастателей, поселяющихся в трубах, можно судить по тому факту, что в водоводах завода «Азовсталь» биомасса обрастания достигает 12 кг/м².

Не меньше страдают от обрастания различные гидротехнические сооружения. На водозаборных устройствах Красноводского нефтеперерабатывающего завода биомасса моллюска *Mytilaster* достигает 26 кг/м², еще выше она на водозаборах Каспийской ГРЭС за счет интенсивно размножающегося гидроида перигонимуса.

На различных сооружениях волжских и днепровских электростанций в огромных количествах поселяется моллюск дрейссена. Многие электростанции вынуждены периодически отключать турбогенераторные установки для очистки водоводов и решеток от раковин. Из туннелей одной английской электростанции за год изъято 266 т моллюсков, в туннеле другой их слой достигал 1—3 м.

Защита от обрастания достигается разными средствами. В судоходстве наибольшее значение имеет покрытие днища кораблей ядовитыми красками, содержащими ртуть и медь, что значительно снижает оседание обрастателей. Нередко используют ввод судов

в пресную воду, в которой морские организмы довольно быстро погибают. Когда корпус судна сильно обрастет, его днище очищают механически во время сухого докования.

Для борьбы с обрастаниями труб их покрывают ядовитыми красками или делают из металлов, на которых организмы не селятся (например, медные трубы). Осевшие в трубах организмы уничтожают с помощью горячей или хлорированной воды, ультразвуком, электрическим током, электромагнитным полем и другими средствами.

Значительные помехи в эксплуатации водоемов, особенно оросительных и других водоводных каналов, создают заросли макрофитов. Заращение снижает пропускную способность каналов и коллекторной сети, служит причиной их вторичного загрязнения, создает благоприятные условия для выплода в водоемах кровососущих насекомых и ухудшает условия рыболовства.

В массовых количествах могут появляться в водоемах хары, рдесты, тростники, рогоз, камыш; все эти виды светолюбивы и затенение водоемов, в частности каналов, древесными насаждениями может предупреждать их развитие.

Особенно сильно обрастает каменистая облицовка каналов и от нее, по видимому, следует отказываться. Растительность можно уничтожать

механически и химически, применяя, в частности, пестициды: монурон, диуринаксильбекс и некоторые другие.

Эффективным средством борьбы с зарастанием каналов оказались растительноядные рыбы, в частности питающийся макрофитами белый амур. Например, вследствие бурного зарастания участка Каракумского канала, особенно ниже Келифского водохранилища, за вегетационный период приходилось проделывать свыше 10 тыс. км проходов механизмами, удаляющими из русла канала мягкую водную растительность.

Теперь зарастание предотвращается исключительно самопроизводящимися стадами белого амура. Одновременно огромная сеть каналов превращается в высокопродуктивные рыбохозяйственные угодья.

Большой мелиоративный и рыбохозяйственный эффект получен при использовании растительноядных рыб для предотвращения зарастания водоемов-охладителей.

Следует отметить, что интенсивное выедание белым амуром макрофитов может усиливать цветение водоемов, поскольку в распоряжении водорослей оказывается дополнительное количество биогенов. Поэтому в ряде случаев в водоемы полезно одновременно с белым амуром вводить альгофага — белого толстолобика.

Например, совместное вселение этих рыб в Хаузханское водохранилище предотвратило его зарастание на фоне умеренного развития водорослей, поедаемых белым толстолобиком. Через три года после вселения белых амуров практически полностью было очищено от надводной и подводной растительности одно из уральских водохранилищ-охладителей.

Борьба с цветением, прежде всего, достигается профилактическими мерами — сокращением поступления биогенов, снижением застойности вод, улучшением их аэрации, предупреждением опасной термофикации.

Если предпосылки эвтрофикации неустранимы, подавление цветения может достигаться химическими, физическими и биологическими способами. Особенно перспективно использование в этих целях рыб-фитопланктофагов.

Через последующее изъятие ихтиомассы достигается не только деэвтрофикация водоемов, но и повышение их рыбопродуктивности. В России в этих целях широко используется белый толстолобик.

Например, культивирование его в ряде мелких оросительных водохранилищ Краснодарского края способствовало их мелиорации и сопровождалось увеличением рыбопродуктивности на 3—4 ц/га (Виноградов, 1975).

Белые толстолобы представляют собой весьма эффективное средство борьбы с эвтрофикацией. Они поедают все водоросли и цианобактерии, отсеживая их фильтровальным аппаратом с ячейей около 20—25 мкм, и эффективно переваривают все потребленные объекты.

Высокая пищевая ценность этих рыб обеспечивает экономическую выгоду их культивирования. В некоторых странах для деэвтрофикации водохранилищ с успехом используют тилапию (*Tilapia aurea*). Культивирование этой рыбы осваивается и в нашей стране. Использование

растительных рыб лимитируется их теплолюбивостью.

Высказано предположение, что сине-зеленые (цианобактерии) обладают токсичностью и поэтому не поедаются рыбами, а в случае поедания остаются неувоенными или окажутся ядовитыми. Однако это опасение едва ли основательно.

Например, в Хаузханском водохранилище во время массового развития сине-зеленых и, — в частности, *Microcystis*, считающегося наиболее «токсичным», они составили 50—60 % пищевого комка белых толстолобов (Алиев, 1970).

Еще больше (до 80—90 %) сине-зеленых обнаруживалось в кишечниках белого толстолоба, выращиваемого в прудах. Найдено, что потребление сине-зеленых, их разрушаемость, усвояемость и использование на рост характеризуются теми же показателями, что и для водорослей (Константинов и др. 1976). В оз. Чад тилапии выедают сине-зеленых, предпочитая их зеленым и диатомовым (Lauzan-ne, Iltis, 1975).

В последнее время установлено, что большое количество токсинов обнаруживается в воде при некоторых формах разложения отмерших сине-зеленых (Сиренко и др., 1976), и, видимо, это явление в ряде случаев создает утрированное представление о токсичности самих цианобактерии.

Один из способов борьбы с цветением заключается в механическом изъятии водорослей, образующих концентрированные скопления (Топачевский и др., 1975). Изъятые водоросли используют в качестве сырья для производства различных медицинских препаратов и кормового концентрата для сельскохозяйственных животных.

Наконец, для уничтожения водорослей предлагают использовать различные фаги и вирусы, в частности обнаруженные в днепровских водохранилищах. Однако этот способ должен быть всесторонне изучен и применен не раньше, чем будет аргументирована его безопасность.

Экологические основы охраны гидросферы

Как уже говорилось, под охраной гидросферы понимают не сохранение ее в исходном состоянии, а преобразование в интересах человека.

Еще полтора века назад К. Маркс писал: «... коллективный человек, ассоциированные производители рационально регулируют этот свой обмен веществ с природой, ставят его под свой общий контроль вместо того, чтобы он господствовал над ними как слепая сила...».

Одна из предпосылок такого контроля заключается в ясности представлений о требованиях человека к природной среде, характере ее изменений при тех или иных антропогенных воздействиях и мерах предотвращения нежелательных последствий. Эти положения лежат в основе экологического анализа вопросов охраны гидросферы.

Окультуривание, преобразование и конструирование водных экосистем осложняется комплексностью использования водоемов как природных тел. Необходим всесторонний взаимосвязанный учет интересов разных форм

водопотребления, водопользования и других видов использования водоемов, который должен быть ориентирован на ближайшую и отдаленную перспективу, и предусматривать изменение во времени рентабельности разных форм эксплуатации водных ресурсов.

Например, рекреационная ценность водоемов сто лет назад практически не учитывалась, а сейчас принимается во внимание как весьма существенная величина. В дальнейшем курс рекреационных ценностей, несомненно, будет повышаться в первую очередь за счет уменьшения значения гидроэнергетики. Учитывая возрастающее значение туризма, то же можно сказать о водоемах как части ландшафта.

Охрана вод, понимается как деятельность, способствующая социально-экономическому развитию общества путем оптимизации его взаимодействия с гидросферой, имеет три взаимосвязанных аспекта: оптимизацию водопотребления, водопользования и состояния гидроэкосистем.

Все эти аспекты, прежде всего, предполагают охрану водоемов от загрязнения. Радикальной мерой его предупреждения может быть перестройка технологии всех производств, полностью исключающая сброс в водоемы каких-либо загрязняющих веществ (так называемая безотходная технология).

Такая перестройка, требующая огромных средств на создание и реализацию новых форм производства, возможна только в сравнительно отдаленной перспективе. Быстрее и легче реализуется другая форма

борьбы с загрязнением — многократное использование одной и той же воды в пределах одного производства (оборотное водоснабжение), а также использование стоков одного предприятия для водоснабжения другого.

В настоящее время основная форма защиты водоемов от загрязнения — очистка сточных вод. Предельно допустимые концентрации в них вредных веществ (ПДК) устанавливаются применительно к охране здоровья человека (медицинские и санитарные ПДК), промышленных гидробионтов (рыбохозяйственные ПДК) и экосистем в целом (экологические ПДК).

Одновременно оценивается качество воды в самих водоемах на основе учета особенностей их населения и структурно-функциональных характеристик экосистемы (биоиндикация загрязнения).

Дополнительным средством оценки качества воды служит испытание ее на токсичность с использованием различных биотестов (токсикологический контроль).

Сложнее экологическая оценка последствий планируемого гидростроительства, в частности зарегулирования и перераспределения стока рек, забора из водоемов больших объемов воды на орошение и другие цели.

Крайне сложна и экологическая экспертиза влияния на водоемы вновь создаваемых производств, новых форм деятельности на водоемах (подводное бурение и др.).

Во всех этих случаях экологический контроль чрезвычайно затруднен из-за неразработанности теории прогнозов. Поэтому разумный учет интересов человека сегодняшнего и завтрашнего дня в условиях сегодняшней экономики требует исключительной осторожности при санкционировании тех или иных

гидропреобразований, тех или иных новых воздействий на водные экосистемы.

В настоящее время человечество все серьезнее задумывается над состоянием биосферы, «дома», в котором оно живет (экология—от слова oikos—дом). Более 100 лет назад К. Маркс писал о том, что культура, если она развивается стихийно, а не направляется сознательно, оставляет после себя пустыню.

Для предотвращения опасных последствий стихийного природопользования надо, прежде всего, своевременно улавливать тенденции в развитии биосферы, иметь объективные сведения о «доме», в котором мы живем, чтобы не допускать его до аварийного состояния по недосмотру. Это, в частности, целиком относится и к биогидросфере, выявлению степени и последствий ее загрязнения.

Так как гидросфера вследствие круговорота воды в природе едина, служба слежения за ее состоянием становится задачей всего человечества.

Поэтому в настоящее время создается международная система действий по единой согласованной между отдельными государствами программе. Организуется система *глобального мониторинга* (monitor—предостерегающий) — службы слежения за состоянием биосферы, в частности биогидросферы, по многим показателям, из которых важнейшие—биологические.

Данные биологического (гидробиологического) мониторинга должны стать основой для оптимизации программы социальных действий по защите человека от опасных последствий изменений водной среды.

Рекомендуемая литература по теме:

- 1 Константинов А.С. Общая гидробиология: Учебник для вузов.-М.: Высшая школа. 1979. -480с. Изд. 3-е, перераб. и доп..
- 2 Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПбМ.: Наука, 2000. -147с.
- 3 Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические вопросы: Учебное пособие. –М.: Мир, 2004. -432с.
- 4 Эрхард Ж.П., Сежен Ж. Планктон. Состав, экология, загрязнение. –М.: URSS, 1984. -256с. Пер. с фр.
- 5 Алимов А.Ф. Продукционная гидробиология и функционирование экосистем. // В кн. «Новые идеи в океанологии». Т.1. –СПб.: Наука, 2004. С.264-279.
- 6 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001 / Сер. Строительство России. –М.: ДЕАН, 2008. -192с.
- 7 Водоснабжение и канализация. / Сер. Евродача: строим - обновляем – ремонтируем. –М.: Диля, 2008. -160с.
- 8 Яшнов В.А. Малый практикум по гидробиологии. –М.: URSS, 1952. - 266с.
- 9 Галынкин В.А., Заикина Н.А., Потехина Т.С. Руководство к

- лабораторным занятиям по микробиологии с основами асептики и биотехнологии. -Курск: КГМУ, 2002. -236с.
- 10 Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Монография. -М.: Наука, 2007. -216с.
 - 11 Мурадова Е.О., Ткаченко К.В. Микробиология. /Сер.. Учебный курс: Кратко и доступно. – М.: Эксмо, 2009. -336с.
 - 12 Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.
 - 13 Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М.: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.
 - 14 Константинов А.С. Общая гидробиология. -М.: Высшая школа, 1986.- 466 с.
 - 15 Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
 - 16 Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
 - 17 Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
 - 18 Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
 - 19 Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
 - 20 Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
 - 21 Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. *Зачем необходима очистка воды?*
2. *Что такое биологические помехи очистки воды?*
3. *Как очищаются сточные воды?*
4. *Как организуется питьевое водоснабжение?*
5. *Как организована охрана гидросферы в нашей стране?*

ТЕМА 2: Биологическая индикация загрязнения водоемов

Оценка степени загрязнения водоемов дается в двух основных планах. Один из них, связан с выявлением возможных гигиенических ухудшений, в частности питьевых, качеств воды; другой — с охраной водных экосистем от деградации (ухудшения их продукционных характеристик или тех, что определяют биологическое формирование качества воды и гомеостаз гидросферы).

Исследования в первом плане, проводимые гигиенистами, во — втором — гидробиологами, тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга при решении общих задач охраны водоемов от загрязнения.

Как уже говорилось, при гидробиологической индикации загрязнения широко используют физико-химические методы (определение прозрачности воды, количества взвеси, концентрации растворенных газов и других веществ).

Физико-химические характеристики легко выявляются, имеют строго количественное выражение, однако не дают непосредственного ответа на вопрос о возможной реакции экосистемы на те или иные загрязнения.

В этом отношении гораздо совершеннее биологическая индикация, основанная на учете состояния самих экосистем, хотя применение ее часто ограничивается сложностью требуемых исследований, а также трудностью количественного выражения и обработки полученных сведений.

Разнообразные методы биоиндикации в гидробиологии разрабатывают на организменном, популяционном и биоценоотическом уровнях с последующим синтезом всех полученных данных.

На организменном уровне загрязнение водоемов, особенно их интоксикацию, устанавливают, используя, прежде всего морфологические и физиологические критерии.

В условиях хронической интоксикации часто наблюдается отрождение уродливых форм, их изменение, появление интерсексов. Снижается темп роста особей, падает их плодовитость. Под влиянием загрязнения меняется уровень обмена, снижается эффективность усвоения пищи, и степень использования ассимилированной пищи на рост.

Резкое ухудшение среды часто хорошо выявляется по измененному поведению особей. Так, при различных токсических воздействиях бентониты выказывают тенденцию к всплыванию к поверхности, меняя знак фототаксиса с отрицательного на положительный; в обратном направлении меняется и знак геотаксиса.

В обоих случаях достигается перемещение в тот слой воды, который в естественных условиях имеет лучшие для гидробионтов химические показатели (большее насыщение кислородом, отсутствие сероводорода, метана и др.) с наименьшей токсичностью.

При остром отравлении гидробионтов характерно изменение их позы, способа плавания (например, инверсия в положении тела рыб). В среде с

токсикантами ветвистоусые рачки движутся вокруг своей оси или по спирали, самки абортируют яйца и эмбрионы.

Коловратки под влиянием токсикантов впадают в анабиоз, прекращают питание, вытягиваются в длину или сжимаются. Гаммариды и водяные ослики становятся малоподвижными, личинки хирономид судорожно вытягиваются, неподвижно лежат на дне, из красных становятся зелеными.

Двустворчатые моллюски смыкают или широко раскрывают створки, вытягивают сифоны, брюхоногие втягивают тело в раковину, покрываются слоем слизи. Чувствительность организмов к токсикантам возрастает с повышением температуры.

Оценка степени загрязнения водоема по состоянию популяций сводится к выявлению аномалий в их структуре и внутривидовых взаимодействиях. Так как молодые особи чувствительнее взрослых к интоксикации, их относительное значение в популяциях с нарастанием загрязнения снижается. Поэтому изменение возрастной структуры может быть хорошим индикатором состояния среды.

Характерно изменение под влиянием загрязнения половой структуры популяции — увеличение в них относительного количества самцов, т.е. адаптация, направленная на повышение жизнестойкости потомства. В этом же плане следует рассматривать переход метагенетически размножающихся популяций с партеногенеза на двухполость и образование покоящихся яиц — обычная реакция метагенетических видов на ухудшение условий существования.

Показательно появление в популяции карликовых самцов при загрязнении. Снижение рождаемости и повышение смертности под влиянием токсикологического стресса сопровождается снижением численности и биомассы популяции.

Обратная картина наблюдается, если загрязнение окажется фактором, улучшающим условия жизни тех или иных популяций (например, развитие нефтеокисляющих и других бактерий в присутствии соответствующих веществ).

На биоценотическом уровне индикация загрязнения основывается прежде всего на анализе видовой и трофической структуры сообществ. Токсикологический стресс ведет к выпадению из сообщества менее толерантных форм, и разнообразие биоценоза снижается. Это снижение усиливается упрощением трофической структуры, доминированием в ней немногих пищевых цепей, среди которых голозойные играют все меньшую роль. Получают преимущество цепи разложения, деструкция все больше преобладает над продукцией, анаэробные процессы — над аэробными.

Основная форма биоиндикации загрязнения на биоценотическом уровне — учет видовой структуры сообщества — нахождение в нем тех или иных организмов с характерным экологическим обликом.

В 1908 г. Р. Кольквитц и М. Марссон использовали этот принцип для оценки степени загрязнения водоемов по присутствию или отсутствию в них гидробионтов с разной степенью оксифильности, чувствительности к

содержанию в окружающей воде неразложившихся органических веществ и продуктов их распада.

По шкале Кольквитца и Маросона, водоемы или их зоны в зависимости от степени загрязнения органическими веществами подразделяются на поли-, мезо- и олигосапробные.

Полисапробные воды характеризуются почти полным отсутствием свободного кислорода, наличием в воде неразложившихся белков, значительных количеств сероводорода и диоксида углерода, восстановительным характером биохимических процессов.

В мезосапробных водоемах загрязнение выражено слабее: неразложившихся белков нет, сероводорода и диоксида углерода немного, кислород присутствует в заметных количествах; однако в воде есть еще такие слабоокисленные азотистые соединения, как аммиак, аминокислоты и амидокислоты.

В олигосапробных водах сероводород отсутствует, диоксида углерода мало, количество кислорода близко к величине нормального насыщения, растворенных органических веществ практически нет.

В полисапробных водах самоочищение в основном идет благодаря деятельности бактерий *Thiopolycoccus ruser* и *Sphaerotilus natans*, жгутиковых *Oicomonas mutabilis*, инфузорий *Paramaecium putrinum* и *Vorticella putrina*, олигохет *Tubifex tubifex*, личинок мухи *Eristalis tenax*.

Число видов, способных жить в крайне загрязненных водоемах, сравнительно невелико, но зато они встречаются здесь в массовых количествах.

Мезосапробные воды.

В альфа-мезосапробных водах встречаются аммиак, amino- и амидокислоты, но уже есть и кислород.

Наиболее характерны здесь многочисленные бактерии, гриб *Mucor*, синезеленые *Oscillatoria*, *Prormidium*, простейшие *Chlamydomonas debrayana*, *Euglena uiridis*, *Stentor coeruleus*, многие коловратки, моллюск *Sphaerium corneum*, рачок *Asellus aquaticus*, личинки двукрылых *Chironomus* и *Psychoda*.

Минерализация органического вещества в основном идет за счет его аэробного окисления, особенно бактериального. Следующая, бета-мезосапробная, подзона характеризуется присутствием аммиака и продуктов его окисления — азотной и азотистой кислоты. Аминокислот нет, сероводород встречается в незначительных количествах, кислорода в воде много, минерализация идет за счет полного окисления органического вещества.

Видовое разнообразие обитателей этой подзоны гораздо выше, чем в предыдущей, но численность и биомасса организмов ниже. Наиболее характерны здесь диатомовые *Melosira varians*, *Diatoma* и *Navicula*, зеленые *Cosmarium*, *Botrytis*, *Spirogyra crassa*, *Cladophora*, многие протококковые и бактерии.

Впервые появляются цветковые растения — роголистник *Ceratophyllum demersum*. Из животных многочисленны корненожки, солнечники и инфузории,

начинают встречаться губки, мшанки и основная масса моллюсков. Многочисленны ракообразные и рыбы. Население олигосапробных вод наиболее разнообразно в видовом отношении, но количественно заметно беднее, чем в других зонах.

Совершенствование системы Кольквитца и Марссоя прежде всего шло путем ее расширения и уточнения показателей загрязнения, была введена категория особо чистых катаробных вод (пересыщение кислородом, отсутствие CO_2 и H_2S), в качестве характеристики зон сапробности стали использоваться: величина БПК — биохимического потребления кислорода и численность бактерий группы кишечной палочки.

Пятисуточное потребление кислорода (БПК₅) для катаробных вод близко к 0, для олиго-, α -мезо-, β -мезо- и полисапробных зон оно соответственно менее 1, 4, 7 и 40 мг/л. Бактерий группы кишечной палочки содержится в воде этих зон соответственно более 10, 50, 100, 1000 и 20000 экз./мл (Сладечек, 1967).

Другой путь совершенствования системы Кольквитца и Марссо-на шел по линии перевода качественных оценок в количественные с учетом того, что одни и те же индикаторные организмы могут встречаться в двух или даже трех зонах сапробности.

В 1955 г. Р. Пантле и Г. Бук предложили вычислять *индекс сапробности*, приняв индикаторную значимость олигосапробов, α - и β -мезасапробов и полисапробов соответственно за 1, 2, 3 и 4, а их количественную представленность — за 1 (случайные находки), 3 (частая встречаемость) и 5 (массовое развитие).

Следующим шагом в совершенствовании биоиндикации были дифференциация характерности показательных организмов и учет их численности на единицу пространства. Характерность организмов для той или иной зоны сапробности оценивается по десятибалльной системе.

Степень сапробности водоемов — хорошая характеристика их, эвтрофированности. Установлено, например, соответствие между индексом сапробности по Пантле и Буку и суточной продукцией водорослей, выраженной в г/м² (Sladecsek, 1976).

Вместе с тем шкала сапробности в ее любых вариантах малоприспособлена для оценки уровня токсического загрязнения, наиболее важного в современных условиях, поэтому было предложено ввести и экспериментально обосновать шкалу организмов-индикаторов токсобности.

В. Сладечком предложено различать пять зон токсобности. Выделенные им олиго-, мезо-, поли- и эутоксические воды характеризуются гибелью <50, <75, <100 и 100 % организмов соответственно после двухсуточного пребывания в испытуемой среде. Однако эта градация, безотносительная к выбору испытуемых организмов, крайне условна и предложенная шкала токсобности едва ли пригодна для широкого пользования.

В наиболее простой форме биоценотическая индикация загрязнения сводится к сравнению видового богатства, разнообразия, численности и биомассы населения в загрязненной и контрольной зонах.

Для этого используют абсолютные величины перечисленных показателей или различные индексы, применение которых расширяет возможности сравнения и количественного анализа последствий загрязнения (Рис. 3).

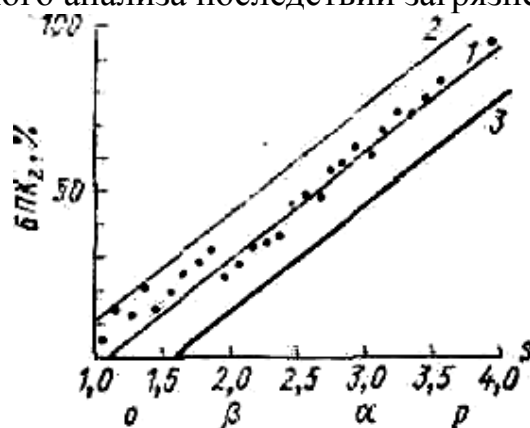


Рис. 3 Соотношение между индексами сапробности по Пантле и Буку (S) и BPK₂.

1 — соответствует уравнению $BPK_2 = 48 + 32,35S - 2,6$; 2 и 3 — границы отклонений $\pm 15\%$.

Буквами под осью абсцисс помечены зоны: олигосапробная (o), β -мезосапробная (β), α -мезосапробная (α) и полисапробная (p).

В качестве иллюстрации разных способов оценки приведем результаты сравнения бентоса Волги. Выше города обнаружено 70 видов, численность особей достигала в среднем 670 экз./м², биомасса—21 г/м². Ниже города встречено 36 видов, численность особей—304 и биомасса— 12,5 г/м². Коэффициент видового сходства, по Серенсену, для бентоса в целом составлял 47 %, для моллюсков, олигохет, высших ракообразных и личинок насекомых он равнялся соответственно 64, 47, 71 и 34 %.

Коэффициенты демографического сходства были заметно иными (соответственно 75, 83, 20 и 77 %, для бентоса в целом 71 %), причем, как правило, более высокими. Это говорит о том, что видовое обеднение бентоса под влиянием загрязнения произошло в основном за счет малочисленных видов, т.е. массовые, более эврибионтные формы устойчивее к загрязнению.

Сопоставление коэффициентов видового и демографического сходства для отдельных групп организмов может дать много дополнительного материала для экологического анализа.

Для — оценки влияния загрязнения довольно широко используют показатели видового разнообразия и информационные индексы. Видовое разнообразие наиболее часто определяют по формуле Маргалефа.

Величина индекса зависит от количества и частоты взятия проб, но часто довольно хорошо характеризует степень изменения населения под влиянием загрязнения.

Информационные индексы, построенные на учете видового разнообразия и эквитабильности видов, отличаются большей выразительностью. Результаты сравнения становятся еще контрастнее, если при вычислении видового разнообразия учитывают индикаторную характерность отдельных видов.

При изучении загрязнения разных рек США было установлено, что величина информационного индекса Шеннона в загрязненных участках была в

пределах 0,42—1,6, а в незагрязненных составляла 2,6—4,6; делается вывод, что величина индекса в загрязненных водах обычно меньше 1, в чистых равна 2—3.

Использование показателей видового разнообразия и информационных индексов для оценки загрязненности осложняется при экстремальных состояниях среды. Например, жизнь крайне обедняется в горячих источниках, пересоленных водоемах, мутных реках, в суровых ледовых условиях и в некоторых других случаях.

Помимо структурных особенностей биоценозов для индикации загрязнения можно учитывать многие функциональные характеристики.

Прежде всего, это БПК, т.е. величина аэробной деструкции органических веществ, определение которой имеет вековую историю, и стало одним из наиболее распространенных элементов биологического анализа качества вод. Определяют (по снижению концентрации кислорода) в темных склянках ВПК_л, БПК₃ и БПК₅, т.е. за 1, 3 и 5 суток, а также полное БПК (обычно за 20—30 суток).

Известную индикационную ценность имеет отношение величины химического потребления кислорода (ХПК) и БПК. Часто хорошие диагностические данные получают, определяя первичную продукцию, а также соотношение между ней и деструкцией.

Весьма чувствительный метод выявления загрязнения—учет рангового распределения гидробионтов. Качество воды устанавливается косвенно—по изменениям видового состава организмов оцениваемого участка по сравнению с незагрязненным (эталонным) участком водоема.

Мерой этих изменений может служить обобщенная функция желательности, построенная на основе данных об относительной значимости индикаторных видов на эталонном и изучаемом створах.

Наиболее удобным показателем значимости оказывается место индикаторного вида в ранжированном ряду численностей (ранг вида в сообществе) (Максимов и др., 1983).

Другими словами, индикаторную значимость имеет не просто присутствие в сообществе каких-то видов, а соотношение их по численности (биомассе) в сравниваемых биоценозах, относительное значение в сообществе каждого из его сочленов.

Токсикологический контроль

Сточные воды содержат различные токсические вещества, поэтому необходимо следить за тем, чтобы их концентрация и величина сброса не превышали допустимые границы.

В перспективе индустрия должна перейти на оборотное (замкнутое) водоснабжение и безотходную технологию, когда отходы одних производств служат сырьем для других, и в конечном итоге вся материальная масса, поступающая на вход перерабатывающей системы, выходит из нее в виде нужных продуктов.

Создание таких технологий и, что еще более важно, соответствующая перестройка промышленности, т.е. замена всей имеющейся на новую, требуют грандиозных затрат и потому мыслимы только в отдаленной перспективе. Однако эта перспектива — единственная, альтернативы нет.

В конечном счете, такая технология выгоднее, поскольку многие токсиканты—ценнейшее сырье и, кроме того, отпадает надобность в строительстве очистных сооружений, стоимость которых достигает четверти или трети всех средств, расходуемых на создание современных производств.

Принцип создания, безотходной индустрии постепенно реализуется, но пока необходим экологический контроль над имеющейся. Необходимо иметь научно обоснованные представления о предельно допустимых концентрациях или ПДК для различных веществ, сбрасываемых в водоемы.

К установлению ПДК можно подходить с разных позиций. В правилах охраны вод от загрязнения в основном предусматриваются медицинские ПДК, т.е. запрет на концентрации, опасные для здоровья человека при использовании воды для питья и в других целях. Введение таких ПДК, естественно, было первоочередной задачей обеспечения благополучия человека.

Следующим шагом явилась разработка ПДК для домашних животных и хозяйственно важных гидробионтов, в частности для рыб. Современный уровень понимания благополучия человека диктует необходимость установления ПДК и для экосистем, так как их деградация и разрушение таят в себе непредсказуемые изменения всей биосферы как среды обитания человека.

Первое время предполагалось, что медицинские и ветеринарные ПДК достаточно охраняют водоемы от загрязнения, в частности их рыбное население. Начавшиеся исследования, рыбохозяйственных ПДК показали, что это не так: рыбы во много раз чувствительнее к токсикантам, что не удивительно, поскольку системы гомеостаза у человека намного совершеннее.

Еще более чувствительны к загрязнению многие беспозвоночные. Таким образом, установление ПДК для экосистем не может основываться на медицинских и ветеринарных данных. Нужны ПДК, охраняющие экосистемы, что требует организации широкого фронта работ в области водной токсикологии, изыскания научно обоснованного контроля над качеством вод, обеспечивающим существование биоценозов в требуемом для человека режиме.

Речь идет не о сохранении имеющихся водных экосистем, поскольку человек не может оставить все их в исходном состоянии, как не оставил он их на суше. Интересы получения большего количества биологического сырья сопряжены с вмешательством в природу, но необходимо, чтобы эксплуатация гидробиосферы сопровождалась поддержанием ее в состоянии наибольшего соответствия потребностям людей с расчетом на самую отдаленную перспективу.

Проблема токсикологического контроля очень сложна, так как структурные и функциональные показатели реакции на загрязнение крайне многочисленны, неодинаковы для разных живых систем и применительно к разным токсикантам. Возникает вопрос о критерии токсичности, ориентируясь

на который можно вести соответствующие исследования и о подборе индикаторных организмов, популяций и биоценозов.

Очевидно, особое значение приобретает определение ПДК для наиболее чувствительных компонентов экосистемы, раз речь идет о ее защите. В качестве критерия токсичности выдвигается не выживание особей, а сохранение видов, т.е. нормальное воспроизводство особей в нескольких поколениях без ухудшения качества потомства. Как справедливо подчеркивает Н. С. Строганов (1972), этот критерий является основным, а другие, учитывающие отдельные физиологические и биохимические реакции, должны рассматриваться как дополнительные, в какой-то степени раскрывающие механизмы реагирования, связь между биохимическими, биофизическими и физиологическими изменениями в организмах.

В тех случаях, когда требуется дать быструю и приблизительную оценку токсичности, используют экспресс-метод, основа которого разработана Я.Я. Никитинским и В.И. Долговым в 1913 г.

Сущность метода заключается в определении выживаемости объектов (рыб, беспозвоночных, растений) в различных концентрациях испытуемых веществ в течение суток или нескольких дней. Полученные данные сравнивают с контролем; в качестве показателя выживаемости обычно принимают гибель 50 или 100 % испытуемых особей.

Результаты испытания на острую токсичность, определяемую экспресс-методом, не являются основой для установления ПДК. Для экосистем их следует определять с учетом основного критерия токсичности, при этом они должны «привязываться» к воде стоков, а не водоемов. В противном случае будет наблюдаться разрушение экосистем, которое сначала начнется в месте сброса сточных вод, а затем вследствие вторичного загрязнения и некоторых других процессов станет распространяться все дальше (Галазий, 1973).

В некоторых случаях ПДК для экосистем могут быть получены при работе на загрязняемых водоемах. Устанавливая по гидробиологическим пробам ближайшую к очагу загрязнения зону, где население находится в «нормальном» состоянии, определяют здесь концентрацию тех или иных токсикантов, которая, очевидно, в этом случае будет равна или меньше ПДК для экосистемы в целом.

Измеряя концентрацию токсикантов в зонах, где нет угнетения видов, можно получить представление о ПДК для разных популяций. По существу, метод предполагает использование результатов того «эксперимента», при котором в водоемы сбрасывают токсические стоки и можно установить их концентрации, в той или иной степени угнетающие отдельные компоненты биоценозов.

Гидробиологический мониторинг

Оценка степени ухудшения водных экосистем под влиянием загрязнения или других антропогенных воздействий с той или иной точностью в настоящее время может быть сформулирована только применительно к практическим

формам использования водоемов.

Гораздо сложнее оценка характера и значения структурно-функциональных изменений гидроэкосистем в биосферном аспекте. Сейчас даже трудно сформулировать требования к оптимальности экосистем как блокам биосферы, хотя некоторые положения уже очевидны.

Показателем экологического благополучия природных водных экосистем может служить хорошо развитый биотический круговорот, начинающийся с фотосинтеза и имеющий две подсистемы: сеть выедания и сеть разложения.

Сеть выедания (пастбищная) характеризуется относительно полным потреблением консументами организмов предыдущего трофического уровня, преобладанием в ней высокоорганизованных многоклеточных животных. Аэробные процессы преобладают над анаэробными, накопление органических веществ в грунте минимальное.

При перегрузке экосистем органическим веществом или поступлении токсикантов, вызывающих гибель животных, начинает доминировать сеть разложения. Сеть выедания сокращается, а в некоторых случаях совсем выпадает, биотический круговорот осуществляется на суженной основе, все в большей степени начинают преобладать анаэробные процессы.

Экосистемы с детритным круговоротом устойчивее, чем с пастбищными цепями; среди последних эвтрофные устойчивее олиготрофных. Поэтому экологическое нормирование прежде всего должно быть основано на сохранении пастбищной составляющей биотического круговорота, т.е. в первую очередь пелагических животных, особенно высокоорганизованных ракообразных, рыб.

Руководствуясь приведенными и некоторыми другими биоценотическими критериями, а также анализом аутоэкологических и демографических данных, можно с известной точностью оценивать опасность тех или иных изменений экосистем под влиянием антропогенных воздействий.

Для организации экологического мониторинга в первую очередь можно использовать данные гидрохимических и гидрофизических наблюдений.

Разработанность количественных оценок физических и химических явлений позволяет сравнительно просто создать систему наблюдений над состоянием водоемов по абиотическим характеристикам. Однако данные физических и химических измерений плохо интерпретируются при оценках биологических ситуаций и, как правило, не позволяют прогнозировать их даже на близкую перспективу.

Сведения о концентрации в воде отдельных ионов и молекул, о температуре, прозрачности и других физических параметрах нужны, но недостаточны для оценки и прогноза состояния живого компонента водных экосистем, тенденции в изменении которого как раз и составляют сущность гидробиологического мониторинга.

Объект гидробиологического мониторинга—водные экосистемы и факторы среды, воздействующие на них. При этом важны как регистрация обнаруживаемых нарушений среды, так и оценка реакции на них живых систем.

Одновременность регистрации рассматриваемых явлений облегчает

анализ их взаимосвязи и усиление на этой основе возможностей прогноза. Прогноз же немалослим без эксперимента и потому основными приемами сбора информации в системе гидробиологического мониторинга должны быть наблюдение и эксперимент.

Наблюдение — основная форма *диагностического мониторинга*, позволяющая выявить по выбранным показателям основные тенденции в изменении биогидросферы.

Сравнение абиотических и биотических изменений позволяет в какой-то мере судить об имеющих здесь место корреляциях. Однако нельзя забывать о том, что в действительности всегда наблюдается комбинированное действие факторов, и для выявления роли каждого требуется многофакторный анализ.

Планируемый эксперимент позволяет в этом случае исследовать вероятные ситуации, которые можно предсказать на основе обнаруживаемых тенденций в изменении абиотической среды, т.е. предсказывать биологические последствия этих тенденций.

Таким образом, параллельно диагностическому, создается *мониторинг прогностический* — методологическая основа предвидения экологических событий.

Количество факторов, воздействующих на живые системы, и число откликов их на воздействия практически безграничны, поэтому программа мониторинга должна отобрать сравнительно небольшое число контролируемых показателей.

Их удобно разделить на две категории: функциональные и структурные. Первые могут быть выражены производными по времени как скорость изменения отдельных функций (показатели продуктивности, деструкции, ассимиляции и др.), вторые — интегралом, т.е., как некоторый итог действия (функций) к моменту регистрации показателей (структура организмов, популяций и биоценозов).

Функциональные изменения — более быстрый отклик на внешние воздействия по сравнению с перестройками структуры, которые лучше отражают итог длительного воздействия уклонившихся от нормы факторов среды.

В свою очередь, системы с коротким циклом быстрее перестраивают свою структуру, чем долговременные, но обнаруживаемые изменения слабее отражают реакцию биогидросферы, чем деформация структур длительного существования.

Например, численность бактерий в водоемах существенно меняется даже после купания людей, являясь очень чувствительным индикатором воздействия на экосистему. Однако этому нельзя придавать большого индикаторного значения, так как отклик экосистемы быстро гаснет и след бывшего воздействия не регистрируется в ней.

Популяция долгоживущих организмов показательнее в качестве регистрирующих структур при оценке длительных воздействий, но менее чувствительна для выявления кратковременных сдвигов в экосистемах.

Из гидробионтов предпочтительным объектом гидробиологического

мониторинга могут служить группы, входящие в состав сообществ, формирующихся на границе с другими средами (атмосферой, сушей); они отличаются видовым разнообразием, высокими количественными показателями, первыми сталкиваются с внешними воздействиями и чувствительнее реагируют на них.

Прогноз состояния водных экосистем и выявление тенденций в их изменении крайне важны для перспективного планирования рациональной эксплуатации водоемов. Поэтому важнейшее значение приобретает организация исследований, направленных на создание теории прогноза гидроэкосистем в водоемах, находящихся под воздействием различных отраслей хозяйства и других антропогенных влияний.

Эталоном для сравнения могут быть водоемы заповедных зон. Генеральный прогноз кроме основных общих положений должен включать и взаимоувязанную систему частных прогнозов, касающихся как отдельных частей бассейна, так и отдельных явлений: динамики популяций полезных и вредных гидробионтов, трофических взаимоотношений и других гидробиологических (экологических) показателей.

Прогнозируя возможные изменения водных экосистем под влиянием различных факторов и разрабатывая на этой основе генеральную стратегию отношения к гидросфере, нельзя ни на минуту забывать об опасности нарушения обмена веществ и энергии между человеком и природой.

Между тем в настоящее время такой баланс нарушается, в частности потенциальная энергия биосферы расходуется почти в 10 раз быстрее, чем происходит ее накопление в процессе первичного продуцирования. Человек должен стабилизировать свой обмен с природой на основе его адекватности, гармонического сочетания интересов общества и возможностей природы.

Положение, развитое В. И. Вернадским в его учении о ноосфере, должно стать девизом отношения людей к природе, к водоемам. Охрана среды должна пониматься, как непрерывная гуманизация природы, обеспечивающая натурализм (биологические потребности) человека.

Одновременно следует помнить, что биосфера — система, соподчиненная Космосу, и ее изменения не должны идти вразрез с закономерностями его существования. Лик Земли нельзя изменять произвольно без учета всех сил, участвующих в его созидании.

Рекомендуемая литература по теме:

- 1 Константинов А.С. Общая гидробиология: Учебник для вузов.-М.: Высшая школа. 1979. -480с. Изд. 3-е, перераб. и доп..
- 2 Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. — СПбМ.: Наука, 2000. -147с.
- 3 Хенце М. Очистка сточных вод. Биологические и химические вопросы: Учебное пособие. —М.: Мир, 2004. -432с.

- 4 Эрхард Ж.П., Сежен Ж. Планктон. Состав, экология, загрязнение. –М.: URSS, 1984. -256с. Пер. с фр.
- 5 Алимов А.Ф. Продукционная гидробиология и функционирование экосистем. // В кн. «Новые идеи в океанологии». Т.1. –СПб.: Наука, 2004. С.264-279.
- 6 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации: МДК 3-02.2001 / Сер. Строительство России. –М.: ДЕАН, 2008. -192с.
- 7 Водоснабжение и канализация. / Сер. Евродача: строим - обновляем – ремонтируем. –М.: Диля, 2008. -160с.
- 8 Яшнов В.А. Малый практикум по гидробиологии. –М.: URSS, 1952. - 266с.
- 9 Галынкин В.А., Заикина Н.А., Потехина Т.С. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии с основами асептики и биотехнологии. -Курск: КГМУ, 2002. -236с.
- 10 Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Монография. -М.: Наука, 2007. -216с.
- 11 Мурадова Е.О., Ткаченко К.В. Микробиология. /Сер.. Учебный курс: Кратко и доступно. – М.: Эксмо, 2009. -336с.
- 12 Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.
- 13 Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М.: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.
- 14 Константинов А.С. Общая гидробиология. - М.: Высшая школа, 1986.- 466 с.
- 15 Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
- 16 Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
- 17 Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
- 18 Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
- 19 Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
- 20 Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
- 21 Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.

Вопросы для самоконтроля:

1. *Что такое биологическая индикация загрязнения водоема?*
2. *Как организуется биоиндикация?*
3. *Какие зоны сапробности водоемов Вы знаете?*

4. Охарактеризуйте мезосапробные воды.
5. Что такое и как организуется токсикологический контроль водоема?
6. Зачем необходим гидробиологический контроль водоема? Как он проводится?

ЛАБОРАТОРНЫЕ (ПРАКТИЧЕСКИЕ) ЗАНЯТИЯ

Осуществляется самостоятельная теоретическая подготовка к выполнению следующих лабораторно-практических работ с преподавателем в аудиториях кафедры:

п/п	Наименование лабораторных работ
1	Аддитивное действие токсикантов.
2	Биологически активные вещества гидробионтов.

Обучаемый должен знать основные понятия и определения изучаемой дисциплины.

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПО МОДУЛЮ

Выберите в качестве ответа на поставленный вопрос один из предлагаемых вариантов.

1) В каком случае в гидробиоценозе пирамида биомасс и пирамида энергий сходны?	
a) в пресноводном биоценозе;	
b) при наличии хищников;	
c) если продуценты — водоросли;	
d) при отсутствии продуцентов;	
e) у человека.	
2) Какие организмы относятся к хемосинтетикам?	
a) растения;	
b) простейшие;	
c) рыбы;	
d) железобактерии;	
e) медузы.	
3) Назовите гидробиоценоз с короткими пищевыми цепями, где встречаются рыбы — консументы первого порядка:	
a) палтус;	
b) скумбрия;	
c) тунец;	
d) белый амур;	
e) щука.	
4) В каких случаях встречаются консументы высших порядков более 4 ^х ?	
a) морской огурец;	
b) тунец;	
c) ламинария;	
d) белый толстолобик;	
e) хлорелла.	
5) При каком эффекте снижается потребление кислорода гидробионтами?	
a) эффект группы;	
b) эффект одиночества;	
c) эффект присутствия;	

d) эффект страха;	
e) эффект информации.	
6) Какие взаимоотношения популяций в гидробиоценозе более выгодны?	
a) хищничество;	
b) нейтрализм;	
c) протокооперация;	
d) конкуренция;	
e) паразитизм.	
7) В каких случаях продуктивность в море наиболее высокая?	
a) при освещении;	
b) при высокой солености;	
c) при расслоении воды по температуре;	
d) при апвеллинге;	
e) при горизонтальном течении.	
8) Что способствует высокой продуктивности водоема?	
a) движение рыб;	
b) рост водорослей;	
c) встреча холодного и теплого фронтов в течении;	
d) волнение моря;	
e) штиль.	
9) Какая зона океана наиболее продуктивная?	
a) тропическая;	
b) арктическая;	
c) антарктическая;	
d) умеренная;	
e) субтропическая.	
10) Как повысить биопродуктивность водоема?	
a) внесением удобрений;	
b) выловом рыбы;	
c) замораживанием воды;	
d) снижением уровня удобрений;	
e) внесением нефти.	
11) Какие течения способствуют развитию серобактерий в Черном море?	
a) вертикальное;	
b) вихревое;	
c) поверхностное круговое;	
d) глубинное;	

e) апвелинг.	
12) Какой каланус характерен для Черного моря?	
a) <i>Calanus finmarchicus</i> ;	
b) <i>C. hyperboreus</i> ;	
c) <i>C. arcticus</i> ;	
d) <i>C. helgolanicus</i> ;	
e) <i>C. norvegicus</i> .	
13) Какая медуза не встречается в Черном море?	
a) <i>Aurelia aurita</i> ;	
b) корнеротая медуза;	
c) крестовичок (<i>Gonionema</i>)	
d) гидроидная;	
e) гребневик.	
14) Найдите <i>Cladocera</i> в планктоне Черного моря?	
a) <i>Calanus helgolandicus</i> ;	
b) <i>Coscinodiscus</i> sp;	
c) <i>Rizosolinia</i> sp.;	
d) <i>Noctiluca</i> sp;	
e) <i>Podon</i> sp.	
15) Укажите средиземноморского вселенца:	
a) <i>Nassa</i> sp	
b) Дидакна;	
c) Монданна;	
d) <i>Rapans</i> sp;	
e) Морской таракан.	
16) Какой организм в бентосе Черного моря арктический вселенец?	
a) мидия;	
b) синдесмия;	
c) морской таракан;	
d) гидробия;	
e) дидакна.	
17) Сколько видов арктических вселенцев в Черном море?	
a) не более 20;	
b) не более 1000;	
c) не более 10^5 ;	
d) не более 2;	
e) не более 10^6 .	

18) Какая водоросль не встречается в Черном море (бентосная)?	
a) Цистозира;	
b) Увела;	
c) Зостера;	
d) Фукус;	
e) Филлофора.	
19) В каком море юга России можно встретить морского конька?	
a) Азовском;	
b) Черном;	
c) Каспийском;	
d) Аральском;	
e) Белом.	
20) Найдите понтического реликта в фауне Каспийского моря:	
a) калянус;	
b) мезидоцеа;	
c) синдесмия;	
d) адакна;	
e) мизида.	
21) Какой вселенец из моллюсков Каспийского моря дает наибольшую биопродуктивность?	
a) <i>Abra ovata</i> ;	
b) <i>Hydrobia sp.</i> ;	
c) <i>Mytilus edulis</i> ;	
d) <i>Didacna sp.</i> ;	
e) <i>Metilaster sp.</i>	
22) Какой объект использовался для реконструкции фауны Каспийского моря?	
a) морж;	
b) тюлень;	
c) монодакна;	
d) нереис;	
e) обелия.	
23) В каком море наблюдаются летние заморы?	
a) Каспийском;	
b) Балтийском;	
c) Баренцевом;	
d) Черном;	

e) Азовском.	
24) Назовите массовый вид планктона Баренцева моря?	
a) калянусы;	
b) коловратки;	
c) гидромедузы;	
d) физалии;	
e) гаммарусы.	
25) Выделите группу организмов, входящую в криль?	
a) медузы;	
b) диатомеи;	
c) эвфаузиды;	
d) синхеты;	
e) зоеа.	
26) Назовите прикрепленные организмы Баренцева моря:	
a) <i>Littorina</i> sp.;	
b) <i>Cleon lemacina</i> ;	
c) <i>Mytilus edulis</i> ;	
d) Мия;	
e) Астарте.	
27) Укажите важный кормовой объект в бентосе Баренцева моря:	
a) фукус;	
b) голова медузы;	
c) литторина;	
d) нерейс;	
e) голотурии.	
28) Какой объект входит в арктическую группу бентоса Баренцево моря?	
a) морская звезда;	
b) морской еж;	
c) склерокрансон;	
d) мидия;	
e) литорина.	
29) Какой организм относится к эндемикам Белого моря?	
a) аурелия;	
b) ползающая медуза;	
c) мидии;	
d) фукус;	
e) гаммарус.	

30) Какой вид калянусы не встречается в Белом море?	
a) <i>Calanus finmarchicus</i>	
b) <i>C. hyperboreus</i>	
c) <i>C. helgolandicus</i>	
d) <i>C. arcticus</i>	
e) <i>C. glacilis</i>	
31) В какой части Белого моря бентос наиболее беден?	
a) в центральной;	
b) в заливах;	
c) в воронке;	
d) в горле;	
e) прибрежной.	
32) Какой вид ракообразных характерен для бентоса Балтийского моря?	
a) крангон;	
b) дафнии;	
c) мезидоция;	
d) калянус;	
e) склерокрангон.	
33) Укажите промысловый объект бентоса дальневосточных морей:	
a) нейрес;	
b) кукумария;	
c) телассозира;	
d) косцинодискус;	
e) морская звезда.	
34) Какое течение, идущее близко от берегов Сахалина, способствует биопродуктивности Японского моря?	
a) Ойо-сио;	
b) Кура-сио;	
c) Цусимское;	
d) Лаперузское;	
e) вдоль Татарского пролива.	
35) Какие ракообразные дальневосточных морей ценный промысловый объект?	
a) каменный краб;	
b) мохнаторукий краб;	
c) крангон;	
d) камчатский краб;	

е) идоцеа.	
36) Какая водоросль в дальневосточных морях имеет размеры до сотни метров?	
а) ламинария;	
б) фукус;	
с) аскофиллум;	
д) кельп;	
е) богрянка.	
37) Какие кишечнополостные в дальневосточных морях наиболее опасны для человека?	
а) ауремия;	
б) кораллы;	
с) гидроидные полипы;	
д) анемоны;	
е) гонионема.	
38) Какие планктонные организмы пруда относятся к седиментаторам?	
а) дафнии;	
б) коловратки;	
с) циклопы;	
д) водомерки;	
е) вертячки.	
39) Укажите кормовой объект бентоса прудов:	
а) хирономиды;	
б) жуки;	
с) клопы;	
д) брюхоногие моллюски;	
е) стрекозы.	
40) Какие бентосные организмы относят к конкурентным по питанию для рыб?	
а) комары;	
б) личинки стрекоз;	
с) дафнии;	
д) прудовик;	
е) беззубка.	
41) Какие пресноводные организмы являются промежуточными хозяевами диплостомоза?	
а) олигохеты;	

b) пиявки;	
c) брюхоногие моллюски;	
d) двустворчатые моллюски;	
e) раки.	
42) Какими растениями заканчивается литораль озера?	
a) водно-воздушными;	
b) погруженными;	
c) с плавающими листьями;	
d) рогозом;	
e) тростником.	
43) Как называется самое глубокое место в озере?	
a) литораль;	
b) профундаль;	
c) рипаль;	
d) старица;	
e) затон.	
44) Какие водохранилища наиболее продуктивны?	
a) горно-наливные;	
b) низменные;	
c) устьевые;	
d) на быстрых реках;	
e) плотинные.	
45) Какое болото содержит наиболее чистую воду?	
a) верховое;	
b) низинное;	
c) торфяное;	
d) дистрофное;	
e) олиготрофное.	

Симаков Ю.Г.
Санитарная гидробиология
Учебно-практическое пособие
Модуль 2

Подписано к печати:
Тираж:
Заказ №:

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ
(образован в 1953г)**

Кафедра биоэкологии и ихтиологии

Ихтиол.-48.11.3117.зчн.плн.
Ихтиол.-48.11.3117.очн.плн.
Ихтиол.-48.11.3117.зчн.скр.
Ихтиол.-48.11.3117.вчр.плн.

Симаков Ю.Г.

САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

Лабораторный практикум

*для студентов всех форм и видов обучения, по
специальности 311700 - Водные биоресурсы и
аквакультура*



www.msta.ru

Москва, 2006

УДК 639.3

© Симаков Ю.Г. Санитарная гидробиология. Лабораторный практикум. –М.: МГУТУ, 2005.

Обработка материала, компьютерная графика и верстка: Горбунов А.В.

Рассмотрено на заседании кафедры «Биоэкологии и ихтиологии» МГУТУ протокол №1 от 12.01.2005г и рекомендовано в качестве лабораторного практикума.

Лабораторный практикум для студентов всех форм и видов обучения, по специальности 311700 - Водные биоресурсы и аквакультура

Автор: д.б.н., профессор Симаков Ю.Г.

Рецензенты:

д.б.н., проф. Амбросимова Н.А. (АзНИИРХ)

д.б.н., зав. сектором Микодина Е.В. (ВНИРО)

Редактор: Коновалова Л.Ф.

© Московский государственный университет технологий и управления, 2006.

109004, Москва, Земляной вал, 73.

кафедра "Биоэкологии и Ихтиологии", 2006.

117149, Москва, ул. Болотниковская, 15. тел: (095) 317-2936, 317-2927

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ САПРОБНОСТИ ВОДЫ ПО ОРГАНИЗМАМ НАЙДЕННЫМ В ПРОБЕ ИЗ ВОДОЕМА	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОГО ИЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ В АЭРОТЕНКАХ	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. БИОТЕСТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ИНФУЗОРИЯХ ТЕТРАТУМЕНА ПУРIFORMIS	25
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	32

Лабораторная работа № 1. Определение сапробности воды по организмам найденным в пробе из водоема

Цель: ознакомить с организмами различных зон сапробности.

Материал и оборудование: определитель осцилятрорий, рисунки организмов различных зон сапробности (Рис. 1 —Рис. 5.), пробы воды различных зон сапробности, микроскоп.

В качестве представителей полисапробов и α -мезосапробов рассматриваются бактерии (*Sphaerotilus*, *Beggiatoa*), синезеленые водоросли (*Oscillatoria*), малощетинковые черви (*Tubifex*, *Limnodrilus*, *Lumbriculus*), водяной ослик, (*Asellus*), личинки комаров дергунов (*Chironomus*), крыска (*Eristalis*).

Sphaerotilus (Рис. 1, А—Б)

Сферотилусы (*Sphaerotilus natans*), относящиеся к нитчатым бактериям (*Chlamydoacteriaceae*), образуют колонии, хорошо заметные невооруженным глазом.

Многочисленные удлиненные клетки, длиной 4 мкм и шириной 2—3 мкм, соединены в нити, заключенные в слизистую оболочку; толщина нитей достигает 6—10 мк. Нити не ветвящиеся, соединены в большие хлопьевидные обрастания размером в несколько сантиметров.

Сферотилус часто встречается на сваях, досках, стеблях растений и т. п., в сильно загрязненных текучих водах. Относится к числу полисапробов, может встречаться в α -мезосапробной зоне.

Beggiatoa (Рис. 1, В)

Серные бактерии *Beggiatoaceae* при окислении сероводорода откладывают внутри своих клеток минеральную серу в полужидком аллотропическом виде. Являются хемосинтезирующими организмами, источником энергии служит окисление сероводорода в серу и серы в серную кислоту.

Beggiatoa имеют вид длинных, подвижных нитей, толщиной 2—4 мк; внутри клеток находятся многочисленные зерна серы. Границы между клетками становятся видимыми только после исчезновения зерен серы, что достигается путем выдерживания бактерий в свободной от сероводорода воде.

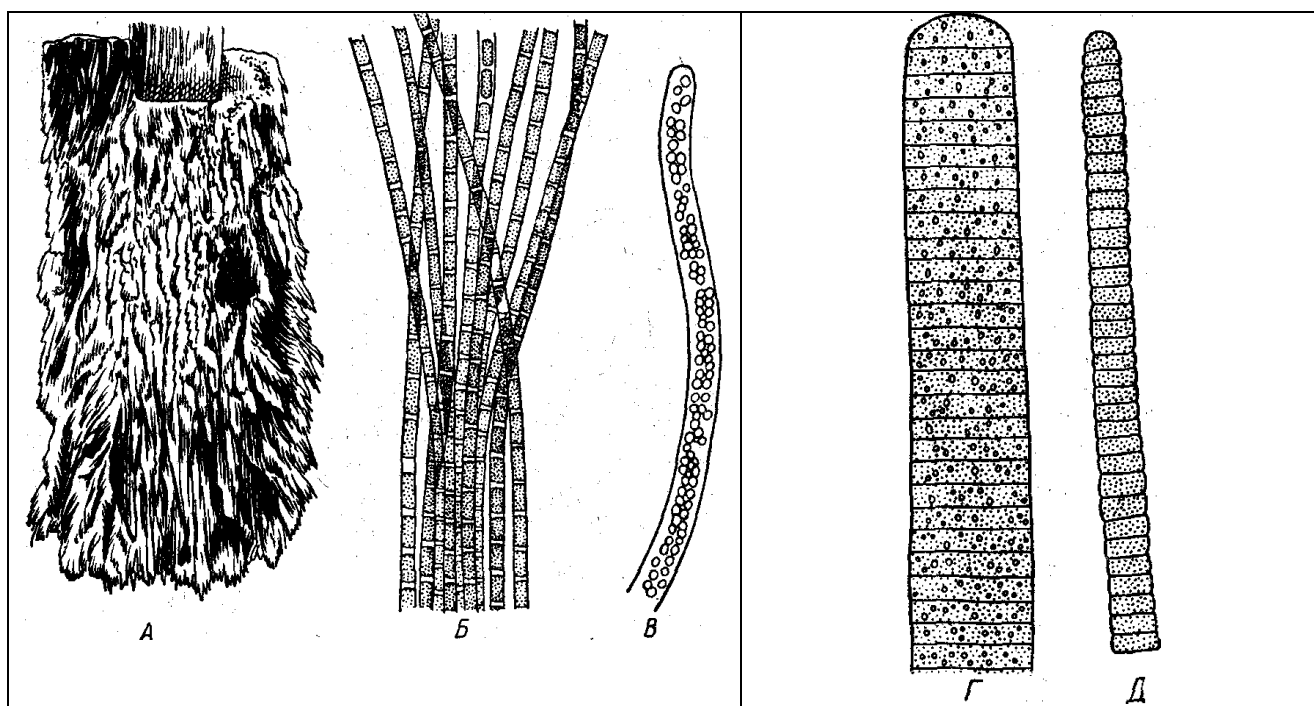


Рис. 1. Сапробные организмы.

А, Б—*Sphaerotilus natans*, колония (*А*), и отдельные нити при большем увеличении (*Б*); *В*—*Beggiatoa* sp., с включениями серы; *Г*—*Oscillatoria princeps*; *Д*—*Oscillatoria tenuis*

Все виды *Beggiatoa*, из которых наиболее обычна *B. leptomitiformis*, относятся к числу типичных полисапробов (при нахождении вне серных источников).

Oscillatoria (Рис. 1, Г—Д)

Oscillatoria относятся к сине-зеленым водорослям. Клетки соединены в длинные, подвижные нити, лишенные влагалища и часто согнутые на концах. Все клетки отдельных нитей одинакового строения, цилиндрические, в большинстве случаев короткие. Гетероцист и спор не имеется. Окраска сине-зеленая или желто-зеленая.

Многие виды *Oscillatoria* относятся к числу типичных α -мезосапробов. Среди последних, наиболее часто встречающиеся виды отличаются между собой следующими признаками.

- 1 (2) Концы нитей ясно утончаются . . . *O. chalybea*
- 2 (1) Нити на концах не утончаются 3
- 3 (4) Длина клеток в несколько раз больше ширины *O. putrida*
- 4 (3) Длина клеток меньше ширины 6
- 5 (6) Длина клеток не больше четверти их ширины *O. princeps*
- 6 (5) Длина клеток не меньше трети их ширины . . *O. tenuis*.

Tubifex, Limnodrilus u Lumbriculus

Все они типичные α -мезосапробы, а *tubifex* встречается также в полисапробной зоне.

Asellus

При массовом нахождении характеризует β -мезосапробную зону.

Личинки *Chironomus*

Мотыли, личинки *Chironomus plumosus*, при массовом нахождении типичны для α -мезосапробной зоны; встречаются так же в полисапробной и β -мезосапробной зонах.

Водяные личинки мух семейства Syrphidae (журчалок), относящегося к подотряду Brachycera, двукрылых насекомых, известны под названием крысок.

Тело личинки *Eristalis tenax* (Рис. 2), наиболее распространенного вида, покрыто мягкой кутикулой белого цвета; на поверхности находятся складки и бугорки. На голове, обычно втянутой внутрь тела, расположены короткие, сближенные основаниями антенны. Ротовое отверстие, помещенное на нижней стороне головы, окружено двулопастной складкой, способной втягиваться внутрь ротовой полости. Находящиеся на складке шипики счищают с субстрата пищевые частицы, которые потом, при втягивании складки, переносятся в ротовую полость. Мандибулы рудиментарные. На брюшной стороне личинки находится семь пар небольших ложных ножек, вооруженных на конце щетинками. Задний конец тела вытянут в длинную и тонкую дыхательную трубку, превышающую в несколько раз длину самой личинки. Дыхательная трубка состоит из трех сегментов, входящих друг в друга наподобие частей зрительной трубы. Первая часть, образованная последним удлинненным сегментом тела, поперечно исчерчена и покрыта тонкими шипиками; вторая часть тонкая и удлиненная, с продольными бороздками; третья часть, еще более тонкая, сильно хитинизированная. На конце дыхательной трубки открываются две терминальные стигмы, окруженные длинными перистыми щетинками. Около анального отверстия отходят две пальцевидно ветвящиеся анальные жабры, заметные лишь у живых особей, у фиксированных они втянуты внутрь.

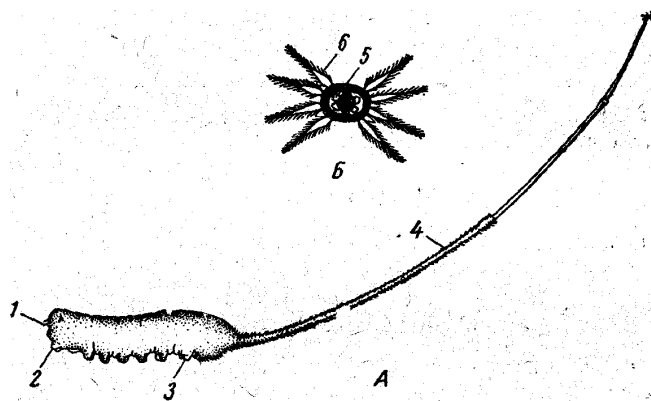


Рис. 2. Личинки *Eristalis tenax*:
общий вид (А), конец дыхательной трубки сверху (Б):
1—антенна, 2—ложная ножка первой пары, 3—ложная ножка седьмой пары,
4—дыхательная трубка, 5—терминальная стигма, б—«перистая щетинка»

Крыски относятся к числу типичных представителей полисапробов, живут в самых загрязненных водоемах; плотные покровы тела защищают личинку от вредного действия сточных вод, даже в растворе формалина она может жить в течение нескольких дней. Необходимый для дыхания кислород проникает через дыхательную трубку, которая своим концом всегда высовывается из воды; глубина погружения личинки соответствует длине дыхательной трубки в вытянутом состоянии.

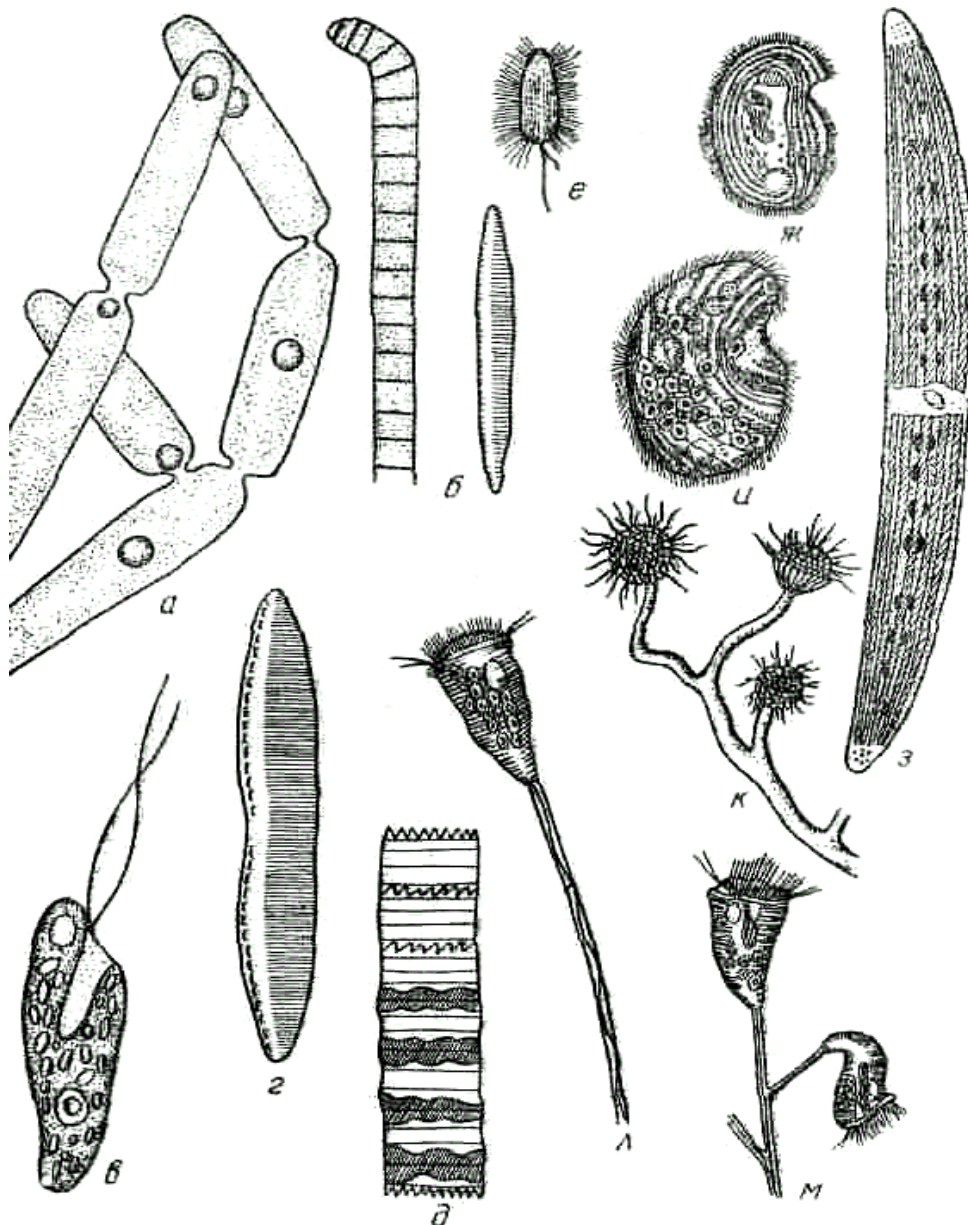


Рис. 3. Организмы α -мезосапробной зоны;

- а** — сточной гриб; **б** — осциллятория; **в** — водоросль нитшия;
г — жгутиконосец хиломонас; **д** — водоросль стефанодискус; **е** — инфузория уронема; **ж** — инфузория хилодонелла; **з** — водоросль кластериум; **и** — инфузория копода с зоохлореллами внутри; **к** — антофиза; **л** — сувойка ландышевидная; **м** — кругоресничная инфузория каршезиум

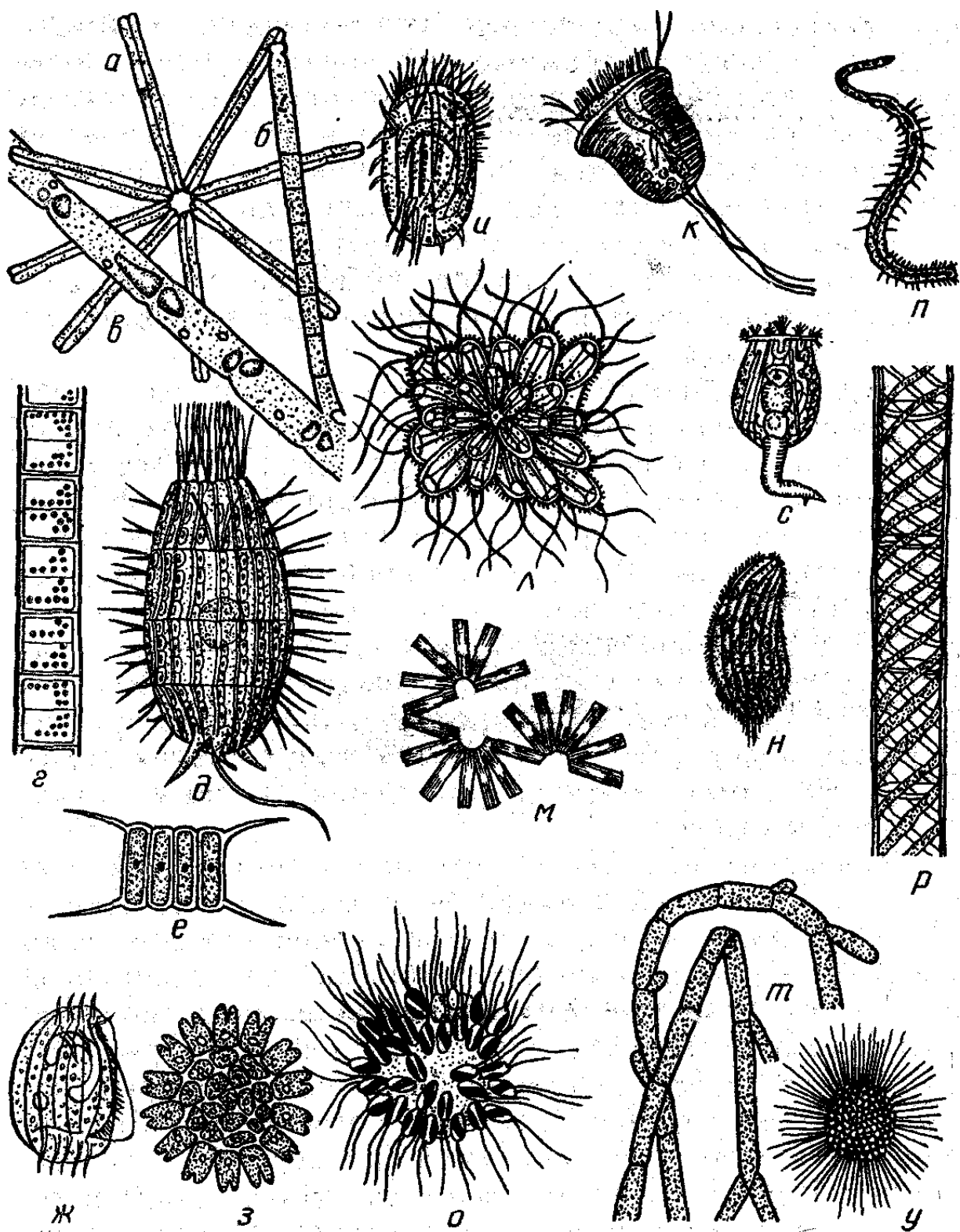


Рис. 4. Организмы β -мезосапробной зоны:

а — астирионелла; *б, в* — различные виды осцилляторий; *г* — мелозира; *д* — колепс; *е* — сценедесмус; *ж* — инфузория аспидиска; *з* — педиаструм; *и* — эуплотес; *к* — сувойка; *л* — синура; *м* — диатомовая водоросль табеллярия; *н* — парамеция; *о* — колониальный жгутиконосец, уроглена; *п* — червь стилирия; *р* — нитчатая водоросль спирогира; *с* — коловратка брахионус; *г* — кладофора; *у* — солнечник.

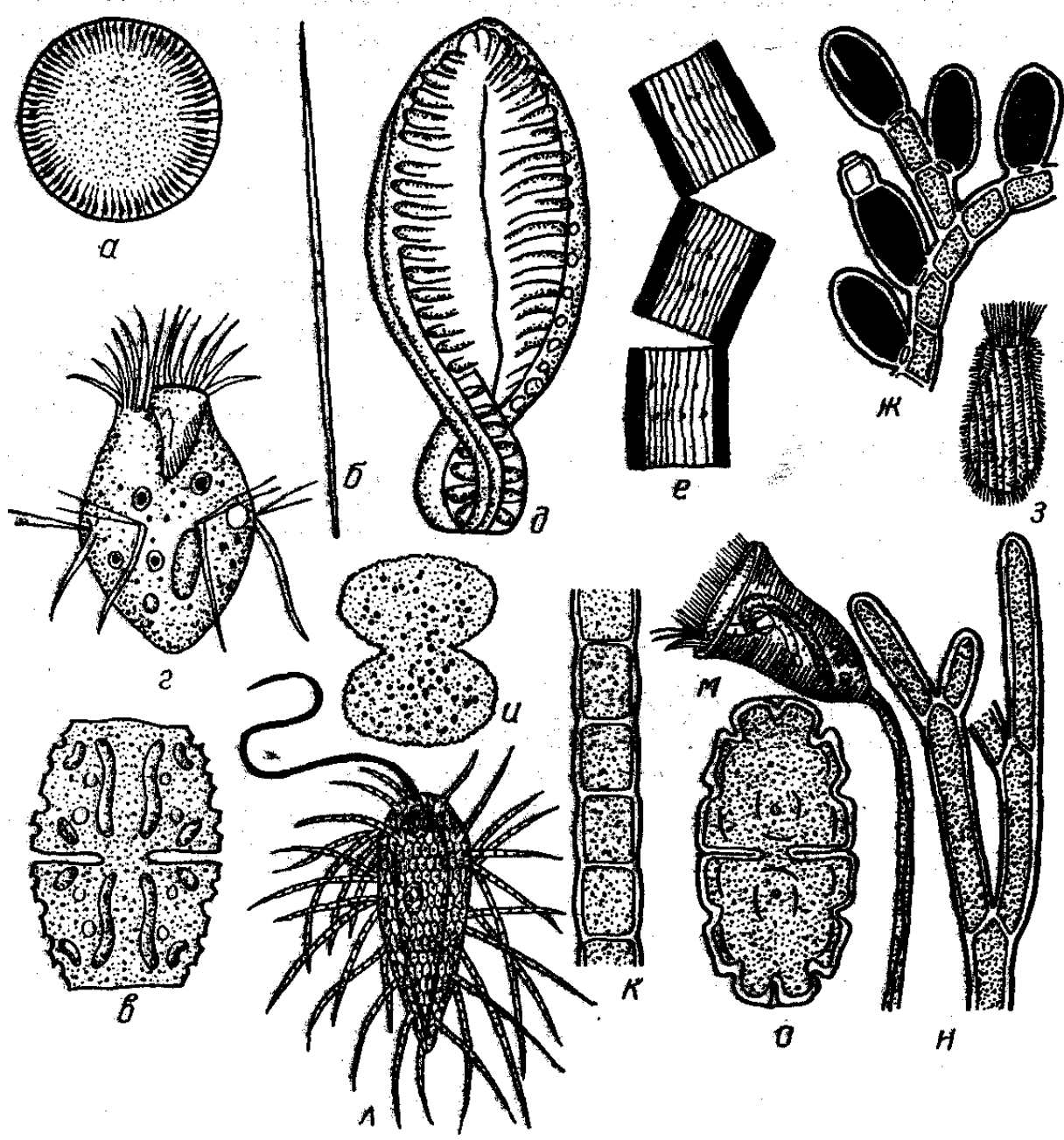


Рис. 5. Организмы олигосапробной зоны:
а — циклотелла; *б* — диатомовая водоросль синедра; *в* — микроастерияс; *г* — инфузория хальтерия; *д* — диатомовая водоросль сурирелла; *е* — табелярия флоккулоза; *ж* — бульбохета; *з* — инфузория стромбидинописис; *и* — водоросль стаураструм; *к* — нитчатая водоросль улотрикс; *л* — жгутиконосец малломонас; *м* — сувойка нубилифера; *н* — кладофора; *о* — десмидиевая водоросль зуаструм.

Задание. 1.

Студенты получают пробы воды с гидробионтами из различных водоемов (проба 1, 2, 3, 4). Под микроскопом и визуально определить организмы, относящиеся к различным зонам сапробности (Таблица 1).

Задание 2.

2. При нахождении осцилляторий в пробе воды проводится определение вида по приложенному в тексте определителю, как организмов α – мезосапробной зоны (Таблица 2).

Таблица 1. Выявленные организмы в пробах воды различной сапробности

Проба	Организмы	Сапробность
№1		
№2		
№3		
№4.		

Таблица 2. Выявленные виды осцилляторий

№	Вид
1	
2	
3	
4	
5	

Выводы работы:

Лабораторная работа № 2. Исследование активного ила и определение качества биологической очистки воды в аэротенках

Цель: научить по встречаемости организмов индикаторов оценивать качество биологической очистки воды.

Материал и оборудование: пробы активного ила, микроскоп, рисунки организмов индикаторов.

При проведении лабораторной работы студенты получают навыки исследования активного ила гидробиологическими методами и обучаются определять характер биологической очистки воды по видовому составу биоценоза активного ила.

Отбор проб активного ила и биопленки:

а) *активного ила.* Из аэротенка отбирается иловая смесь в количестве 7—10 мл. Ил отстаиванием отделяется от жидкости (что занимает обычно 2—3 мин) затем подвергается микроскопированию.

Техника микроскопирования препаратов

На предметное стекло пипеткой наносится небольшая капля ила (биопленки), покрывается покровным стеклом и просматривается под микроскопом. Препараты просматриваются вначале при малом увеличении (окуляр 10X или 15X, объектив 8 X), затем при большом (окуляр 10X или 15X, объектив 40X), в некоторых случаях пользуются иммерсионной системой (объектив 90X). Обычно просматривается не менее 3 препаратов. Определение массовых форм производится по приложенным рисункам.

Количественный учет микроорганизмов

Количество организмов учитывается по пятибалльной системе: один — единично, два — мало, три — порядочно, четыре — много; пять — масса. Отмечается также состояние организмов, их подвижность, работа реснитчатого аппарата. Для того чтобы остановить движение организмов, можно; подсушить каплю, нагревая предметное стекло до 30—35° С, или предметное стекло, на которое нанесена небольшая капля ила, быстро переворачивают и выдерживают в течение нескольких секунд над горлышком склянки с осмиевой кислотой (1%-ный раствор). Затем препарат покрывают покровным стеклом и рассматривают под микроскопом.

В некоторых случаях применяют количественный учет организмов. Для подсчета организмов в активном иле отбирается 1 мл иловой смеси. Для подсчета организмов в биопленке всегда отбирается одинаковое количество загрузочного материала (шлака, щебенки и т. п.), пленка смывается определенным объемом воды, отстаивается в течение 30 мин для замера ее объема, затем размешивается и из смеси берется 1 мл для счета организмов. Счет ведется под микроскопом при малом увеличении, на предметном стекле, покрытом покровным стеклом, или в камере для счета элементов крови. Личинки мух, клещи просчитываются во всем объеме ила (биопленки) в чашке Петри под лупой.

Количество организмов выражают в экземплярах в объемных единицах биомассы на 1 г сухого вещества активного ила (биопленки).

Аппаратура

Для микробиологических и микроскопических исследований применяют отечественные модели микроскопов: МБИ-3; МБИ-6, МБИ-10, МБИ-1а.

Основными правилами работы с оптическим микроскопом являются:

применение правильного освещения, выбор оптической системы

объектив — окуляр — конденсор, использование предметных и покровных стекол необходимого качества, подготовка препарата.

Для освещения лучше всего пользоваться осветителями (ОИ-7, ОИ-19, ОИ-20, ОИ-24), выпускаемыми отечественными оптическими заводами. Описание микроскопов и инструкция к пользованию прилагаются к микроскопу.

Для некоторых специальных исследований (например, для изучения деталей строения бактериальной клетки) Применяют электронный микроскоп позволяющий получить изображение с увеличением до 100000X.

Список организмов, развивающихся при хорошей и плохой работе окислителей.

В Таблица 3 приводится степень относительного развития различных групп простейших и коловраток при различной: работе сооружений. В табл. 7 и 8 дается сводка организмов, характеризующих хорошую и плохую работу биоокислителей.

Таблица 3. Организмы, обнаруженные при плохой и неудовлетворительной работе сооружения:

Название организма	Встречаемость
Beggiatoa alba	
Beggiatoa leptomitiformis Flagellatae бесцветные (рис. 6—8)	
Bodo sp (Рис. 6)	
Trepomonas Steini (Рис. 7)	
Oicomonas soclalis(Рис. 8)	
Amoeba limax (Рис. 9)	
Pamphagus hyalinus (Рис. 10)	
Paramecium caudatum (Рис. 11)	
Chilodon unclnatus	
Vorticella alba (Рис. 12)	

Vorticella microstoma (Рис. 13)	
Lionotus lamella	
Colpoda steini (Рис. 14)	
Podophrya collini (Рис. 15)	
Podophrya fixa (Рис. 16)	
Callidina sp. (Рис. 17)	

Организмы могут служить индикаторами лишь при значительном развитии их.

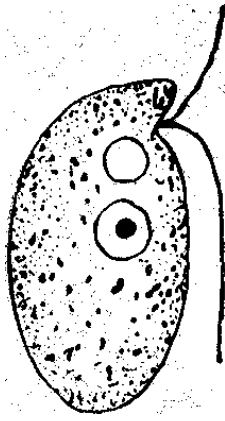


Рис. 6. *Bodo sp*

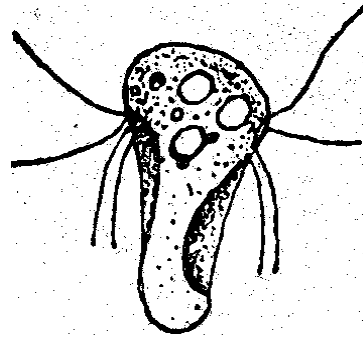


Рис. 7. *Trepomonas Steini*

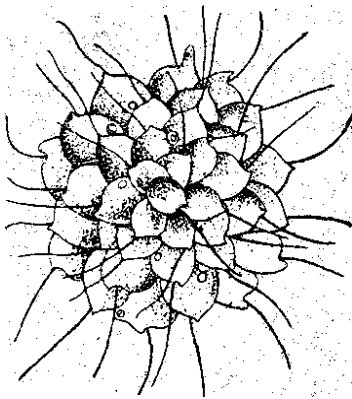


Рис. 8. *Oicomonas soclalis*

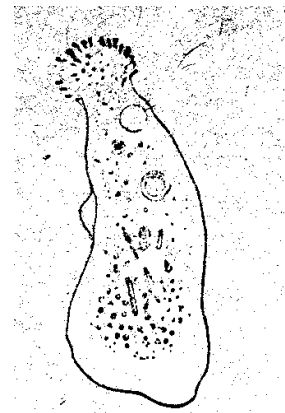


Рис. 9. *Amoeba limax*

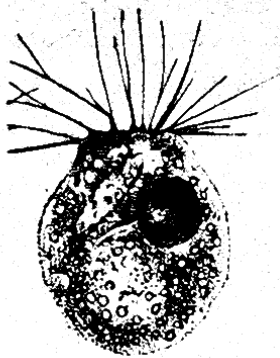


Рис. 10. *Pamphagus hyalinus*



Рис. 11. *Paramecium caudatum*

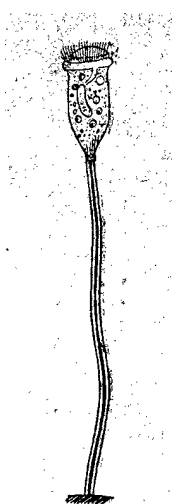


Рис. 12. *Vorticella alba*



Рис. 13. *Vorticella microstoma*

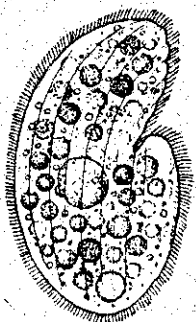


Рис. 14. *Colpoda steini*

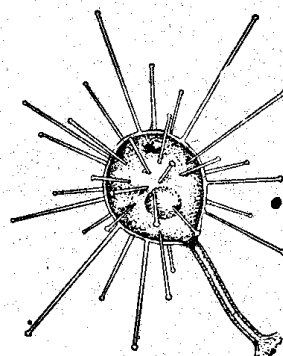


Рис. 15. *Podophrya collini*

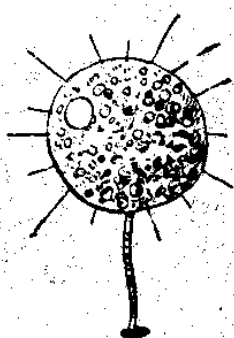


Рис. 16. *Podophrya fixa*

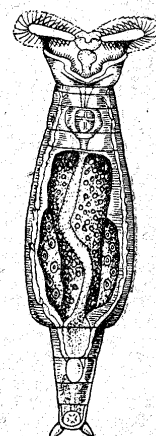


Рис. 17. *Callidina sp.*

Таблица 4. Организмы, развивающиеся в активном иле, при хорошей очистке воды

Название организмов	Встречаемость
<p>Amoeba radlosa (рис. 18) Centropyxis aculeata (рис. 19) Centropyxis laevigata (рис. 20) Arcella discoides (рис. 21) Euglypha alveolata (рис. 22) Euglypha laevis (рис. 23) Lionotus fasciola (24) Spirostomum teres Holophrya sp. Euplotes charon (рис. 25) Aspidisca patella (рис. 26) Aspidisca costata (рис. 27) Aspidisca lynceus Aspidisca turrida (рис. 28) Coleps hirtus Garchesium polypinum (рис. 29) Opercularia coarctata (рис. 30) Opercularia glomerata (рис. 31) Troabdstyla ovum (рис. 32) Vorticella campanula Vorticella convallaria (рис. 33) Epistylis plicatilis (рис. 34) Cyclidium lanuginosum Cyclidium glaucoma* (рис. 35) Chilodonella uncinatus</p>	
<p>Chlorella cucullata ; Amphileptus clapedel Cinetochilum margaritaceum** Oxytricha fallax (рис. 36) Stylohychia pustulata**(рис. 37) Tokophrya lemnae** (рис. 38) Acineta flava (рис. 39) Pfallodina roseola Colurus caudatus</p>	

Monostyla Ittnaris

Monostyla cornuta

Cathypna luna (рис. 40)

Notommata ansata (рис. 41)

Aeolosoma sp. (рис. 42)

* При наличии в воде нитритов и солевого аммиака.

** При единичных экземплярах.

Помимо приведенных организмов встречаются круглые черва Nematodes (рис. 48), личинки и куколки насекомых (личинка мушки Psychoda (рис. 44), ее куколка (рис. 45); Podura (рис. 46) и водные клещи (рис. 47).

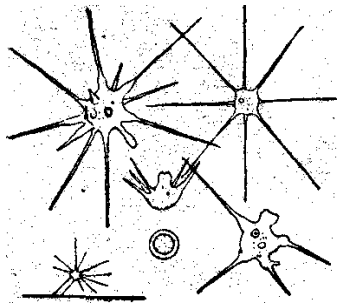


Рис. 18. *Amoeba radlosa*

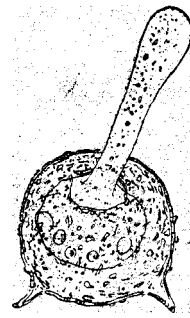


Рис. 19. *Centropyxis aculeate*

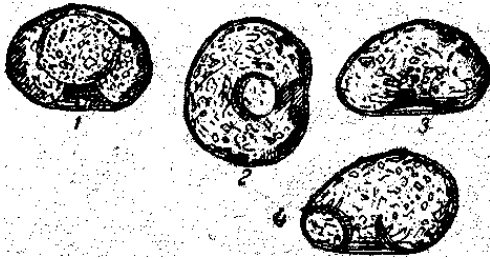


Рис. 20. *Centropyxis laevigata*

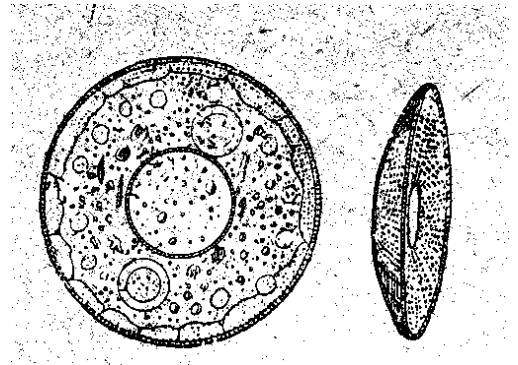


Рис. 21. *Centropyxis laevigata*

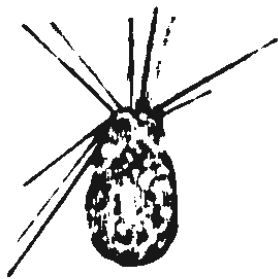


Рис. 22. *Arcella discoides*

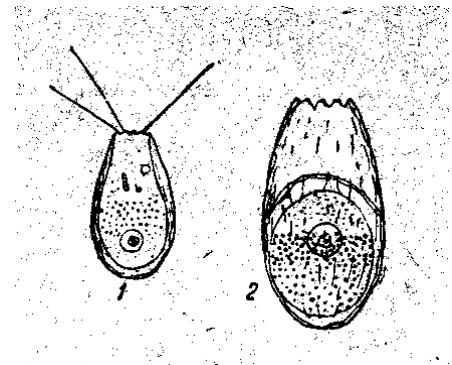


Рис. 23. *Euglypha laevis*

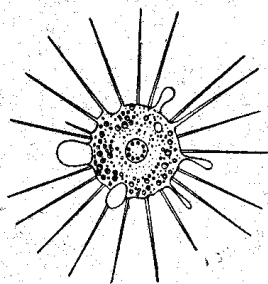


Рис. 24. *Lionotus fasciola*

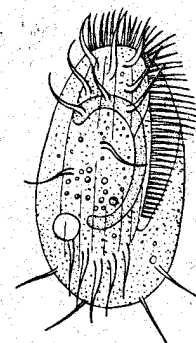


Рис. 25. *Euplotes charon*



Рис. 26. *Euplotes patella*

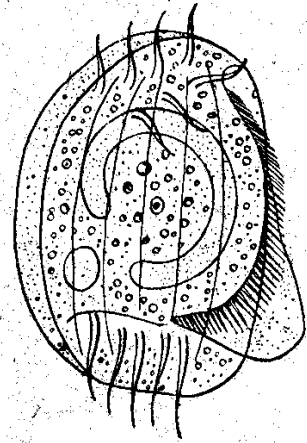


Рис. 27. *Aspidisca costata*

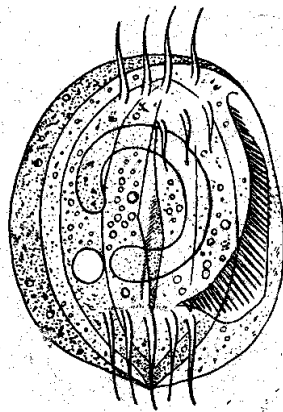


Рис. 28. *Aspidisca turrida*

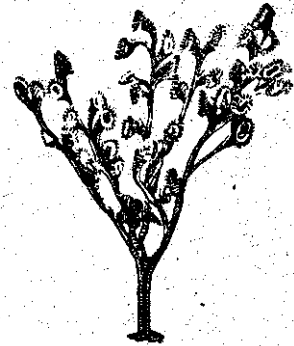


Рис. 29. *Garchesium polypinum*

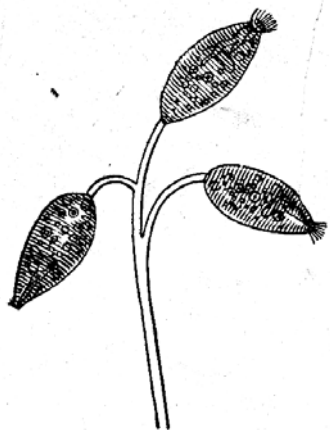


Рис. 30. *Opercularia coarctata*



Рис. 31. *Opercularia glomerata*

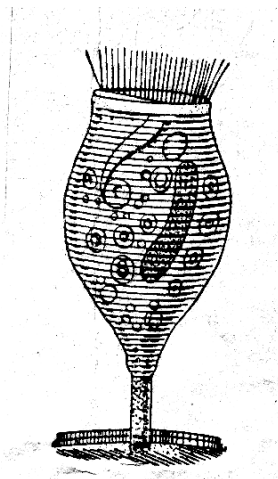


Рис. 32. *Troabdstyla ovum*

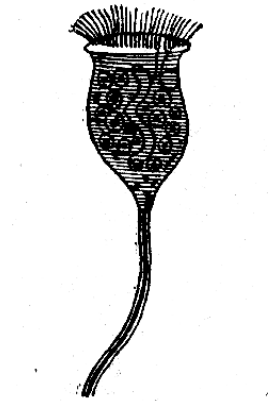


Рис. 33. *Vorflcella convallaria*

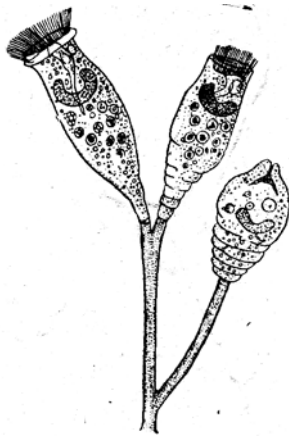


Рис. 34. *Epistylls plicatills*

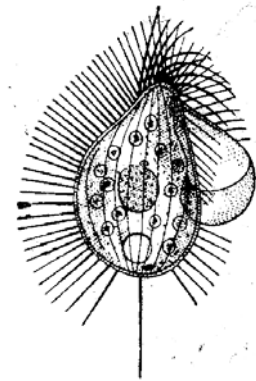


Рис. 35. *Cyclidium glaucoma*

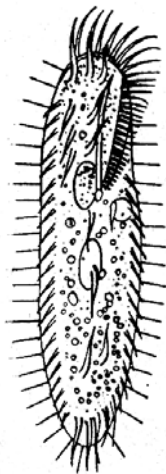


Рис. 36. *Oxytricha fallax*

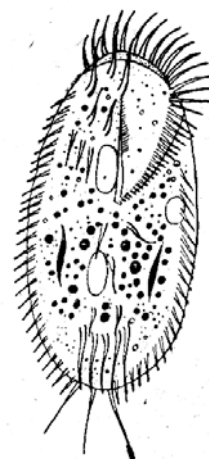


Рис. 37. *Stylohychia pustulata*

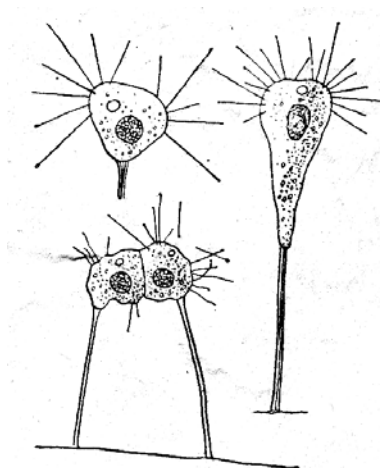


Рис. 38. *Tokophrya lemnarum*

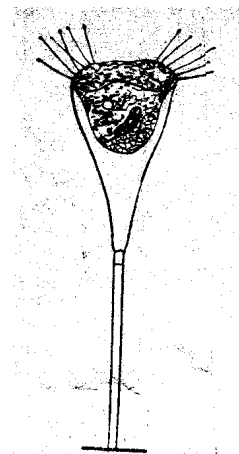


Рис. 39. *Acineta flava*

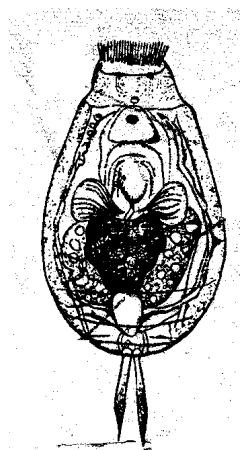


Рис. 40. *Cathypna luna*

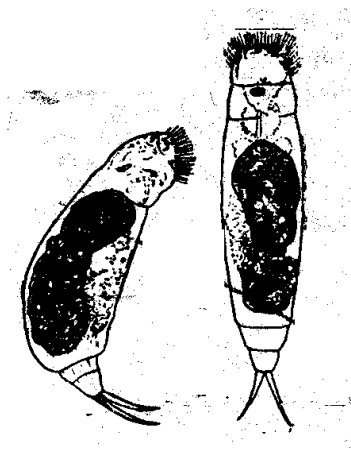


Рис. 41. *Notommata ansata*



Рис. 42. *Aeolosoma* sp.

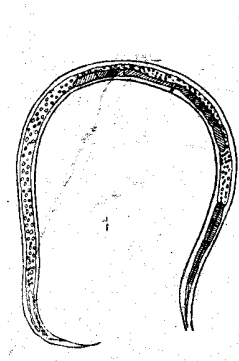


Рис. 43. Нематода



Рис. 44. Личинка мушки психоды



Рис. 45. Личинка ногохвостки

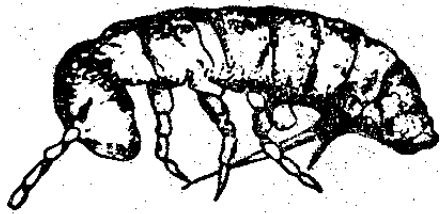


Рис. 46. Ногохвостка

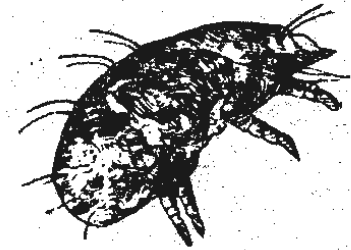


Рис. 47. Водяной клещ

Задание. Изучите под микроскопом пробу активного ила, определите организмы микрофауны аэротенка встретившиеся вам на микропрепарате, в Таблица 3, Таблица 4 отметьте степень встречаемости их, и дайте оценку биологической очистки воды в аэротенке.

Выводы работы:

Лабораторная работа № 3. Биотестирование качества водной среды на инфузориях *Tetrahymena pyriformis*

Цель: ознакомление с приемами биотестирования.

Материал и оборудование: культура тетрахимен, микроскоп, микроюветы, токсикант — бихромат калия, аналитические весы, емкости для растворов токсиканта различной концентрации.

Тетрахимена распространена в пресных водах с высоким содержанием органических веществ, в неочищенных сточных водах встречается в сооружениях биологической очистки, в активном иле, мезополисапроб.

Тело тетрахимен имеет грушевидную форму, длина 38-60 мкм, покрыто пелликулой. Реснички равномерной длины покрывают его рядами, расположенными нерадиально от переднего (суженного) к заднему (расширенному) концу тела. Число рядов ресничек менее 20. Питание осуществляется через рот (цитостом), расположенный в верхней части тела на дне околотротовой впадины. Пищей служат бактерии, детрит, растворенные в воде вещества. В теле имеются пищеварительные и сократительная вакуоли.

Лабораторная культура тетрахимен хорошо изучена как тест-объект. Известна ее генетика, морфология, биохимия. Кроме того, у лабораторной культуры тетрахимен отсутствует микронуклеус, поэтому инфузории размножаются только делением, и вся культура является генетически однородной. Этот объект, будучи одновременно клеткой и целым организмом, позволяет оценивать, разнообразные воздействия, как на клеточном, так и на организменном уровне.

Биотестирование водной среды основано на реакции инфузорий при наличии в среде токсических веществ. Критериями токсического действия

являются выживаемость, изменение плотности культуры.

Оценка токсичности производится по результатам острого действия испытуемой воды на инфузорий.

За острую токсичность принимается действие тестируемой воды на инфузорий в течение 3 – 4 ч. (время проведения лабораторной работы). Показателем токсичности является достоверное различие в количестве выживших инфузорий в тестируемой воде по сравнению с контролем.

Способ лабораторного содержания (культивирования) тетрахимен.

Питательная (культуральная) среда (среда А) предназначена для длительного (до 3-х месяцев) хранения основной культуры инфузорий без пересевов. Среду готовят следующим образом.

Печень здоровых мышей или крыс извлекают из тела умерщвленных лабораторных животных и помещают в чашку Петри. Печень 5-6 раз отмывают дистиллированной водой и 3-4 раза фосфатным буфером.

Работу с культурой инфузорий проводят в боксе в асептических условиях. Кусочки печени (1 см) помещают в стерильные пробирки (3-5) с 10,0 мл фосфатного буфера рН 7,4, закрывают стерильно ватно-марлевыми пробками и выдерживают в автоклаве 30 мин.

Среду хранят в холодильнике в течение двух недель.

В мерной колбе вместимостью 1 л растворяют в 200 мл вода 11,876 г (точная навеска) натрия фосфорнокислого двузамещенного 12-водного в доводят раствор водой до метки (раствор А).

В мерной колбе вместимостью 1 л растворяют в 200 мл вода 9,078 г (точная навеска) калий фосфорнокислого однозамещенного и доводят раствор водой до метки (раствор Б).

Готовые растворы смешивают в следующих количествах: раствор А - 800 мл, раствор Б - 200 мл; рН 7,4.

Питательную среду (среду Б) для проведения пересевов культуры тетрахимен, получения культуры с высокой плотностью в постановки

экспериментов готовят следующим образом. Пептон бактериальный - 20,0 г растворяют в 200 мл дистиллированной воды и фильтруют через ватный тампон. 6,0 г глюкозы в 1,0 г хлорида натрия растворяют в 50 мл дистиллированной воды соответственно и фильтруют через бумажный фильтр.

Далее полученные растворы смешивают и добавляют дрожжевой экстракт - 1,0 г и доводят объем раствора дистиллированной водой до 1 л.

После перемешивания среды измеряют pH раствора • доводят его 1 моль/л раствором едкого натра до pH 7,1.

Для приготовления дрожжевого экстракта в 1 л кипящей дистиллированной водой вносят 2,0 г хлебопекарных дрожжей и кипятят 6 мин. Далее раствор центрифугируют 30 мин и фильтруют через фильтр Зейца. Полученный фильтрат стерилизуют в автоклаве при 0,1 мПа в течение 20 мин.

Приготовленную среду Б разливают по пробиркам, стерилизуют в автоклаве при 0,1 мПа 20 мин. Среду хранят в холодильнике в течение 14 сут.

Проверка чувствительности культуры инфузорий к токсикантам

Для определения чувствительности культуры инфузория к токсикантам проводят биотестирование раствора, содержащего 6 мг/л меди сернокислой, в течение 1 ч по количеству выживших особей.

Пригодной для биотестирования является культура инфузории, которая при опыте на чувствительность показывает 50% выживаемость по сравнению с контрольной средой Б.

Метрологическая характеристика методики. Сходимость в воспроизводимости результатов биотестирования модельного раствора меди сернокислой в диапазоне концентраций 0,05-1,0 мг/л. Минимальная концентрация раствора меди сернокислой, обнаруживаемая методикой - 0,05 мг/л.

Для учета численности клеток инфузории используют счётные камеры Фукса-Розенталя. Численность организмов (к) выражает в экземплярах особей в 1 см³.

Перед проведением эксперимента инфузории переносят со среды А на среду Б. Для этого по 0,5 мл культуры тетрахимен вносят в пробирки (3-5) с 10 мл среды Б и помещают в термостат при температуре 25°C. Через трое суток проводят пересев этой культуры вновь на среду Б и выдерживают в термостате при температуре 25°C еще сутки.

Полученную после двух пересевов культуру тетрахимен используют в эксперименте.

Приготавливают ряд разведений или концентраций исследуемых веществ.

Плотность культуры тетрахимен подсчитывают в камере Фукса-Розенталя для постановки опыта следует использовать культуру с плотностью особей 2 тыс/мл. Подсчет плотности культуры проводят 5-кратно, полученные данные усредняют.

Проведение эксперимента (основной метод)

Для определения острого токсического действия воды проводят биотестирование в течение 3 или 4 часов.

В пробирки градуированной пипеткой наливают по 5 мл тестируемых проб и контрольной воды. Повторность трехкратная. Стерильной пипеткой в пробирки вносят по 2 капли (0,04 мл) односуточной культуры тетрахимен (после второго посева) и помещают в термостат при температуре 25°C. Наблюдение проводят через 3 или 4 ч. Из пробирок после равномерного встряхивания пипеткой отбирают 0,01 мл суспензии и наносят на предметное стекло. Из каждой пробирки просматривают не менее 3 капель. Подсчитывают число инфузорий.

Если неразбавленная тестируемая вода или ее разбавление не оказали острого токсического действия на инфузорий, то наблюдение продолжают до 48 ч. и оставляют опыты до следующего лабораторного занятия. Далее проводят подсчет числа клеток.

Тестируемая вода оказывает острое токсическое действие, если при подсчете клеток отклонение численности инфузорий от контроля будет

достоверным.

Оценка результатов основного метода

Достоверность разности количества инфузории (в опыте и контроле) определяют с помощью t-критерия Стьюдента.

Проведение эксперимента капельным методом (дополнительный метод)

Эксперимент проводят в лунках часовых стекол или планшетов, куда помещают по 0,2 мл исследуемого раствора и по 0,02 мл культуры тетрахимен (10-16 особей). В контрольные лунки помещают по 0,2 мл питательной среды и по 0,02 мл культуры тетрахимен. Лунки закрывают крышками. Наблюдение проводят в течение 1-3 ч.

В ходе эксперимента регистрируют погибшие особи, отмечают морфологические изменения и поведение инфузорий. Вычисляют процент летальности инфузорий при действии токсиканта через различные интервалы времени (1 ч, 2 ч, 3 ч, 4 ч). Рассчитывают LT_{50} ; LC_0 ; LC_{50} ; LC_{100} .

Задание.

Построить графики LT_{50} (Рис. 48); LC (Рис. 49) (с нахождением LC_0 ; LC_{50} ; LC_{100}) с указанием на оси ординат количество погибших инфузорий при действии бихромата калия, на оси абсцисс для LT_{50} время в часах, для LC lg концентраций.

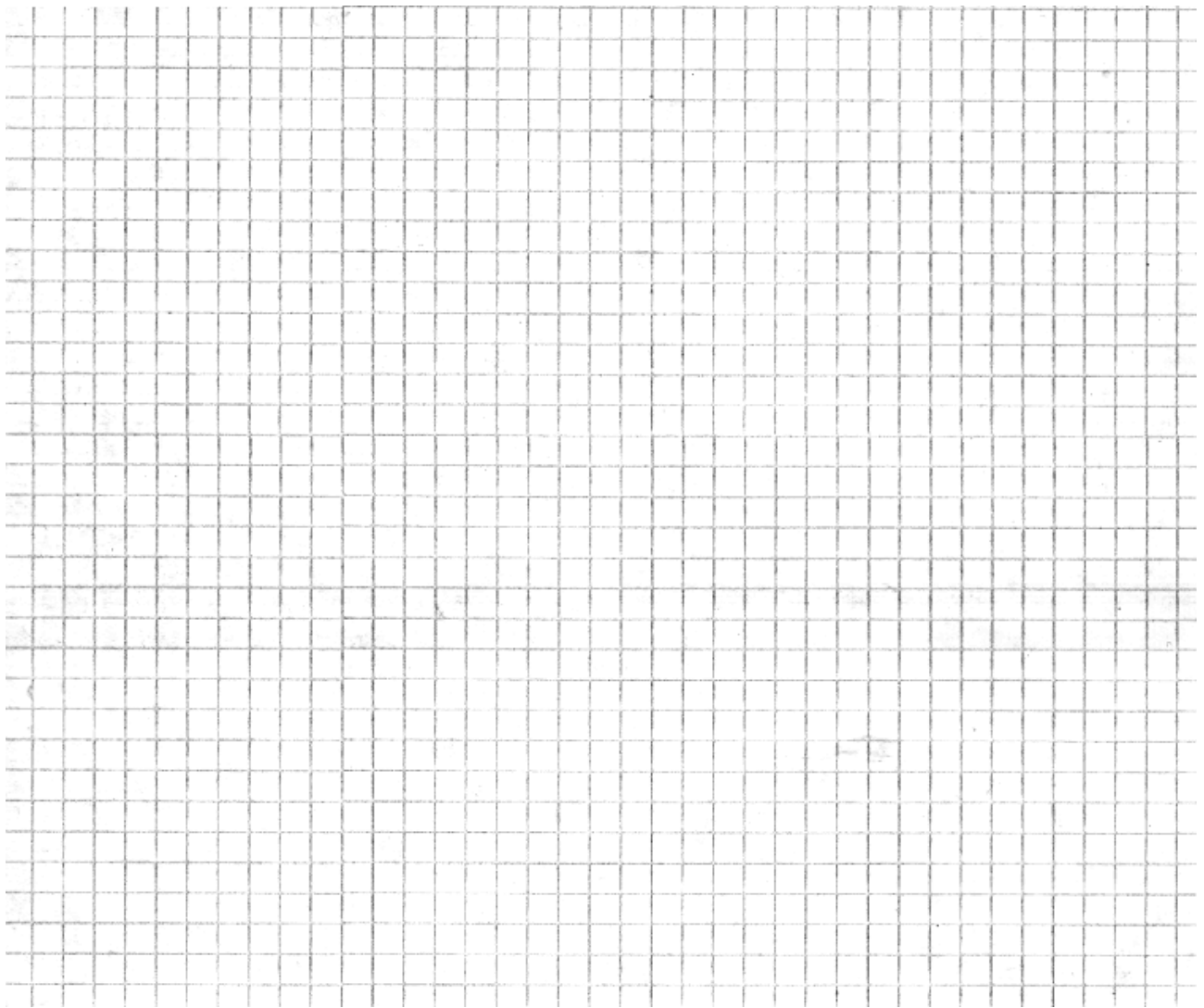


Рис. 48. График для нахождения LT_{50}

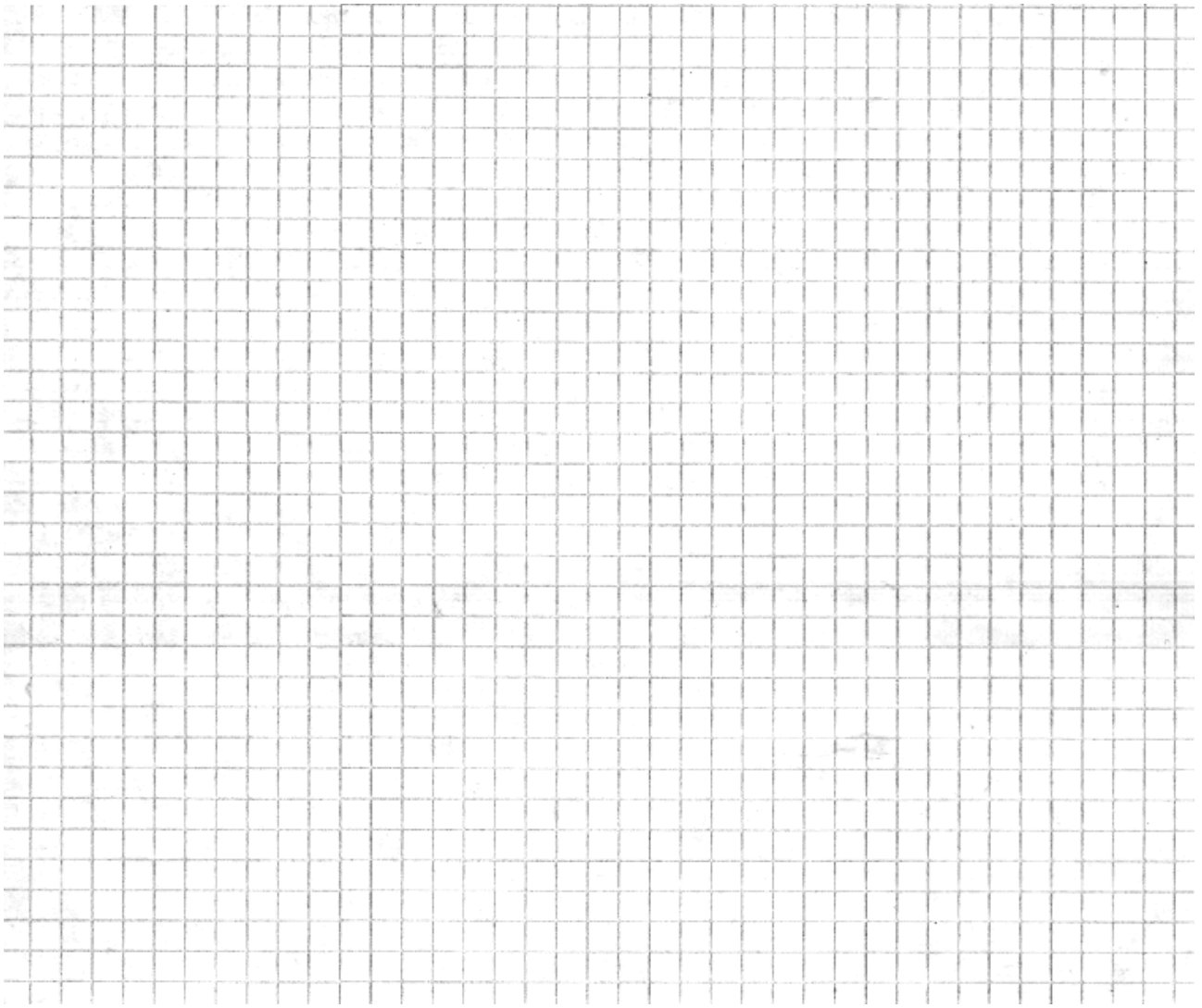


Рис. 49. График для нахождения LC

Выводы работы:

Рекомендуемая литература

1. Березина М.А. Гидробиология. -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. -360 с.
2. Вербина Н.М. Гидромикробиология. -М .: Пищевая промышленность, 1980. -288 с.
3. Константинов А.С. Общая гидробиология. - М.: Высшая школа, 1986.- 466 с.
4. Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах. -М.: МТИПП, 1982. -101 с.
5. Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность. - Л.: Наука, 1970. -440 с.
6. Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989. -119 с.
7. Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. –Л.: Наука, 1983. -50 с.
8. Симаков Ю.Г. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1990. –278 с.
9. Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. - Л.: Наука, 1979. -111 с.
- 10.Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973. – 431 с.

Симаков Ю.Г.
Санитарная гидробиология
Лабораторный практикум

Подписано к печати:
Тираж:
Заказ №:

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Аэротенки, биоценоз активного ила.
- 2 Биомагнификация загрязнителей в пищевых цепях.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Биотестирование.
- 2 Биофильтры. Состав биопленки биофильтра.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Взаимодействие гидробионтов с минеральными и органическими загрязнителями.
- 2 Вирусные загрязнения воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Влияние аквакультуры на качество водной среды.
- 2 Влияние обрастания на качество воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Вода как фактор распространения возбудителей болезней.
- 2 Воздействие метаболитов гидробионтов на качество воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Гидробиологические методы определения загрязнения.
- 2 Загрязнение воды тяжелыми металлами.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агенство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Загрязнения минеральными веществами.
- 2 Замкнутое водоснабжение промышленных предприятий.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агенство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Зоны сапробности.
- 2 Источники и пути поступления загрязняющих веществ.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агенство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Методы борьбы с обрастаниями.
- 2 Методы борьбы с цветением водоемов.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

-
- 1 Методы установления рыбохозяйственных ПДК.
 - 2 Миграция загрязнителей по пищевым цепям.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

-
- 1 Микробиологический контроль водного загрязнения.
 - 2 Микробное загрязнение водоемов.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

-
- 1 Нормативные документы по обеспечению качества воды.
 - 2 Олигосапробная зона и индикаторы.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Органические загрязнения водной среды.
- 2 Основные бактерии - загрязнители воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Основные виды загрязняющих веществ водной среды.
- 2 Генная инженерия микроорганизмов деструкторов загрязнителей.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Паразиты в водной среде.
- 2 Полисапробная зона и ее обитатели.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Предмет санитарной гидробиологии и его значение для охраны водоемов, гидробионтов и людей.
- 2 Радионуклиды в водоемах.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Самоочищение водоемов.
- 2 Санитарно-биологическое качество комбикормов для рыб.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агентство по образованию
МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.
- 2 Специальные микробиологические методы.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.
Заведующий кафедрой _____

Федеральное агенство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Традиционные аэробные и анаэробные способы очистки сточных вод.
- 2 Трансформация загрязнителей в пищевых цепях гидробионтов.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.

Заведующий кафедрой _____

Федеральное агенство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1 Физико-химические методы контроля загрязнения водной среды.
- 2 Цветение водоемов.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.

Заведующий кафедрой _____

Федеральное агенство по образованию
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21

по дисциплине Санитарная гидробиология
для студентов 3,4 курса, специальность 110901 факультета ТМ

- 1

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры " 15 " января 2007 г.

Заведующий кафедрой _____

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна содержать развернутые ответы на 5 вопросов. Первые 3 вопроса контрольной работы определяются по первым буквам фамилии, имени, отчества. А 2 остальных вопроса - по двум последним цифрам шифра зачетной книжки. Если цифры совпадают – выбирается только последняя цифра.

Например: Николаев Алексей Петрович, зачетная книжка №295-96-Ри, выполняет вариант Н, А, П и 9, 5 и если буквы ФИО одинаковые выполняется вариант а, б.

На титульном листе необходимо указать ФИО студента, специальность и форму обучения, курс, номер варианта и номера контрольных вопросов.

В контрольных работах ответы должны сопровождаться рисунками, схемами и т.п. В тетради в клетку писать следует через строчку, оставляя место под поля, вопросы и ответы должны быть четко выделены.

В конце работы приводится перечень использованной литературы, ставится дата и подпись.

Вопросы к контрольной работе:

- А.** Предмет санитарной гидробиологии и его значение для охраны водоемов, гидробионтов и людей.
- Б.** Основные виды загрязняющих веществ водной среды.
- В.** Загрязнения минеральными веществами.
- Г.** Органические загрязнения водной среды.
- Д.** Микробное загрязнение водоемов.
- Е.** Загрязнение воды тяжелыми металлами.
- Ё.** Радионуклеиды в водоемах.
- Ж.** Биоматрификация загрязнителей в пищевых цепях.
- З.** Источники и пути поступления загрязняющих веществ.
- И.** Вода как фактор распространения возбудителей болезней.
- К.** Самоочищение водоемов.
- Л.** Взаимодействие гидробионтов с минеральными и органическими загрязнителями.
- М.** Трансформация загрязнителей в пищевых цепях гидробионтов.
- Н.** Миграция загрязнителей по пищевым цепям.
- О.** Физико-химические методы контроля загрязнения водной среды.
- П.** Микробиологический контроль водного загрязнения.
- Р.** Гидробиологические методы определения загрязнения.
- С.** Зоны сапробности.
- Т.** Полисапробная зона и ее обитатели.
- У.** α -Мезосапробная зона и ее население.
- Ф.** β -Мезосапробная зона и организмы этой зоны.
- Х.** Олигосапробная зона и индикаторы.
- Ц.** Биотестирование.
- Ч.** Методы установления рыбохозяйственных ПДК.
- Ш.** Нормативные документы по обеспечению качества воды.
- Щ.** Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.
- Э.** Цветение водоемов.
- Ю.** Методы борьбы с цветением водоемов.
- Я.** Воздействие метаболитов гидробионтов на качество воды.

а) Влияние обрастания на качество воды.

б) Методы борьбы с обрастаниями.

Цифровые варианты

(ответить на последние две цифры шифра).

1. Основные бактерии - загрязнители воды.
2. Вирусные загрязнения воды.
3. Паразиты в водной среде.
4. Традиционные аэробные и анаэробные способы очистки сточных вод.
5. Аэротенки, биоценоз активного ила.
6. Биофильтры. Состав биопленки биофильтра.
7. Замкнутое водоснабжение промышленных предприятий.
8. Специальные микробиологические методы (генная инженерия микроорганизмов деструкторов загрязнителей)
9. Санитарно-биологическое качество комбикормов для рыб.
- 0 Влияние аквакультуры на качество водной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березина М.А. Гидробиология, - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984,-360стр.
2. Вербина Н.М. Гидромикробиология, -М .: Пищевая промышленность, 1980.-288стр.
3. Константинов А.С. Общая гидробиология, - М.: Высшая школа, 1986.-466стр.
4. Симаков Ю.Г. Гидробиология и борьба с загрязнениями в рыбохозяйственных водоемах, М.: МТИПП 1982.- 101стр.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Кузнецов. С.И. Микрофлора озер и ее гидрохимическая деятельность, - Л.: Наука, 1970.-440стр.
2. Марголина Г.Л. Микробиологические процессы деструкции в пресноводных водоемах. – М.: Наука, 1989.-119 стр.
3. Полянский Ю.И. Простейшие активного ила. – АНСССР, Всесоюзное общество протозоология. – выпуск 8. – Л.: Наука, 1983.-50 стр.
4. Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод – М.: Наука, 1980. – 278 стр.
5. Трунова О.Н. Биологические факторы самоочищения водоемов и сточных вод . - Л.: Наука, 1979.-111 стр.
6. Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: Медицина, 1973 . – 431 стр.

Обобщающий (итоговый) контроль

Примерные вопросы ИТОГОВОГО (обобщающего) контроля, по факту освоения дисциплины:

- 1 Аэротенки, биоценоз активного ила.
- 2 Биомагнификация загрязнителей в пищевых цепях.
- 3 Биотестирование.
- 4 Биофильтры. Состав биопленки биофильтра.
- 5 Взаимодействие гидробионтов с минеральными и органическими загрязнителями.
- 6 Вирусные загрязнения воды.
- 7 Влияние аквакультуры на качество водной среды.
- 8 Влияние обрастания на качество воды.
- 9 Вода как фактор распространения возбудителей болезней.
- 10 Воздействие метаболитов гидробионтов на качество воды.
- 11 Гидробиологические методы определения загрязнения.
- 12 Загрязнение воды тяжелыми металлами.
- 13 Загрязнения минеральными веществами.
- 14 Замкнутое водоснабжение промышленных предприятий.
- 15 Зоны сапробности.
- 16 Источники и пути поступления загрязняющих веществ.
- 17 Методы борьбы с обрастаниями.
- 18 Методы борьбы с цветением водоемов.
- 19 Методы установления рыбохозяйственных ПДК.
- 20 Миграция загрязнителей по пищевым цепям.
- 21 Микробиологический контроль водного загрязнения.
- 22 Микробное загрязнение водоемов.
- 23 Нормативные документы по обеспечению качества воды.
- 24 Олигосапробная зона и индикаторы.
- 25 Органические загрязнения водной среды.
- 26 Основные бактерии - загрязнители воды.
- 27 Основные виды загрязняющих веществ водной среды.
- 28 Паразиты в водной среде.

- 29 Полисапробная зона и ее обитатели.
- 30 Предмет санитарной гидробиологии и его значение для охраны водоемов, гидробионтов и людей.
- 31 Радионуклиды в водоемах.
- 32 Самоочищение водоемов.
- 33 Санитарно-биологическое качество комбикормов для рыб.
- 34 Санитарный надзор и санитарное законодательство по охране водоемов.
- 35 Специальные микробиологические методы (генная инженерия микроорганизмов деструкторов загрязнителей).
- 36 Традиционные аэробные и анаэробные способы очистки сточных вод.
- 37 Трансформация загрязнителей в пищевых цепях гидробионтов.
- 38 Физико-химические методы контроля загрязнения водной среды.
- 39 Цветение водоемов.

Тестовые вопросы по курсу «Санитарная гидробиология»

1) Когда возникла наука гидробиология?	
a) в начале VIII века;	
b) в конце XIX века;	
c) в Древней Греции;	
d) в средние века;	
e) в конце XX века.	
2) Как называются физико-химические факторы в водной среде?	
a) абиотические;	
b) биотические;	
c) мощные;	
d) слабые;	
e) противоречивые.	
3) Как называются гидробионты, способные переносить широкий диапазон воздействий?	
a) термофильные;	
b) стенобарные;	
c) эврибионты;	
d) оксифилы;	
e) токсикорезистентные.	
4) Укажите стеногалинный организм:	
a) артемии;	
b) водяной скорпион;	
c) хирономиды;	
d) мидии;	
e) осетр.	
5) Какой гидробионт относится к эврибарным?	
a) физалия;	
b) водомерка;	
c) кашалот;	
d) ряска;	
e) рогоз.	
6) К какому биотическому фактору относятся взаимоотношения зооксантел и тридакны?	
a) протокооперации;	
b) коменсализму;	
c) конкуренции;	
d) паразитизму;	
e) мутуализму.	
7) Как называются парящие в воде организмы?	
a) бентос;	
b) эпинеuston;	
c) перифитон;	
d) планктон;	
e) нектон.	
8) Какой у планктонных организмов скелет?	
a) редуцированный;	
b) громоздкий;	
c) прозрачный;	

d) разнокачественный;	
e) округлый.	
9) За счет какого механизма уменьшается удельный вес планктоновых организмов?	
a) переворачивания;	
b) газовых включений;	
c) вскрытия;	
d) вибрации;	
e) отложения кальция.	
10) Как называются прикрепленные организмы зообентоса?	
a) медузы;	
b) интерфауна;	
c) планктон;	
d) инфауна;	
e) нейстон.	
11) Укажите биотоп толщи воды:	
a) нейсталь;	
b) пелагиаль;	
c) бенталь;	
d) батиаль;	
e) эпинеисталь.	
12) Как называется обрастания предметов в воде?	
a) нейстон;	
b) порация;	
c) перифитон;	
d) фрактал;	
e) гипонейстон.	
13) Укажите донно-плавающих животных:	
a) нектобентос;	
b) фитобентос;	
c) зообентос;	
d) фитопланктон;	
e) зоопланктон.	
14) Какой организм относится к плейстону?	
a) гидра;	
b) моллюски;	
c) физалия;	
d) дафнии;	
e) гаммарусы.	
15) Укажите вторичноводный организм?	
a) щука;	
b) большой прудовик;	
c) хлорелла;	
d) морской ангел;	
e) морской черт.	
16) У каких организмов встречаются водные легкие?	
a) рыбы;	
b) калянусы;	
c) балянусы;	
d) морской огурец;	
e) морской таракан.	

17) У кого встречаются трехейные жабры?	
a) личинки поденок;	
b) хирономиды;	
c) рыбы;	
d) диаптомусы;	
e) крабы.	
18) Где находятся ложные жабры у личинки стрекозы?	
a) голова;	
b) грудь;	
c) брюшко;	
d) задняя кишка;	
e) конечности.	
19) Укажите автотрофные организмы:	
a) коловратки;	
b) инфузории;	
c) амебы;	
d) цианобактерии;	
e) моллюски.	
20) Какие организмы относятся к миксотрофам?	
a) вольвокс;	
b) хламидомонады;	
c) диатомеи;	
d) артемии;	
e) гуппи.	
21) У кого внешнее пищеварение?	
a) морские звезды;	
b) гидроиды;	
c) губки;	
d) рыбы;	
e) сифонофоры.	
22) Укажите седиментаторов:	
a) водяные клопы;	
b) стрекозы;	
c) коловратки;	
d) пиявки;	
e) нематоды.	
23) Какой организм нельзя отнести к фильтраторам?	
a) дафнии;	
b) циклопы;	
c) двустворчатые моллюски;	
d) калянусы;	
e) брюхоногие моллюски.	
24) К какой группе организмов принадлежат хемосинтетики?	
a) водоросли;	
b) серобактерии;	
c) мшанки;	
d) сине-зеленые водоросли;	
e) элодея.	
25) Какой пресноводный организм обладает внешним пищеварением?	
a) водяные клопы;	

b) дафнии;	
c) личинки жука плавунца;	
d) водомерки;	
e) циклопы.	
26) Укажите организм с цикломорфозом:	
a) водяной скорпион;	
b) жук плавунец;	
c) водомерки;	
d) дафния гребенчатая;	
e) рогоз.	
27) Какие водные животные размножаются с гетерогонией?	
a) дафнии;	
b) рыбы;	
c) китообразные;	
d) кальмары;	
e) амёбы.	
28) Какие группы гидробионтов наделены эхолокацией?	
a) поденки;	
b) дельфины;	
c) бактерии;	
d) простейшие;	
e) осьминоги.	
29) У каких рыб лучше всего развито электрочувство?	
a) плотва;	
b) карась;	
c) щуки;	
d) мормириды (нильский слоник);	
e) осетр.	
30) Как рак-отшельник может указать на свою иерархическую принадлежность?	
a) раскрашивает раковину;	
b) переворачивает раковину;	
c) живет без раковины;	
d) выходит из раковины;	
e) носит на раковине актинию.	
31) Как индийские данио плавают, если они относятся к α -особям?	
a) вертикально;	
b) с наклоном;	
c) задом наперед;	
d) горизонтально;	
e) головой вниз.	
32) Какая структура популяции гидробионтов говорит об их положении в пространстве?	
a) трофическая;	
b) хориологическая;	
c) возрастная;	
d) половая;	
e) информационная.	
33) При каких взаимоотношениях в популяции гидробионтов используется конгрегация?	
a) контакте;	
b) образовании хориологической структуры;	
c) нейтрализации;	

d) хищничество	
e) конкуренции паразитизма.	
34) Какие преимущества дает половая структура в популяции гидробионтов?	
a) способствует более быстрому размножению;	
b) позволяет самцам находить самок;	
c) помогает выращиванию молоди;	
d) снимает конкуренцию;	
e) улучшает трофику.	
35) Какой процесс в популяции способствует гетерогонии?	
a) разделение;	
b) рост;	
c) возбуждение;	
d) партеногенез;	
e) цикломорфоз.	
36) Какая структура гидробиоценоза позволяет следить за передвижением питательных веществ по пищевым цепям?	
a) голандрическая;	
b) факультативная;	
c) хорологическая;	
d) ферментативная	
e) половая.	
37) К какой структуре гидробиоценоза приложима формула Маргалефа?	
a) хорологической;	
b) трофической;	
c) лидирующей;	
d) информационной;	
e) океанической.	
38) Какой кривой описывается взаимоотношение в системе хищник-жертва?	
a) параболической;	
b) экспонентой;	
c) осцилаторной;	
d) логарифмической;	
e) степенной.	
39) Найдите однотипные взаимоотношения популяций в гидробиоценозе:	
a) «хищник-жертва — «паразит-хозяин»;	
b) «конкуренция-хищничество»;	
c) «нейтрализм-симбиоз»;	
d) «протокооперация-антагонизм»;	
e) «конкуренция-мутуализм».	
40) У каких популяций в гидробиоценозе истинный симбиоз?	
a) щука-карась;	
b) парамеции-амебы;	
c) жгутиконосцы-миксотрофы;	
d) кальпода-зоохлореллы;	
e) креветка-мурена.	
41) Основное отличие гидробиоценоза от наземного биоценоза?	
a) состоит из популяций;	
b) есть продуценты и консументы;	
c) распространяются вертикально до 10 км;	
d) есть хищники;	

e) есть анаэробы.	
42) В каком биоценозе наиболее прочные биохимические связи?	
a) лесном;	
b) луговом;	
c) пустынном;	
d) водном;	
e) аграрном.	
43) В каком случае биомасса продуктов может быть меньше биомассы консументов?	
a) в пресноводном биоценозе;	
b) в биоценозе болот;	
c) в биоценозе луга;	
d) в морском биоценозе;	
e) в биоценозе леса.	
44) Какая сукцессия развивается в рыбноводном пруду спускаемом на зиму?	
a) вторичная;	
b) первичная;	
c) третичная;	
d) четвертичная;	
e) обратная.	
45) Как называется сукцессия смены гидробиоценозов в колбе с изначальной чистой водой?	
a) гетеротрофная;	
b) автотрофная;	
c) вторичная;	
d) первичная;	
e) временная.	
46) Какая сукцессия развивается в водоеме, в который принимают сточные воды с органикой?	
a) конечная;	
b) начальная;	
c) прерывистая;	
d) промышленная;	
e) гетеротрофная.	
47) В каком случае в гидробиоценозе пирамида биомасс и пирамида энергий сходны?	
a) в пресноводном биоценозе;	
b) при наличии хищников;	
c) если продуценты — водоросли;	
d) при отсутствии продуцентов;	
e) у человека.	
48) Какие организмы относятся к хемосинтетикам?	
a) растения;	
b) простейшие;	
c) рыбы;	
d) железобактерии;	
e) медузы.	
49) Назовите гидробиоценоз с короткими пищевыми цепями, где встречаются рыбы — консументы первого порядка:	
a) палтус;	
b) скумбрия;	
c) тунец;	
d) белый амур;	

e) щука.	
50) В каких случаях встречаются консументы высших порядков более 4 ^х ?	
a) морской огурец;	
b) тунец;	
c) ламинария;	
d) белый толстолобик;	
e) хлорелла.	
51) При каком эффекте снижается потребление кислорода гидробионтами?	
a) эффект группы;	
b) эффект одиночества;	
c) эффект присутствия;	
d) эффект страха;	
e) эффект информации.	
52) Какие взаимоотношения популяций в гидробиоценозе более выгодны?	
a) хищничество;	
b) нейтрализм;	
c) протокооперация;	
d) конкуренция;	
e) паразитизм.	
53) В каких случаях продуктивность в море наиболее высокая?	
a) при освещении;	
b) при высокой солености;	
c) при расслоении воды по температуре;	
d) при апвеллинге;	
e) при горизонтальном течении.	
54) Что способствует высокой продуктивности водоема?	
a) движение рыб;	
b) рост водорослей;	
c) встреча холодного и теплого фронтов в течении;	
d) волнение моря;	
e) штиль.	
55) Какая зона океана наиболее продуктивная?	
a) тропическая;	
b) арктическая;	
c) антарктическая;	
d) умеренная;	
e) субтропическая.	
56) Как повысить биопродуктивность водоема?	
a) внесением удобрений;	
b) выловом рыбы;	
c) замораживанием воды;	
d) снижением уровня удобрений;	
e) внесением нефти.	
57) Какие течения способствуют развитию серобактерий в Черном море?	
a) вертикальное;	
b) вихревое;	
c) поверхностное круговое;	
d) глубинное;	
e) апвеллинг.	
58) Какой калянус характерен для Черного моря?	

a) <i>Calanus finmarchicus</i> ;	
b) <i>C. hyperboreus</i> ;	
c) <i>C. arcticus</i> ;	
d) <i>C. helgolanlicus</i> ;	
e) <i>C. norvegicus</i> .	
59) Какая медуза не встречается в Черном море?	
a) <i>Aurelia aurita</i> ;	
b) корнеротая медуза;	
c) крестовичок (<i>Gonionema</i>)	
d) гидроидная;	
e) гребневик.	
60) Найдите <i>Cladocera</i> в планктоне Черного моря?	
a) <i>Calanus helgalandiscus</i> ;	
b) <i>Coscinodiscus</i> sp;	
c) <i>Rizosolinia</i> sp.;	
d) <i>Noctiluca</i> sp;	
e) <i>Podon</i> sp.	
61) Укажите средиземноморского вселенца:	
a) <i>Nassa</i> sp	
b) Дидакна;	
c) Монданна;	
d) <i>Rapans</i> sp;	
e) Морской таракан.	
62) Какой организм в бентосе Черного моря арктический вселенец?	
a) мидия;	
b) синдесмия;	
c) морской таракан;	
d) гидробия;	
e) дидакна.	
63) Сколько видов арктических вселенцев в Черном море?	
a) не более 20;	
b) не более 1000;	
c) не более 10^5 ;	
d) не более 2;	
e) не более 10^6 .	
64) Какая водоросль не встречается в Черном море (бентосная)?	
a) Цистозира;	
b) Увела;	
c) Зостера;	
d) Фукус;	
e) Филлофора.	
65) В каком море юга России можно встретить морского конька?	
a) Азовском;	
b) Черном;	
c) Каспийском;	
d) Аральском;	
e) Белом.	
66) Найдите понтического реликта в фауне Каспийского моря:	
a) калянус;	
b) мезидоцеа;	

c) синдесмия;	
d) адакна;	
e) мизида.	
67) Какой вселенец из моллюсков Каспийского моря дает наибольшую биопродуктивность?	
a) <i>Abra ovata</i> ;	
b) <i>Hydrobia sp.</i> ;	
c) <i>Mytilus edulis</i> ;	
d) <i>Didacna sp.</i> ;	
e) <i>Metilaster sp.</i>	
68) Какой объект использовался для реконструкции фауны Каспийского моря?	
a) морж;	
b) тюлень;	
c) монодакна;	
d) нереис;	
e) обелия.	
69) В каком море наблюдаются летние заморы?	
a) Каспийском;	
b) Балтийском;	
c) Баренцевом;	
d) Черном;	
e) Азовском.	
70) Назовите массовый вид планктона Баренцева моря?	
a) калянусы;	
b) коловратки;	
c) гидромедузы;	
d) физалии;	
e) гаммарусы.	
71) Выделите группу организмов, входящую в криль?	
a) медузы;	
b) диатомеи;	
c) эвфаузиды;	
d) синхеты;	
e) зоеа.	
72) Назовите прикрепленные организмы Баренцева моря:	
a) <i>Littorina sp.</i> ;	
b) <i>Cleon lemacina</i> ;	
c) <i>Mytilus edulis</i> ;	
d) Мия;	
e) Астарте.	
73) Укажите важный кормовой объект в бентосе Баренцева моря:	
a) фукус;	
b) голова медузы;	
c) литторина;	
d) нерейс;	
e) голотурии.	
74) Какой объект входит в арктическую группу бентоса Баренцево моря?	
a) морская звезда;	
b) морской еж;	
c) склерокрансон;	

d) мидия;	
e) литорина.	
75) Какой организм относится к эндемикам Белого моря?	
a) аурелия;	
b) ползающая медуза;	
c) мидии;	
d) фукус;	
e) гаммарус.	
76) Какой вид калянусы не встречается в Белом море?	
a) <i>Calanus finmarchicus</i>	
b) <i>C. hyperboreus</i>	
c) <i>C. helgolandicus</i>	
d) <i>C. arcticus</i>	
e) <i>C. glacilis</i>	
77) В какой части Белого моря бентос наиболее беден?	
a) в центральной;	
b) в заливах;	
c) в воронке;	
d) в горле;	
e) прибрежной.	
78) Какой вид ракообразных характерен для бентоса Балтийского моря?	
a) крангон;	
b) дафнии;	
c) мезидоция;	
d) калянус;	
e) склерокрангон.	
79) Укажите промысловый объект бентоса дальневосточных морей:	
a) нейрес;	
b) кукумария;	
c) телассозира;	
d) косцинодискус;	
e) морская звезда.	
80) Какое течение, идущее близко от берегов Сахалина, способствует биопродуктивности Японского моря?	
a) Ойо-сио;	
b) Кура-сио;	
c) Цусимское;	
d) Лаперузское;	
e) вдоль Татарского пролива.	
81) Какие ракообразные дальневосточных морей ценный промысловый объект?	
a) каменный краб;	
b) мохнаторукий краб;	
c) крангон;	
d) камчатский краб;	
e) идоцеа.	
82) Какая водоросль в дальневосточных морях имеет размеры до сотни метров?	
a) ламинария;	
b) фукус;	
c) аскофиллум;	
d) кельп;	

	е) богрянка.	
83)	Какие кишечнорастворимые в дальневосточных морях наиболее опасны для человека?	
	а) ауремия;	
	б) кораллы;	
	в) гидроидные полипы;	
	г) анемоны;	
	д) гонионема.	
84)	Какие планктонные организмы пруда относятся к седиментаторам?	
	а) дафнии;	
	б) коловратки;	
	в) циклопы;	
	г) водомерки;	
	д) вертячки.	
85)	Укажите кормовой объект бентоса прудов:	
	а) хирономиды;	
	б) жуки;	
	в) клопы;	
	г) брюхоногие моллюски;	
	д) стрекозы.	
86)	Какие бентосные организмы относят к конкурентным по питанию для рыб?	
	а) комары;	
	б) личинки стрекоз;	
	в) дафнии;	
	г) прудовик;	
	д) беззубка.	
87)	Какие пресноводные организмы являются промежуточными хозяевами диплостомоза?	
	а) олигохеты;	
	б) пиявки;	
	в) брюхоногие моллюски;	
	г) двустворчатые моллюски;	
	д) раки.	
88)	Какими растениями заканчивается литораль озера?	
	а) водно-воздушными;	
	б) погруженными;	
	в) с плавающими листьями;	
	г) рогозом;	
	д) тростником.	
89)	Как называется самое глубокое место в озере?	
	а) литораль;	
	б) профундаль;	
	в) рипаль;	
	г) старица;	
	д) затон.	
90)	Какие водохранилища наиболее продуктивны?	
	а) горно-наливные;	
	б) низменные;	
	в) устьевые;	
	г) на быстрых реках;	
	д) плотинные.	
91)	Какое болото содержит наиболее чистую воду?	

a) верховое;	
b) низинное;	
c) торфяное;	
d) дистрофное;	
e) олиготрофное.	

ПАСПОРТ НА УЧЕБНО-МЕТЕРИАЛЬНУЮ БАЗУ

№	Наименование	Тип, марка	Кол-во	Наименование лаб.работы
1	Плакаты, таблицы		50	на всех лекциях