

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.05 Гидробиология

Направление подготовки 06.03.01 Биология

Профиль образовательной программы Микробиология

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Конспект лекций	4
1.1	Лекция № 1 Гидробиология в системе биологических наук.....	4
1.2	Лекция № 2 Характеристика и свойства водной среды обитания.....	11
1.3	Лекция № 3 Экологические факторы внешней среды и адаптация к ним организмов: свет, температура	15
1.4	Лекция № 4 Важнейшие факторы внешней среды и реакция на них организмов: соленость, газовый режим, активная реакция среды	19
1.5	Лекция № 5 Общая характеристика населения гидросфера	26
1.6	Лекция № 6 Эколого-биологическая структура водоёмов	33
1.7	Лекция № 7 Жизненные формы гидробионтов	36
1.8	Лекция № 8 Структурно-функциональные характеристики биотической компоненты водных экосистем: популяции гидробионтов	44
1.9	Лекция № 9 Структурно-функциональные характеристики биотической компоненты водных экосистем: гидробиоценозы	52
1.10	Лекция № 10 Продукция и деструкция органического вещества	57
1.11	Лекция № 11 Использование воды в мире.....	61
1.12	Лекция № 12 Эксплуатация гидробионтов и их сообществ и аквакультура...	67
1.13	Лекция № 13 Проблемы прикладной гидробиологии. Эвтрофирование вод ..	75
1.14	Лекция № 14 Основные источники и типы загрязнения водной среды	77
1.15	Лекция № 15 Закисление водоемов	81
1.16	Лекция № 16 Основные подходы к оценке состояния водоемов.....	83
1.17	Лекция № 17 Биологическая индикация.....	86
1.18	Лекция № 18 Водные гидробиоценозы Оренбургской области.....	91
2.	Методические указания по выполнению лабораторных работ	97
2.1	Лабораторная работа № ЛР-1 Определение физических показателей качества воды	97
2.2	Лабораторная работа № ЛР-2 Анализ химических свойств воды	100
2.3	Лабораторная работа № ЛР-3 Методы сбора, хранения и изучения фитопланктона.....	106
2.4	Лабораторная работа № ЛР-4 Высшая водная растительность. Методы ее изучения.....	110
2.5	Лабораторная работа № ЛР-5 Итоговое занятие за 1 модуль	114
2.6	Лабораторная работа № ЛР-6 Методы исследования бентосных и	

перифитонных организмов	114
2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Методы биологического анализа популяций...	118
2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 Морские экосистемы	120
2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 Итоговое занятие за 2 модуль	121
2.10 Лабораторная работа № ЛР-10 Пресноводные экосистемы	121
2.11 Лабораторная работа № ЛР-11 Оценка качества экосистемы по соотношению показателей обилия, по индексам видового разнообразия.....	122
2.12 Лабораторная работа № ЛР-12 Классификация водоемов и биоценозов по сапробности. Методы определения сапробности водоемов	123
2.13 Лабораторная работа № ЛР-13 Итоговое занятие за 3 модуль	129
2.14 Лабораторная работа № ЛР-14 Биотестирование вод по уровню двигательной активности и выживаемости инфузорий и показателям роста культуры одноклеточных зеленых водорослей	129
2.15 Лабораторная работа № ЛР-15 Стандартные методики оценки качества воды по биологическим показателям. Микробиологические методы исследования водоемов.....	131
2.16 Лабораторная работа № ЛР-16 Расчет ущерба, причиняемого загрязнением водоемов, изменением условий обитания гидробионтов в результате гидростроительства.....	133
2.17 Лабораторная работа № ЛР-17 Итоговое занятие за 4 модуль.....	135

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Гидробиология в системе биологических наук»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Характеристика гидробиологии как науки.
2. Методы гидробиологии.
3. Основные направления гидробиологии.
4. Гидробиология в системе естественных наук.
5. История развития гидробиологии

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Характеристика гидробиологии как науки

Если посмотреть на земной шар, то невооруженным взглядом видно, что самую широкую и самую первую арену для жизни представляет собой гидросфера. На долю водного зеркала приходится около 70,5% от всей площади поверхности планеты.

Ничто не происходит само по себе и, естественно, возникновения науки о жизни вод потребовали какие-то практические потребности человечества.

Первая из них – опасность жажды. Угроза загрязнения источников питьевой воды – пресных водоемов благодаря развитию промышленности, сельского хозяйства, транспорта, росту населения стала реальной. Мыслящая часть человечества постепенно осознала, что без знания механизмов самоочищения природных вод цивилизация рискует остаться без пригодной для питья воды.

Вторая – забота о хлебе насущном. Иллюзия неиссякаемости рога изобилия, – промысла продуктов океана, – рассеялась: произошло снижение объема добычи устриц и мидий, уловы рыбы уменьшились, китобойный промысел стал сокращаться. Возникла необходимость реально оценивать запасы объектов промысла, особенности их воспроизводства и возможность искусственного разведения.

В связи с постоянно возрастающим использованием гидросферы человеком, потребовалось ее биологическое изучение в интересах оптимизации природопользования и охраны среды.

На мой взгляд, наиболее удачное, точное определение науки представлено перед Вами. Гидробиология – наука о надорганизменных формах организации жизни, изучающая структуру и функционирование водных экосистем. Данное определение охватывает изучение отдельных водных организмов (гидробионтов), их популяций и сообществ, взаимодействий между ними и с неживой природой. В экологическом аспекте гидробиология изучает тот участок биосферы, который лежит в пределах водной оболочки Земли, и который назван биогидросферой.

Следует отметить что, на первых этапах своего существования гидробиология наибольшее внимание уделяла экологическому изучению отдельных организмов. Такое аутоэкологическое направление сохранилось и в современной гидробиологии, но уже занимает подчиненное положение. На первый план выдвинулись демэкологические и синэкологические исследования, т. е. изучение популяций гидробионтов и гидробиоценозов как целостных систем.

Цель гидробиологии может быть определена как понимание экологических процессов, происходящих в водной среде. Управление этими процессами с целью оптимизации использования водных ресурсов может считаться целью водной экологии.

Предметом исследований гидробиологии являются экологические процессы в водной среде, т. е. процессы взаимодействия гидробионтов, их популяций и сообществ между собой и с абиотическими компонентами водных экосистем. Водная экология исследует, кроме того, и воздействие человека на эти процессы.

Главная теоретическая задача гидробиологии: изучение общих внутренних закономерностей структурно-функциональной организации водных экосистем, которые и определяют круговорот вещества и поток энергии в них, а водной экологии: исследование зависимостей круговоротов вещества и потоков энергии от факторов внешней среды, в том числе и антропогенных.

Конкретные практические задачи гидробиологии и водной экологии:

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

2. Методы гидробиологии

Методическую основу водной экологии как современной науки составляет сочетание системного подхода, натурных наблюдений, эксперимента и моделирования. Главным методом гидробиологии, как и остальных экологических дисциплин, является системный подход, т.е. рассмотрение экосистемы как целого, и количественный учет протекающих в ней потоков энергии, вещества и информации. Экологическая практика охватывает собой множество приемов и методов исследований, адекватных многообразию направлений экологии. Как правило, в гидроэкологических исследованиях эти и другие применяемые методы исследований используются совместно или комплексуются.

Эмпирические методы подразделяются на "полевые" и "лабораторные", соответственно тому, проводятся ли они в условиях, приближенных к естественным или в условиях, контролируемых исследователем. И те и другие могут предполагать использование инструментария: измерительного и аналитического оборудования, устройств для фиксации, снятия и обработки данных.

Гидробиология всегда оперирует величинами численности организмов, их биомассы и продукции.

Для количественного учета используют различные орудия и приборы как специфически гидробиологические – планктонные сети, дночерпатели, драги, планктоночерпатели, батометры различных конструкций, так и многие приборы, заимствованные из арсеналов гидрохимии, гидрофизики, гидрологии. Подводные

телевидение, фотографирование и эхолокация, а также визуальные наблюдения, выполняемые с помощью аквалангов, подводных лодок и батискафов, дополняют арсенал средств, с помощью которых получают представление о структуре популяций и биоценозов водных организмов. Применительно к отдельным организмам количественный учет позволяет составить представление об их аутоэкологических особенностях. Например, на основании различия в численности особей на смежных участках разного грунта нередко можно судить о том, какому из них организмы отдают предпочтение, т. е. какой из них в наибольшей степени удовлетворяет их жизненные потребности. Аналогичным путем можно, используя результаты количественного учета гидробионтов, выяснить их отношение к другим элементам своего окружения. Определяя численность и биомассу (суммарный вес) особей, встречающихся в изучаемом участке водоема, судят о структуре популяций и биоценозов, их динамике во времени и пространстве.

Для оценки функциональной роли водного населения в природе в гидробиологии весьма часто используется энергетический принцип. С этой целью определяют количество энергии, поступающей на вход живых систем, рассеиваемой ими в процессе жизнедеятельности и накапливаемой в образуемом органическом веществе. Учет мощности энергопотока, проходящего через организмы, популяции и биоценозы, основывается на использовании многих биохимических, биофизических, физиологических и других методов (определение величины фотосинтеза, дыхания, калорийности органического вещества, темпа и характера его деструкции, трансформации энергии в процессе питания и др.) - Современные средства математического анализа, включая электронно-счетную технику, используются для создания схем, моделирующих основные процессы, протекающие в популяциях и биоценозах гидробионтов.

Эмпирические данные могут быть использованы лишь после их теоретической обработки, то есть после включения в логическую конструкцию: гипотезу, теорию, концепцию. В последнее время особую важность приобрели планомерные, поддающиеся эффективному анализу экологические исследования, складывающиеся в мониторинг – систему долгосрочных наблюдений, оценки, контроля и прогноза состояния и изменения объектов. Мониторинг принято делить на фоновый, глобальный, региональный и импактный (в особо опасных зонах и местах). По способам ведения различают космический, авиационный и наземный мониторинг. В систематизации и анализе накапливаемых данных особое значение имеет создание баз данных и использование ГИС-технологий.

3. Основные направления гидробиологии

Общая гидробиология изучает экологические процессы в водоемах и водотоках. В ней выделяются:

Системная гидробиология – приложение общей теории систем и ее методов в водной экологии. Она занимается общими проблемами организации биосистем в гидросфере, их поведением, самоорганизацией и самоуправлением, моделированием водных биосистем, прогнозом их состояния при различных внешних воздействиях.

По изучаемым процессам различаются трофологическая гидробиология – пищевые связи, биологическая трансформация веществ, энергетическая гидробиология – поток энергии, ее биологическая трансформация, этологическая гидробиология – поведение гидробионтов, палеогидробиология – исторические изменения водных экосистем.

По локализации изучаемых процессов в общей гидробиологии можно выделить бентологию и планктологию. Первая занимается экологическими процессами, проходящими на дне водоемов и водотоков, вторая – в толще вод.

Частная гидробиология изучает специфику экологии водных объектов разного типа. Выделяют гидробиологию морей, озер, прудов, болот, луж, временных и пересыхающих водоемов и др. То же происходит и для водотоков: гидробиология рек различных типов, ручьев. Кроме того, существует гидробиология подземных и пещерных вод, гидробиологии полярных и тропических водоемов, водоемов умеренного пояса и субтропических.

Водная экология, изучающая взаимодействие водных экосистем и человеческой деятельности тесно смыкается с прикладной гидробиологией. Последняя, как это следует из самого её названия, занимается прикладными приложениями результатов общей или теоретической гидробиологии. В нее входят:

Продукционная гидробиология, изучающая биологические основы продуктивности водоемов (например, повышения вылова рыбы, урожая морепродуктов и т.п.).

Санитарная гидробиология, занимающаяся решением проблем чистой воды, самоочищения водоемов.

Медицинская гидробиология, исследующая происхождение и распространение болезней, связанных с водой (в первую очередь – инфекционных). Ее подразделом является гидропаразитология, разрабатывающая методы борьбы с паразитическими животными, обитающими в водоемах, в том числе личиночными стадиями паразитов.

Токсикологическая гидробиология или водная токсикология, изучающая возможность вреда продуктов техногенеза для водных объектов, в частности, влияние токсикантов на гидробионтов и экосистемные процессы.

Радиологическая гидробиология, решающая вопросы, связанные с поступлением в водоемы радионуклидов, влиянием их на гидробионтов, накоплением их в трофических цепях.

Техническая гидробиология, изучающая биологические явления, представляющие опасность для техники, контактирующей с водой (биокоррозия, обрастания и т.п.). Частным случаем ее можно считать навигационную гидробиологию, которая исследует водные биологические процессы, препятствующие судоходству.

4. Гидробиология в системе естественных наук

Специфические объекты, метод и задачи исследования хорошо отграничивают гидробиологию от других смежных с нею дисциплин, но вместе с тем она тесно контактирует с ними. И прежде всего, с науками о гидросфере – гидрохимией, гидрофизикой, гидрологией.

Гидрохимия – часть геохимии, изучающая химический состав естественных вод и протекающие в них химические реакции.

Гидрофизика – часть геофизики, исследующая физические свойства природных вод и протекающие в них физические процессы.

Гидрология – часть географии, изучающая природные воды, закономерности круговорота воды в природе.

Близка гидробиологии и к таким географическим дисциплинам, как океанология и лимнология.

Океанология – наука о Мировом океане (т. е. совокупности океанов и морей земного шара) и процессах, протекающих в нем.

Лимнология (или озероведение) изучает воды замедленного стока поверхности суши. Кроме того, в гидрологии суши можно выделить еще науку о водотоках (потамология), ледниках (гляциология).

Лимноэкология – часть гидроэкологии, изучающая структуру и функционирование экологических систем поверхностных пресных вод суши (озер, водохранилищ, рек).

Гидробиология связана и с рядом биологических дисциплин (зоологией, ботаникой, микробиологией). На аутоэкологической ступени своих исследований гидробиология в первую очередь опирается на данные таких наук, как систематика, морфология, физиология, которые в свою очередь не могут успешно развиваться в отрыве от экологии водных организмов.

Естественно, являясь дисциплинами биологическими и географическими, гидробиология и водная экология теснейшим образом связаны с экологией, частями которой они являются. Следует отметить, что именно водная экология является одной из самых успешно развивающихся частей экологии.

5. История развития гидробиологии

Еще до возникновения гидробиологии, как науки, началось накопление фактов, составляющих ее научный багаж. Можно отметить следующие заметные события этого процесса:

1650 г. Варениус выделил четыре типа озер по присутствию или отсутствию притоков и поверхностного стока.

1674 г. ван Левенгук описал микроскопическую водоросль спирогиру, некоторые особенности динамики водорослей в озерах, влияние на нее ветра.

1780 г. Соссюр описал тепловую стратификацию озер1.

1810 г. Лесли изучил формирование физической структуры водного тела некоторых шотландских озер под воздействием поступления света и тепла, ветра, температуры воды.

1819 г. Де ла Беш описал металимнион (термоклин)2 в Женевском озере.

1826 г. Де Кандоль выполнил первое научное описание цветения водорослей в озере.

1845 г. Мюллер описал планктон.

Особенно велико научное значение экспедиции на корвете "Челленджер", которой руководил профессор зоологии Эдинбургского университета С. В. Томпсон. Экспедиция "Челленджера" показала неправильность представлений о безжизненности глубинных вод моря.

Из многих последующих экспедиций упомянем атлантическую немецкую экспедицию Виктор Гензена на судне "Националь" в 1889 г., во время которой впервые были применены количественные методы изучения планктона с применением специальной планктонной сети для количественного учета организмов, обитающих в толще воды и было показано, что он имеет наибольшую плотность в высоких широтах.

В 1909 г. был сконструирован дночерпатель — прибор для количественного учета донного населения водоемов, и к этому времени по существу завершается становление гидробиологии как самостоятельной дисциплины,

Крупное значение имели также гидрологические, ихтиологические и научно-промышленные экспедиционные исследования Николая Михайловича Книповича на судне "Андрей Первозванный", начатые в 1889 г. Книпович описал гидрологический режим всего Баренцева моря и открыл в нем огромные, до того не известные скопления промысловых рыб. Не менее результативными были его экспедиции 20-х годов по изучению Черного, Азовского и Каспийского морей.

Изучение морских организмов было облегчено созданием морских биологических станций, многие из которых стали к нашему времени крупными центрами морской гидробиологии.

Одна из первых морских биологических станций была основана в Севастополе в 1871 г. по инициативе Александра Онуфриевича Ковалевского и существует до настоящего времени (Институт биологии южных морей АН УССР).

В 1872 г. французским зоологом А. Лаказ-Дютье была создана действующая и поныне морская биологическая станция в Роскофе (Бретань, Франция). Известна успешная деятельность Неаполитанской зоологической станции, основанной в 1872 г. немецким зоологом А. Дорном.

Известно, какое большое значение для формирования не только гидробиологии, но и экологии в целом имела работа немецкого зоолога К. Мебиуса "Устрицы и устричное хозяйство" (1877), в которой впервые был предложен термин "биоценоз". В отечественной гидробиологии значение понятия "биоценоз" было вполне оценено С. А. Зерновым (1913) и К. М. Дерюгиным (1915).

II этап – проведение массовых гидробиологических исследований с упором на ресурсные исследования – 90-е годы XIX века – середина XX века

С. А. Зернов провел углубленное изучение биоценозов Черного моря. В 1912–1913 гг. Он одним из первых опубликовал работы по планктону (1892, 1900, 1901). Многолетние исследования С. А. Зернова увенчались выходом в свет в 1913 году классической научной работы «К вопросу об изучении жизни Чёрного моря». В ней он впервые описал 10 основных типов биоценозов Черного моря в районе Севастополя, указав их животный и растительный состав, и вывел закономерности их распределения в акватории моря, а также связи с факторами среды. С. А. Зернову принадлежит честь открытия (1908) в северо-западной части Чёрного моря, к западу от Крыма, колоссального скопления красной водоросли филлофоры площадью более 10 000 км² (почти половина площади Крыма). В честь первооткрывателя эти заросли названы «филлофорное поле Зернова». Это открытие дало возможность организовать промышленную добычу йода и агар-агара. В советское время размах гидробиологических работ резко увеличивается. В 20-х годах Конст. Михайловичем Дерюгиным и его учениками осуществляется обширная программа гидробиологического исследования морей Дальнего Востока. В начале 30-х годов создается Всесоюзный институт морского хозяйства и океанографии (ВНИРО), который в настоящее время располагает обширной сетью филиалов и отделений на всех морях СССР. В 1932 г. начинается изучение глубоководной фауны наших дальневосточных морей (экспедиция, возглавляемая К. М. Дерюгиным), а затем и в Северном Ледовитом океане. С 1949 г. на протяжении 20 лет под руководством Л. А. Зенкевича совершаются рейсы экспедиционного судна «Витязь», специально оборудованного для исследования морских глубин. Многочисленные исследования и, в частности, десятки тралений на глубинах до 10 км, выполненные с помощью этого судна в

водах Тихого океана, значительно расширили представления о жизни гидросферы. В последнее время морские гидробиологические исследования проводятся нашими учеными во всех океанах мира с использованием крупнейших экспедиционных судов, оборудованных всеми средствами для выполнения самых сложных научных программ («Академик Курчатов», «Академик Книпович», «Витязь», «М. Ломоносов» и др.).

Параллельно морским биологическим исследованиям в нашей стране развивалось и гидробиологическое изучение пресных вод. В 1867 г. Московское общество любителей естествознания организовало обследование озер Московской губернии, примерно в это же время В. И. Дыбовским изучается фауна оз. Байкал, К. Ф. Кесслером — ихтиофауна Волги, Невы, Ладожского и Онежского озер. Большой вклад в развитие лимнологии внесли исследования, развернувшиеся в конце прошлого века на Глубокоозерной станции. В начале нашего века происходит дальнейшая интенсификация гидробиологических исследований пресных вод: крупные работы проводятся В. П. Зыковым и А. Л. Бенингом на Волжской биологической станции, А. С. Окориковым и Е. Е. Болохонцевым — на Ладожском озере, Д. О. Свиренко — на организованной в 1909 г. Днепровской станции в Киеве, А. А. Лебединцевым и И. Н. Арнольдом — на Никольском рыбоводном заводе (оз. Пестово). Я. Я. Никитинским, Г. И. Долговым и С. Н. Строгановым в конце прошлого и начале настоящего века закладываются основы отечественной санитарной гидробиологии, Н. В. Воронковым и В. М. Рыловым — основы планктонологии.

С первых лет установления Советской власти активизируются гидробиологические исследования на пресных водах. В 1918 г. открываются Окская и Пермская (на Каме) речные станции, вслед за ними — Большевская, Костромская, Бородинская, Звенигородская, Днепропетровская, Косинская и ряд других. Работы по гидрофизиологии, выполненные на Звенигородской станции под руководством С. Н. Скадовского, блестящий цикл исследований баланса органического вещества в Косинских озерах, трофологические исследования Н. С. Гаевской и ее учеников, деятельность организованного С. А. Зерновым в 1924 г. гидробиологического отдела Зоологического института АН СССР, Окской станции и других научных учреждений выдвинули отечественную пресноводную гидробиологию на одно из первых мест в мире.

На первых этапах своего развития гидробиология не могла сколько-нибудь полно заниматься изучением экологии водного населения, так как последнее было еще крайне слабо исследовано в отношении систематики и фаунистики, скудные сведения имелись по морфологии и физиологии водных организмов. Помимо этого, проведение гидробиологических исследований осложнялось ограниченностью необходимых для экологического анализа гидрологических знаний. Поэтому вначале гидробиологи параллельно экологии изучали систематику, морфологию и физиологию гидробионтов с одновременным проведением гидрохимических, гидрологических и других небиологических исследований. Такое положение вызвало у некоторых специалистов неправильное представление о гидробиологии как комплексной науке, исследующей не только жизнь в водоемах, но и сами водоемы. По мере развития смежных с нею наук «исчезновения необходимости заниматься решением не свойственных ей задач гидробиология постепенно становитя чисто экологической дисциплиной, все более центрирующей свое внимание на вопросах аутоэкологического, демэкологического и синэкологического изучения водного населения, причем в настоящее время на первый план все большее выдвигается исследование функциональных особенностей и структуры

надорганизменных систем в интересах разработки проблем биологического продуцирования и охраны водоемов от загрязнения.

1.2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Характеристика и свойства водной среды обитания»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Физико-химические свойства воды.
2. Состав водного раствора.
3. Роль воды в природе и жизни человека.
4. Круговорот некоторых биогенных элементов.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Физико-химические свойства воды

Вода как физико-химическое тело не может не оказывать непрерывное влияние на жизнь гидробионтов.

На поверхности планеты существует только две неорганические жидкости – вода и металлическая ртуть. Все ближайшие «родственники» воды – аммиак, сероводород, метан – газы. В газообразном состоянии при нормальных условиях должна находиться и вода.

Вода – это химическое соединение кислорода (88,8%) с водородом (11,2 %). Наивность определения становится очевидной, если учесть наличие разновидностей по изотопному составу водорода и семи изотопов кислорода.

По различным модификациям Н и О₂ возможно иметь 36 модификаций радиоактивных вод. Обыкновенная вода – это смесь указанных изотопов с преобладанием лёгких форм. Тяжёлая вода Д₂О 16 – это вода тяжёлая по дейтерию. В 1т водопроводной воды тяжёлой воды содержится 150г. По внешнему виду и запаху различий в тяжёлой и обычной воде нет. Они различаются по массе и биологическому действию: тяжелая вода токсична, замедляет физиолого-биохимические процессы.

Вода в природе встречается в 3-х агрегатных состояниях:

- твёрдом (t=0°C)
- жидким (Марс)
- газообразном (t = 100°C) (Венера)

Определение воды усложняется ещё тем, что все физические константы являются аномалиями. Причина аномальных свойств – своеобразная структура молекулы: мономер угол Н-О-Н = 104,5°

Аномальные свойства воды:

1. По химическому составу вода это гидрид кислорода, значит должна кипеть при -800 С, но кипит при 100° С.

2. При замерзании гидрид кислорода должен затвердевать при -100°C ниже нуля, но вода замерзает при 0°C.

3. Лёд легче жидкой воды, плотность льда ниже плотности воды. Лёд предохраняет воду от переохлаждения, он плавает на поверхности. При 0°C каждая молекула жидкой воды совершает 1011 - 1012 движений в секунду, каждая молекула льда – 105 -106. Вода расширяется при замерзании, так что образовавшийся лед занимает объём, больший, чем

исходная жидккая вода. Это объясняется тем, что молекулы жидкой воды двигаются свободнее и поэтому могут располагаться компактнее. Именно поэтому лед плавает на поверхности воды, в отличие от большинства других веществ для которых характерна большая плотность твердой фазы по сравнению с жидкостью. Если бы и вода вела себя таким же образом, то лед погружался бы на дно водоема, а не защищал бы жидкую воду от дальнейшего охлаждения и кристаллизации. В результате бы наша планета была покрыта сплошной ледяной коркой и жизнь была бы невозможна.

4. Жидкая вода при охлаждении сжимается, при $t = 4^{\circ}\text{C}$. Далее происходит уменьшение объема прекращается и вода начинает расширяться.

5. Максимальная плотность воды при $t = 4^{\circ}\text{C}$. Это обеспечивает замерзание воды верхних слоев и возможность гидробионтам перезимовывать во всей толще воды.

6. Вода имеет большую плотность (1 г/см³), по сравнению с воздухом (0,0013 г/см³). Это позволяет гидробионтам удерживаться во взвешенном состоянии.

7. Вода обладает высокой удельной теплоемкостью – 1 кал./г. град. Это означает, что при определенном притоке энергии данная масса воды будет нагреваться медленнее, чем равное количество любого другого вещества. И наоборот, отдавая энергию, вода остывает медленно. Это обеспечивает медленное нагревание и охлаждение воды, ее годовые, суточные и часовые колебания.

8. Вода обладает высокой теплотой парообразования. Это определяет то, что вода служит главным носителем энергии в атмосфере.

9. Вода имеет очень большое поверхностное натяжение (72,8 дин), уступая только ртути (436 дин). С этим связаны все капиллярные явления, формирование поверхностной пленки воды, существование нейстона и плейстона и др. (Опыт подтверждения: сухая игла может лежать на поверхности воды в тарелке). Поверхностное натяжение уменьшается с ростом температуры, в присутствии поверхностно-активных веществ, включая гуминовые вещества и продукты выделения водорослей

Вода чрезвычайно плохо сжимаема, характеризуется низким коэффициентом теплового расширения.

10. Вода обладает малой вязкостью: для сравнения – при $t=100^{\circ}\text{C}$ у воды – 1,32 спз (сантипуаз – единица измерения вязкости), у глицерина – 3950 спз. Это свойство обеспечивает передвижение гидробионтов в воде. Вязкость определяется температурой и соленостью. Вязкость воды также уменьшается с температурой. Чем выше вязкость жидкости, тем легче организмам «парить» в такой жидкости, чем ниже вязкость – тем легче осуществлять активное плавание.

11. Вода обладает аномально высокой проницаемостью. Это обуславливает формирование гидрохимического режима. Вода в биосфере никогда не бывает химически чистой, это раствор.

2. Состав водного раствора

Вода – прекрасный растворитель, почти все химические элементы, даже редкие и радиоактивные, находятся в водах Океана – их более 70. В наибольшем количестве находятся – Cl, Na, Mg, S, Ca, K, Br, одного золота растворено в водах океана по 3 кг на душу населения. Биогенные элементы (б.э.) – химические элементы постоянно входящие в состав организмов, необходимые для их жизнедеятельности. Выделяют группу универсальных б.э. – кислород, углерод, водород, фосфор, азот, кальций, калий, натрий,

серы, медь. Избыточное поступление биогенных элементов, в первую очередь фосфора, определяет развитие высокой продуктивности и последующего эвтрофирования вод.

Органическое вещество (ОВ). По происхождению ОВ различают: - автохтонное – образуется в водоеме живыми организмами; - аллохтонное – привнесено с материка. По форме существования ОВ выделяют: - взвеси (ВОВ, взвешенные ОВ) – живые организмы и неживой детрит; - коллоидные (гидрофобные, ГОВ) – размер частиц 0,001-0,1 мкм; - истинно растворенные ОВ (РОВ) = ХПК-БПК. Размер частиц меньше 0,001 мкм. РОВ это частицы, которые проходят через мембранный фильтр с диаметром пор менее 0,45 мкм. РОВ по количеству преобладает над ВОВ и является господствующей формой существования ОВ в воде. В морской воде РОВ – 90-98%, ВОВ – 2-10%. По химическому составу РОВ делится на 4 класса: - углеводы – безазотистое ОВ; - белки – азотосодержащее ОВ; - липиды – эфиры жирных кислот; - сложные гумусовые ОВ, лишенные азота (фульвовые вещества). В гумусовых водах мало развита органическая жизнь. Детрит – сложный комплекс минеральных и органических частиц, заселенных бактериями и концентрирующий РОВ.

Сестон – (гр. *Sestos* – просеянный) это совокупность взвешенных в воде органоминеральных частиц (детрит) и планктонных организмов, то есть все, что улавливается мембранными фильтрами с диаметром пор не более 0,8 мкм.

3. Роль воды в природе и жизни человека

Вода входит в состав минералов, содержится в клетках растений животных, влияет на формирование климата, участвует в круговороте веществ в природе, способствует отложению осадочных пород и образованию почвы, является источником получения дешевой электроэнергии: ее используют в промышленности, сельском хозяйстве и для бытовых нужд.

Несмотря на кажущееся достаточное количество воды, на планете, пресной воды, необходимой для жизни человеку и многим другим организмам, ее катастрофически не хватает. Загрязнение гидросфера происходит, прежде всего, в результате сброса в реки, озера и моря промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод.

Пресные воды – не только незаменимый питьевой ресурс. Орошающие ими земли дают около 40% общемирового урожая; ГЭС производится примерно 20% всей электроэнергии; из потребляемой людьми рыбы 12% составляют речные и озерные.

Гидросфера служит планетарным аккумулятором неорганического и органического вещества, которое приносится в океан реками, атмосферными потоками, а также образуется самими водоемами. Вода как среда обитания имеет ряд специфических свойств, таких, как большая плотность, сильные перепады давления, относительно малое содержание кислорода, сильное поглощение солнечных лучей и др. Водоемы и отдельные их участки различаются, кроме того, соленым режимом, скоростью горизонтальных перемещений (течений), содержанием взвешенных частиц. Для жизни придонных организмов имеют значение свойства грунта, режим разложения органических остатков и т.п.

4. Круговорот некоторых биогенных элементов

Углерод. Углерод как химический элемент является основой жизни. По распространению на планете углерод занимает одиннадцатое место (0,35% от веса земной коры), но в живом веществе в среднем составляет около 18 или 45% от сухой биомассы. В атмосфере углерод входит в состав углекислого газа CO_2 , в меньшей мере – в состав

метана CH_4 или следового количества других газообразных соединений. В гидросфере CO_2 растворен в воде, и общее его содержание намного превышает атмосферное. Океан служит мощным буфером регуляции CO_2 в атмосфере: при повышении в воздухе его концентрации увеличивается поглощение углекислого газа водой. Некоторая часть молекул CO_2 реагирует с водой, образуя угольную кислоту, которая затем диссоциирует на ионы HCO^{3-} и CO_2^{-3} . Эти ионы реагируют с катионами кальция или магния с выпадением карбонатов в осадок. Подобные реакции лежат в основе буферной системы океана, поддерживающей постоянство pH воды. При подкислении (увеличении концентрации ионов H^+) происходит сдвиг влево в цепи: CO_2 воздуха \rightarrow CO_2 воды \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ \rightarrow CaCO_3 . При подщелачивании усиливается выпадение в осадок карбонатов кальция. Углекислый газ атмосферы и гидросфера представляет собой обменный фонд в круговороте углерода, откуда его черпают наземные растения и водоросли. Фотосинтез лежит в основе всех биологических круговоротов на Земле. Высвобождение фиксированного углерода происходит в ходе дыхательной активности самих фотосинтезирующих организмов и всех гетеротрофов – бактерий, грибов, животных, включающихся в цепи питания за счет живого или мертвого органического вещества. В тех условиях, где деятельность деструкторов тормозится факторами внешней среды (например, при возникновении анаэробного режима в почвах и на дне водоемов), органическое вещество, накопленное растительностью, не разлагается, превращаясь со временем в такие породы, как каменный или бурый уголь, торф, сапропели, горючие сланцы и другие, богатые накопленной солнечной энергией. Они пополняют собой резервный фонд углерода, надолго выключаясь из биологического круговорота. Углерод временно депонируется также в живой биомассе, в мертвом опаде, в растворенном органическом веществе океана и т.п. Однако основным резервным фондом углерода на планете являются не живые организмы и не горючие ископаемые, а осадочные породы – известняки и доломиты. Их образование также связано с деятельностью живого вещества. Углерод этих карбонатов надолго захоранивается в недрах Земли и поступает в круговорот лишь в ходе эрозии при обнажении пород в тектонических циклах. В биологическом круговороте участвуют лишь доли процента углерода от общего его количества на Земле. Углерод атмосферы и гидросфера многократно проходит через живые организмы. Растения суши способны исчерпать его запасы в воздухе за 4-5 лет, запасы в почвенном гумусе – за 300-400 лет. Основной возврат углерода в обменный фонд происходит за счет деятельности живых организмов, и лишь небольшая часть его (тысячные доли процента) компенсируется выделением из недр Земли в составе вулканических газов. В настоящее время мощным фактором перевода углерода из резервного в обменный фонд биосфера становится добыча и сжигание огромных запасов горючих ископаемых. Это уже приводит к повышению концентрации CO_2 в атмосфере и возникновению «парникового эффекта».

Кислород. С углеродным циклом теснейшим образом сопряжен круговорот кислорода. Своей уникальной среди планет атмосферой с высоким содержанием свободного кислорода Земля обязана процессу фотосинтеза. Кислород освобождается из молекул воды и является по сути дела побочным продуктом фотосинтетической активности растений. Абиотическим путем кислород возникает в верхних слоях атмосферы за счет фотодиссоциации паров воды, но этот источник составляет лишь тысячные доли процента от поставляемого фотосинтезом. Между содержанием кислорода

в атмосфере и гидросфере существует подвижное равновесие. В воде его примерно в 21 раз меньше на равный объем по сравнению с воздухом. Выделившийся кислород интенсивно расходуется на процессы дыхания всех аэробных организмов и на окисление разнообразных минеральных соединений. Эти процессы происходят в атмосфере, почве, воде, илах и горных породах. Показано, что значительная часть кислорода, связанного в осадочных породах, имеет фотосинтетическое происхождение. Обменный фонд O_2 в атмосфере составляет не более 5% от общей продукции фотосинтеза. На полное разложение органического вещества, создаваемого растениями, требуется точно такое же количество кислорода, которое выделилось при фотосинтезе. Захоронение органики в осадочных породах, углях, торфах послужило основой поддержания обменного фонда кислорода в атмосфере. Весь имеющийся в ней кислород проходит полный цикл через живые организмы примерно за 2000 лет.

Вода. В ходе фотосинтеза растения используют водород воды в построении органических соединений, освобождая молекулярный кислород. В процессах дыхания всех живых существ, при окислении органических соединений вода образуется вновь. В истории жизни вся свободная вода гидросферы многократно прошла циклы разложения и новообразования в живом веществе планеты. Кроме биологических циклов на Земле также осуществляется глобальный круговорот воды, движимый энергией Солнца. Вода испаряется с поверхности водоемов и суши и затем вновь поступает на Землю в виде осадков. Над океаном испарение превышает осадки, над сушей – наоборот. Эти различия компенсируются речным стоком. В глобальном круговороте воды растительность суши играет немаловажную роль. Транспирация растений на отдельных участках земной поверхности может составить до 80-90% выпадающих здесь осадков, а в среднем по всем климатическим поясам – около 30%. Азот. В атмосфере и живом веществе содержится менее 2% всего азота на Земле, но именно он поддерживает жизнь на планете.

1.3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Экологические факторы внешней среды и адаптация к ним организмов: свет, температура»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Экологические группы гидробионтов по отношению к температурному фактору.
2. Экологические зоны Мирового океана (по отношению к температуре) и сезонная динамика температур в водоемах.
3. Влияние температуры на водные организмы.
4. Световой диапазон в Мировом океане.
5. Приспособления гидробионтов к недостатку света.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Экологические группы гидробионтов по отношению к температурному фактору
Среда обитания – все тела и явления, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. Все элементы среды, непосредственно влияющие на жизнь гидробионтов, называются факторами воздействия, факторами среды обитания.

Три ведущих фактора водных экосистем. Жизнь в водных экосистемах по образному заключению Ю. Одума (1986г.) определяется действием 3-х факторов

(зиждется на трёх китах): температура – свет – солёность. На сегодняшней лекции мы рассмотрим 2 из них.

Температура – это один из самых универсальных активных и неустранимых факторов водной среды.

Температурный диапазон обитания гидробионтов достаточно широк: известны морские животные, живущие при $t = -3,3^{\circ}\text{C}$ (Вост. берег Север. Америки) криотермы, синезелёные водоросли, живущие в горячих источниках при $t = +93^{\circ}\text{C}$ (горячие источники на Камчатке).

По температурному фактору выделяют две экологические группы гидробионтов: Эвритечные: Диатомея *Nitzschia putrida* – диапазон 41°C (-11°C до 30°C); Моллюск *Bythinella dunkeri* – диапазон 37°C (-2°C до 35°C); Треска *Gadus collaris* – диапазон 15°C (5°C до 20°C). Стенотермные: Термолюбивые (термофильные, криофобные): - ракок *Thermosbaena mirabilis* – $45^{\circ}\text{--}48^{\circ}\text{C}$, - рыба Лукания живёт в горячих источниках при температуре 25°C . Холодолюбивые (термофобные, криофильные): - водоросль *Phaeocystis pouchetii* min = 1°C , opt = 6°C , max $11,6^{\circ}\text{C}$.

2. Экологические зоны Мирового океана (по отношению к температуре) и сезонная динамика температур в водоемах

По температурному режиму поверхностных слоёв воды в Мировом океане отмечают пять областей:

- тропическая (в области экватора);
- арктическая (прилегает к полюсу на севере);
- антарктическая (прилегает к полюсу на юге);
- бореальная (распространяется между арктической и тропической);
- нотальная (распространяется между антарктической и тропической). Каждая из этих областей имеет в составе своего населения определённое количество видов.

Соответственно по названиям областей они относятся к группам: арктические, бореальные, тропические, нотальные, антарктические.

Различают следующие группы организмов:

- космополитов, для которых температурные условия не играют большой роли;
- биполярных организмов, обитающих в умеренной области северного полушария (субарктическая, бореальная зоны) и южного полушария (субантарктическая и нотальная зоны), они совершенно отсутствуют в водах тропической области. Примеры биполярных организмов: - Млекопитающие – морской слон; сивуч; белуха. - Рыбы – анчоус, хамса – р. *Engraulis*, шпроты, килька – р. *Sprotella*, акула гигантская – *Cetorhinus maxima*. - Ракообразные – *Balanus porcatus*. - Моллюски – *Mytilus edulis*. - Крылоногие – *Clione limacina*.

Распределение температуры в толще воды.

Большая удельная теплоёмкость воды обуславливает более устойчивую температуру водных экосистем по сравнению с воздухом.

Для водных объектов характерны две специфические характеристики: - стагнация – отсутствие вертикальной циркуляции водных масс; - стратификация – слоистое распределение температуры по вертикали. - прямая стратификация – тёплые воды располагаются над холодными (летние ситуации); - обратная стратификация – холодные воды располагаются над более тёплыми (зимняя ситуация). В морях обратная

стратификация – редкое явление (пример, оз. Россольное в Зеландии (поверхность – 4⁰С, глубина 3 м – 4,7⁰С, 30 м - 19⁰С);

- гомотермия – равномерное распределение температуры по вертикали, характерно для проточных водных объектов, реже в морях, озёрах (пример, гомотермия в Белом море: 0 м – 8,0⁰С; 25 м – 8,1⁰С; 70 м – 8,0⁰С). - весенний период (апрель) частичная циркуляция сменяется полной (температура по всей толще - +4⁰ С); - весенне-летний период (май, июнь, июль, частично август) – прямая слоистость, прямая стратификация, стагнация, температура на поверхности возрастает до 23⁰С, в придонной области температура возрастает до +6⁰С и сохраняется на одном уровне; - летнее-осенний период (август, сентябрь) – частичная циркуляция вод, на поверхности температура воды постепенно снижается, в придонной области наоборот – повышается до 8⁰С. Затем полная циркуляция (октябрь) приводит к гомотермии – температура по всей толще устанавливается на уровне +4⁰С; - зимний период (ноябрь – март) – обратная слоистость: на поверхности – ледяное покрытие, в придонной области 2-4⁰С.

С сезонной динамикой температуры воды в крупных водных объектах связано формирование термического бара – это вертикальный слой воды повышенной плотности, он препятствует водообмену между районами водоёма.

Экологические зоны по вертикали (по температурному фактору).

Мировой океан: - Эпиталасс – температурное колебание; - Метаталасс – температурный скачок (термоклин); - Гипоталасс – температурная стабильность.

Континентальные водоёмы: - Эпилимнион - температурное колебание; - Металимнион - температурный скачок (термоклин); - Гиполимнион – слабые изменения температуры.

3. Влияние температуры на водные организмы

- Размеры тела. Морские организмы, живущие в холодных морях и холодных глубинах, превосходят размерами, живущих в тёплых водах. Пример, гигантская медуза *Cyanea arctica* (диаметр тела 2 м, длина щупалец более 30 м; моллюск *Tridacna gigas* – длина 2 м, масса 200 кг). Причины больших размеров северных форм: при низкой температуре размножение наступает позднее – организм имеет более долгий период своего роста, т.к. с наступлением размножения рост прекращается (замедляется); само потомство ограничено: организм получает дополнительные силы (материал) для роста. Пример экспериментов: у циклопов, воспитывающихся при t=11⁰С, масса в 2 раза > чем при t= 27⁰С. Гигантские формы в тропиках (скорее исключение из общего правила). Холодноводные млекопитающие имеют большие скопления жира и положительную плавучесть (например, ободранный от жира тюлень быстро тонет).

- Морфологические особенности. Количество позвонков у колючеперых. Позвонков у северных рыб больше, чем у родственных видов. Пример, у колючепёрых: р. *Pterois* – 24 (Тропики); р. *Sebastoides* – 27 (Япония); р. *Sebastes* – 37 (Антарктида). Соответственное изменение температуры и пищевого режима «записывается» в виде годовых колец на чешуе, костях рыб и раковинах моллюсков.

- С динамикой температур связано чередование однополового и двуполового размножений, проявление партеногенеза, эффекта цикломорфоза у коловраток, дафний, водорослей.

- С ограничением партеногенеза в холодных областях и на глубинах возрастает доля живорождения и вынашивания потомства, у донных животных – прямое развитие без стадии пелагической личинки.

- Пути адаптаций, преодоления неблагоприятных температурных воздействий: - инцистирование (корненожки, жгутиковые, ресничные инфузории); - редукция, упрощение организма; - образование специальных почек (статобласты), геммул, стойких яиц (большая величина, обилие желтка, толстые, крепкие оболочки).

4. Световой диапазон в Мировом океане

Основное количество света водный объект получает: - сверху от источников, которые находятся вне (солнце, луна); - внутри водоёма, светящиеся растения и животные. Чем ниже стоит солнце, тем большее количество лучей отражается от поверхности воды. При высоте стояния солнца 35^0 от гладкой поверхности отражается 5% света; при лёгком ветре – 17 %, при сильном – 30%. Поглощение и рассеяние падающего света зависят от спектрального состава излучения солнца. Наиболее интенсивно поглощаются лучи невидимого спектра – инфракрасные и ультрафиолетовые, практически в верхнем метровом слое воды, поэтому световой поток кажется синим. С понижением прозрачности воды возрастает рассеивание длинноволновых лучей, цвет приобретает желтовато-коричневый оттенок. Из видимой части спектра (от красных до фиолетовых лучей) наиболее интенсивно поглощаются лучи с наибольшей длиной волны: на глубину 10 м проникает 2% красных лучей, 8% оранжевых, 32% жёлтых, 75% синих. На глубине > 500 м присутствуют только фиолетовые лучи. В процессе фотосинтеза водоросли наиболее интенсивно поглощают лучи, являющиеся дополнительными к их окраске. Например, зелёные водоросли наиболее энергично используют красные, часть фиолетовых, почти бесследно пропуская зелёные. Количественной характеристикой прозрачности служит глубина, на которой становится невидимым белый диск Секки (диаметр диска 30 см): на глубину прозрачности проникает 5% солнечной радиации падающей на поверхность; на глубину 2 – 4 величин прозрачности проникает 1%. Известна максимальная прозрачность – 75 м у берегов Антарктиды. Прозрачность – это отношение потока излучения, прошедшего через слой толщиной Z (Iz) к вошедшему в него.

По степени освещенности толща воды делится на 3 зоны: Верхняя зона – эвфотическая, простирается в морских водах до глубины 200 м; в пресных – 2 – 4 величины прозрачности; охватывает 10% дна, где обитают 80% донных животных; Вторая зона – дисфотическая (сумеречная), в морских водах простирается до глубины 1000 – 1500 м; Третья зона – афотическая (темная).

5. Приспособления гидробионтов к недостатку света

Гелиотропизм (греч. gelios – солнце, tropos – направление, поворот) – это явление ориентировки животных и растений в направлении лучей солнечной радиации. Фототропизм (греч. fotos – свет, tropos - направление, поворот) – явление принудительной ориентировки животных и растений в отношении направления световых лучей: положительный фототропизм – ориентировка к свету; отрицательный фототропизм – ориентировка от света. Знак фототропизма меняется, имеет приспособительное значение: - понижение температуры усиливает положительный фототропизм; - повышение температуры усиливает отрицательный фототропизм; - недостаток кислорода, действие ядов приводят к изменению отрицательного фототропизма на положительный

фототропизм. Пример: Молодь рака *Calanus finmarchicus* обладает положительным фототропизмом, упитанные особи V копеподитной стадии - отрицательным фототропизмом. По отношению к свету различают экологические группы гидробионтов: эврифотные – переносят широкий диапазон колебания света; стенофотные – переносят узкий световой диапазон (олигофотные, мезофотные, полифотные).

Водным животным свет необходим: - для распознавания среды; - определения выгодного положения в пространстве; - сигнальное значение; - регулирует размножение, половое соотношение. Пример: У *Balanus balanoides* в условиях постоянного освещения тормозится развитие гонад. У раков *Gammarus duebeni* при 16-часовом освещении $> \text{♀♀}$, 8-часовом - ♂♂ . У моллюсков прудовиков недостаток освещенности приводит к снижению плодовитости. Биолюминесценция (Б/л) – это видимое свечение живых организмов, связанное с процессами их жизнедеятельности и обусловленное ферментативным окислением люциферинов.

В процессе Б/л люциферазы – ферменты класса оксиредуктаз – катализируют (изменяют) аэробное окисление люциферинов → испускание света. Пример: Свечение медузы *Aequorea* возникает при взаимодействии специфического белка экварина с ионами Ca^{2+} .

1.4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Важнейшие факторы внешней среды и реакция на них организмов: соленость, газовый режим, активная реакция среды»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Экологические особенности гидробионтов по отношению к солевым свойствам среды.
2. Водно-солевой обмен у гидробионтов.
3. Респираторные условия в воде и адаптации водной биоты к ним.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Экологические особенности гидробионтов по отношению к солевым свойствам среды

Соленость - есть суммарное содержание в граммах всех твердых минеральных растворимых веществ, содержащихся в 1 кг морской воды при условии, что бром и йод замещены эквивалентным количеством хлора, все углекислые соли переведены в окислы, а все органические вещества сожжены при температуре 480° С.

Уравнение связи между хлорностью и соленостью (S): $S \% = 1.80655 \text{ Cl } \%$
Единица измерения солености – промилле $\% = 1 \text{ г на } 1 \text{ кг } \text{H}_2\text{O}$. По степени солености (S $\%$) все природные воды, согласно Венецианской системе, принятой в 1958 г, подразделяются на:

- Пресные – до 0,5 %;
- Солоноватые, миксогалинные – 0,5 – 30 %;
- Олигогалинные – 0,5 – 4 %;
- Мезогалинные – 5 – 18 %;

- Полигалинныe – 18 – 30 %.
- Морские, эугалинныe – 30 – 40 %;
- Пересоленные, гипергалинныe - > 40 %.

С повышением солёности возрастают плотность и вязкость; ухудшаются условия передвижения, плавучести гидробионтов.

Организмы, заселяющие галинныe воды делятся на три экологические группы:

- Галоксены ($S = 0 – 25 \%$) – то есть гости в соленых водах, это пресноводные организмы, случайно попавшие в соленую воду и приспосабливающиеся к жизни в ней. Примеры – p.p. *Chydorus*, *Simocephalus*, *Limnaea ovata*.

- Галофилы ($S = 25 – 100 \%$) – то есть любящие соленую воду, выносят широкий диапазон солености (это эвригалинныe). Видов в этой группе меньше, чем в первой группе, количественно превосходят. Примеры – *Cyclops bicuspidatus*, *Lumbriculus lineatus*, *Chironomus salinarius*, колюшка *g. aculeatus*.

- Галобионты – специфические организмы солености. Они появляются при солености = 25 % вместе с галофилами, в норме при солености > 100 %. В большом количестве и только эта группа выдерживает соленость до 280 %. Примеры: муха *Ephydra*, ракок *Artemia salina*, коловратка *Brachionus mulleri*, *Ephydra riparia* – индейцы Северной Америки употребляют их в пищу. Соленость морской воды – 35 %, пресной – 0,17 %. Солёность Мёртвого моря – 275 %

По отношению к солёности вод различают две экологические группы гидробионтов: - Эвригалинныe (широкосолевые). Пример: ракок *Artemia salina* – 16 – 270 %; жук *Berosus spinosus* – 0,6 – 105 %. - Стеногалинныe (узкосолевые). 1. Олигостеногалинныe 2. Полистеногалинныe. Пример: морская звезда (*Pentagonaster granularis*) ($S = 34.5 – 35.3 \%$)

Определяющим условием успешного освоения различных водоемов со сходной соленостью является соотношение одно-двухвалентных ионов: если > 2-х валентных, гидробионты изменение солености выдерживают хуже. В осмотически благоприятной среде организмы погибают, если солевой состав не сбалансирован по соотношению 1-2-х валентных катионов – это эффект защитного действия ионов – антагонистов. Раствор, в котором солевой состав сбалансирован по соотношению одно – двухвалентных катионов – это эквилибриванный раствор. Насыщенный соляной раствор, солёность >1000 /00. - рассол (рапа). Отношение суммы одновалентных катионов K^+ и Na^+ к сумме 2-х валентных Ca^{2+} и Mg^{2+} – ионный коэффициент. Соленость уменьшается – ионный коэффициент снижается (количество 2-х валентных ионов увеличивается). Соленость определяет размеры гидробионтов (Рис. 7). Морские адаптивные реликты в пресной воде уменьшаются в размерах. Примеры: Морская форма мизиды *Mysis oculata* в пресной воде приобретает форму → *Mysis relicta*; Моллюск *Mytilus edulis* – из Северного моря (высокая соленость) в 5 раз крупнее особей у берегов Финляндии с более низкой соленостью – карликовые формы. Гидроид *Cordylophora lacustris* в пресной воде уменьшается в размерах, количество яиц в гонофорах уменьшается в 2 раза.

Классические примеры влияния солености на морфологическое строение гидробионтов: ракок – *Artemia salina*, инфузория – *Cladotricha*.

Скорость роста в море выше, чем в пресной воде. Пример, p. *Salmo* – лососи из сем. *Salmonida* - лососевые.

У большинства обитателей морских водоемов концентрация солей в организме близка к таковой окружающей среды, а благодаря проницаемости покровов любые изменения солености немедленно уравновешиваются осмотическим током воды. Такие организмы принято называть пойкилоосмотическими. Таковы практически все цианобактерии и низшие растения, а также большинство морских беспозвоночных животных; последних часто называют осмоконформерами. Животные, способные к активной регуляции осмотического давления жидкостей тела, поддерживают относительное постоянство этого параметра внутренней среды независимо от окружающей воды; таких животных называют осморегуляторами (гомойоосмотическими организмами).

2. Водно-солевой обмен у гидробионтов

Одно из важнейших условий клеточного гомеостаза — постоянство не только концентрации, но и определенного соотношения ионов, причем отличного от имеющегося в окружающей среде. Постоянство соотношения отдельных ионов характерно для клеток всех гидробионтов и регулируется более строго, чем суммарная соленость их тела. Поддержание нужной концентрации разных ионов гидробионтами в основном достигается путем ионной регуляции — контроля над солевым составом внутренней среды. В отличие от осмотической ионная регуляция должна осуществляться непрерывно, поскольку изотония довольно обычна для гидробионтов в природных условиях, а изоиония практически никогда не наблюдается.

Сохранение определенного солевого состава соков у гидробионтов возможно прежде всего благодаря малой проницаемости покровов в отношении различных веществ, которая зависит от величины и степени поляризации растворенных частиц. Чем меньше частицы, тем они легче проходят через оболочки, а частицы с нулевой полярностью легко проникают вне зависимости от их величины. Труднее проходят поляризованные молекулы.

В случае резкого осолонения среды осмотическое равновесие достигается не столько поступлением ионов в организм, сколько миграцией воды наружу, и масса животных уменьшается. Резкое опреснение среды сопровождается выравниванием осмотического градиента в первую очередь за счет проникновения воды внутрь тела, и масса организмов увеличивается. Постепенно выравнивание давлений все в большей степени обусловливается миграцией ионов, и масса животных в сильно опресненной или осолоненной воде возвращается к норме. С повышением температуры скорость миграции ионов через клеточные мембранные возрастает и, следовательно, в этих условиях пассивный солевой обмен гидробионтов заметно увеличивается. Это имеет большое экологическое значение для многих водных организмов, так как влияет на их выживаемость в средах с высокой и низкой соленостью, в средах с иным солевым составом, чем тот, который свойствен данным гидробионтам. Активный солевой обмен. Не только у гомойоосмотических, но и у подавляющего большинства пойкилоосмотических гидробионтов существуют механизмы, которые вопреки физико-химическим силам выравнивания поддерживают определенный уровень общего содержания солей в жидкостях тела, и, что не менее важно, обеспечивают стабильность концентрации в организме отдельных ионов и их соотношения. Особенно характерен для многих гидробионтов так называемый «натриевый насос», осуществляющий активный перенос Na^+ через клеточные мембранные. Активный транспорт ионов происходит в

специализированных клетках, которые располагаются в покровах тела, жабрах, в стенках выделительных протоков, в кишечнике или других местах. Для таких транспортных клеток характерно обилие митохондрий, число которых возрастает при адаптации к соленой или пресной воде. Все транспортные клетки обладают структурами, увеличивающими поверхность клеточных мембран, в частности имеют глубокие впячивания — слепо оканчивающиеся канальцы. Активный захват различных ионов клетками поверхности тела может играть существенную роль в минеральном питании многих животных. Например, высшие раки поглощают из воды растворенный в ней кальций, цинк и другие ионы. Через поверхность тела рыбы поглощают соединения серы, как, в частности, это наблюдается у ряда карповых и осетровых, фосфор и другие элементы минерального питания.

3. Респираторные условия в воде и адаптации водной биоты к ним

В литре воды содержится не $> 20-25 \text{ см}^3$ воздуха. Газами, растворенными в воде, являются: Кислород — O_2 ; Азот — N_2 ; Углекислота — CO_2 ; Сероводород — H_2S ; Метан — CH_4 .

Кислород.

Вода обогащается кислородом 3 главными путями: 1. За счёт работы фотосинтезирующих растений; 2. За счёт вторжения (инвазии) из атмосферы; 3. За счёт поступления вод с высокой концентрацией O_2 .

Убыль кислорода из водных объектов происходит через: 1. Потребление O_2 на окислительные процессы, дыхание; 2. Выход в атмосферу (эвазия); 3. Приток воды с низкой концентрацией O_2 . O_2 выражается: - В абсолютных показателях (объемных, весовых). O_2 1 мл весит 1,43 мг; - В процентах от нормального содержания, %. Нормальное содержание O_2 : в пресной воде — 10,29 мл $\text{O}_2/\text{л}$ (14,7 мг $\text{O}_2/\text{л}$); в морской воде — 6,0 мл $\text{O}_2/\text{л}$ (8,58 мг $\text{O}_2/\text{л}$), при $t=20^\circ\text{C}$. По отношению к O_2 гидробионтов делят на две группы: 1. Эвриоксибионты = эвриоксигенные Пример: Рачок *Cyclops strenuus*; моллюск *Viviparus viviparus*; олигохета *Tubifex tubifex*. 2. Стенооксибионты = стенооксигенные: 2.1. Полистенооксибионты (пример: ресничный червь *Planaria alpina*; мизида *Mysis relicta*). 2.2. Олигостенооксигенные (пример: инфузории). Кислород для водного населения — решающий фактор среды. Для O_2 любого водного объекта характерно явление «кислородной дихотомии, стратификации», развивающееся в период стагнации (застоя) вод, при отсутствии циркуляции водных масс (аналогичная ситуация имеет место с температурным фактором). Различаются: - прямая стратификация — O_2 в поверхностных слоях больше, чем в нижерасположенных;

обратная стратификация — O_2 в поверхностных слоях меньше, чем в нижерасположенных; - гомооксигенация — равномерное распределение по всей толще воды, характерна для водотоков. Кислород растворяется в воде лучше, чем азот: - в воздухе соотношение $\text{O}_2: \text{N}_2 = 21:79$ (1:4), - в воде соотношение $\text{O}_2: \text{N}_2 = 34:66$ (1:2). Кислорода в воде больше, чем в атмосфере. ПДК кислород рыбохоз. = 6,0 мг/дм³ При снижении концентрации O_2 ниже норматива, в воде создаётся его дефицит, развивается замор — массовая гибель гидробионтов от недостатка O_2 в воде. Летние заморы в период «цветения вод», интенсивного развития водорослей развиваются ночью «молниеносно». Зимние заморы обычны в лимнических системах из-за развивающегося дефицита O_2 , интенсивно расходуемого на окисление разлагаемой (отмершей) летней биоты. В водотоках заморы — редкое явление. Классическим примером являются зимние заморы на

р.Оби: Схема развития замора, последовательность подхода к прорубям гидробионтов: Водяные клопы р. Corixa → водяные скорпионы р. Нера → гладыши р. Notonecta → рыбы → жуки плавунцы р. Dytiscus → жуки водолюбы р. Hydrophilus; Скорость движения замора – 30 – 40 км/сутки. Дефицит O_2 доходит до 97,9%; Основная причина замора – окисление гуминовых веществ за счет кислорода: - Рыбы погибают от асфиксии (удушия); - В присутствии окисных закисных соединений железа окисление гуминовых веществ протекает особенно энергично; - Питание р. Оби идет из заболоченных мест, богатых закисными соединениями железа. Притоки р. Оби (Кеть, Тым, Васюган) несут огромное количество гуминового органического вещества (ОВ). При эколого-санитарном контроле воды, оценке уровня органического загрязнения используют следующие основные кислородные показатели: - Биохимическое потребление кислорода (БПК) – количество растворенного кислорода, потребляемого за установленное время и в определенных условиях (в аэробных условиях) при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ. Норма = 3 мг O_2 /л.

Химическое потребление кислорода (ХПК) – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей. Норма – 15 мг O_2 /л.

Сероводород, H_2S

Сероводород образуется в водоёмах при гниении белков на больших глубинах при слабом проветривании или при восстановлении сульфатов сульфатредуцирующими бактериями р. *Microspira*. Сульфаты переводятся в карбонаты. В глубинных слоях нормальных озёр количество H_2S доходит до 0,5 см³ /л. В Чёрном море на глубинах 300 – 500 м H_2S = 4 см³ /л, в придонных слоях - 6,5 см³ /л. O_2 на этих глубинах отсутствует, при этом никакая жизнь, кроме бактериальной, невозможна. Растительное и животное население в Чёрном море не опускаются ниже глубин 100 - 200м. Верхняя граница H_2S определяется пределами распространения животной и растительной жизни. В Чёрном море имеется два круговых течения (восточное, западное). В центре H_2S поднимается выше, к краям опускается – формируются купола, очерчивающие нижние границы распространения биоты. Многие гидробионты (например, *Daphnia longispina*, *Nereis zonata*) не переносят даже следов присутствия H_2S .

Углекислота, CO_2

Чистая вода поглощает CO_2 из воздуха в количестве 0,3-0,5 см³ /л. В воздухе и чистой воде CO_2 =0,3 см³ /л., коэффициент абсорбции углекислоты водой при средних температурах равен 1,075. Фактически вода поглощает CO_2 во много раз больше, так как CO_2 связывается в нейтральные и кислые карбонаты, $CaCO_3$ и $Ca(HCO_3)_2$. Для животных CO_2 является ядом. Для растений CO_2 – необходимое условие существования (фотосинтез).

Метан, CH_4

Метан, или болотный, бесцветный газ, простейший насыщенный ациклический углеводород, образуется летом на глубине за счёт разложения клетчатки, его количество может достигать 40 см/л. Повышение количества CH_4 приводит к снижению O_2 . Это сырье для получения продуктов химической промышленности – формальдегида, ацетилена, хлороформа и др.

Для животных метан ядовит. Метанокислые бактерии используют метан как источник энергии и углерода, окисляют метан до двуокиси углерода → CO_2 . Применяется

как топливо. Горит бесцветным пламенем. Низкие температуры не лимитируют деятельность метаноокисляющих бактерий. Известно, особенно нефтяникам, что под океанским дном имеются гигантские количества древнего метана, который время от времени вырывается на поверхность. Поднимаясь кверху, метан насыщает воду, и она становится легче воздуха. Аллан Джадд, морской геолог (Британия) указывает, что на такой «лёгкой воде» не сможет удержаться ни одно судно – под ним разверзается, и оно камнем летит на дно. Выпрыгнувшие за борт тонут, никакие жилеты не помогают. Метановая версия объясняет авиакатастрофы этих районов: самолёты влетали в метановые пузыри, поднявшиеся над океаном, доступ O_2 к двигателям был уже прекращён – самолёт падал в воду.

В широком смысле дыхание понимается как высвобождающее энергию биологическое окисление, причем в качестве окислителя, т. е. акцептора электронов, может использоваться молекулярный кислород (аэробное дыхание) или другие субстраты (анаэробное дыхание, брожение). Первый тип дыхания имеет наибольшее значение в энергетике водных экосистем. Заметно меньшую роль играет анаэробное дыхание.

Если вода, омывающая дыхательные структуры гидробионтов, насыщена кислородом, условия их дыхания не хуже или даже лучше, чем у наземных форм. Однако гораздо чаще содержание кислорода в воде намного ниже нормального, и в этих случаях респираторная установка для гидробионтов крайне неблагоприятна. При этом следует учесть, что концентрация кислорода снижается в результате жизнедеятельности самих гидробионтов и не всегда достаточно быстро восстанавливается за счет тех или иных внутриводоемных процессов.

Сложность респираторных условий в воде обусловила выработку у гидробионтов ряда морфологических, физиологических и биохимических адаптаций, обеспечивающих требуемый уровень интенсивности дыхания в более или менее широком интервале концентраций растворенного кислорода. Регулируя интенсивность газообмена, т. е. уровень энерготрат, гидробионты маневренно оптимизируют свою энергетику, экономичность процессов реализации генетической программы роста и развития. В условиях крайнего дефицита кислорода гидробионты предельно снижают свою активность и некоторое время выживают благодаря использованию минимума энергии, высвобождаемой анаэробно. Небольшое число гидробионтов постоянно существует в отсутствие растворенного кислорода, извлекая его из химических соединений или добывая энергию другими способами.

Эффективность газообмена у гидробионтов прежде всего достигается:

- увеличением площади дыхательной поверхности, а также истончением и разрыхлением покровов, через которые диффундируют газы.

Газообмен гидробионтов осуществляется либо всей поверхностью тела, либо через его отдельные участки, превращенные в специальные органы дыхания — жабры, трахеи, легкие и другие образования. Гидробионты, лишенные специальных органов дыхания, обычно имеют тело с большой удельной поверхностью. Один из самых простых способов ее увеличения заключается в уменьшении размера организмов. Увеличение поверхности тела часто достигается его уплощением, вытягиванием, образованием различных выростов, лопастей и т. п. Степень развития дыхательных поверхностей выше у более активных форм, а также коррелирует с газовым режимом.

- усиление аэрации дыхательных структур, что в основном достигается различными поведенческими актами.

Контакт дыхательных поверхностей с хорошо аэрированной водой прежде всего достигается выбором местообитания, где вода достаточно насыщена кислородом, и ее периодическим обновлением вблизи тела. В случае резкого ухудшения респираторной среды многие организмы перемещаются даже в не свойственные им биотопы.

Универсальна адаптация гидробионтов к аэрированию дыхательных поверхностей путем обновления контактирующей с ними воды. Это обновление может обеспечиваться естественными токами воды, передвижением организмов в ее толще или благодаря специальным дыхательным движениям. Обитание в проточной воде — наиболее экономичный способ обновления воды вокруг организма.

Обновление воды за счет поступательного движения самого организма осуществляется у ряда ракообразных, простейших, червей, личинок насекомых и многих других животных.

Многие животные, находящиеся на дне, дышат атмосферным воздухом, используют кислород, непосредственно выделяемый растениями, ряд животных использует на дыхание воздух, находящийся в тканях растений. У одних гидробионтов комбинирование водного и воздушного дыхания служит адаптацией к существованию в среде, периодически или постоянно неблагоприятной в респираторном отношении, у других оно обеспечивает возможность выхода из водной среды в воздушную для питания или расселения.

- адаптации к эффективному транспорту кислорода и углекислоты внутри организма. Конкретное сочетание перечисленных адаптации определяет степень эвриоксидности гидробионтов - аэробов, возможность освоения ими участков гидросферы, неблагоприятных в респираторном отношении.

У многоклеточных гидробионтов не все клетки и ткани контактируют с внешней средой, и их потребность в кислороде должна удовлетворяться с помощью специальных систем его доставки. Наиболее эффективное из них — перенос током различных циркулирующих в организме жидкостей, особенно если в них содержатся специальные дыхательные пигменты. Среди дыхательных пигментов у гидробионтов наиболее распространен гемоглобин (эритрокруорин), гемоцианин, хлорокруорин, гемоэритрин.

Под интенсивностью дыхания понимается количество кислорода, потребляемое организмом в единицу времени (скорость дыхания) на единицу массы.

Под эффективностью газообмена понимается способность организмов с той или иной полнотой извлекать кислород из воды, омывающей дыхательные поверхности, степень ее дезоксигенизации в процессе дыхания. Интенсивность и эффективность газообмена у разных гидробионтов неодинаковы, зависят от их состояния и приспособительно меняются под влиянием условий среды.

Наибольшее влияние на потребление кислорода гидробионтами оказывают температура и кислород.

Помимо этого, величина газообмена может зависеть от солености воды, ионного состава растворенных солей, pH и некоторых других абиотических факторов.

Из биотических факторов наибольшее значение имеют концентрация и характер взаимодействия особей. Обнаружено, что скорость дыхания часто неодинакова у особей, содержащихся поодиночке и в группах. В последнем случае у стайных животных

газообмен обычно снижается, что, по-видимому, объясняется уменьшением количества беспорядочных движений.

1. 5 Лекция №5 (2 часа).

Тема: «Общая характеристика населения гидросферы»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Планктон и нектон и их адаптации.
2. Бентос и перифитон.
3. Пелагобентос, нейстон, плейстон.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Планктон и нектон и их адаптации

Как среда жизни гидросфера подразделяется на более или менее отделенные друг от друга участки, обитатели которых вне зависимости от своего систематического положения конвергентно приобретают сходные адаптации, позволяющие им существовать и удерживаться в определенных биотопах образуя характерные жизненные формы Йохáннес Эугéниус Вáрминг.

Напоминаю, к наиболее крупным экологическим зонам водоемов относятся их толща, или пелагиаль (*pelagos* – открытое море), дно с прилегающим к нему слоем воды, или бенталь (*bentos* – глубина), и поверхностный слой воды, граничащий с атмосферой, или нейсталь (*nein* – плавать).

Среди населения пелагиали различают представителей планктона (*planktos* – парящий) и нектона (*nekton* – плавающий). К первым относятся формы, либо вовсе не способные к активным движениям, либо не способные противостоять потокам воды, переносящим их с места на место – водоросли, простейшие, ракчи, коловратки и другие мелкие организмы.

Своеобразной жизненной формой является криопланктон – население талой воды, образующейся под лучами солнца в трещинах льда и пустотах снега. Днем организмы криопланктона ведут активный образ жизни, а ночью вмерзают в лед. Некоторые из них при массовом развитии могут даже окрашивать снег или лед. Например, *Chlamydomonas nivalis* придает ему красную, а *Apalycyonema nordenskjordii* – зеленую окраску.

К нектонным формам принадлежат крупные животные, двигательная активность которых достаточна для преодоления водных течений (рыбы, кальмары, млекопитающие).

Приспособления планктонных и нектонных организмов к пелагическому образу жизни сводятся прежде всего к обеспечению плавучести, т.е. предотвращению или замедлению погружения под действием силы тяжести.

1. Это может быть достигнуто за счет повышения трения о воду. Чем меньше тело, тем больше его удельная поверхность и больше трение. Поэтому наиболее характерная черта планктонных организмов – малые и микроскопические размеры.

Увеличение удельной поверхности может достигаться также при уплощении тела, образовании всевозможных выростов, шипов и других прилатков. С ухудшением условий плавучести (повышение температуры, понижение солености) часто наблюдается и

изменение формы тела планктонных организмов. Например, в Индийском океане жгутиковые *Ceratium recticulatum* и *C.palmatum* имеют гораздо более длинные разветвленные придатки, чем в расположенной восточнее Атлантике, где вода холоднее.

2. Второй путь увеличения плавучести – уменьшение остаточной массы, т.е. разницы между массой организма и вытесненной им воды. Это может достигаться за счет повышения содержания воды в теле – ее количество у некоторых сальп, гребневиков, медуз достигает 99%, благодаря чему их способность к пассивному передвижению становится практически безграничной. У плавающих организмов происходит редукция тяжелых скелетных образований, например, у пелагических моллюсков (головоногих, крылоногих, киленогих) – раковины. У пелагических корненожек раковинка более пористая, чем у бентосных. Планктонные диатомовые водоросли отличаются от придонных более тонкими и слабее окремненными оболочками. У многих радиолярий кремниевые иглы становятся полыми. У многих плавающих черепах заметно редуцируются кости панциря.

Широко распространенный способ снижения плотности у гидробионтов – накопление жира. Богаты им радиолярии *Spongellaria*, ветвистоусые и веслоногие ракчи. Жировые капли имеются в пелагической икре ряда рыб. Жир вместо тяжелого крахмала в качестве запасного питательного вещества накапливается у планктонных диатомовых и зеленых водорослей. У некоторых, рыб, таких как гигантская акула (*Cetorhinus maximus*), луна-рыба (*Mola mola*), в теле так много жира, что они почти без всяких активных движений могут держаться у поверхности воды, где питаются планктоном. Часто накопление жира сопровождается и характерными изменениями в его составе. Например, у акул рода *Centrophorus* жировые отложения на 90% представлены наиболее легким липидом – скваленом.

3. Эффективное средство повышения плавучести – газовые включения в цитоплазме или специальные воздушные полости. Газовые вакуоли есть у многих планктонных водорослей. У бурых водорослей рода *Sargassum* накопление газовых пузырей на талломах превратило их из донных в гипонейстонные (приповерхностные) формы. Газовый пузырек в своей цитоплазме имеют раковинные амебы, воздухоносные камеры есть в подошве плавающих вниз щупальцами медуз. Плавательный пузырь, наполненный газом, свойствен многим рыбам (но у глубоководных форм, в условиях больших давлений, плавательный пузырь часто заполняется липидами). Наибольшего развития воздухоносные полости достигают у ряда сифонофор, благодаря чему их тело становится даже легче воды и сильно выступает из нее.

Другой ряд адаптаций пелагических организмов связан с характером их передвижения. Такой вид активного плавания осуществляется с помощью жгутиков, ресничек, изгибания тела, гребли конечностями и реактивным способом. Передвижение с помощью ресничек и жгутиков эффективно только при небольших размерах (0,05–0,2 мм) и потому наблюдается лишь у микроскопических организмов. Движение путем изгибания тела характерно для более крупных обитателей пелагиали. В одних случаях (пиявки, немертины) изгибания совершаются в вертикальной плоскости, в других – в горизонтальной (личинки насекомых, рыбы, змеи), в третьих – винтообразно (некоторые полихеты). Наибольшие скорости движения достигаются изгибанием заднего отдела тела в горизонтальной плоскости. Например, меч-рыба (*Xiphias gladius*) способна развивать

скорость до 130 км/ч. Весьма эффективно плавание реактивным способом. Среди простейших оно свойственно, например, жгутиковому *Medusochloris phiale* и инфузории *Craspedotella pileotus*, тело которых имеет колоколообразную форму и при сокращении выбрасывает наполняющую его воду. Сокращая колокол, движутся медузы. Подобно колоколу медуз, работают щупальца с натянутой между ними перепонкой у головурии *Pelagothuria* и головоногих моллюсков рода *Cirrothauma*. Особенно совершенно реактивное движение у ряда головоногих моллюсков, которых часто называют «живыми ракетами».

Для обеспечения быстроты движения у гидробионтов вырабатывается обтекаемая форма тела; высокой скорости движения способствуют выделение слизи, снижающее трение (рыбы, головоногие моллюски), и специфическое строение кожных покровов – сопротивление воды телу движущегося дельфина в несколько раз меньше, чем равновеликой модели такой же формы.

Тело плавающих животных, имеющих отрицательную плавучесть, как правило, более выпукло сверху, а у организмов с положительной плавучестью – снизу. В результате во время движения действует, дополнительная подъемная или соответственно заглубляющая сила, благодаря чему активно передвигающиеся животные почти не тратят энергии на поддержание своего положения в толще воды.

Активное передвижение в воде может также осуществляться за счет прыжков. К таким движениям способны многие коловратки, ракообразные, личинки насекомых, рыбы, млекопитающие. Во время прыжка скорость движения во много раз выше, чем при плавании. Например, коловратка *Scaridium eudactylotum* плавает со скоростью 0,25 мм/с, а совершая прыжок, достигает 6 мм/с. Рачки-эвфаузииды, обычно плавающие со скоростью не более 8 см/с, способны делать резкие прыжки в любом направлении. После быстрого броска планктонные организмы замирают, дезориентируя хищников.

Некоторые пелагические животные, разгоняясь в воде, выпрыгивают из нее, совершая планирующий полет в воздухе. Характерны частые прыжки из воды в воздух раков «летающих копепод» *Pontellidae* – у черноморских форм такие прыжки могут достигать 15 см в высоту и 15–20 см в длину.

К полету способны многие головоногие моллюски и рыбы. Кальмар *Stenoteuthis bartrami* длиной 30–40 см, разогнавшись в воде, может пролетать над морем более 50 м со скоростью около 50 км/ч. К такому полету он прибегает, спасаясь от хищников. Так же спасаются от них летучие рыбы (сем. *Exocoetidae*), обитающие в тропических и субтропических морях. Они разгоняются в воде до скорости 30 км/ч, резко увеличивают ее на поверхности при отрыве от воды – до 60–65 км/ч и пролетают 100–200 м, а иногда и до 400 м.

Наконец, третьей формой активного перемещения у водных организмов является скольжение. Среди пелагических организмов оно наблюдается у мелких форм, например у дитомовых водорослей, и обеспечивается контактом движущейся цитоплазмы с водой.

Трехмерность водной среды обитания позволяет выделять также способы перемещения организмов в вертикальной плоскости – всплытие и погружение. Активное движение такого рода за счет изменения плотности характерно для многих представителей фитопланктона и мелкого зоопланктона, реже оно встречается у крупных животных. Окружая себя микроскопическими пузырьками кислорода, выделяемого при фотосинтезе, водоросли всплывают, а сбросив с себя эти «поплавки», движутся вниз.

Принципиально сходен с этим механизм вертикального перемещения водорослей за счет попеременного накапливания в клетках тяжелых или легких ионов, в результате чего происходит изменение плотности. Регулируя ее, водоросли удерживаются в горизонтах воды, благоприятных по освещенности и содержанию биогенных элементов. У мелких беспозвоночных изменение плотности и соответствующее перемещение по вертикали достигается образованием временных газовых камер, например вакуолизации цитоплазмы у многих простейших. Крупные организмы, имеющие постоянные газовые камеры, регулируют их объем и благодаря этому перемещаются вверх или вниз. Чрезвычайно распространено движение организмов вверх с помощью локомоторных органов, а вниз – под действием силы тяжести.

Помимо активного передвижения, в водных сообществах широко распространено пассивное перемещение организмов. Подвижность самой среды обитания (масс воды) позволяет гидробионтам широко использовать природные силы для расселения, смены биотопов, перемещения в поисках пищи, мест размножения и других целей, компенсируя таким путем недостаточность средств активного передвижения или просто экономя энергию. Естественно, что из обитателей пелагиали планктонные формы перемещаются за счет внешних сил в большем масштабе, чем нектонные.

В реках пассивно скатывающаяся молодь рыб использует течения для перемещения к устьям. Морские течения, обладающие большой протяженностью и высокой скоростью, способны перемещать растения и животных на тысячи километров. Например, личинки европейского угря (*Anguilla anguilla*), вышедшие из икры в центральной части Атлантического океана, с потоками течений Гольфстрим и Северо-Атлантического в течение 2,5–3 лет пассивно дрейфуют к берегам Европы, преодолевая расстояние в 7–8 тыс. км.

Временно прикрепленные планктонные организмы могут перемещаться с кораблями, плавающими предметами, другими гидробионтами. Многие представители морского и пресноводного планктона могут вмерзать в лед и перемещаться вместе с ним. Интересно, что покоящиеся стадии планктонных организмов могут переноситься и воздушными течениями! Когда водоемы частично или полностью пересыхают, ветер, поднимая пыль с обсохшего грунта, переносит вместе с ней и их, обеспечивая расселение по другим водоемам.

Наряду с горизонтальными пассивными перемещениями у гидробионтов существуют и вертикальные, обусловленные выходом глубинных вод на поверхность, или погружением поверхностных вод в глубину. Наибольший размах вертикальных перемещений водных организмов токами воды наблюдается в умеренных и приполярных водах в зонах перемешивания водных масс.

Многим представителям планктона и нектона свойственны миграции – массовые перемещения, регулярно повторяющиеся во времени и пространстве. Такие перемещения могут совершаться и в горизонтальном, и в вертикальном направлениях – в те участки ареала, где в данное время условия наиболее благоприятны.

Массовые активные перемещения в горизонтальном направлении совершают, главным образом, представители нектона, особенно рыбы и млекопитающие. Миграции, направленные из открытого моря к его берегам и в реки, называются анадромными, а имеющие противоположное направление – катадромными. Горизонтальные миграции нектонных организмов могут достигать очень большой протяженности.

Креветка *Penaeus plebejus* преодолевает расстояние до 1 тыс. км и более. Тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus* – нерка, чавыча, горбуша, кета и другие, идущие на нерест из океана в реки, проплывают 3–4 тыс. км. Путь в 7–8 тыс. км преодолевают взрослые угри, идущие на нерест из рек Европы в Саргассово море. Грандиозны миграции тунцов, некоторых китообразных. Покрывая огромные расстояния во время миграций, животные обнаруживают поразительные навигационные способности. Например, тихоокеанские лососи неизменно идут на нерест в реки, в которых появились на свет.

Планктонные организмы могут мигрировать и пассивным путем, используя, например, течения – как те же личинки угрей.

Многим водным организмам свойственны суточные вертикальные миграции. Размах их в морях обычно составляет 50–200 м и более, а в пресных водоемах с малопрозрачной водой может не превышать несколько десятков сантиметров. Особенно сложна картина суточных миграций у представителей зоопланктона, большинство которых в темное время суток концентрируется у поверхности, а днем – в более глубоких слоях. Своеобразны миграции глубоководного планктона, поднимающегося на глубины 200–300 м ночью и опускающегося днем на многие сотни метров (иногда – наоборот). Экологическое значение таких миграций разнообразно и во многих случаях еще не ясно.

Помимо суточных, вертикальные миграции гидробионтов могут носить сезонный характер или быть связанными с изменением образа жизни в ходе индивидуального развития.

2. Бентос и перифитон

В бентали жизненные формы гидробионтов представлены бентосом –организмами, обитающими на поверхности грунта и в его толще (соответственно, эпи- и эндбентос) и перифитоном (*peri* – вокруг, *phyton* – растение) – совокупностью организмов, поселяющихся на различных предметах и телах других организмов.

Представитель бентоса – знаменитый своими размерами двустворчатый моллюск тридакна

К наиболее массовым представителям бентоса относятся бактерии, актиномицеты, водоросли, грибы, простейшие (особенно корненожки и инфузории), губки, кораллы, кольчатые черви, ракообразные, личинки насекомых, моллюски, иглокожие. В состав перифитона также входят бактерии, водоросли, грибы, простейшие, губки, мшанки, черви, усоногие ракообразные, двустворчатые моллюски и другие беспозвоночные. Перифитонные организмы селятся на днищах кораблей, корягах, бревнах и иных плавающих предметах, на растениях и животных. В ряде случаев четкую границу между бентосом и перифитоном провести невозможно, например, в случае обрастания скал и различных предметов на дне.

Приспособления гидробионтов к бентосному и перифитонному образу жизни прежде всего сводятся к развитию средств удержания на твердом субстрате, защите от засыпания оседающей взвесью осадков, к выработке наиболее эффективных способов передвижения. Очень характерны для организмов бентоса и перифитона приспособления к временному переходу к пелагическому образу жизни, что обеспечивает этим малоподвижным формам возможность расселения.

Удержание на твердом субстрате достигается различными путями. Прикрепление к субстрату наблюдается у многих растений, простейших, губок, кишечнополостных, червей, моллюсков, ракообразных и других гидробионтов. Прикрепление может быть

временным или постоянным, а по своему механизму – пневматическим (присасывательным), в виде сплошного прирастания, или корневидным – с помощью нитей. Присасывательное прикрепление наблюдается, например, у моллюсков *Ancylus*, пиявок, актиний. Сплошное прирастание может быть известковым (кораллы), хитиновым или рогоподобным (моллюски, усоногие раки). Прикрепление с помощью корней и ризоидов характерно для высших растений и многих водорослей (например, ламинарии). Прикрепление нитями биссуса свойственно ряду двустворчатых моллюсков (мидия, дрейссена).

Другая форма удержания – заглубление в субстрат: частичное или полное закапывание в грунт или внедрение в твердые породы путем их высверливания и протачивания. Закапываться способны многие моллюски, иглокожие, черви, личинки насекомых и даже некоторые рыбы. Например, некоторые морские угри выкапывают на песчаном дне норку, куда прячутся при опасности. К временному закапыванию в грунт приспособились также разные крабы, креветки, головоногие моллюски, рыбы (например, камбала). Внедряются в твердые субстраты, разрушая их механически или химически (растворение кислотами), некоторые губки, моллюски, иглокожие, ракообразные.

В качестве защиты от засыпания слоем осадков у бентосных организмов разных систематических групп конвергентно вырабатывается приподнятие над грунтом за счет соответствующей формы тела и вытягивания вверх в процессе роста. Наиболее распространенная форма тела прикрепленных донных организмов – конусообразная, воронковидная, грибообразная, во всех случаях более тонкая снизу (губки, одиночные кораллы, моллюски). У морских лилий имеется длинный стебелек, с помощью которого они прикрепляются к грунту, а стеклянные губки рода *Euplectella* имеют вид вытянутой вверх трубы. Наряду с вытягиванием вверх, защита от засыпания взвесью у прикрепленных организмов достигается поселением на субстратах, возвышающихся над дном. Прирастают к скалам и камням, различным предметам и организмам усоногие раки, моллюски дрейссены, мшанки. Растения спасает от засыпания их быстрое нарастание.

По степени подвижности среди бентосных и перифитонных организмов выделяют формы бродячие (крабы, осьминоги, морские звезды), слабо перемещающиеся (моллюски, морские ежи) и прикрепленные (губки, мшанки, кораллы). В целом в этой группе способность к активным движениям выражена слабее, чем у пелагических организмов. Однако малая подвижность бентосных и перифитонных видов во взрослом состоянии обычно компенсируется высокой мобильностью их молоди, ведущей пелагический образ жизни.

Миграции вниз по течению ручьев и рек совершают многие ракообразные и личинки насекомых. Для этого они поднимаются в толщу воды и, проплыв некоторое расстояние, оседают на новом месте.

Наиболее значительные горизонтальные миграции во взрослом состоянии совершают крупные ракообразные. На расстояние до 200 км от прибрежья в открытое море перемещается осенью камчатский краб *Paralithodes camtschatica*, – а весной с мест зимовки он возвращается в прибрежные воды. Массовые миграции лангустов *Panularis argus* происходят осенью с началом штормов со скоростью 1 км/ч и делятся в течение нескольких дней. Мигрируя, лангусты образуют цепочки из десятков особей, следующих строго друг за другом, касаясь своими антеннами впереди идущего.

Ряд бентосных организмов совершают и вертикальные перемещения в толще грунта, которые носят суточный и сезонный характер и могут быть связаны с защитой от хищников, поисками пищи, обеспечением кислородом.

3. Пелагобентос, нейстон, плейстон

В нейстали обитают представители нейстона (*nein* – плавать) – микроскопические или мелкие формы, населяющие приповерхностный слой воды, и плейстона (*pleusis* – плавать) – организмы крупных или средних размеров, часть тела которых погружена в воду, а часть выступает над ней.

Среди нейстонных организмов также выделяют тех, кто обитает на поверхности водяной пленки –эпинейстон. В пресных водоемах это клопы-водомерки *Gerris* и *Hydrometra*, жуки-вертячки *Cyrinus*, мухи *Ephydria*; а на поверхности океанов многочисленны клопы-водомерки *Halobates*.

Совокупность организмов, населяющих верхний слой воды толщиной 5 см, называют гипонейстоном. Условия жизни в этом поверхностном слое достаточно сильно отличаются от остальной массы воды. Здесь поглощается до половины всей солнечной радиации, проникающей в воду, большая часть ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Здесь резко выражен перепад температур воды и атмосферы, здесь вследствие испарения и выпадения осадков варьирует содержание соли. А вот концентрация кислорода из-за контакта с воздухом неизменно высокая.

Для приповерхностного слоя воды характерна также высокая концентрация органических веществ, что создает благоприятные условия для питания нейстонных организмов. С одной стороны, на поверхность воды попадают трупы различных животных, летающих над водой, а также содержащая органику пыль, приносимая с суши. С другой – из глубин к поверхности всплывают остатки отмерших гидробионтов (так называемый антидождь трупов). Существенную роль в повышении концентрации органики играют также газовые пузырьки и пена – возникшая в результате волнения воды, фотосинтеза, гниения и других причин, пузырьки газа адсорбируют органические вещества и транспортируют их в приповерхностный горизонт.

В составе гипонейстона преобладают гетеротрофные организмы – бактерии, простейшие, ракообразные, моллюски, насекомые, икра и молодь рыб и других гидробионтов. Интересно, что некоторые из них в качестве опоры используют нижнюю поверхность пленки воды (в пресных водах – моллюски *Limnaea*, *Physa*, раки *Scapholeberis* и др.; в море – моллюски *Hydrobia*, *Glaucus*, *Aeolis*, личинки высших раков и др.).

Для представителей плейстона характерна двойственность адаптаций, соответствующая тому, что часть их тела находится в воде, а часть – в воздухе. У плейстонных растений устьица, например, образуются только на верхней стороне листовой пластинки, которая изогнута и покрыта восковым налетом, что обеспечивает несмачиваемость и предупреждает заливание устьиц.

Многие плейстонные организмы для своего движения используют ветер. Например, сифонофора физалия (*Physalia aretusa*) имеет крупный, до 30 см, пневматофор, окрашенный в ярко-голубой или красный цвет. Газ, наполняющий пневматофор, вырабатывается специальными газовыми железами, находящимися внутри пузыря, и по своему составу близок к атмосферному, но отличается повышенным содержанием азота и углекислого газа. Верхняя часть пневматофора имеет вырост в виде гребня (парус),

который расположен несколько по диагонали и имеет слегка выгнутую S-образную форму. Благодаря косому расположения паруса физалия асимметрична, причем у особей, обитающих по разные стороны экватора, асимметрия зеркальная. В северном полушарии, где экваториальное течение отклоняется к северу, ветер сносит физалий к югу, а в южном, где течение отклоняется к югу, – к северу. В результате физалии, все время передвигаясь под действием ветра и течений, не выходят за пределы своего ареала.

Некоторые рыбы, например парусник (*Istiophorus platypterus*), луна-рыба (*Mola mola*), переходя временно к плейстоциальному образу жизни, выставляют над поверхностью воды сильно развитый спинной плавник и медленно дрейфуют, используя для передвижения силу воздушных течений.

1. 6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Эколого-биологическая структура водоёмов»

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Типы водоёмов. Пресные, солоноватые и солёные водоёмы.
2. Структура водоёма: бенталь, литораль, пелагиаль и условия существования в них.
3. Моря, океаны и их население.
4. Континентальные водоемы и условия жизни в них. Озёра, реки, водохранилища.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Типы водоёмов. Пресные, солоноватые и солёные водоёмы

Водная оболочка Земли представлена *Мировым океаном, подземными водами и континентальными водоемами*, в которых соответственно сконцентрировано около 1370, 60 и 0,23 млн. км³ воды. Население гидросферы по числу видов (около 250 тыс.) заметно уступает наземному из-за необычайного богатства в нем фауны насекомых.

Одна из характерных особенностей водного населения — резкое преобладание зоомассы над фитомассой, в то время как на суше наблюдается обратная картина. Это объясняется тем, что в воде из-за ее малой опорности растения - представлены преимущественно микроскопическими водорослями, которые в расчете на единицу массы фотосинтетически гораздо более продуктивны, чем наземные макрофиты, обычно не имеющие хлорофилла в корнях и стеблях (стволах). Поэтому за счет единицы фитомассы, как продуцента первопищи, в воде может существовать больше животных, чем на суше. Малые размеры, характерные для растений, обитающих в толще воды свойственны и большинству планктонных животных.

Водоём — постоянное или временное скопление стоячей или со сниженным стоком воды в естественных или искусственных впадинах (озёра, водохранилища, пруды и т. д.). Изучением водоёмов занимается наука гидрология. Водоёмы образуются при наличии на поверхности замкнутых котловин и превышения притока воды в это углубление над потерями её на фильтрацию в грунт и испарение. Водоёмы могут быть постоянными и временными, возникающими лишь в многоводные периоды года. По химическому составу и количеству солей, растворённых в воде, водоёмы разделяются на солёные и пресные. Физические, химические и биологические процессы в водоёмах протекают различно, в

зависимости от того, к какому типу они относятся. К искусственным водоёмам относятся водохранилища и пруды.

2. Структура водоёма: бенталь, литораль, пелагиаль и условия существования в них

Бенталь (англ. *benthal*, от греч. *bénthos* — глубина), области водоёмов, заселённые организмами, обитающими на грунте или в грунте водоёма. В морских и пресноводных водоёмах бенталь подразделяется на различные вертикальные зоны.

В области шельфа бенталь разделяется на три зоны. Выше уровня приливов расположена *супралитораль* — часть берега, увлажняемая заплесками и брызгами воды (*supra* — выше, *litus* — берег). Ниже супралиторали, гранича с ней, лежит *литораль* — прибрежье, периодически заливаемое водой во время приливов и освобождающееся от нее во время отливов. Еще глубже находится *сублитораль*, простирающаяся до нижней границы распространения донных фотосинтезирующих растений. Материковый склон занимает *батиаль*, а океаническое ложе — *абиссаль*, которая на глубинах свыше 6—7 км 'переходит в *ультраабиссаль*, или *гадаль* (*bathus* — глубокий, *abyssos* — бездна).

Иногда бенталь подразделяется на *фиталь* и *афиталь* в соответствии с границами распространения фитобентоса.

Пелагиаль (от греч. *pélagos* — море), толща воды озёр, морей и океанов как среда обитания пелагических организмов — планктона, нектона, плейстона. Пелагиаль противопоставляется бентали (то есть дну водоёмов), населённой бентосом. В морях и океанах пелагиаль разделяют

- по горизонтали на 2 зоны: неритическую (толща воды над шельфом) и океаническую (вся остальная толща воды);
- по вертикали выделяют (обычно в зависимости от степени освещённости) 3 зоны: эвфотическую (хорошо освещенную), дисфотическую (сумеречную), афотическую (лишённую света), а по распределению жизни: верхний слой воды до глубины 200 м (нижняя граница сублиторали) — получил название *эпипелагиали*, глубже лежащий слой (до нижней границы батиали) — *батипелагиали*. Далее следует *абиссопелагиаль*, простирающаяся от нижней границы батиали до глубин 6—7 км, и *ультраабиссопелагиаль*.

В пресноводных водоёмах пелагиаль по горизонтали разделяют на 2 зоны: прибрежную (толща воды в прибрежной части) и собственно пелагиаль (вся остальная толща); по вертикали выделяют 3 зоны (в зависимости от скорости понижения температуры): эпилимнион, металимнион и гиполимнион.

Население отдельных участков гидросфера неодинаково, поскольку они различаются по физико-химическим и другим характеристикам. Каждый вид нуждается для своего существования в определенных условиях и не может процветать там, где их нет.

3. Моря, океаны и их население

Мировой океан принято подразделять на Тихий, Индийский, Атлантический и Северный Ледовитый *оceanы* с их более или менее обособленными участками — *морями*. Из многочисленных факторов абиотической среды для населения Мирового океана наиболее важны характер грунта и особенности водных масс — их движение, температура, освещенность, соленость и газовый режим.

А) Грунты океанов подразделяют на *терригенные* и *пелагические*. Первые — различные материалы, приносимые с суши, являющиеся продуктами ее разрушения.

Пелагические осадки образуются главным образом из трупов обитателей пелагиали и отчасти за счет тонких неорганических частиц.

Б) По вертикали океанские воды по температурным, соленостным и некоторым другим характеристикам разделяются на *поверхностные, промежуточные, глубинные и придонные*. Глубина залегания этих слоев зависит от особенностей циркуляции воды.

В) На глубинах температура океанской воды постоянна в течение всего года и лежит в пределах от $-1,7$ до -2°C . Температура поверхностных океанских вод зависит от их географического «положения, сезона, характера течений и многих других факторов.

Г) Освещенность океанской воды быстро снижается по мере удаления от поверхности и обычно уже на глубине 100—200 м недостаточна для существования растений. В высоких широтах, где свет падает наклонно, он проникает в толщу воды на меньшую глубину, чем в тропиках. Помимо географического положения и сезона года, глубина проникновения света в воду зависит от ее прозрачности, которая в основном определяется количеством взвешенных организмов и продуктов их распада. Поэтому наиболее прозрачны океанские воды там, где они бедны планктоном, и синий цвет, характерный для прозрачных вод, — это обычно цвет морских пустынь.

Д) В океанской воде соленость очень устойчива и обычно колеблется в пределах 34—35%. Во внутренних морях солевой состав может заметно изменяться за счет поступления пресных вод с резко иным составом солей.

4. Континентальные водоемы и условия жизни в них. Озёра, реки, водохранилища

Континентальные водоемы, расположенные в углублениях суши, могут быть естественными и искусственными. Первые в основном представлены реками, озерами и болотами, вторые — каналами, водохранилищами и прудами. В подавляющем большинстве континентальные водоемы пресные, реже бывают солоноватыми, солеными (некоторые бессточные озера). Из 33 классов водных растений в пресных водах представлены 13, из 63 классов животных — 19. Только или почти исключительно в пресных водах обитают представители трех классов растений и двух классов животных. Из растений в пресных водах наиболее обычны грибы, сине-зеленые, диатомовые и зеленые водоросли, а также цветковые, из животных — простейшие, коловратки, олигохеты, брюхоногие и двустворчатые моллюски, ветвистоусые и веслоногие раки, личинки насекомых и рыбы.

А) Реки. Реки представляют собой водоемы, водная масса которых перемещается от истока к устью вследствие разницы их положения над уровнем моря, т. е. под влиянием силы тяжести.

Реки являются как бы посредниками в процессах водообмена между сушей и Мировым океаном.

Наибольшее значение для обитателей рек среди абиотических факторов имеют уровненный и паводковый режим, скорость течения, прозрачность, температура и солевой состав воды, а для обитателей дна — и характер грунтов.

Б) Озера представляют собой различной величины и формы котловины, заполненные водой.

Тектонические образуются в результате тектонических процессов, связанных с образованием трещин или участков опускания земной коры. Байкал, Телецкое, Ладожское, Онежское, Севан, Иссык-Куль.

Карстовые или провальные, образуются в том случае, когда текущая подземная вода встречает на свое пути легко растворимые породы и, как говорят, выщелачивает их, т. е. растворяет и уносит их. В таких местах образуются пустоты – пещеры, которые с течением времени достигают такой величины, что прикрывающий их слой не выдерживает и проваливается. Такие озера многочисленны на Урале, в Харьковской области.

Ледниковые или моренные, происходят в результате деятельности ледников. Ледник при своем движении прокладывает себе углубленное ложе или русло. Озера этого типа широко распространены на Камчатке, Курилах, Карелии.

Реликтовые или остаточные озера. Представляют собой остатки моря.

Эоловые, которые образуются в результате деятельности ветров (в средней Азии).

По биологической классификации, основы которой были заложены в 20-х годах нашего века А. Тинеманном и Е. Науманном, пресноводные озера подразделяют на *эвтрофные, мезо-, олиго- и бистрофные* (trophos — пища).

В 1958 г. В. Олле предложил принцип разделения озер по их удельной биоактивности — сумме всей энергии, переходящей из кинетической в потенциальную и наоборот за единицу времени на единицу площади или объема воды. В соответствии с этим выделяют озера с низкой биоактивностью, *олигодинамичные*, и с высокой — *эудинамичные*.

К ведущим факторам абиотической среды в озерах относятся движение воды, температура, свет, растворенные в воде вещества и характер грунта.

В) Среди водоемов, сооружаемых человеком, наибольшее значение имеют водохранилища, пруды, судоходные и оросительные каналы. Многочисленны различного рода отстойники, дренажные сооружения, наполняемые водой рисовые чеки, всевозможные водоемы ирригационной системы. В связи с интенсивным развитием поливного земледелия роль последних в системе водного хозяйства быстро возрастает.

К водохранилищам относят крупные водоемы с замедленным водообменом, уровень которых искусственно изменен и постоянно регулируется в целях накопления и последующего использования запасов воды.

По своим гидрологическим характеристикам речные водохранилища совмещают признаки рек и озер.

Характерная особенность водохранилищ — частые и притом значительные колебания уровня, связанные с особенностями режима запасания воды и ее расхода на орошение, выработку энергии и другие нужды. Благодаря понижениям уровня большие прибрежные участки освобождаются от воды и летом высыхают, а зимой промерзают, что сопровождается гибелью очень многих обитателей прибрежья.

1. 7 Лекция №7 (2 часа).

Тема: «Жизненные формы гидробионтов»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Планктон и нектон и их адаптации.
2. Бентос и перифитон.
3. Пелагобентос, нейстон, плейстон.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Планктон и нектон и их адаптации

Как среда жизни гидросфера подразделяется на более или менее отделенные друг от друга участки, обитатели которых вне зависимости от своего систематического положения конвергентно приобретают сходные адаптации, позволяющие им существовать и удерживаться в определенных биотопах образуя характерные жизненные формы Йоханнес Эугениус Варминг.

Напоминаю, к наиболее крупным экологическим зонам водоемов относятся их толща, или пелагиаль (*pelagos* – открытое море), дно с прилегающим к нему слоем воды, или бенталь (*bentos* – глубина), и поверхностный слой воды, граничащий с атмосферой, или нейсталь (*nein* – плавать).

Среди населения пелагиали различают представителей планктона (*planktos* – парящий) и нектона (*nekton* – плавающий). К первым относятся формы, либо вовсе не способные к активным движениям, либо не способные противостоять потокам воды, переносящим их с места на место – водоросли, простейшие, ракчи, коловратки и другие мелкие организмы.

Своеобразной жизненной формой является криопланктон – население талой воды, образующейся под лучами солнца в трещинах льда и пустотах снега. Днем организмы криопланктона ведут активный образ жизни, а ночью вмерзают в лед. Некоторые из них при массовом развитии могут даже окрашивать снег или лед. Например, *Chlamydomonas nivalis* придает ему красную, а *Apalycyonema nordenskjordii* – зеленую окраску.

К нектонным формам принадлежат крупные животные, двигательная активность которых достаточна для преодоления водных течений (рыбы, кальмары, млекопитающие).

Приспособления планктонных и нектонных организмов к пелагическому образу жизни сводятся прежде всего к обеспечению плавучести, т.е. предотвращению или замедлению погружения под действием силы тяжести.

4. Это может быть достигнуто за счет повышения трения о воду. Чем меньше тело, тем больше его удельная поверхность и больше трение. Поэтому наиболее характерная черта планктонных организмов – малые и микроскопические размеры.

Увеличение удельной поверхности может достигаться также при уплощении тела, образовании всевозможных выростов, шипов и других придатков. С ухудшением условий плавучести (повышение температуры, понижение солености) часто наблюдается и изменение формы тела планктонных организмов. Например, в Индийском океане жгутиковые *Ceratium recticulatum* и *C.palmatum* имеют гораздо более длинные разветвленные придатки, чем в расположенной восточнее Атлантике, где вода холоднее.

5. Второй путь увеличения плавучести – уменьшение остаточной массы, т.е. разницы между массой организма и вытесненной им воды. Это может достигаться за счет повышения содержания воды в теле – ее количество у некоторых сальп, гребневиков, медуз достигает 99%, благодаря чему их способность к пассивному передвижению становится практически безграничной. У плавающих организмов происходит редукция тяжелых скелетных образований, например, у пелагических моллюсков (головоногих, крылоногих, киленогих) – раковины. У пелагических корненожек раковинка более пористая, чем у бентосных. Планктонные диатомовые водоросли отличаются от придонных более тонкими и слабее окремненными

оболочками. У многих радиолярий кремниевые иглы становятся полыми. У многих плавающих черепах заметно редуцируются кости панциря.

Широко распространенный способ снижения плотности у гидробионтов – накопление жира. Богаты им радиолярии *Spongellaria*, ветвистоусые и веслоногие ракчи. Жировые капли имеются в пелагической икре ряда рыб. Жир вместо тяжелого крахмала в качестве запасного питательного вещества накапливается у планктонных диатомовых и зеленых водорослей. У некоторых, рыб, таких как гигантская акула (*Cetorhinus maximus*), луна-рыба (*Mola mola*), в теле так много жира, что они почти без всяких активных движений могут держаться у поверхности воды, где питаются планктоном. Часто накопление жира сопровождается и характерными изменениями в его составе. Например, у акул рода *Centrophorus* жировые отложения на 90% представлены наиболее легким липидом – скваленом.

6. Эффективное средство повышения плавучести – газовые включения в цитоплазме или специальные воздушные полости. Газовые вакуоли есть у многих планктонных водорослей. У бурых водорослей рода *Sargassum* накопление газовых пузырей на талломах превратило их из донных в гипонейстонные (приповерхностные) формы. Газовый пузырек в своей цитоплазме имеют раковинные амебы, воздухоносные камеры есть в подошве плавающих вниз щупальцами медуз. Плавательный пузырь, наполненный газом, свойствен многим рыбам (но у глубоководных форм, в условиях больших давлений, плавательный пузырь часто заполняется липидами). Наибольшего развития воздухоносные полости достигают у ряда сифонофор, благодаря чему их тело становится даже легче воды и сильно выступает из нее.

Другой ряд адаптаций пелагических организмов связан с характером их передвижения. Такой вид активного плавания осуществляется с помощью жгутиков, ресничек, изгибания тела, гребли конечностями и реактивным способом. Передвижение с помощью ресничек и жгутиков эффективно только при небольших размерах (0,05–0,2 мм) и потому наблюдается лишь у микроскопических организмов. Движение путем изгибания тела характерно для более крупных обитателей пелагиали. В одних случаях (пиявки, немертины) изгибания совершаются в вертикальной плоскости, в других – в горизонтальной (личинки насекомых, рыбы, змеи), в третьих – винтообразно (некоторые полихеты). Наибольшие скорости движения достигаются изгибанием заднего отдела тела в горизонтальной плоскости. Например, меч-рыба (*Xiphias gladius*) способна развивать скорость до 130 км/ч. Весьма эффективно плавание реактивным способом. Среди простейших оно свойственно, например, жгутиковому *Medusochloris phiale* и инфузории *Craspedotella pileotus*, тело которых имеет колоколообразную форму и при сокращении выбрасывает наполняющую его воду. Сокращая колокол, движутся медузы. Подобно колоколу медуз, работают щупальца с натянутой между ними перепонкой у голотурий *Pelagothuria* и головоногих моллюсков рода *Cirrothauma*. Особенно совершенно реактивное движение у ряда головоногих моллюсков, которых часто называют «живыми ракетами».

Для обеспечения быстроты движения у гидробионтов вырабатывается обтекаемая форма тела; высокой скорости движения способствуют выделение слизи, снижающее трение (рыбы, головоногие моллюски), и специфическое строение кожных покровов –

сопротивление воды телу движущегося дельфина в несколько раз меньше, чем равновеликой модели такой же формы.

Тело плавающих животных, имеющих отрицательную плавучесть, как правило, более выпукло сверху, а у организмов с положительной плавучестью – снизу. В результате во время движения действует, дополнительная подъемная или соответственно заглубляющая сила, благодаря чему активно передвигающиеся животные почти не тратят энергии на поддержание своего положения в толще воды.

Активное передвижение в воде может также осуществляться за счет прыжков. К таким движениям способны многие коловратки, ракообразные, личинки насекомых, рыбы, млекопитающие. Во время прыжка скорость движения во много раз выше, чем при плавании. Например, коловратка *Scaridium eudactylotum* плавает со скоростью 0,25 мм/с, а совершая прыжок, достигает 6 мм/с. Рачки-эвфаузииды, обычно плавающие со скоростью не более 8 см/с, способны делать резкие прыжки в любом направлении. После быстрого броска планктонные организмы замирают, дезориентируя хищников.

Некоторые пелагические животные, разгоняясь в воде, выпрыгивают из нее, совершая планирующий полет в воздухе. Характерны частые прыжки из воды в воздух раков «летающих копепод» *Pontellidae* – у черноморских форм такие прыжки могут достигать 15 см в высоту и 15–20 см в длину.

К полету способны многие головоногие моллюски и рыбы. Кальмар *Stenoteuthis bartrami* длиной 30–40 см, разогнавшись в воде, может пролетать над морем более 50 м со скоростью около 50 км/ч. К такому полету он прибегает, спасаясь от хищников. Так же спасаются от них летучие рыбы (сем. *Exocoetidae*), обитающие в тропических и субтропических морях. Они разгоняются в воде до скорости 30 км/ч, резко увеличивают ее на поверхности при отрыве от воды – до 60–65 км/ч и пролетают 100–200 м, а иногда и до 400 м.

Наконец, третьей формой активного перемещения у водных организмов является скольжение. Среди пелагических организмов оно наблюдается у мелких форм, например у дитомовых водорослей, и обеспечивается контактом движущейся цитоплазмы с водой.

Трехмерность водной среды обитания позволяет выделять также способы перемещения организмов в вертикальной плоскости – всплытие и погружение. Активное движение такого рода за счет изменения плотности характерно для многих представителей фитопланктона и мелкого зоопланктона, реже оно встречается у крупных животных. Окружая себя микроскопическими пузырьками кислорода, выделяемого при фотосинтезе, водоросли всплывают, а сбросив с себя эти «поплавки», движутся вниз. Принципиально сходен с этим механизм вертикального перемещения водорослей за счет попеременного накапливания в клетках тяжелых или легких ионов, в результате чего происходит изменение плотности. Регулируя ее, водоросли удерживаются в горизонтах воды, благоприятных по освещенности и содержанию биогенных элементов. У мелких беспозвоночных изменение плотности и соответствующее перемещение по вертикали достигается образованием временных газовых камер, например вакуолизации цитоплазмы у многих простейших. Крупные организмы, имеющие постоянные газовые камеры, регулируют их объем и благодаря этому перемещаются вверх или вниз. Чрезвычайно распространено движение организмов вверх с помощью локомоторных органов, а вниз – под действием силы тяжести.

Помимо активного передвижения, в водных сообществах широко распространено пассивное перемещение организмов. Подвижность самой среды обитания (масс воды) позволяет гидробионтам широко использовать природные силы для расселения, смены биотопов, перемещения в поисках пищи, мест размножения и других целей, компенсируя таким путем недостаточность средств активного передвижения или просто экономя энергию. Естественно, что из обитателей пелагиали планктонные формы перемещаются за счет внешних сил в большем масштабе, чем нектонные.

В реках пассивно скатывающаяся молодь рыб использует течения для перемещения к устьям. Морские течения, обладающие большой протяженностью и высокой скоростью, способны перемещать растения и животных на тысячи километров. Например, личинки европейского угря (*Anguilla anguilla*), вышедшие из икры в центральной части Атлантического океана, с потоками течений Гольфстрим и Северо-Атлантического в течение 2,5–3 лет пассивно дрейфуют к берегам Европы, преодолевая расстояние в 7–8 тыс. км.

Временно прикрепленные планктонные организмы могут перемещаться с кораблями, плавающими предметами, другими гидробионтами. Многие представители морского и пресноводного планктона могут вмерзать в лед и перемещаться вместе с ним. Интересно, что покоящиеся стадии планктонных организмов могут переноситься и воздушными течениями! Когда водоемы частично или полностью пересыхают, ветер, поднимая пыль с обсохшего грунта, переносит вместе с ней и их, обеспечивая расселение по другим водоемам.

Наряду с горизонтальными пассивными перемещениями у гидробионтов существуют и вертикальные, обусловленные выходом глубинных вод на поверхность, или погружением поверхностных вод в глубину. Наибольший размах вертикальных перемещений водных организмов токами воды наблюдается в умеренных и приполярных водах в зонах перемешивания водных масс.

Многим представителям планктона и нектона свойственны миграции – массовые перемещения, регулярно повторяющиеся во времени и пространстве. Такие перемещения могут совершаться и в горизонтальном, и в вертикальном направлениях – в те участки ареала, где в данное время условия наиболее благоприятны.

Массовые активные перемещения в горизонтальном направлении совершают, главным образом, представители нектона, особенно рыбы и млекопитающие. Миграции, направленные из открытого моря к его берегам и в реки, называются анадромными, а имеющие противоположное направление – катадромными. Горизонтальные миграции нектонных организмов могут достигать очень большой протяженности. Креветка *Penaeus plebejus* преодолевает расстояние до 1 тыс. км и более. Тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus* – нерка, чавыча, горбуша, кета и другие, идущие на нерест из океана в реки, проплывают 3–4 тыс. км. Путь в 7–8 тыс. км преодолевают взрослые угри, идущие на нерест из рек Европы в Саргассово море. Грандиозны миграции тунцов, некоторых китообразных. Покрывая огромные расстояния во время миграций, животные обнаруживают поразительные навигационные способности. Например, тихоокеанские лососи неизменно идут на нерест в реки, в которых появились на свет.

Планктонные организмы могут мигрировать и пассивным путем, используя, например, течения – как те же личинки угрей.

Многим водным организмам свойственны суточные вертикальные миграции. Размах их в морях обычно составляет 50–200 м и более, а в пресных водоемах с малопрозрачной водой может не превышать несколько десятков сантиметров. Особенно сложна картина суточных миграций у представителей зоопланктона, большинство которых в темное время суток концентрируется у поверхности, а днем – в более глубоких слоях. Своеобразны миграции глубоководного планктона, поднимающегося на глубины 200–300 м ночью и опускающегося днем на многие сотни метров (иногда – наоборот). Экологическое значение таких миграций разнообразно и во многих случаях еще не ясно.

Помимо суточных, вертикальные миграции гидробионтов могут носить сезонный характер или быть связанными с изменением образа жизни в ходе индивидуального развития.

2. Бентос и перифитон

В бентали жизненные формы гидробионтов представлены бентосом –организмами, обитающими на поверхности грунта и в его толще (соответственно, эпи- и эндобентос) и перифитоном (*peri* – вокруг, *phyton* – растение) – совокупностью организмов, поселяющихся на различных предметах и телах других организмов.

Представитель бентоса – знаменитый своими размерами двустворчатый моллюск тридакна

К наиболее массовым представителям бентоса относятся бактерии, актиномицеты, водоросли, грибы, простейшие (особенно корненожки и инфузории), губки, кораллы, кольчатые черви, ракообразные, личинки насекомых, моллюски, иглокожие. В состав перифитона также входят бактерии, водоросли, грибы, простейшие, губки, мшанки, черви, усоногие ракообразные, двустворчатые моллюски и другие беспозвоночные. Перифитонные организмы селятся на днищах кораблей, корягах, бревнах и иных плавающих предметах, на растениях и животных. В ряде случаев четкую границу между бентосом и перифитоном провести невозможно, например, в случае обрастания скал и различных предметов на дне.

Приспособления гидробионтов к бентосному и перифитонному образу жизни прежде всего сводятся к развитию средств удержания на твердом субстрате, защите от засыпания оседающей взвесью осадков, к выработке наиболее эффективных способов передвижения. Очень характерны для организмов бентоса и перифитона приспособления к временному переходу к пелагическому образу жизни, что обеспечивает этим малоподвижным формам возможность расселения.

Удержание на твердом субстрате достигается различными путями. Прикрепление к субстрату наблюдается у многих растений, простейших, губок, кишечнополостных, червей, моллюсков, ракообразных и других гидробионтов. Прикрепление может быть временным или постоянным, а по своему механизму – пневматическим (присасывательным), в виде сплошного прирастания, или корневидным – с помощью нитей. Присасывательное прикрепление наблюдается, например, у моллюсков *Ancylus*, пиявок, актиний. Сплошное прирастание может быть известковым (кораллы), хитиновым или рогоподобным (моллюски, усоногие раки). Прикрепление с помощью корней и ризоидов характерно для высших растений и многих водорослей (например, ламинарии). Прикрепление нитями биссуса свойственно ряду двустворчатых моллюсков (мидия, дрейссена).

Другая форма удержания – заглубление в субстрат: частичное или полное закапывание в грунт или внедрение в твердые породы путем их высверливания и протачивания. Закапываться способны многие моллюски, иглокожие, черви, личинки насекомых и даже некоторые рыбы. Например, некоторые морские угри выкапывают на песчаном дне норку, куда прячутся при опасности. К временному закапыванию в грунт приспособились также разные крабы, креветки, головоногие моллюски, рыбы (например, камбала). Внедряются в твердые субстраты, разрушая их механически или химически (растворение кислотами), некоторые губки, моллюски, иглокожие, ракообразные.

В качестве защиты от засыпания слоем осадков у бентосных организмов разных систематических групп конвергентно вырабатывается приподнятие над грунтом за счет соответствующей формы тела и вытягивания вверх в процессе роста. Наиболее распространенная форма тела прикрепленных донных организмов – конусообразная, воронковидная, грибообразная, во всех случаях более тонкая снизу (губки, одиночные кораллы, моллюски). У морских лилий имеется длинный стебелек, с помощью которого они прикрепляются к грунту, а стеклянные губки рода *Euplectella* имеют вид вытянутой вверх трубы. Наряду с вытягиванием вверх, защита от засыпания взвесью у прикрепленных организмов достигается поселением на субстратах, возвышающихся над дном. Прирастают к скалам и камням, различным предметам и организмам усоногие раки, моллюски дрейссены, мшанки. Растения спасает от засыпания их быстрое нарастание.

По степени подвижности среди бентосных и перифитонных организмов выделяют формы бродячие (крабы, осьминоги, морские звезды), слабо перемещающиеся (моллюски, морские ежи) и прикрепленные (губки, мшанки, кораллы). В целом в этой группе способность к активным движениям выражена слабее, чем у пелагических организмов. Однако малая подвижность бентосных и перифитонных видов во взрослом состоянии обычно компенсируется высокой мобильностью их молоди, ведущей пелагический образ жизни.

Миграции вниз по течению ручьев и рек совершают многие ракообразные и личинки насекомых. Для этого они поднимаются в толщу воды и, проплыв некоторое расстояние, оседают на новом месте.

Наиболее значительные горизонтальные миграции во взрослом состоянии совершают крупные ракообразные. На расстояние до 200 км от прибрежья в открытое море перемещается осенью камчатский краб *Paralithodes camtschatica*, – а весной с мест зимовки он возвращается в прибрежные воды. Массовые миграции лангустов *Panularis argus* происходят осенью с началом штормов со скоростью 1 км/ч и делятся в течение нескольких дней. Мигрируя, лангусты образуют цепочки из десятков особей, следующих строго друг за другом, касаясь своими антеннами впереди идущего.

Ряд бентосных организмов совершает и вертикальные перемещения в толще грунта, которые носят суточный и сезонный характер и могут быть связаны с защитой от хищников, поисками пищи, обеспечением кислородом.

3. Пелагобентос, нейстон, плейстон

В нейстали обитают представители нейстона (nein – плавать) – микроскопические или мелкие формы, населяющие приповерхностный слой воды, и плейстона (pleusis – плавать) – организмы крупных или средних размеров, часть тела которых погружена в воду, а часть выступает над ней.

Среди нейстонных организмов также выделяют тех, кто обитает на поверхности водяной пленки –эпинейстон. В пресных водоемах это клопы-водомерки *Gerris* и *Hydrometra*, жуки--вертячки *Cyrinus*, мухи *Ephydra*; а на поверхности океанов многочисленны клопы-водомерки *Halobates*.

Совокупность организмов, населяющих верхний слой воды толщиной 5 см, называют гипонейстоном. Условия жизни в этом поверхностном слое достаточно сильно отличаются от остальной массы воды. Здесь поглощается до половины всей солнечной радиации, проникающей в воду, большая часть ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Здесь резко выражен перепад температур воды и атмосферы, здесь вследствие испарения и выпадения осадков варьирует содержание соли. А вот концентрация кислорода из-за контакта с воздухом неизменно высокая.

Для приповерхностного слоя воды характерна также высокая концентрация органических веществ, что создает благоприятные условия для питания нейстонных организмов. С одной стороны, на поверхность воды попадают трупы различных животных, летающих над водой, а также содержащая органику пыль, приносимая с суши. С другой – из глубин к поверхности всплывают остатки отмерших гидробионтов (так называемый антидождь трупов). Существенную роль в повышении концентрации органики играют также газовые пузырьки и пена – возникшая в результате волнения воды, фотосинтеза, гниения и других причин, пузырьки газа адсорбируют органические вещества и транспортируют их в приповерхностный горизонт.

В составе гипонейстона преобладают гетеротрофные организмы – бактерии, простейшие, ракообразные, моллюски, насекомые, икра и молодь рыб и других гидробионтов. Интересно, что некоторые из них в качестве опоры используют нижнюю поверхность пленки воды (в пресных водах – моллюски *Limnaea*, *Physa*, раки *Scapholeberis* и др.; в море – моллюски *Hydrobia*, *Glaucus*, *Aeolis*, личинки высших раков и др.).

Для представителей плейстона характерна двойственность адаптаций, соответствующая тому, что часть их тела находится в воде, а часть – в воздухе. У плейстонных растений устьица, например, образуются только на верхней стороне листовой пластинки, которая изогнута и покрыта восковым налетом, что обеспечивает несмачиваемость и предупреждает заливание устьиц.

Многие плейстонные организмы для своего движения используют ветер. Например, сифонофора физалия (*Physalia aretusa*) имеет крупный, до 30 см, пневматофор, окрашенный в ярко-голубой или красный цвет. Газ, наполняющий пневматофор, вырабатывается специальными газовыми железами, находящимися внутри пузыря, и по своему составу близок к атмосферному, но отличается повышенным содержанием азота и углекислого газа. Верхняя часть пневматофора имеет вырост в виде гребня (парус), который расположен несколько по диагонали и имеет слегка выгнутую S-образную форму. Благодаря косому расположения паруса физалия асимметрична, причем у особей, обитающих по разные стороны экватора, асимметрия зеркальная. В северном полушарии, где экваториальное течение отклоняется к северу, ветер сносит физалий к югу, а в южном, где течение отклоняется к югу, – к северу. В результате физалии, все время передвигаясь под действием ветра и течений, не выходят за пределы своего ареала.

Некоторые рыбы, например парусник (*Istiophorus platypterus*), луна-рыба (*Mola mola*), переходя временно к плейстонному образу жизни, выставляют над поверхностью

воды сильно развитый спинной плавник и медленно дрейфуют, используя для передвижения силу воздушных течений.

1.8 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Структурно-функциональные характеристики биотической компоненты водных экосистем: популяции гидробионтов»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Популяции гидробионтов и их особенности.
2. Статические характеристики и динамические характеристики популяции.
3. Половая и возрастная структура популяций.
4. Внутрипопуляционная разнокачественность и внутрипопуляционные взаимоотношения гидробионтов.
5. Функциональные и информационные связи в популяциях гидробионтов.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Популяции гидробионтов и их особенности

Популяция гидробионтов (от лат. *populus*- народ, население) совокупность морфологически и генетически сходных особей одного вида, в течение продолжительного времени заселяющих определенную акваторию.

Разные участки гидросферы характеризуются разнообразными условиями среды, поэтому каждый вид растений, животных и микроорганизмов приспосабливается к условиям конкретных водоемов, исходя из своих адаптивных возможностей.

Популяция - надорганизменная биологическая система, способная к саморегуляции. Она выбирает оптимальные условия существования, в которых наиболее эффективно можно использовать естественные кормовые ресурсы и их энергию.

Псевдопопуляции - совокупность особей одного вида, в течение продолжительного времени заселяющих определенную акваторию, но не способные к воспроизведению, а восстанавливающие свою численность за счет поступления организмов извне.

Полилитические и монолитические популяции. Приспосабливаясь к условиям среды в водоемах разного типа (пресные и соленые озера, водохранилища, водоемы-охладители), гидробианты одного и того же вида могут образовывать отдельные популяции, различающиеся между собой морфофизиологическими и генетическими признаками. Такие виды получили название полиморфных, или политипичных.

Виды, в пределах которых не образуются отдельные группы (популяции), называют мономорфными или монотипичными. Чем выше биологический полиморфизм, чем более разнообразные особи входят в состав популяции, тем легче они приспосабливаются к изменениям условий среды.

Несмотря на то, что популяции гидробионтов занимают определенные акватории в пределах ареала данного вида, отдельные особи могут переноситься водой (или разными транспортными средствами - лодками, судами при прямом или опосредованном участии человека) на значительные расстояния. Так, из Европейского континента в водоемы Канады и США был вселен моллюск Дрейссена, в водоемы европейских стран - макрофит элодея канадская,

а из Атлантического побережья США в Черное море гребневик *Mnemiopsis leidyi*. Эти виды в новых условиях стали массовыми. По-научному это называется “биологическая инвазия”. Растения или животные внедряются в чужую среду и начинают там осваиваться за тысячи километров от родины. На новом месте они акклиматизируются и вытесняют “коренных жителей”.

Слагаясь из организмов, популяции имеют иные свойства, характеризуются новыми качествами:

Величина

Плотность

Половая структура

Возрастная структура

Рождаемость

Продукция (рост численности, биомассы).

2. Статические характеристики и динамические характеристики популяции

Наиболее значимые для человека: Продуктивность биологической системы – ее способность производить подобное себе вещество (т.е. это свойство популяций образовывать органическое вещество в форме организмов).

Биологическая продукция – органическое вещество производимое популяцией.

Величина популяции, Плотность популяции.

Численность и биомасса популяций гидробионтов.

Под величиной популяции подразумевают число особей и их биомассу независимо от занимаемой ею площади (или объема воды). Количество особей одного вида, приходящееся на единицу объема водной массы или поверхности воды или дна, называется численностью популяции. Она выражается количеством экземпляров на 1 дм³, 1 м³ или на 1 м². Эта величина не является постоянной, поскольку популяции гидробионтов распределяются в водной среде крайне неравномерно и при этом очень динамичны во времени.

На пространственное распределение планктонных популяций влияют течения, уровень воды, температура, освещенность, прозрачность и мутность водных масс, погодные условия, наличие зарослей макрофитов и многие другие факторы. Пространственное распределение бентонтов обусловливается рельефом донного грунта, его заиленностью, общей структурой донных отложений и другими особенностями дна водоемов как жизненной среды. Динамика численности популяции во времени зависит от ее собственных жизненных циклов, в течение которых она меняет биотопы, мигрируя из одних частей водоемов в другие.

Численность популяции характеризуется относительной величиной, которая колеблется на протяжении даже очень короткого отрезка времени в довольно широком диапазоне и в одном и том же месте никогда не бывает постоянной. Учитываются не абсолютные значения численности, а относительные. Они свидетельствуют о массовом или ограниченном размножении определенных видов, а также о том, что популяция более или менее многочисленна по сравнению с другими группами данного биоценоза или экосистемы в целом в исследуемый период.

Биомасса каждой популяции – это сумма индивидуальных значений массы всех ее организмов. Она определяется как произведение численности популяции на биомассу

каждого отдельного организма данного вида и выражается для планктона в миллиграммах на кубический дециметр воды ($\text{мг}/\text{дм}^3$), в граммах на кубический метр ($\text{г}/\text{м}^3$) или на единицу поверхности водного зеркала ($\text{г}/\text{м}^2$). Биомасса бентоса и отдельных популяций, а также биоценоза в целом рассчитывается в килограммах на 1 м^2 площади дна, а при исследовании больших водоемов на 1 га ($\text{кг}/\text{га}$).

Биомасса всего сообщества (фитопланктона, зоопланктона, фитомикробентоса или зообентоса) определяется как сумма величин биомассы популяций, входящих в его состав.

Как и численность, биомасса популяции изменяется во времени и в пространстве. Она характеризуется относительной величиной, указывающей на главную или второстепенную роль данной популяции в составе сообщества.

Биомасса популяции является суммой величин биомассы всех стадий развития ее особей (например, у веслоногих раков – пять так называемых наутиальных стадий, неполовозрелые и половозрелые самки; у ветвистоусых - молодь, или ювенисы, неполовозрелые самки, партеногенетические самки, эффициальные самки). Чтобы рассчитать биомассу популяции, надо численность организмов каждой стадии умножить на индивидуальную биомассу.

В стандартных таблицах приведена «сухая биомасса», которая может отличаться от расчетной. Принято считать, что соотношение сырой и сухой биомассы составляет 10:1, т. е. 90% тела беспозвоночных – это вода.

Динамика количественных показателей может быть представлена графически в декартовых координатах, где на оси абсцисс откладывают даты, а на оси ординат – численность или биомассу популяций или ценоза в целом.

Регуляция численности популяции

Под величиной популяции подразумевают число особей и их биомассу независимо от занимаемой ею площади (или объема воды). При этом между численностью и биомассой нет прямой зависимости. Биомасса популяции, состоящей из большого количества мелких форм, может быть значительно меньше, чем биомасса популяции, сформированной менее многочисленными, но более крупными особями. Популяции одних и тех же видов, обитающих в разных экологических условиях, могут существенным образом отличаться как по численности, так и по биомассе. В больших по размерам водных объектах популяции, как правило, более многочисленны, богаче их генофонд и шире возможности приспособления к изменениям условий среды.

Даже в экстремальных случаях, когда небольшие популяции в малых водоемах полностью исчезают, в превосходящих их по размерам водоемах сохраняется часть популяции, которая постепенно восстанавливает свою численность.

Вследствие конкуренции численность популяции может резко падать. В связи с этим важной проблемой является установление зависимости между численностью и жизнеспособностью популяции, т. е. определение наименьшей численности особей, которая гарантировала бы ее существование в течение довольно продолжительного времени. Снижение плотности популяции ниже определенного уровня угрожает окончательным ее вытеснением другими популяциями. Необходимо также иметь в виду, что каждая популяция входит в состав сообществ (ценозов), устойчивое существование которых возможно лишь при условии определенных количественных соотношений между их компонентами. Динамика численности популяций определяется соотношением между плодовитостью (рождаемостью) и смертностью ее организмов. Численность популяций

растительных и животных организмов имеет тенденцию к постоянному возрастанию. Но между плодовитостью и средним уровнем смертности особей существует корреляция на видовом уровне. У гидробионтов, уничтожаемых многочисленными рыбами и хищными беспозвоночными, мало шансов пройти все стадии развития - от рождения до наступления физиологически обусловленной смерти, поэтому у них эволюционно закрепился высокий уровень плодовитости. Так, самки комара пискуна (*Culex pipiens*) в течение весенне-летнего сезона дают три поколения по 200-300 особей в каждом. Луна-рыба (*Mola mola*) откладывает до 300 млн пелагических икринок, абсолютное большинство которых выедается животными многих видов. В то же время акулы в течение периода размножения откладывают всего несколько яиц, покрытых плотной оболочкой, которые сохраняются до самого выхода из них личинок. Эти примеры свидетельствуют о том, что параметры плодовитости отражают средний уровень смертности, характерный для каждого вида на протяжении продолжительного времени. Закономерности регуляции численности популяций гидробионтов формировались в процессе их эволюции. Здесь четко прослеживается связь между эндогенными и экзогенными составляющими приспособления популяций к изменениям условий существования. Такие экологические факторы, как температура воды, ее соленость, световой период, могут существенным образом из менять не только направленность метаболических процессов у гидробионтов, но и характер их размножения.

Один из способов регуляции численности популяций - Партеногенез очень распространен у ветвистоусых ракообразных из родов дафния, цериодафния, а также у коловраток. В естественных условиях в популяциях этих гидробионтов половое и партеногенетическое размножение могут происходить одновременно или чередоваться в зависимости от наличиях или иных факторов, в частности от обеспеченности пищей.

Емкость среды - это фактически ее потенциальные ресурсные возможности для воспроизведения биологической продукции. Воспроизводительными они называются потому, что при изъятии из водоема определенного количества организмов популяция может восстанавливаться за счет размножения оставшихся особей.

3. Половая и возрастная структура популяций

В состав популяции входят особи, различающиеся по полу, возрасту, размерам тела и другим биологическим показателям, в связи с чем ее характеризуют по многим признакам. Наиболее часто говорят о половой, возрастной, размерной, генетической и пространственной структуре популяции. Эти признаки тесно связаны между собой и могут свидетельствовать как о *состоянии популяции, так и об условиях ее развития*.

Важным показателем популяции является ее возрастной состав, в частности, наличие молодых, неспособных к размножению особей (прегенеративная группа), половозрелых, способных к размножению (генеративная группа), и старшей возрастной группы, уже неспособной к воспроизведению организма (постгенеративная группа). Если условия существования популяции благоприятны и она имеет достаточную кормовую базу, то численность молодых особей в ней всегда высокая, что свидетельствует о ее росте. Низкая численность молоди - первый признак старения популяции, численность и биомасса которой будут неуклонно снижаться.

Важной характеристикой популяции является ее разновозрастная структура. Наличие особей разного возраста способствует повышению устойчивости популяции к изменениям условий среды. При этом значительно расширяется спектр кормовых организмов,

потребляемых особями разного возраста. Гармоническому развитию популяции способствует и смена старших генераций младшими. Изменения возрастной структуры большинства популяций гидробионтов происходят с разной цикличностью, что обусловлено особенностями их биологии.

Половая структура популяции определяется соотношением самцов и самок. Этот показатель отражает, с одной стороны, жизнеспособность популяции, а с другой условия, в которых она находится. Особенно четко это проявляется у беспозвоночных. Установлено, что с ухудшением условий существования в популяции резко уменьшается численность самок и возрастает количество самцов. Снижается и общая численность особей, поскольку приостанавливается воспроизводство популяции. С общебиологической точки зрения эта зависимость обоснована. Как правило, ухудшение условий - это, в первую очередь, обеднение кормовой базы, которая является фактором, лимитирующим продуктивность гидробионтов. И наоборот, при улучшении условий в популяции увеличиваются количество самок и общая численность особей. Вместе с тем, при значительном превышении в популяции особей женского пола ее жизнеспособность не возрастает, а, наоборот, снижается. Наиболее стабильной, устойчивой к неблагоприятным условиям среды является популяция, в которой соотношение самок и самцов равно 1:1. Такая популяция лучше всего сохраняет генофонд.

Для многих видов беспозвоночных - ветвистоусых и жаброногих раков, коловраток - характерным является чередование двух способов размножения - полового и партеногенетического. В благоприятных условиях самки откладывают неоплодотворенные яйца, которые проходят нормальный цикл эмбрионального развития. Родившаяся молодь довольно быстро созревает и продолжает партеногенетический цикл. При ухудшении условий (снижение температуры, дефицит кислорода, повышенное содержание CO_2 и др.) в популяции появляются самцы, оплодотворяющие самок, и формируются так называемые зимние яйца, или эффициумы, устойчивые к неблагоприятным условиям.

Среди экологических факторов, влияющих на половую структуру популяций гидробионтов, важнейшими являются температура среды, освещенность, соленость воды и, как уже отмечалось, обеспеченность кормом.

Половая структура популяций зависит не только от условий существования гидробионтов, но и от генетически закрепленных особенностей их перехода к половой зрелости. Состояние половой зрелости характеризуется тремя стадиями: префертильной (организмы неспособны к размножению), фертильной (способны к размножению) и постфертильной (способность к размножению утрачена). У разных видов водных животных продолжительность каждой из этих стадий существенным образом отличается. У лососевых рыб префертильная стадия длится несколько лет, а фертильная (период нереста) - несколько дней. Постфертильная стадия практически отсутствует у некоторых лососевых рыб. Так, тихоокеанский лосось и озерная нерка погибают после единственного акта нереста, тогда как атлантический лосось после нереста остается живым и спустя некоторое время становится опять способным к размножению. У большинства других видов рыб и беспозвоночных фертильная стадия размножения довольно продолжительна, в то время как постфертильная значительно короче.

Хорологическая структура популяций

Распределение в пространстве особей популяциях гидробионтов может быть: групповое, случайное, равномерное.

4. Внутрипопуляционная разнокачественность и внутрипопуляционные взаимоотношения гидробионтов

Отличия отдельных организмов, входящих в состав популяции, по морфологическим и физиологическим показателям характеризуют ее разнокачественность. Если проанализировать большое количество особей одной популяции, то можно обнаружить отдельные организмы и даже их группы, отличающиеся по морфофизиологическим признакам - массе, размерам, окраске покровных тканей тела, полу и возрасту. Это внешние проявления внутрипопуляционной разнокачественности, сопровождающейся и более глубокими различиями биохимическими (наличие гликогена, жира, белка и его отдельных фракций) и физиологическими (плодовитость, скорость роста, интенсивность поглощения кислорода, гематологические показатели и др.). Например, в нерестовом стаде балтийской трески обнаруживались особи, которые не только быстрее накапливали пластические и энергетические вещества, но и характеризовались более ранним половым созреванием.

Разнокачественность в популяции рыб обнаруживается уже на ранних стадиях онтогенеза при формировании половых продуктов, в частности икры. Ее морфометрическая и физиолого-биохимическая изменчивость определяется генотипом и возрастом самок, их физиологическим состоянием, условиями нагула в период оогенеза, особенностями порционного выметывания икры во время нереста и т. п. Разнокачественность овулировавшей икры обуславливает дальнейшие различия в размерах, темпе роста и развитии, выживаемости и биохимических показателях эмбрионов, личинок, мальков и взрослых рыб.

Внутрипопуляционная разнокачественность свойственна разным видам водных животных.

Взаимоотношения особей в популяции довольно сложные. Наряду с конкуренцией за кормовые ресурсы и жизненное пространство организмы проявляют взаимопомощь и взаимное стимулирование активности в поисках более благоприятных условий существования и при защите молоди. Например, интенсивность питания форели в прудах возрастает с увеличением (до определенного уровня) плотности ее посадки (количество организмов на единицу площади или объема воды). Известны случаи, когда дельфины спасают в море людей, не давая им утонуть. Можно наблюдать, как при появлении хищников вся стая рыб по сигналу одной рыбки быстро рассеивается в разные стороны, а спустя некоторое время снова собирается вместе.

Стая - это долговременная совокупность, держащихся вместе особей одного вида, близких по возрасту и физиологическому состоянию, со сходным поведением. В отличие от стай, могут возникать временные объединения рыб или других водных животных, принадлежащих к одной популяции или к популяциям разных видов. Образование таких скоплений может быть реакцией на изменение условий среды (например, локальное освещение ночью участка водной поверхности) или на сосредоточение кормовых организмов.

Рыбы могут объединяться в стаи (или образовывать временные скопления) с целью размножения (нерестовые стаи), миграции (миграционные стаи), нагула (нагульные стаи), перехода к зимовке (зимовальные стаи). В стаи объединяются как половозрелые рыбы, так

и молодь. При этом молодь может образовывать стаи только на период достижения определенного возраста и размера, после чего рыбы переходят к одиночному образу жизни. Исключение составляют рыбы, у которых генетически закреплены стайные инстинкты.

Образование стаи, характерное для многих видов гидробионтов, является проявлением взаимопомощи в освоении определенных территорий, добыче пищи, воспроизведении популяций. Такие стайные рыбы Черного моря, как атлантическая пеламида, синий тунец, черноморский мерланг, осуществляя дальние миграции, находят лучшие условия для самосохранения, они легче уходят от хищников. При появлении хищников стая распадается, а отдельные рыбы расплываются в разные стороны. Благодаря та кому маневрированию хищник теряет способность к прицельному нападению на какую-то одну рыбу, поскольку его восприятие рассеивается. Системы стайной защиты имеют и другие популяции рыб. Так, черноморские рыбы ставрида и хамса при нападении хищников образуют очень плотные стаи, осуществляющие быстрые круговые движения. Из этого водоворота хищнику очень тяжело выхватить даже одну небольшую рыбку. Стai успешно обходят средства тралового лова рыб. Они легче находят скопления кормовых организмов, а соответственно и лучше питаются.

Стайный образ жизни наложил свой отпечаток и на поведение рыб. Так, с наступлением ночи стая рассеивается, а на следующий день формируется снова. Бентонты, ведущие преимущественно малоподвижный образ жизни, могут образовывать скопления организмов одной или нескольких популяций - консорциумы, например обрастане моллюском дрейссеной погруженных в воду твердых предметов. Такие образования - друзья – менее доступны рыбам-моллюскоедам, чем разобщенные их поселения.

Антагонистические отношения между отдельными особями в популяции наиболее часто проявляются в конкуренции за кормовые ресурсы. Иногда такая конкуренция приобретает формы каннибализма, т. е. поедание себе подобных. При резком ухудшении кормовой базы каннибализм иногда становится единственным способом сохранения популяции. Несмотря на то, что численность популяции резко сокращается, выживают более сильные особи, которые при улучшении условий восстанавливают ее. Известны случаи, когда взрослые особи окуня и щуки из-за отсутствия других рыб начинают поедать собственную молодь, кормовыми объектами которой являются мелкие планктонные и бентосные организмы. Это явление характерно не только для рыб, но и для других представителей водной фауны. Так, при повышении плотности культуры некоторые простейшие могут заглатывать особей своего вида. В условиях голодаания каннибализм наблюдается у гаммарид. Самки речного рака поедают собственную молодь, не отличая ее от других кормовых объектов.

Антагонистическое поведение внутри популяции может проявляться в борьбе за места нереста, укрытия и т. п. Примерам борьбы за захват биотопа может быть попытка морского краба *Piemnus sagi* изгнать своего родственника, сидящего в норе, чтобы занять его место.

Таким образом, между отдельными особями внутри популяции существуют многофункциональные взаимоотношения – как синергические, так и антагонистические. Они поддерживают популяцию в постоянном динамическом напряжении и направлены на процветание вида.

5. Функциональные и информационные связи в популяциях гидробионтов

Популяция как биологическая система надорганизменного уровня характеризуется разнообразными функциями, определяемыми сложными динамическими условиями среды. При этом она сохраняет свою самобытность во времени и пространстве. На первый взгляд, кажется невозможным сохранить целостность популяции и ее самобытность в условиях водной среды, когда рядом с организмами одной популяции живут многочисленные организмы других популяций. Однако это возможно благодаря функциональным и информационным взаимоотношениям особей одной популяции.

Взаимоотношения отдельных организмов в популяции реализуются путем визуальных, звуковых, вибrotактильных и метаболических контактов. При этом особое значение имеют химические вещества феромоны, вырабатываемые в организме гидробионтов; выделяясь в воду, они выполняют сигнальную функцию.

Эти вещества легко растворимы в воде, поэтому быстро переносятся на значительные расстояния, сигнализируя о половом или миграционном состоянии особи. Феромоны выделяются не только рыбами, но и беспозвоночными (ракообразными, олигохетами и др.). Благодаря действию феромонов к местам нереста самок подходят самцы, которые оплодотворяют икру молоками. Специфичность феромонов проявляется и во время образования миграционных скоплений рыб, баланусов и других гидробионтов. Существуют феромоны и с другими свойствами, обеспечивающими внутрипопуляционные взаимоотношения.

Многочисленные факты подтверждают наличие у гидробионтов информации о месте нахождения отдельных особей или их групп. Хорошо известно такое явление, как свечение многощетинковых морских полихет палоло (*Eunice viridis*). При созревании половых продуктов у самок полихет развиваются светящиеся органы. У самцов в этот период значительно обостряется зрение. Такие изменения в их организме совпадают с фазами луны и морскими приливами. В период размножения самки в большом количестве собираются на поверхности моря, вследствие чего оно светится, и это служит сигналом для самцов.

Информационные контакты у водных животных осуществляются с помощью генерирования электрических разрядов (рыбы) или подачи ультразвуковых сигналов (дельфины). У беспозвоночных хорошо развиты системы контактов, связанных с ощущением механических колебаний воды. У водных животных существуют разнообразные механизмы предупреждения об опасности. В частности звуковые и зрительные сигналы своевременно информируют, например, о приближении хищников, что вызывает реакцию испуга.

Основой общения гидробионтов одной популяции является, во-первых, информация о наличии отдельных особей или их групп и, во-вторых, наследственно закрепленный стереотип поведения, стимулирующий водных животных к поиску и поддержанию контактов в пределах одной популяции. Всю совокупность сигналов, посылаемых организмами одной популяции, можно рассматривать как **биологическое сигнальное поле**, благодаря которому особи одного вида стремятся к взаимному сближению. Так, выметывание икры рыбами осуществляется преимущественно в местах нереста рыб этого же вида.

1.9 Лекция №9 (2 часа).

Тема: «Структурно-функциональные характеристики биотической компоненты водных экосистем: гидробиоценозы»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Общее представление о гидробиоценозах.
2. Видовая структура ГБЦ.
3. Трофические связи.
4. Экологические сукцессии.
5. Межвидовые взаимоотношения в ГБЦ.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общее представление о гидробиоценозах

Гидробиоценоз (ГБЦ) – это совокупность популяций, населяющих тот или иной биотоп и обуславливающая во взаимодействии с абиотическим окружением круговорот веществ за счет поступления энергии извне. Уже в самом названии «гидробиоценоз» отражены три составляющие такой системы: «гидро» (водная среда), «био» (биота) и «ценоз» (сообщество).

Основные характеристики ГБЦ:

1. ГБЦ существует только во взаимодействии с мертвой природой какое-то время, через которую замыкается круговорот веществ.

2. ГБЦ – замкнутые системы по массообмену. В этом процессе устанавливаются сложные взаимоотношения между продуцентами (автотрофными организмами) и консументами (гетеротрофными организмами). Среди последних выделяются первичные консументы — растительноядные животные и вторичные — хищники, потребляющие первичных. Присутствует автотрофный комплекс → ГБЦ полночленные. Лишенные автотрофов и состоящие из гетеротрофов – неполночленные, существуют за счет энергии аллохтонного вещества (активный ил, подземные воды, стоки загрязненных вод).

3. Чем шире границы биотопа, тем крупнее ГБЦ. В рамках крупного ГБЦ выделяют мелкие (ГБЦ скалистой литорали, бетонных откосов и др.).

4. В рамках системного подхода используют только некоторые популяции, относящиеся к какому-то таксономическому рангу: фитоценозы, зооценозы, ихтиоценозы.

5. Границы ГБЦ не резкие, не дискретные. В местах соприкосновения биоценозов формируется переходная зона – экотон. Проявляется краевой эффект – увеличивается видовое разнообразие.

6. Популяции ГБЦ – взаимозависимы с использованием обратных связей, что обеспечивает сохранность системы в условиях неблагоприятных воздействий.

ГБЦ оцениваются по:

- Структурным (статическим) показателям: видовая структура, размерная структура, хорология;
- Функциональным (динамическим) показателям: трофические связи, продуцирование органического вещества, круговорот веществ, поток энергии.

2. Видовая структура ГБЦ

Поскольку в гидробиоценоз входят популяции и организмы разных видов, важной его характеристикой является видовая структура. Характеризуется числом видов, их численностью и биомассой. Она позволяет оценить значение отдельных видов в функционировании системы. Не все из многих компонентов гидробиоценоза играют одинаковую роль. Среди них есть представленные значительным количеством особей и большой биомассой - доминанты. Роль других несколько меньше, их называют субдоминантами. Но имеются и играющие второстепенную роль (второстепенные, или адоминанты) или случайно занесенные в биоценоз (случайные). Выделяют виды – эдификаторы (созидатели - edifice), они своей жизнедеятельностью модифицируют среду.

По степени привязанности вида к ГБЦ различают следующие категории видов:

- Характерные (эуценные) – свойственны одному биоценозу, либо представлены обильнее, чем в других;
- Преферентные (тихоценные) – предпочитают один биоценоз, но могут обитать в другом;
- Чужды (ксеноценные) – случайно попавшие в биоценоз;
- Убиквисты (индифферентные) – успешно живут в нескольких биоценозах.

Индекс Шеннона характеризует видовой состав и численность гидробионтов – компонентов гидробиоценоза и довольно адекватно отображает его разнообразие.

В экологии используются также показатель разнообразия по Симпсону и показатель выравненности. Биологическое значение этих показателей состоит в том, что они отражают не только разнообразие видового состава отдельных гидробиоценозов, но и их приспособленность к условиям среды.

Тенденция развития естественных растительных и животных сообществ состоит в увеличении их видового разнообразия, но существует определенный предел, до которого это увеличение обеспечивается естественными энергетическими ресурсами. Переход за эту границу приводит к снижению эффективности использования ресурсов живыми компонентами водной экосистемы.

Экосистемы с невысоким биотическим разнообразием, существующие за счет легкодоступной внешней энергии, могут быть достаточно стойкими во времени и способе противостояния внешним неблагоприятным факторам, если поступление питательных веществ извне сохраняется на достаточном уровне в течение продолжительного времени.

При благоприятных условиях существования численность видов в гидробиоценозах возрастает, но каждый вид представлен меньшим количеством особей. Наоборот, в неблагоприятных условиях уменьшается видовое разнообразие, но численность каждой популяции повышается. *Видовое разнообразие гидробиоценозов зависит от времени их существования.* В гидробиоценозах давно сформированных водных экосистем видов значительно больше, чем в молодых. Это можно проследить на примере искусственно созданных водоемов-накопителей рыбоводных прудов.

По Ю. Одому (1986 г.) «Стратегия» природы состоит в увеличении разнообразия, но только до пределов пока это не приводит к снижению эффективности использования ресурсов компонентами биоценоза

2. Размерная структура ГБЦ определяется величиной организмов, образующих популяции.

Г. Хатчинсоном указано, что виды, занимающие сходное положение в трофических цепях при совместном обитании, должны отличаться размерами тела в 1,3 раза. Это исключает перекрывание экологических ниш и обеспечивает возможность существования в одних биотопах.

Частный случай – парадокс планктона.

Изменение размерной структуры биоценозов имеет большое адаптивное значение. Например, у водорослей по мере уменьшения размеров клеток, возрастает темп деления клеток, ослабевает пресс потребителей.

3. Хорология. В пространственной структуре биоценозов различают распределение → Вертикальное (ярусное), горизонтальное (мозаичное).

В пелагических сообществах ярусность определяется температурой, освещенностью, концентрацией биогенов (особый случай термоклин), циркуляцией вод. Ярусность фитоценозов, зооценозов проявляется в приуроченности отдельных видов к конкретным глубинам с образованием слоев доминирования.

Для донных биоценозов характерна мозаичность, обуславливаемая грунтами, гидродинамическими придонными процессами. У донных животных четко проявляется зональность с переходом от литорали к сублиторали, батиали и абиссали.

3. Трофические связи

Пищевая цепь (пц.) – это перенос энергии пищи от ее источника – растения по линии поедания одним организмов другими. Каждое звено пищевой цепи соответствует трофическому уровню. В водных экосистемах:

- I. Число звеньев в пищевых цепях больше, чем в наземных экосистемах.
- II. Оптимально – 3- 5 звена, редко 2, 6, 7.

Пример 6 – членной пищевой цепи:

1. Диатомовые перидинеи – I трофический уровень, продуцент;
2. Веслоногие раки – II трофический уровень, первичный консумент;
3. Сельдь (молодь) – III трофический уровень, вторичный консумент;
4. Скумбрия – IV трофический уровень, третичный консумент;
5. Кальмары – V трофический уровень, четверичный консумент;
6. Человек (наземные экосистемы) – VI трофический уровень.

Организмы первого трофического уровня – продуценты, последующих уровней – консументы.

III. Имеют место три типа пищевых цепей (пц.):

- Пастищные пц. – растение → растительноядные животные → хищники;
- Детритные пц. – мертвое ОВ, минерализуемое микроорганизмами, ОВ в детрите → детритофаги → хищники;
- Метаболитные пц. (специфические) – возникают на основе осмотического питания РОВ.

Стефенс, Шинкк показали присутствие осмотического питания РОВ (аминокислотами) у морских животных 10 типов (35 родов): фораминиферы, моллюски, личинки комаров и др.

В олиготрофных экосистемах преобладают пастбищные пц (микроорганизмов мало, разложение ОВ слабое). В мезо-, эвтрофных экосистемах – преобладают детритные пищевые цепи.

Пищевые цепи в пелагических биоценозах длиннее (2-х членные более редки), чем в бентальных (2-х членные обычны).

Пищевые цепи в биоценозах южных широт длиннее, чем в полюсных.

Выход энергии на последнем звене пищевой цепи тем меньше, чем длиннее цепь.

Совокупность пищевых цепей конкретного ГБЦ или экосистемы в целом образует *пищевую сеть* (пс.).

4. Экологические сукцессии

Одно из основных свойств ГБЦ – их динамичность: меняются доминанты, обилие видов, структурно-функциональные характеристики.

Развитие, закономерное изменение биоценозов – это экологическая сукцессия (ЭС). ЭС – это не сезонная последовательность сменяющих друг друга сообществ. ЭС – это направленный процесс, это вектор в историческом процессе.

Для сукцессий характерно:

1. Это направленный упорядоченный процесс развития сообщества, он предсказуем;

2. Сукцессия происходит в результате изменения физической среды под действием и контролем сообщества. Физическое окружение не является причиной сукцессии, оно определяет специфику, характер (скорость, пределы изменения) сукцессии.

3. Кульминацией сукцессии являются сбалансированные устойчивые биоценозы, экосистемы. Достигается состояние равновесное с абиотической средой – относительной стабильности сообществ – состояние климакса. Климакс – это зрелое сообщество, завершающее сукцессию. Классический пример экологической сукцессии – зарастание озера, превращение его в болото.

Градиент сообществ, сменяющих друг друга до достижения климакса, называется серией.

В водных экосистемах различают сукцессии:

1) Первичные – сукцессия начинается с образования новой экосистемы (водоёма).
2) Вторичные – сукцессия развивается в длительно существующих, временных экосистемах (спускаемые рыбоводные пруды, осушаемая зона водохранилища и т.д.).

3) Аллогенная (экзогенная) сукцессия – обусловлена внешними гео-, физико-химическими, антропогенными признаками, изменяющими условия среды, биотоп → разработка каолита, золота, формирование водохранилищ и др.

4) Автогенная (эндогенная) сукцессия – является результатом действующих биологических процессов, она идёт в направлении эволюционного развития ГБЦ, экосистемы.

Автогенная сукцессия – вектор в историческом процессе.

Признаки автогенной сукцессии:

- Возрастает независимость сообществ от физического окружения.
- Повышение гомеостаза;
- Увеличение контроля сообщества под физическими факторами.

5) Автотрофная сукцессия – определяется развитием, изменением фитоценозов (эвтрофирование, зарастание, заболачивание озер, формирование болот).

6) Гетеротрофная сукцессия – определяется развитием гетеротрофов.

Признаки экологической сукцессии:

- Возрастает видовое разнообразие;

- Возрастает эквивалентность N видов;

- Популяции мелких организмов заменяются крупными с длительным жизненным циклом, снижаются затраты на обменные процессы;

- Усложняется система трофических связей;

- Характер и скорость круговорота биогенных веществ изменяется по синусоиде.

5. Межвидовые взаимоотношения в ГБЦ

В ходе эволюции водных экосистем существует тенденция к уменьшению роли отрицательных взаимодействий за счет положительных. В новых недавно сформированных ГБЦ вероятность возникновения сильных отрицательных взаимодействий больше, чем в старых.

Взаимодействие водных популяций теоретически выражим в виде символов: «+» - положительное; «-» - отрицательное; «0» - нейтральное. Комбинация символов позволяет выделить 8 основных типов межвидовых взаимоотношений в ГБЦ:

1) «00» - ни одна из популяций (вид) не оказывает на другую влияния – это нейтрализм.

2) «- -» - прямое или опосредованное взаимное подавление обоих видов, когда ресурс ограничен – это конкуренция, она может привести: к взаимному приспособлению конкурентов; - к замещению одного другим; - к переселению в иное место одного из конкурентов; - к использованию иной пищи.

Различают 3 формы конкурентных отношений:

-Несовершенная конкуренция, межвидовые взаимоотношения слабее внутривидовых.

- Совершенная конкуренция, один из видов вытесняется из ниши.

- Сверхсовершенная, жесткая конкуренция, быстрое подавление (антибиотики, токсикианты).

3) «- 0» - аменсализм – одна популяция подавляет другую, не испытывая отрицательное влияние. Пример, цветение вод (аменсализм = антибиоз, аллелопатия).

4) «+ -» - паразитизм – выгодно для популяции паразита, не выгодно для хозяина, популяция паразита < популяции хозяина, иначе паразит не найдет биотоп в лице хозяина.

5) «+ -» - хищничество – выгодно для одной популяции и не выгодно для другой. Популяция хищника > популяции добычи.

6) «+ 0» - комменсализм – пользу получает одна популяция (комменсал), для хозяина – безразлично (в полости тела голотурий живут рыбы р. Carapus, рыбы прилипалы, прикрепленные растения, животные).

7) «+ +» - мутуализм – облигатное взаимодействие, полезное для обоих популяций (червь *Convoluta* ↔ зоохлорелла *Convolaria*, моллюск *Tridacna* ↔ зооконтеллы). Это не дружеские взаимоотношения, они эгоистичны, возникают потому, что польза превышает требуемые затраты.

8) «+ +» - протокооперация – не облигатное, необязательное взаимодействие, популяции не находятся в полной зависимости (кишечнополостные ↔ крабы).

Неконкретная природа взаимосвязи:

Карпозы – все формы сожительства популяций гидробионтов, выгодные для одной из 2-х популяций гидробионтов и практически безвредные для другой (аменсализм + комменсализм + нейтрализм).

Симбиоз – «совместная жизнь» популяций гидробионтов безотносительно к природе взаимосвязи (мутуализм = протокооперация = облигатный симбиоз).

Синойкия – совместное жилище, жизнь, наименее тесное сожительство (существование) разных видов, безразличных друг другу, либо польза односторонняя (симбиоз, комменсализм = синойкия).

1.10 Лекция №10 (2 часа).

Тема: «Продукция и деструкция органического вещества»

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Продукция в водных экосистемах.
2. Классификация водоемов по трофности.
3. Сравнительная продуктивность наземных и морских экосистем.

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

1. Продукция в водных экосистемах

Для оценки содержания питательных веществ в водоеме применяются термины – кормовые ресурсы, кормность, трофность.

Биологическая продуктивность водоема (кормность, трофность) – способность сообщества, населяющего водоем, поддерживать определенную скорость воспроизведения биомассы входящих в его состав живых организмов.

БПВ характеризует совокупность процессов образования органического вещества и поглощения энергии, их трансформации при прохождении по трофическим цепям.

Основная роль в процессах новообразования органического вещества в водоемах принадлежит хлорофилсодержащим организмам – фитопланктону и макрофитам.

Органическое вещество, создаваемое в экосистемах в единицу времени (год, месяц и т. п.), называют биологической продукцией.

Различают первичную и вторичную продукцию сообщества.

Первичная продукция – результат жизнедеятельности растительных организмов и хемобактерий – новообразование органического вещества из неорганического за определенный период времени. Она создается в процессе фотосинтеза и, в значительно меньшей степени, хемосинтеза. В ходе фотосинтеза энергия Солнца, улавливается фотосинтетическими пигментами (хлорофиллом) и связывается в энергию химических связей органических веществ. Мерой первичной продукции является скорость новообразования органического вещества. Планктонные водоросли используют на метаболизм около 40 % фиксируемой энергии. Различают валовую и чистую первичную продукцию. Валовая первичная продукция (ВПП) – общая скорость фотосинтеза, все созданное органического вещества, в том числе и, которое используется самими растениями на поддержание их существования (на обмен, дыхание). ВПП = ТД + ЧПП Оставшаяся часть созданной органической массы (за вычетом трат на дыхание) характеризует чистую первичную продукцию, которая представляет собой величину прироста растений: ЧПП = ВПП – ТД Чистая первичная продукция (ЧПП) или

эффективная первичная продукция представляет собой скорость создания органического вещества за вычетом доли, используемой самими же организмами на процессы жизнедеятельности (ассимиляция) и которая остается непосредственно доступной для использования другими организмами в воде в качестве пищи.

Чистая продукция сообщества или продуктивность сообщества – скорость накопления органического вещества сообществом после выедания этого вещества консументами. Прирост массы консументов называют вторичной продукцией, но ее источник – первичная продукция. Вторичная продукция – продукция гетеротрофных организмов (консументов), которые питаются готовыми органическими веществами, прирост биомассы консументов за единицу времени. К вторичной продукции относят продукцию организмов второго и последующих трофических уровней (все животные, гетеротрофные микроорганизмы и сапрофитные растения). Чистая вторичная продукция – общая вторичная продукция за вычетом веществ, истраченных на дыхание и потребленных гетеротрофами. $P = ЧПП$; $ЧПП = П + ТД + Н$; P – рацион консумента; P – прирост консумента; H – неусвоенная часть пищи; $TД$ – траты на дыхание. Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня, так как прирост массы на каждом из них происходит за счет энергии, поступающей с предыдущего уровня.

Гетеротрофы, включаясь в трофические цепи, живут, в конечном счете, за счет чистой первичной продукции сообщества. В разных экосистемах они расходуют ее с разной полнотой. Если скорость изъятия первичной продукции в цепях питания отстает от темпов прироста растений, то это ведет к постепенному увеличению общей биомассы продуцентов. Под биомассой понимают суммарную массу организмов данной группы или всего сообщества в целом.

Часто биомассу выражают в эквивалентных энергетических единицах. В разных экосистемах скорость утилизации биомассы различна. Недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения имеет следствием накопление в системе мертвого органического вещества, что происходит, например, при заторфовывании болот, зарастании мелководных водоемов. Биомасса сообщества с уравновешенным круговоротом веществ остается относительно постоянной, так как практически вся первичная продукция тратится в цепях питания и разложения. Экосистемы очень разнообразны по относительной скорости создания и расходования как первичной продукции, так и вторичной продукции на каждом трофическом уровне. Однако всем без исключения экосистемам свойственны определенные количественные соотношения первичной и вторичной продукции, получившие название правила пирамиды продукции: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем.

В пелагиали океанов, где основными продуцентами являются одноклеточные водоросли с высокой скоростью оборота генераций, их годовая продукция в десятки и даже сотни раз может превышать запас биомассы. Вся чистая первичная продукция так быстро вовлекается в цепи питания (выедается), что накопление биомассы водорослей очень мало, но вследствие высоких темпов размножения небольшой их запас оказывается достаточным для поддержания скорости воссоздания органического вещества. Для океана правило пирамиды биомасс недействительно (пирамида имеет перевернутый вид).

На высших трофических уровнях преобладает тенденция к накоплению биомассы, так как длительность жизни крупных хищников велика, скорость оборота их генераций, наоборот, мала и в их тела задерживается значительная часть вещества, поступающего по цепям питания.

В тех трофических цепях, где передача энергии происходит в основном через связи хищник – жертва, часто выдерживается правило пирамиды чисел: общее число особей, участвующих в цепях питания, с каждым звеном уменьшается. Это связано с тем, что хищники, как правило, крупнее объектов своего питания и для поддержания биомассы одного хищника нужно несколько или много жертв

Пирамиды энергии на каждом уровне указывают количество переходящей энергии (кДж·м² ·год). Здесь соблюдается правило 10 %.

2. Классификация водоемов по трофности.

Продуктивность водоема зависит в первую очередь от фотосинтетической деятельности автотрофных организмов и различна в разных водоемах. По уровню продуктивности природные водоемы могут классифицироваться как:

- дистрофные (непродуктивные);
- олиготрофные (малопродуктивные);
- мезотрофные (среднепродуктивные);
- эвтрофные (высокопродуктивные).

Классификация водоемов по их трофности (продуктивности) применима для всех природных водоемов.

Дистрофные — водоемы с небольшим количеством питательных веществ, бедные растительным планктоном, обычно с водой, окрашенной в желтый или коричневый цвет. Пример - озера с большим количеством гумусовых кислот.

Олиготрофные водоёмы - водоёмы с невысоким уровнем первичной продукции. К олиготрофным относят воды, занимающие большие пространства в центр. субтропич. областях Мирового ок., первичная продуктивность к-рых из-за недостатка биогенных элементов низка. Среди континент. водоёмов к олиготрофным водоёмам относят обычно озёра и горные реки с холодной, насыщенной кислородом, бедной биогенными элементами, прозрачной водой. Максимальная первичная продукция олиготрофных водоёмов составляет 0,1—0,3 г С/м² в сут. Масса фитопланктона в олиготрофных водоёмах невелика, но его видовое разнообразие может быть большим. Гидробионты представлены оксифильными формами: из рыб обычны сиговые и лососевые (из личинок хирономид обычен танитарзус). Пресные олиготрофные водоёмы ценные как источник чистой воды.

Мезотрофные водоёмы - водоемы со средним уровнем первичной продукции. В морях — это переходные зоны между субтропическими и субполярными водами, среди континентальных водоёмов — некоторые озёра и водохранилища. Максимальная первичная продукция мезотрофных озёр 0,3— 2,0 г С/м² в сутки. Фитопланктон в мезотрофных водоёмах развит хорошо, состав гидробионтов отличается разнообразием.

Эвтрофные водоёмы (от греч. eutrophfa — хорошее питание) - водоёмы с высоким уровнем первичной продукции. В море это обычно прибрежные воды и зоны апвеллинга, богатые биогенными элементами. К эвтрофным, а часто и к высокоэвтрофным относят зоны эстуариев и лиманов, где концентрация биогенных элементов особенно высока. Первичная продукция таких вод составляет до 5 г С/м² в сутки. Из континентальных

водоёмов часто эвтрофны неглубокие озёра, водохранилища и пруды с развитой прибрежной растительностью, в которых часть образующегося органического вещества накапливается в донных отложениях и, окисляясь, вызывает недостаток кислорода в придонных слоях воды и заморы. Фитопланктон развит хорошо и количественно богат. Максимальная первичная продукция планктона — до 4,0 г С/м² в сутки. В эвтрофных водоёмах часто возникает «цветение» воды, вызываемое массовым развитием синезелёных и др. водорослей. Из рыб для таких водоёмов характерны карповые (в зообентосе - личинки хирономусов).

Первичная продукция водоёмов, поверхность которых освещается в сходной степени, может различаться в десятки и сотни раз. Она зависит от видового состава растений в водоёме, их количества, оптических свойств воды, концентрации биогенов, температуры. Поскольку с продвижением вглубь освещенность снижается, а концентрация биогенов возрастает, вертикальное распределение первичной продукции имеет два максимума. Один максимум наблюдается вблизи поверхности за счёт оптимума освещенности, второй — на некоторой глубине, где имеется много биогенов и необходимый минимум освещенности.

В Мировом океане по величине первичной продукции выделяют 3 зоны: открытые районы, прибрежные воды и апвеллинги. Чистая продукция этих вод равна соответственно 50, 100 и 300 г С/м² в год. Заметно выше, чем в Мировом океане, темп первичного производства в континентальных водоёмах, что объясняется большим поступлением биогенов с суши и перемещаемостью воды.

3. Сравнительная продуктивность наземных и морских экосистем

Свойство популяции или сообщества производить органическое вещество называется биологической продуктивностью, количественным показателем которой служит продукция — суммарное количество биомассы, образованное совокупностью растущих и размножающихся особей за определенное время. Продукцию понимают как характеристику производственного процесса за конкретный момент времени — сутки, месяц или год. Величину продукции относят обычно к единицам площади или объема. При сравнении продуктивности сообществ часто определяют удельную продукцию — отношение продукции сообщества к его биомассе за определенный отрезок времени. Величины биологической продуктивности морских и наземных сообществ весьма различаются. Первичная продукция биотических компонентов океана в среднем в 5 раз меньше наземной в расчете на единицу поверхности, а по биомассе растений континенты превосходят Мировой океан примерно в 7-10 тыс. раз, поскольку площадь поверхности океана превышает площадь поверхности континентов примерно в 2,5 раза. Общая первичная продукция континентов примерно в 2 раза превышает продукцию океанической экосистемы. В настоящее время полагают, что вклад океана в общую биологическую продукцию значительно больше и равен 50%, а по некоторым оценкам до 70% продукции наземных экосистем. В морской среде наиболее низкими по уровню первичной продукции являются океанические районы, которые сравнимы по уровню продуктивности с пустынями на континентах. Наиболее высокими по величине продукции являются сообщества морских трав, коралловых рифов и бурых водорослей. Прибрежные сообщества с водорослями и морскими травами по величине продукции не уступают сообществам агроценозов на суше, для которых отмечаются наивысшие показатели биологической продуктивности. На суше уровни биологической

продуктивности сообществ растений также весьма различаются. Среди наземных экосистем тропические леса являются наиболее продуктивными, в меньшей степени – леса умеренной зоны, а тундры и пустыни – наименее продуктивными. Болота, а также сообщества полупогруженных и погруженных растений морских прибрежных экосистем дают наивысшую продукцию на единицу поверхности. Из культивируемых систем наивысшие показатели продукции указываются для посевов кукурузы и сахарного тростника. Пресные водоемы континентов, в среднем, значительно менее продуктивны, чем суша. Известно, что тропические озера превышают по уровню первичной продукции все другие биотопы континентов. Озера умеренной зоны по уровню биопродуктивности соизмеримы с таковой культивируемых земель. В целом, уровень продукции пресных водоемов в большей степени зависит от их трофического статуса. Таким образом, по уровню биологической продуктивности океан – это пустыня по сравнению с прибрежными экосистемами, однако средний низкий уровень компенсируется огромной площадью Мирового океана.

1.11 Лекция №11 (2 часа).

Тема: «Использование воды в мире»

1.11.1 Вопросы лекции:

1. Водные ресурсы планеты и водопользование.
2. Виды водопотребления.
3. Потребление воды в мире.
4. Водопользование в России.

1.11.2 Краткое содержание вопросов:

1. Водные ресурсы планеты и водопользование.

Ресурсы пресных вод Земли формируются в процессе глобального круговорота воды, который является опреснителем вод и способствует их непрерывному возобновлению. Общее потребление пресных вод из года в год возрастает во всех регионах мира. Если в начале нашего столетия человечество потребляло 400 км³ воды в год, то ныне нам ежегодно необходимо уже около 4000 км³, т.е. около 10 % объема мирового речного стока.

По регионам мира использование водных ресурсов сильно варьирует. Указанный процент отражает отношение количества воды, используемой на хозяйственные нужды, к запасам местных водных ресурсов.

В результате постоянно растущего водопотребления происходит истощение ресурсов пресных вод за счет загрязнения источников пресных вод, безвозвратного расходования воды. Необходимо рассмотреть основные виды мирового водопотребления и его экологические последствия.

Водопользование – порядок, условия и формы использования водных ресурсов для удовлетворения потребностей населения и народного хозяйства, один из видов природопользования (ресурсопользования), необходимый для обеспечения жизнедеятельности людей. Согласно Водному кодексу Российской Федерации, водопользование – использование различными способами водных объектов для

удовлетворения потребностей Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических лиц, юридических лиц.

Различают общее водопользование и специальное водопользование.

Общее водопользование – использование водных объектов без применения сооружений, специальных технических средств и устройств (например, для купания и т. п.); может осуществляться гражданами и юридическими лицами без получения лицензии на водопользование.

Специальное водопользование – использование водных объектов с применением сооружений и устройств; осуществляется гражданами и юридическими лицами только при наличии договора на водопользование (за исключением случаев использования водных объектов для плавания на маломерных плавательных средствах и для разовых посадок (взлётов) воздушных судов). Условия специального водопользования регулируются центральными и местными властями, которые определяют его порядок, в том числе с учётом экологических ограничений. Специальное водопользование осуществляется с целью водообеспечения населения и объектов социальной сферы, сельского и рыбного хозяйства, промышленности, энергетики, водного транспорта и других видов деятельности, а также с целью водоотведения с соблюдением установленных нормативов по сбросу загрязняющих веществ. Для этих целей в Российской Федерации построено свыше 65 тыс. гидротехнических сооружений (ГТС), значительную часть которых составляют водонапорные сооружения малых и средних водохранилищ и крупные водохозяйственные системы. Для защиты населённых пунктов, объектов экономики и сельскохозяйственных угодий от негативного воздействия вод в стране построено более 10 тыс. км защитных водооградительных дамб и валов. На внутренних водных путях Российской Федерации расположено 723 судоходных ГТС, в том числе более 120 шлюзов.

Экологическим приоритетом водопользования является обеспечение питьевых и хозяйствственно-бытовых потребностей населения. Водопользование связано с другими видами ресурсопользования: земле-, лесо-, недропользованием – и находится с ними во взаимозависимости. Оно имеет определяющее значение в функционировании экосистем в целом. Водопользование зависит от состояния водных объектов – ресурсного и экологического – и регулируется по водосборным бассейнам рек и других водных объектов. Главным регулирующим критерием водопользования должно быть сохранение природных экосистем и обеспечение экологической безопасности природопользования в целом. Объём изъятия воды для водопользования требует тщательного экологического обоснования. Превышение допустимого изъятия воды из рек Амударья и Сырдарья (в основном для нужд орошения) привело к Аральской экологической катастрофе.

2. Виды водопотребления

Согласно докладу ООН за последнее столетие потребление воды более чем в два раза превысило темпы роста населения.

- Уже сейчас 2,8 миллиарда человек (40% населения Земли) в той или иной мере испытывают нехватку воды.
- Более 1,2 миллиарда человек живёт в условиях физической нехватки воды, когда для различных нужд изымается 75% стока рек (прежде всего это Северная Африка, Ближний Восток, а также некоторые регионы Китая и Индии).

Орошение являлось основой жизни в Древнем Египте, Месопотамии, Индии, Китае. Орошаемое земледелие как в древности, так и теперь является главным водопотребителем.

Со второй половины нынешнего столетия начался качественно новый этап в развитии орошения, характеризующийся существенным ростом орошаемых площадей, расширением их географии. В результате в настоящее время практически нет стран, где бы ни применялось орошение.

Наибольшей орошаемой площадью располагает Азия. Здесь практически во всех странах используется орошение. На юге и востоке континента сосредоточены основные массивы орошаемых земель, большая часть которых используется для выращивания риса.

Другим видом водопотребления является коммунально-бытовое водопотребление. Этот вид расходования водных ресурсов связан с потреблением воды населением городов и сельской местности. При этом особые требования предъявляются к качеству воды.

В настоящее время суммарный объем потребляемой населением воды превысил 250 км^3 в год. Но лишь 4 % населения земного шара пользуются водой в достаточном количестве,* т.е. около 300– 400 л/сутки на человека (из которых 10 % доброкачественная питьевая вода), а для $\frac{2}{3}$ населения, сосредоточенных главным образом в Африке и Азии, удельное потребление воды в 10 раз меньше.

По данным международной конференции в Рио-де-Жанейро (1992 г.), в развивающихся странах каждый третий житель страдает от недостатка питьевой воды. 80 % всех болезней и $\frac{1}{3}$ всех смертных случаев в них вызваны потреблением загрязненной воды. Поэтому важной проблемой становится обеспечение всех жителей планеты доброкачественной питьевой водой за счет рационального ее использования. Весьма показателен такой пример. По оценкам американских экспертов, в США в среднем потери питьевой воды, связанные с ее утечкой из водопроводов, составляют около 120 л в сутки на человека. Эта величина соответствует суммарному среднесуточному потреблению воды одного жителя Индии и Китая.

В настоящее время на нужды промышленности и энергетики расходуется 760 км^3 воды, что уступает только орошению. Суммарные оценки современного и будущего расходования воды в промышленности и энергетике представлены в таблице 4.2.

Объемы потребления воды в промышленности весьма различаются по отраслям. Так, на производство 1 т хлопчатобумажных тканей расходуется 250 м^3 воды, а для выпуска 1 т синтетического волокна – $2500 - 5000 \text{ м}^3$ воды. Очень много воды расходуется в производстве цветных металлов: выплавка 1 т никеля требует 4000 м^3 воды. Наибольшее количество воды расходуется в промышленности США – $260 \text{ км}^3/\text{год}$, что составляет почти треть суммарного мирового расходования. По прогнозам ученых, к концу XX в. водозабор в странах Азии, Африки, Латинской Америки возрастет в 3–5 раз, а в экономически развитых странах – лишь на 10–25 %, поскольку их водные ресурсы истощены как количественно, так и качественно.

Всего на земном шаре к настоящему времени сооружено свыше 30 тыс. водохранилищ, суммарный объем которых составляет около 6 тыс. км^3 . Общая площадь водохранилищ мира составляет 400 тыс. км^2 , что соответствует территориям таких государств, как, например, Норвегия, Марокко, Парагвай.

С поверхности водохранилищ испаряется значительное количество воды – до 240 км^3 . Для Африканского континента в целом этот вид расходования воды прочно удерживает второе

место после орошения, превышая в 5 раз по абсолютной величине промышленное водопотребление.

3. Потребление воды в мире.

Карта «Потребление воды на душу населения (м³/год)» иллюстрирует годовой забор воды для сельскохозяйственных, промышленных и коммунальных нужд из природных водоёмов на душу населения по странам мира. Лидерами водопотребления в мире являются Туркменистан (5 319 м³/год), Ирак (2 525 м³/год), Казахстан (2 345 м³/год), Узбекистан (2 295 м³/год), Гайана (2,161 м³/год), Кыргызстан (1 989 м³/год), Таджикистан (1 895 м³/год), Канада (1 468 м³/год), Азербайджан (1 415 м³/год), Суринам (1 393 м³/год), Эквадор (1 345 м³/год), Таиланд (1 366 м³/год), Эквадор (1 345 м³/год), Иран (1 288 м³/год), Австралия (1 218 м³/год), Болгария (1 099 м³/год), Пакистан (1 092 м³/год), Афганистан (1 061 м³/год), Португалия (1 088 м³/год), Судан (1 025 м³/год), США (972,10 м³/год).

В СНГ не малый объём воды изымается из природных водоёмов и на Украине (781,4 м³/год). Относительно низкое водопотребление на душу населения отмечается в Африке, а также Европе, включая Россию (455,50 м³/год) и Белоруссию (289,20 м³/год).

В среднем на Земле каждый год на душу населения изымается из природной среды 499 м³ воды.

Карта «Процент потребляемой воды от общих запасов возобновляемых водных ресурсов страны» иллюстрирует использование воды поверхностных и подземных источников в отношении от общих водных запасов каждой страны (%). У некоторых стран процент потребляемой воды от собственных запасов водных ресурсов превышает 100%. Это означает, что вода в страну импортируется или поступает трансгранично.

Самое высокое потребление воды в сравнении с собственными возобновляемыми запасами водных ресурсов характерно для Кувейта (2075%), Объединённых Арабских Эмиратов (1867%), Ливии (711,3%), Катара (381%), Саудовской Аравии (236,2%), Йемена (161,1%), Египта (94,69%).

На постсоветском пространстве ситуация складывается следующим образом: Узбекистан (115,7%), Туркменистан (99,59%), Таджикистан (74,84%), Кыргызстан (42,37%), Армения (36,39%), Азербайджан (34,75%), Казахстан (30,47%), Украина (26,88%), Молдавия (19,83%), Беларусь (4,81%), Грузия (2,56%), Россия (1,46%), Эстония (1,23%), Литва (1,07%), Латвия (0,81%).

Суммарное использование водных ресурсов превысило 3500 км³. Основное водопользование – орошающее земледелие.

Необходимым является определение основных путей охраны водных ресурсов в процессе их использования. Главным в охране водных ресурсов должна стать борьба с причинами загрязнений, а не с их последствиями, преобладающая ныне. Именно такой подход предусматривает интересы современного и особенно будущего поколения.

Современная стратегия охраны вод, ориентированная на нейтрализацию сточных вод очистными сооружениями, рано или поздно заведет мировое сообщество в тупик. Ведь, для того чтобы нейтрализовать даже хорошо очищенную сточную воду, необходимо иметь в водных объектах, куда сбрасываются стоки, чистую воду, обеспечивающую разбавление стоков как минимум в 10–12 раз. Только в этом случае естественный процесс самоочищения может справиться с доочисткой. Некоторые виды очищенных сточных вод требуют разбавления в 40–50-кратном количестве.

Что касается расходования воды, то здесь работает принцип «чем больше воды – тем менее рационально ее использование». Для производства пищи на одного человека в день расходуется 1100 литров воды, в то время как в США этот показатель составляет 4700 литров, а для бытовых нужд американец использует в среднем в 7-8 раз больше, чем составляет минимальная потребность в воде.

Интенсивное использование грунтовых вод приводит к их быстрому истощению. В США добыча грунтовых вод производится настолько интенсивно, что она почти на треть превышает скорость их естественного восстановления. При таких темпах добычи уже вскоре во многих регионах страны аграрное производство будет неэффективным.

4. Водопользование в России.

Российская Федерация обладает уникальным водно-ресурсным потенциалом. Суммарные ресурсы пресных вод России оцениваются в 10803 куб. км/год. Возобновляемые водные ресурсы (объемом годового стока рек на территории России) составляют 4861 куб. км, или 10% мирового речного стока (второе место после Бразилии). Главный недостаток российских водных ресурсов – их крайне неравномерное распределение по территории страны. По величине местных водных ресурсов Южный и Дальневосточный федеральные округа России, например, различаются почти в 30 раз, а по водообеспеченности населения примерно в 100 раз.

Реки являются основой водного фонда России. По ее территории протекает свыше 120 тыс. крупных рек (длиной более 10 км) общей протяженностью свыше 2,3 млн. км. Количество малых рек гораздо больше (свыше 2,5 млн). Они формируют около половины суммарного объема речного стока, в их бассейнах проживает до 44% городского и почти 90% сельского населения страны.

Подземные воды, которые используются, главным образом, для питьевых целей обладают потенциальными эксплуатационными ресурсами, превышающими 300 куб. км/год. Более трети потенциальных ресурсов сосредоточены в европейской части страны. Разведанные к настоящему времени месторождения подземных вод располагают суммарными эксплуатационными запасами примерно в 30 куб. км /год.

В целом по стране суммарный водозабор на хозяйственныe нужды относительно невелик – 3% среднего многолетнего стока рек. Однако в бассейне Волги, например, он составляет 33 % всего водозaborа страны, а по ряду речных бассейнов показатель превышает экологически допустимые объемы изъятия (Дон – 64%, Терек – 68%, Кубань – 80% среднегодового стока). На юге европейской территории России практически все водные ресурсы вовлечены в народнохозяйственную деятельность. В бассейнах рек Урала, Тобола и Ишими водохозяйственная напряженность стала фактором, в определенной степени сдерживающим развитие народного хозяйства.

Практически все реки подвержены антропогенному воздействию, возможности экстенсивного водозaborа для хозяйственных нужд по многим из них в целом исчерпаны. Вода многих российских рек загрязнена и непригодна для питьевых целей. Серьезной проблемой является ухудшение качества воды поверхностных водных объектов, которая в большинстве случаев не отвечает нормативным требованиям и оценивается как неудовлетворительная практически для всех видов водопользования.

Наблюдается деградация малых рек. Происходит их заиление, загрязнение, засорение, обрушение их берегов. Бесконтрольное изъятие воды, уничтожение и использование в хозяйственных целях водоохранных полос и зон, осушение верховых болот привели к

массовой гибели малых рек, тысячи из которых прекратили свое существование. Их общий сток, особенно в европейской части России снизился более чем на 50%, в результате чего происходит разрушение водных экосистем, и делает эти реки непригодными для использования.

На сегодняшний день, по данным экспертов, нормативам не соответствует от 35% до 60% питьевой воды в России и порядка 40% поверхностных и 17% подземных источников питьевого водоснабжения. На территории страны выявлено свыше 6 тысяч участков загрязнения подземных вод, наибольшее количество которых приходится на европейскую часть России.

По имеющимся расчетам каждый второй житель Российской Федерации вынужден использовать для питьевых целей воду, не соответствующую по ряду показателей установленным нормативам. Почти треть населения страны пользуется источниками водоснабжения без соответствующей водоподготовки. При этом жители ряда регионов страдают от недостатка питьевой воды и отсутствия надлежащих санитарно-бытовых условий проживания.

В частности, некачественную по санитарно-химическим и микробиологическим показателям питьевую воду потребляет часть населения в Республиках Ингушетия, Калмыкия, Карелия, Карачаево-Черкесской Республике, в Приморском крае, в Архангельской, Курганской, Саратовской, Томской и Ярославской областях, в Ханты-Мансийском автономном округе и Чукотском автономном округе.

Причина проблемы кроется в массовом загрязнении бассейнов рек и озер. При этом основную нагрузку на водоемы создают промышленные предприятия, объекты топливно-энергетического комплекса, предприятия муниципального хозяйства и агропромышленного сектора. Годовой объем сброшенных стоков за последние годы практически не изменяется. В 2008 г., например, он составил 17 куб. км. Однако необходимо отметить, что на этом фоне наблюдается снижение объемов сброса нормативно-очищенных сточных вод, что происходит из-за перегрузки очистных сооружений, их некачественной работы, нарушений технических регламентов, нехватки реагентов, прорывов и залповых сбросов загрязнений.

В России, особенно в европейской ее части, наблюдаются недопустимо большие потери воды. На пути от водоисточника до потребителя, например в 2008 г., при суммарном объеме забора воды из природных источников равном 80,3 куб. км, потери составили 7,76 км. В промышленности потери воды достигают более 25% (за счет утечек и аварий в сетях, инфильтрации, несовершенства технологических процессов). В жилищно-коммунальном хозяйстве теряется от 20 до 40% (за счет утечек в жилых и общественных зданиях, коррозии и износа водопроводных сетей); в сельском хозяйстве – до 30% (переполивы в растениеводстве, завышенные нормы подачи воды для целей животноводства).

Нарастает технологическое и техническое отставание водного хозяйства, в частности, в изучении и контроле качества вод, подготовке питьевой воды, обработке и утилизации осадков, образующихся при очистке природных и сточных вод. Прекращена разработка необходимых для устойчивого водообеспечения перспективных схем использования и охраны вод.

Глобальное потепление и изменение климата, как отмечают специалисты, приведет к улучшению водообеспеченности населения России в целом. Увеличения этого показателя

можно ожидать на Европейской территории страны, в Поволжье, в Нечерноземном центре, на Урале, на большей части Сибири и Дальнего Востока. Вместе с тем, в ряде густонаселенных регионов Черноземного центра России (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская и Тамбовская области), Южного (Калмыкия, Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область) и юго-западной части Сибирского (Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Омская и Томская области) федеральных округов РФ, которые и в современных условиях имеют довольно ограниченные водные ресурсы, в ближайшие десятилетия следует ожидать их дальнейшего уменьшения на 10-20%. В указанных регионах может отмечаться серьезный дефицит воды, который может стать фактором, сдерживающим экономический рост и повышение благосостояния населения, и возникнет необходимость строгого регулирования и ограничения водопотребления, а также привлечения дополнительных источников водообеспечения.

В Алтайском крае, в Кемеровской, Новосибирской, Омской и Томской областях уменьшение водных ресурсов, видимо, не приведет к критически низким значениям водообеспеченности и к высокой нагрузке на водные ресурсы. Однако, учитывая тот факт, что и в настоящее время здесь имеют место весьма серьезные проблемы, в перспективе они могут приобрести особую остроту, особенно в маловодные периоды. Это, прежде всего, связано с большой изменчивостью водных ресурсов во времени и по территории, а также с тенденцией к увеличению интенсивности использования стока трансграничных рек в Китае и Казахстане. Для решения этих проблем необходимо рассмотреть возможности регулирования стока и заключение международных договоров по совместному использованию водных ресурсов Иртыша.

Учитывая возрастающее влияние климата и его изменений на устойчивость развития экономики и социальной сферы страны, представляется необходимым при разработке государственной водной политики предусмотреть включение в нее задач, связанных с изменением климата.

В целом, главными причинами негативных тенденций в сфере водных ресурсов и возможных ограничений в их использовании эксперты считают природные катаклизмы, рост населения, ресурсозатратное промышленное и сельскохозяйственное производство, загрязнение отходами естественных водоемов, прибрежных территорий, грунтовых и подземных вод. В этой связи одной из первостепеннейших задач является охрана водных экосистем страны и содействие рациональному использованию воды в сельском хозяйстве, индустрии и быту.

Вывод довольно банальный, но оттого не менее серьезный: при сохранении тенденции нерационального использования воды, а также пренебрежении активным участием в решении проблемы доступа к питьевой воде на национальном и международном уровнях может только усугубить сложившуюся ситуацию.

1.12 Лекция №12 (2 часа).

Тема: «Эксплуатация гидробионтов и их сообществ и аквакультура»

1.12.1 Вопросы лекции:

1. Эксплуатация гидробионтов.

2. Видовой состав промысловых гидробионтов.

3. Аквакультура.

4. Перспективы эксплуатации гидробионтов.

1.12.2 Краткое содержание вопросов:

1. Эксплуатация гидробионтов

Мировой океан является источником удовлетворения людей в пищевых, химических, топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсах. Большое значение имеют биологические ресурсы Мирового океана.

Пищевое использование гидробионтов заключается в том, что рыба и другие гидробионты служат источником легкоусвояемого белка, полиненасыщенных жирных кислот, углеводов, витаминов, ферментов, гормонов, других биологически активных веществ.

По расчетам ученых суточная потребность белка человека составляет 30 г. Некоторые американские ученые нормой считают 70 г. По данным ООН 80% населения земного шара испытывает недостаток в животном протеине и получает в день 15 г. и менее. Ткани гидробионтов в основном содержат меньше белка, чем наземных животных, за исключением морских млекопитающих и морских растений. Однако биологическая ценность белка рыбы не ниже, чем мяса, белки гидробионтов легче усваиваются. Так, из 100 г. белка рыбы усваивается около 40 г., а из 100 г. говядины – только 15 г. То же самое можно сказать и о жире, содержание которого у разных видов гидробионтов колеблется от 0,3 до 30%. По калорийности 1 кг. мяса может быть заменен 1,5 кг. свежей, 1 кг. соленой или 0,5 кг. сушеною рыбы. Полиненасыщенные жирные кислоты гидробионтов снижают содержание в крови холестерина, жирных кислот, липопротеинов низкой плотности. В липидах гидробионтов содержатся витамины А, D, Е, выполняющие важные физиологические функции в организме. Гидробионты обеспечивают поступление 25% белковой пищи в мире, уступая молоку (43%) и мясу (35%).

Потребление рыбы и других водных объектов на душу населения определяется структурой и особенностями экономики, культуры и бытового уклада стран. Развитые страны потребляют 20 и более кг. на душу населения (Австралия, Бельгия, Нидерланды, Франция, Швеция, США, Канада). В Японии, Испании, Португалии, Норвегии, Дании и Исландии на душу населения приходится от 20 до 80 кг. В СССР и России среднедушевое потребление рыбных товаров составило в 1990 г. 20,3 кг., в 1992 г. только 10,6 кг., что объясняется экономическими преобразованиями в стране. В развивающихся странах Азии, Африки и Латинской Америки потребление морепродуктов не превышает 5 кг.

Техническое использование гидробионтов началось в древности. В качестве оружия применяли зубы акул, шипы скатов-хвостоколов, шипы костных рыб. Собирали кораллы, жемчуг.

В 16 веке в Европе из золы водорослей получали поташ (K_2CO_3). Морское водоросли богаты полисахаридами – агаром и агариодами, которые широко используются в бактериологии, микробиологии и медицине для приготовления питательных сред (посмотрите на любую плотную питательную среду в лаборатории), а также в кондитерской промышленности при производстве джемов, мармеладов, желе, пастилы, шоколада, зефира, цукатов. Агар используется при выпечке хлеба и приготовлении

консервов. Применяется агар в текстильной промышленности – он там заменяет крахмал. Придает тканям твердость.

Полисахариды растительного происхождения используются при протезировании зубов, склеивании фанеры, получении искусственной кожи. К полисахаридам животного происхождения относится хитин и его производная – хитозан. Наибольшее количество хитина содержится в панцирях ракообразных. Только из креветок можно добывать 28 тыс. тонн хитина, а добывают мало (в США – 23 т., в Японии – 56 т.). Пленки, получаемые из хитозана, отличаются стойкостью к агрессивным средам (кислоты, щелочи, органические растворители), а также нагреванию и охлаждению (клей, получаемый из полисахарида баланусов). С помощью хитина и его дериватов очищают сточные воды и концентрируют ценные металлы (никель, хром, титан, цинк, медь). Из бурых водорослей получают альгинат, широко использующийся в текстильной, химической и пищевой промышленности.

В СССР и России из водорослей производят порошок для нефтяной и текстильной промышленности, набивочный материал для мебели, удобрения. Из морских трав (зостера, филлоспадикс и др.) вырабатывают бумагу, чернила, нитроцеллюлозу, спирт, ацетон, водорослевых порошок (для глянцевания бумаги), пищевой и технический натрий, извлекают кобальт, стронций, никель и др.

Липиды гидробионтов используются для получения масляных красок, мыла, стиральных порошков, шампуней, глицерина, смазочных масел. Из кожи рыб и шкур морских млекопитающих после выделки шьют одежду, изготавливают ремни, обувь.

Кормовое использование гидробионтов. Кормят сельскохозяйственных животных, пушных зверей, производителей рыб. Для приготовления кормов для рыб используют целую рыбу или отходы рыбообработки (головы, внутренности, кости, кожу). Чаще всего на кормовые цели идет мойва, шпрот, песчанка, треска, сайды и другие тресковые. В зависимости от вида рыб и сезона года содержание протеина (в пересчете на сырую массу) составляет 17 – 18%, жира 4 – 20%. Например, содержание жира в мойве перед нерестом (январь – февраль) составляет 13 – 14%, а в посленерестовый период – 4 – 6%. Для придания мясу лососей устойчивой розовой окраски в корма добавляют 10 – 20% панцирей креветки или крилевой муки, содержащих кантаксантин и астаксантин.

Фармацевтическое использование гидробионтов. Это наиболее молодое направление использования гидробионтов. Оно стало развиваться с конца 60-х, начала 70-х годов. К примерам более раннего использования можно отнести получении йода из ламинарии (с 1811 года). Развитию направления способствовали с одной стороны высокая стоимость лекарств, сокращение земель для сбора лекарственных трав, а с другой – совершенствование методов получения химических соединений. В Японии налажено промышленное получение “морского” инсулина из китов, тунцов, морского окуня, желтохвоста и др. рыб. Там же получают из кузовковых рыб тетродотоксин – препарат для снятия сильных болей. Небольшие дозы этого наркотика привлекают на Дальнем Востоке любителей блюда “фугу”. В Германии выпускают препарат анемонотоксин –П, который избавляется из средиземноморских анемонов. Из карибских кораллов выделены простагландини, которые влияют на работу сердца, ц.н.с., обмен стероидов, катехоламинов, репродуктивную систему животных и человека. Антиопухолевым действием обладают вещества кораллов – палитоксин, крассин, моллюсков – долатриол, аплизиастатин. От токсичного поражения спасают вещества, вырабатываемые в теле

беспозвоночных, лишенных регулирующе-иммунологической системы (губки, кораллы, черви и др.) Из морских гидробионтов получены новые антибиотики – цефалоспорины, которые сменяют препараты пениллинового ряда. Шестиатомный спирт маннит, получаемый из буровой водоросли ламинарии, не имеет синтетических аналогов, применяется для консервации крови. Каиновая кислота имеет промышленное производство, применяется как противоглистное средство. Липиды гидробионтов служат суппозиторной основой для мазей, кремов в фармацевтике

2. Видовой состав промысловых гидробионтов.

Промышленным рыболовством на нашей планете занимается более 250 стран. Общий вылов гидробионтов вместе с продукцией аквакультуры превысил 100 млн. тонн (1996 г. – 115,6 млн. т.).

В улове доминирует рыба – 90%, остальные 10% составляют моллюски, ракообразные, водоросли и морские млекопитающие. Среди беспозвоночных более половины (65 – 70%) приходится на долю моллюсков, около 30% составляют ракообразные и менее 1% - иглокожие. Такое соотношение сохраняется относительно постоянно в течение длительного периода.

Моллюски. Они представлены в промысле головоногими, двустворчатыми, пластинчатожаберными и брюхоногими видами. Головоногих добывается 1/3 от общего количества моллюсков (приблизительно 6 млн. т.), но по содержанию белка это 70% от добываемых моллюсков. Среди головоногих основные промысловые вида кальмаров относятся к родам *Loligo*, *Illex*. Промышляются также осьминоги и каракатицы. Все они являются хищниками, питаются стайными пелагическими рыбами – сардинами, анчоусами, макрелешуками и др.

Головоногих моллюсков (Тихоокеанский кальмар (*Ommastrephessloanei pacificus*), Осьминоги (*Octopodidae*) сушат, маринуют, консервируют, а также используют в свежем виде. Из чернильных мешков изготавливают краску – сепию.

За последние 10-15 лет отмечается заметный рост мирового объема добычи кальмаров. Наиболее продуктивные районы – это Северо-Восточная и Центрально-Западная части Тихого океана, Юго-Западная Атлантика. К числу перспективных относится Южная часть Тихого океана. В этой зоне обитает гигантский ирландско-чилийский кальмар. Первое место по добыче кальмаров занимает Япония, на втором месте – Таиланд. Из европейских стран основные потребители – Испания и Италия.

Двустворчатые (пластинчатожаберные).

Особенно богаты этими моллюсками дальневосточные моря, где имеются устрицы, мидии, гребешки и др. двустворчатые моллюски. Мясо их употребляют в пищу в свежем и консервированном виде. Большие запасы устриц и мидий имеются в Черном море. Все пластинчатожаберные имеют раковины, малоподвижны, обитают на дне.

В настоящее время во многих странах созданы плантации по разведению устриц.

Мидии имеют существенное промысловое значение. В некоторых странах их разводят искусственно.

Раковинные моллюски используются в пищу, из них приготавливают кормовую муку, получают перламутр и жемчуг. Многие виды выращиваются искусственно. Среди культивируемых моллюсков, по данным на 1994 г. преобладали тихоокеанские устрицы (946 тыс.т.). Морского гребешка выращивали 1 млн. т., мидий – 941,1 тыс.т.

Брюхоногие. Промысловые виды – морское ушко и трубачи.

Эти теплолюбивые животные отсутствуют в северных и арктических морях. Раковины их имеют характерную уховидную форму, ярко окрашены снаружи, с толстым перламутровым слоем. Добывается в основном ради перламутра, но также используется в пищу. В российских водах на Дальнем востоке обитают 3 промысловых вида трубачей.

Иглокожие. К промысловым иглокожим относятся съедобные голотурии и некоторые виды морских ежей, у которых съедобна икра. К вредным иглокожим принадлежат морские звезды, которые поедают промысловых моллюсков. В наших морях промысловое значение имеет дальневосточный трепанг (*Stichopusjaponicus*), распространенный в Японском море. Выловленных трепангов сушат и в дальнейшем готовят супы, рагу. Едят их и в свежем виде. Трепанги—весьма лакомое блюдо и употребляются в пищу издавна.

Широко распространена в дальневосточных морях другая голотурия—кукумария (*Cucumariajaponica*), достигающая в длину 40см и массы 1кг. Извлеченная из воды, кукумария сжимается, приобретая форму яйца или шара. Дальневосточные рыбаки называют ее “морским огурцом” или “морской картошкой”. Обитает в прибрежной полосе на глубинах до 10м. Кормовая мука, полученная из сушеной кукумарии, содержит много белков и минеральных солей.

Ракообразные. В мировом промысле занимают второе место, уступая моллюскам.

Делятся на низших (корм рыб, усоногие раки – баланусы – обрастатели) и высших. Основной промысел их ведется в Атлантическом и Тихом океанах. Наибольшее промысловое значение имеют десятиногие раки, которые делятся на плавающих (креветки) и ползающих (камчатский краб, настоящие крабы, лангусты, омары, речные раки). Их добывают более 3 млн.т. Промысловые виды креветок встречаются во многих океанических районах. Наиболее интенсивный промысел ведется в северной части Тихого океана, у берегов Мексики и Африки, в Персидском заливе и других районах.. 1 место по промыслу и искусственно разведению креветок занимают Таиланд. В западном полушарии – Эквадор. Употребляются в свежем, сушеном, мороженом и консервированном виде. Содержат аминокислоты, фосфор, ряд витаминов и микроэлементов. Отходы, содержащие хитин, идут на изготовление кормовой муки для домашних птиц и животных. Промысловое значение имеют обыкновенный и американский омары. Первый встречается вдоль европейского побережья от Северного до Средиземного моря. Американский омар распространен вдоль Атлантического побережья Северной Америки.

Первостепенное промысловое значение в российском промысле ракообразных принадлежит камчатскому крабу. Он распространен в северной части Тихого океана, в наибольших количествах встречается у берегов Камчатки и в заливе Аляска. Камчатский краб относится к крабоидам, т. е. к неполнохвостым ракам, а по внешнему виду очень похож на настоящего краба, хотя с ним находится лишь в отдаленном родстве. Камчатский краб—наиболее крупное среди ракообразных животное.

Речные раки(*Astacus*). Речные раки обитают преимущественно в водоемах с проточной водой (реках, ручьях, озерах с чистой прозрачной водой). Некоторые формы приспособились к жизни в опресненных участках моря. Придерживаются раки прибрежных участков с плотным грунтом, предпочитая камни и коряги, которые служат им убежищем.

В России добывается наибольшее количество речных раков.

Наиболее ценное мясо клешней и хвостовой части — раковая шейка. Раков употребляют в пищу в вареном и консервированном виде. Из отходов (головогрудь и конечности) делают кормовую муку, а также приготавливают раковое масло.

К низшим промысловым ракообразным относится криль — *Euphausiasuperba*, имеющий массу до 4,5 см. Обитает в при антарктических водах. Раньше входил в состав пищевого рациона усатых китов, сейчас используется в качестве пищевого объекта для человека. Его биомасса оценивается в пределах от 0,8 до 3 млрд.т., а возможный вылов может достигнуть 10-15 млн.т.

Иглокожие. К промысловым иглокожим относят съедобные голотурии и некоторые виды морских ежей, у которых съедобна икра. Морские звезды наносят вред плантациям моллюсков, но перспективны в качестве фармацевтического сырья.

В наших морях промысловое значение имеет дальневосточный трепанг (*Stichopusjaponicus*), распространенный в Японском море.

Морские млекопитающие. Это группа включает представителей отрядов: Китообразные, Ластоногие и Сирены. Из отряда Хищные семейства Куны сюда относится морские выдры — калан. Киты подразделяются на усатых и зубатых. За последнее столетие добыли 2 млн. голов различных китов, в 60-е годы запасы резко снизились до 50 тыс. голов. Сейчас по лицензиям ведется промысел кашалотов и малых полосатиков. Основными районами промысла китообразных являются Антарктика и Северная часть Тихого океана (к северу от 35°с.ш.).

Из китообразных получают мясо, жир, который идет на изготовление пищевых жиров, смазочных масел, мыла, стиральных порошков. В кишечнике и желудке кашалотов содержится амбра — вещество, закрепляющее запахи, используется в парфюмерии. Спермацет кашалота используется в косметической промышленности для изготовления кремов, мазей. Помимо мяса и жира, кит среднего размера дает до 3 т. кормовой муки и более 1 т. удобрений.

Ластоногие. Они подразделяются на 3 семейства — моржей, ушатых и настоящих тюлений.

Морж в основном обитатель прибрежных и мелководных участков моря. Охота разрешена только местному населению. Верхние резцы — “моржовый клик” используются для различных поделок

Семейство ушастые тюлени — *Otaridae*

Представители этого семейства имеют наружные уши. Задние ласты у них могут подгибаться под туловище и служить для сухопутного передвижения. Клыки нормального строения и не выдаются наружу при закрытой пасти.

К этому семейству относятся морской котик и сивуч, встречающиеся в северной части Тихого океана. Самцы крупнее самок. Мех морских котиков ценится очень высоко.

Семейство настоящие тюлени — *Phocidae*

Тюлени имеют существенное промысловое значение, в основном ценятся их прочные и красивые шкурки. Из выделанных шкур шьют одежду, обувь, сумки, ремни. Особенно ценятся шкурки детенышей (бельков). Жир используют для мыловарения и других технических нужд.

Общая численность китообразных в северной части Тихого океана составляет 910 тыс. голов, из них 570 тыс. дельфинов, ластоногих — 4395 тыс. голов. В Беринговом море биомасса млекопитающих оценивается в 1 млн. т., в Охотском море — 0,5 млн. т.

Китообразные и ластоногие используют в северной Пацифике примерно 10% продукции рыб. Высоко выедание морскими млекопитающими и в других бассейнах. Необходимо целенаправленное регулирование численности этих животных.

3. Аквакультура

С древнейших времен люди занимались выращиванием и разведением морских и пресноводных гидробионтов. Эта деятельность в современном понимании называется «аквакультура».

На смену примитивным хозяйствам, функционирующими «с помощью палочки, веревочки и поплавка» пришли широкомасштабные индустриальные предприятия с огромным вкладом капиталов и получением больших прибылей.

Существует общая мировая тенденция увеличения производства рыболовства. За последние десять лет по данным международной статистики количество людей, занятых в рыболовстве и аквакультуре выросло на 8 миллионов и достигло в 2000 году 35 миллионов человек, 85% от которых приходится на Азию. Особенный рост работников занятых в воспроизводстве гидробионтов приходится на Китай, где их количество за последние 10 лет удвоилось. Марикультура в Китае имела ежегодный рост 14%, по сравнению с 5.4% в остальной части мира. На морских побережьях Китая открываются поражающие объемами и площадями многочисленные хозяйства по выращиванию крабов, креветок, водорослей и моллюсков.

В то же время в высокоразвитых странах престижность работы в хозяйствах марикультуры из-за большого количества малоквалифицированного труда резко упала. Поэтому в 2000 году в Японии почти 32% мужчин-рыбаков – это старики возрастом более 60 лет. Юноши моложе 25 лет составляют всего 2.7%. Несмотря на этот казус, по данным FAO вклад аквакультуры в глобальные поставки рыбопродукции (в весовом исчислении) продолжает увеличиваться. В отличие от сельского хозяйства, где количество культивируемых видов животных и растений довольно ограничено, в аквакультуре на 2000 г. зафиксировано выращивание более 210 видов водных организмов. На самом деле эта цифра значительно выше, так как на 9.7 миллионов тонн продукции аквакультуры (21% от мирового производства гидробионтов) в центры мировой статистики данные были поданы без указания выращиваемых видов.

Марикультура (морская аквакультура) – выращивание полезных водорослей, моллюсков, рыб и других организмов в морях, лагунах, лиманах, эстуариях или в искусственных условиях.

Продуктивность этого вида деятельности может быть очень высокой. Если в 1985 году по данным ФАО мировая продукция марикультуры достигала 12.1 млн. т, то в 1996 году только в одном Китае было выращено на морских фермах 6.3 млн. т животных и водорослей. Причины стремительного развития марикультуры специалисты оценивают по-разному.

Долгое время считалось, что предназначение аквакультуры – дать дополнительную белковую продукцию к существующим природным выловам. Другая задача аквакультуры – восстановление, пополнение и увеличение численности природных популяций ценных промысловых гидробионтов. Сейчас же широко бытует мнение, что аквакультура должна компенсировать падение мировых морских уловов, устойчивая негативная тенденция которых наблюдается почти повсеместно.

Интенсивное развитие аквакультуры и марикультуры в частности обусловлено не только получением дополнительного количества морепродуктов, но и необходимостью обеспечить сельское население работой. Даже среди высокоразвитых стран Европейского Союза сегодня на первый план выходит социально-экономическая значимость аквакультуры, как вида деятельности, обеспечивающего занятость прибрежного и сельского населения. Особенно это справедливо для российских дальневосточных и северных побережий, где у населения нет иных источников дохода, кроме эксплуатации морских биоресурсов.

Морская аквакультура (марикультура) по своей многогранности, множественности подходов, изобилию объектов культивирования является одним из наиболее комплексных и сложных теоретических и практических направлений, опирающиеся на передовые инженерно-технические решения и достижения многих видов науки: молекулярно-биологических, биохимических и генетических и многих других.

Развитие марикультуры связано с необходимостью вложения капитальных средств в строительство рыборазводных заводов, экспериментально-производственных баз, садковых комплексов и т. д. Требуется разрешение комплекса биологических, экологических, технических и социально-экономических проблем.

Таким образом, марикультура не только обеспечивает получение дополнительной ценной продукции. Но и становится мощным преобразователем природных экосистем, что нужно учитывать в прибрежной хозяйственной деятельности.

4. Перспективы эксплуатации гидробионтов

Общий вылов гидробионтов в мире превысил 100 млн. т. Видовой состав уловов рыб и других гидробионтов в значительной степени зависит от сложившихся требований населения к водным объектам, развития рыболовного флота, экономического развития страны и др. Человечество отлавливает преимущественно объекты высокого тропического уровня и в небольшом ассортименте. Так, из 22 – 23 тыс. видов рыб промыслом используется немногим более 1 тыс. видов, из них несколько десятков с исключительно высокой степенью отлова, угрожающей состоянию запасов. Ресурсы традиционных объектов в ряде регионов Мирового океана эксплуатируются с высокой и даже чрезмерной интенсивностью. Мезопелагических рыб, антарктического криля, а также некоторых мелких сельдевых, анчоусовых, макрелешуковых, летучих рыб и др. используются недостаточно. По расчетам В. Беккура только светящихся анчоусов можно добывать ежегодно более 10 млн. т. Важным направлением увеличения полезной рыбопродуктивности Мирового океана является аквакультура. Значение искусственного воспроизводства гидробионтов растет год от года. В 1985 году в мире выращивалось около 8 млн. т., а в 1994 г. продукция аквакультуры увеличилась более чем в 2 раза (табл.2).

Из каждого 4 кг рыбы, 4 штук креветок и 4 штук лососей, предлагаемых на мировом рынке 1 кг и по 1 штуке соответственно приходится на долю выращенных. Из суммарного объема мировой продукции аквакультуры 51,2% приходится на долю рыб, 27,1% водных растений (в основном это бурые и красные водоросли), 17,2% моллюсков, 4,2% ракообразных. Экономически выгодно выращивать рыбу, затем ракообразных, водоросли и моллюсков. Из рыб в предыдущие годы выращивались в основном карповые и другие пресноводные виды, в настоящее время наблюдается тенденция к увеличению продукции более ценных, пользующихся спросом объектов – лососей, канального сома, желтохвоста,

осетровых, гребешков, креветок. В области аквакультуры доминируют страны азиатского региона – Китай, Индия, Япония, Таиланд, Филиппины, Республика Корея, Тайвань и др. Их доля составляет 85% продукции аквакультуры. Руководство Китая официально заявило, что к концу 20 века общий вылов в стране составит 41 млн. т. Значительное увеличение вылова может дать использование гидробионтов низкотрофического уровня (светящиеся анчоусы, криль), перспективных объектов промысла в Мировом океане, а также аквакультура.

В мировом рыболовстве наблюдается нарастание процесса перехода государств от неограниченной свободы рыболовства к национально-государственному (в 200-мильных зонах) и международному (в открытом море). Обостряется борьба за сырьевые ресурсы, рынки сбыта морепродуктов. Одновременно в большинстве стран усиливается общественное движение в защиту природы.

Только научно-обоснованный подход может обеспечить рациональное использование биологических ресурсов Мирового океана.

1.13 Лекция №13 (2 часа).

Тема: «Проблемы прикладной гидробиологии. Эвтрофирование вод»

1.13.1 Вопросы лекции:

1. Понятие «эвтрофирование».
2. Агенты эвтрофирования.
3. Стадии эвтрофирования.
4. Хозяйственные последствия эвтрофирования. Борьба с эвтрофированием.

1.13.2 Краткое содержание вопросов:

1. Понятие «эвтрофирование»

Важное последствие бытового загрязнения вытекает из того, что коммунальные сточные воды, кроме большого количества органических веществ, несут и много биогенных элементов. Результатом этого становится антропогенное эвтрофирование водоемов и водотоков. Ряд авторов разделяет эвтрофирование – естественный процесс старения экосистем водоемов и эвтрофикацию, антропогенную или экспериментальную. Было даже предложено этот процесс именовать дистрификацией. В отечественной литературе, в отличие от англоязычной, где термин один (eutrophication) существуют варианты термина: эвтрофирование, эвтрофикация, эвтрофизация, эвтрификация, эвтрофия, евтрофирование, евтрификация, евтрофия. Особо нужно выделить английский термин – в англоязычной литературе «антропогенное» эвтрофирование называется «культурным» (cultural eutrophication).

2. Агенты эвтрофирования

Главными агентами эвтрофирования могут выступать соединения азота и фосфора, главным образом, в виде нитратов и фосфатов. В конце 1960-х было широко распространено убеждение о загрязнении рек, озер и подземных вод нитратами из бытовых сточных вод, сточных вод животноводческих комплексов и, особенно, возделываемых полей. Наибольшие опасения вызывал тот факт, что высокое содержание нитратов в воде может вызвать заболевания. Например, метгемоглобинемию, или синдром

«blue-baby» – у детей младше 6 мес. Заболевание это чрезвычайно редкое, но между 1945 и 1960 в мире было зарегистрировано 2000 его случаев. В США погиб 41 младенец, в Европе – 80 (Allaby, 2000). Нитраты подозревались и в том, что они могут реагировать с аминами и амидами с образованием канцерогенов: нитрозаминов и нитрозамидов. Экспериментальные исследования сняли эти подозрения (Allaby, 2000). Главной угрозой, которую представляют нитраты для окружающей среды, является эвтрофирование водоемов.

Источники поступления агентов эвтрофирования: □

- Естественное вымывание питательных веществ из почвы и выветривание пород. □ Сбросы частично очищенных или неочищенных бытовых сточных вод, содержащих органические соединения азота и фосфора, нитраты и фосфаты. □
- Смыв неорганических удобрений, содержащих нитраты и фосфаты. □
- Смыв с ферм навоза, содержащего органические соединения азота и фосфора, нитраты, фосфаты, и аммиак.
- Смывы с нарушенных территорий (шахты, отвалы, стройки, неправильное использование земель). □
- Сбросы детергентов, содержащих фосфаты. □ Поступление нитратов из атмосферы.

3. Стадии эвтрофирования

При эвтрофировании водная экосистема последовательно проходит несколько стадий. Сначала происходит накопление минеральных солей азота и/или фосфора в воде. Эта стадия, как правило, непродолжительна, т.к. поступающий лимитирующий элемент немедленно вовлекается в кругооборот и наступает стадия интенсивного развития водорослей в эпилимнионе. Нарастает биомасса фитопланктона, увеличивается мутность воды, повышается концентрация кислорода в верхних слоях воды. Затем наступает стадия отмирания водорослей, происходят аэробная деградация детрита, образование хемоклина. Интенсивно отлагаются донные илы с повышенным содержанием органики. Отмечаются изменения зооценоза (замещение лососевых рыб карповыми). Наконец, наступает полное исчезновение кислорода в глубинных слоях и начинается анаэробное брожение. Характерно образование сероводорода, сероорганических соединений и аммиака. Опасности эвтрофирования подвергаются даже моря. Так, в настоящее время Северное море получает азота в 4 раза больше фонового уровня, фосфатов в 7 раз больше фонового. От этого прироста 37% азота и 68% фосфата – из бытовых сточных вод, 60% азота и 25% фосфатов – из сельскохозяйственных смызов (Frid, 2002)

4. Хозяйственные последствия эвтрофирования. Борьба с эвтрофированием.

Обильная растительность может препятствовать движению воды и водного транспорта, вода может стать непригодной для питья даже после обработки, рекреационная ценность водоема может снизиться, могут исчезнуть коммерчески важные виды (такие как форель). Наконец, эвтрофирование приводит к вспышкам «цветения» (массового развития) водорослей. Цветение водорослей наносит двойкий ущерб водной системе. Во-первых, они снижает освещенность, вызывая гибель водных растений. Тем самым нарушаются естественные местообитания многих гидробионтов. Во-вторых, при отмирании водорослей потребляется много кислорода, что может привести к тем же последствиям, что и прямое внесение органики в воду. В 1988, 1989 в восточном Северном море наблюдалась вспышка развития *Chrysochromulina* sp. в богатых биогенами водах, выносимых Рейном. При этом отмечены массовые заморы рыбы в шведских и

норвежских водах (Diaz, 1995). Для обозначения цветения вод в английском языке используется термин discoloured waters. Кроме того, есть специальные термины для массового развития конкретных видов водорослей. Так, brown tide (бурый прилив) – массовое развитие *Phaeocystis* sp., red tide (красный прилив) – обычно вызывается массовым развитием *Gymnodinium* sp., *Mesodinium* sp. (Frid, 2002). Кроме обогащения воды легкоокисляемой органикой, приводящей к заморам, водоросли способны продуцировать и токсические вещества (альготоксины). Так, *Alexandrium tamarensense* вырабатывает сакситоксин нервнопаралитического действия, аккумулируемый съедобными моллюсками. *Prymnesium parvum* выделяет вещества, высокотоксичные для рыб. Токсины, образуемые *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* действуют на печень и могут быть нейротоксичны. Например, в 1989 г. при массовом развитии сине-зеленых водорослей в английских озерах погибло несколько собак (Allaby, 2000).

Как и любые меры по охране окружающей среды борьба с эвтрофированием складывается из двух групп методов: восстановительных и профилактических. Восстановительные методы включают в себя: отвод стока для снятия нагрузки по биогенам; разбавление вод для снижения концентрации биогенных элементов; углубление дна для увеличения объема гиполимнона; драгирование для изъятия биогенных элементов, депонированных в донных осадках; изъятие вод из гиполимнона; спуск водохранилищ; химическую обработку для связывания и осаждения биогенных элементов или уничтожения водорослей; нарушение стратификации и реаэрацию; сбор фитомассы и биоманипуляцию. Профилактические методы, используемые для предотвращения эвтрофирования: контроль сброса биогенных веществ; удаление биогенных веществ из сточных вод; использование предварительных отстойников; стратегическая перестройка управления водопользованием в бассейне.

1.14 Лекция №14 (2 часа).

Тема: «Основные источники и типы загрязнения водной среды»

1.14.1 Вопросы лекции:

- 1. Источники загрязнения вод.**
- 2. Основные виды загрязнения.**

1.14.2 Краткое содержание вопросов:

1. Источники загрязнения вод

Источником загрязнения – называют источник, вносящий в поверхностные или подземные воды загрязняющие вещества, микроорганизмы или повышающий температуру.

Существует несколько классификаций источников загрязнения.

1. По происхождению:

- а) природные (атмосферные осадки);
- б) антропогенные (промышленные и бытовые стоки).

2. По локализации:

- а) точечные, где площадь контакта с водным объектом значительно меньше площади загрязненной зоны этого объекта;

- б) линейный, где площадь контакта с водным объектом представляет линию;
- в) площадной, где влияние на водный объект проявляется на всей площади объекта.

3. По продолжительности воздействия:

- а) постоянные; б) периодические; в) эпизодические.

При использовании в быту и промышленности вода загрязняется веществами минерального и органического происхождения, в результате чего образуются сточные воды. В зависимости от происхождения сточных вод они могут содержать токсичные вещества и возбудители различных инфекционных заболеваний.

Большинство рек, протекающих в зонах крупных промышленных и населенных центров, испытывают высокое антропогенное воздействие из-за поступления в них со сточными водами значительного количества загрязняющих веществ.

Одной из основных проблем является техногенное загрязнение подземных вод. Ливневые стоки с территории промышленных предприятий и сельскохозяйственных угодий проникают в почву и отправляют воду. Особенно это опасно для районов крупных промышленных центров.

Загрязнение подземных вод в России весьма высоко. Оно связано с деятельностью промышленных предприятий, с сельскохозяйственной деятельностью, с коммунальным хозяйством. Основными веществами, загрязняющими подземные воды, являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний), сульфаты, хлориды, нефтепродукты, фенолы, соединения железа, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть или сурьма).

В 63% случаев интенсивность загрязнения подземных вод составляет 1...10 ПДК, в 23% изменяется в пределах 10... 100 ПДК, в 10% превышает 100 ПДК и лишь в 4% интенсивность загрязнения не превышает ПДК.

По своей природе загрязнения сточных вод подразделяются на органические, минеральные, биологические. Органические загрязнения - это примеси растительного и животного происхождения. Минеральные загрязнения - это кварцевый песок, глина, щелочи, минеральные кислоты и их соли, минеральные масла. Биологические и бактериальные загрязнения - это различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибы, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные.

Сточные воды загрязнены различными веществами:

- 1) биологически нестойкие органические соединения;
- 2) малотоксичные неорганические соли;
- 3) нефтепродукты;
- 4) биогенные соединения;
- 5) вещества со специфичными токсичными свойствами, в т. ч. тяжелые металлы, биологически жесткие неразлагающиеся органические синтетические соединения.

Сточные воды многих производств кроме растворимых неорганических и органических веществ содержат коллоидные примеси (взвеси), а также взвешенные грубодисперсные и мелкодисперсные примеси, плотность которых может быть больше или меньше плотности воды.

По характеру загрязнений сточные воды подразделяют на несколько групп.

Тепловое загрязнение происходит при использовании воды для отвода избыточной теплоты. Экологическая опасность теплового загрязнения природных водоемов заключается в возможной интенсификации жизнедеятельности водной биоты и изменение

регионального микроклимата.

минеральными солями создают опасность для одноклеточных организмов. Минерализация воды в водооборотных системах приводит к ухудшению технологических показателей. Взвешенные частицы снижают прозрачность воды, ослабляют процессы фотосинтеза, способствуют заиливанию дна. Они являются адсорбентами и комплексообразователями для различных загрязняющих веществ. Оседая на дно, они могут стать источниками вторичного загрязнения водной среды.

Загрязнения тяжелыми металлами наносят значительный экологический ущерб, т. к. они признаны одними из самых опасных токсичных элементов.

Органические вещества (красители, фенолы, СПАВ, пестициды и другие ксенобиотики) создают опасность возникновения токсилогической ситуации в водоеме и могут влиять на окислительно-восстановительные процессы.

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

Нефтепродукты образуют пленку на поверхности воды, препятствующую газообмену с атмосферой. Кроме того, в нефтепродуктах аккумулируются гидрофобные загрязняющие вещества, а сами нефтепродукты накапливаются в жировых фракциях гидробионтов.

В бытовых сточных водах содержатся загрязнения минерального и органического происхождения. Те и другие находятся в нерастворенном, растворенном и коллоидном состояниях. Часть нерастворенных загрязнений присутствуют в воде в виде взвешенных веществ. Наибольшую санитарную опасность представляют загрязнения органического происхождения, содержащихся в бытовых сточных водах в среднем 100...300 мг/л. Содержание органических загрязнений, находящихся в растворенном состоянии, оценивается значениями биохимической потребности в кислороде (БПК) и химической потребности в кислороде (ХПК). Бытовые сточные воды имеют БПК = 100...400 мг/л, а ХПК = 150...600 мг/л, и их можно оценить как сильно загрязненные.

Производственные сточные воды различных отраслей промышленности существенно отличаются как по составу загрязняющих веществ, так и по их концентрации.

Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси и подразделяются на три группы:

1) загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности; заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных изделий и материалов и др.);

2) загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, рыбной, молочной, пищевой, целлюлозно-бумажной, химической, микробиологической промышленности; заводы по производству пластмасс, каучука и др.);

3) загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза, бумаги, витаминов и др.).

По концентрации загрязняющих веществ производственные сточные воды разделяются на четыре группы: 1..500, 500..5000, 5000..30 000, более 30 000 мг/л.

По степени агрессивности эти воды разделяют на слабоагрессивные (слабокислые с $\text{pH} = 6\ldots6,5$ и слабощёлочные с $\text{pH} = 8\ldots9$), сильноагрессивные (сильнокислые с $\text{pH} < 6$ и сильнощелочные с $\text{pH} > 9$) и неагрессивные (с $\text{pH} = 6,5\ldots8$).

В дождевых водах содержится значительное количество нерастворенных минеральных примесей, а также загрязнения органического происхождения. ВПК дождевых вод достигает $50\ldots60 \text{ мг/л}$.

Все указанные сточные воды требуют обязательной очистки при их отведении в открытые водоемы, так как в них содержатся различные загрязняющие вещества в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые.

Очень остро стоит проблема с загрязнением морской воды коммунально-бытовыми стоками, нефтеразливами с танкеров, сбросными водами от морской добычи нефти и газа. При выбросе нефти в окружающую среду происходит ее контакт с атмосферой или почвенными и природными водами рек и морей.

Основными антропогенными источниками поступления нефти и нефтепродуктов в водную среду являются добыча нефти, ее транспортировка и переработка, береговые сбросы сточных вод и аварийные разливы. Все эти процессы вносят существенный вклад в загрязнение окружающей среды и Мирового океана.

При попадании в морскую акваторию 1 т нефти она уже через 10 мин распространяется по поверхности в радиусе 50 м и толщиной слоя до 10 мм. Затем происходит ее быстрое последующее растекание до площади 12 км^2 с образованием пленки толщиной менее 1 мм.

Эмульсии типа «нефть в воде» представляют собой диспергированные в воде капельки нефти. Они малоустойчивы, во времени происходит их дальнейшее диспергирование вплоть до образования микроскопических капель. При этом ускоряются процессы разложения нефти. Химические превращения нефти на поверхности и в толще воды носят окислительный характер и часто сопровождаются фотохимическими реакциями. Конечные продукты окисления (гидроперекиси, фенолы, карбоксильные кислоты, кетоны и альдегиды) имеют повышенную растворимость в воде и высокую токсичность. Часть нефти (до 10...30 %) сорбируется на твердых частицах взвесей, присутствующих в воде, и осаждается на дно.

2. Основные виды загрязнения

1. По виду загрязнения водного объекта:

а) химическое загрязнение. Оно проявляется через сверхнормативное содержание веществ в воде (наиболее вредное воздействие оказывает нефть и фенольные соединения);

б) физическое загрязнение. Оно заключается в повышении температуры воды за счет поступления в водные объекты нагретых вод ТЭС и АЭС (при повышении температуры до 30 градусов обедняется видовой состав флоры и фауны в водоеме и уменьшается его продуктивность);

в) биологическое загрязнение. Оно заключается в поступлении в водоем болезнетворных микроорганизмов.

2. По физическому состоянию:

а) растворимые;

б) коллоидные;

в) нерастворимые.

3. По виду:

- а) минеральные (песок, глинистые частицы, минеральные соли и т. д.);
- б) органические:
 - растительные (остатки растений);
 - животные (физиологические выделения животных и людей);
- в) биологические.

1.15 Лекция №15 (2 часа).

Тема: «Закисление водоемов»

1.15.1 Вопросы лекции:

1. Величина pH в пресных водах и ее колебания.
2. Причины природного закисления водоемов.
3. Антропогенная ацидификация водоемов.

1.15.2 Краткое содержание вопросов:

1. Величина pH в пресных водах и ее колебания.

Из огромного количества физико-химических факторов, влияющих на жизнедеятельность пресноводных организмов, можно выделить сравнительно небольшое число тех, которые имеют ведущее экологическое значение. К таким факторам относится химический состав воды и, в частности, концентрация водородных ионов. Величина pH в пресных водах нестабильна даже в одном и том же водоеме в течение года и происходящие изменения этого показателя могут оказывать сильное влияние на биологические процессы. Летом, в дневные часы, когда фотосинтез достигает максимума, концентрация водородных ионов в воде снижается в десятки и сотни раз. Поступление в водоем в это время незначительного количества солей аммония, например с дождевым стоком с полей, может послужить причиной летнего замора. Так как ионы аммония при высоких значениях pH воды переходят в более токсичную форму (NH₃), способную легко проходить через клеточные мембранны. Зимой, когда преобладают процессы разложения органического вещества с образованием углекислого газа и органических кислот, наблюдается снижение уровня pH воды. В крупных водоемах такие колебания значений pH находятся в пределах нормального существования большинства гидробионтов, 6.5–8.5, что отражено в российских и зарубежных нормативных документах, регламентирующих качество поверхностных вод. Небольшие по размеру водоемы могут проявлять значительную вариабельность этого показателя.

Степень закисления поверхностных вод определяется двумя факторами: чувствительностью водоемов региона к кислотному воздействию и количеством кислотного реагента природного или антропогенного происхождения. Диапазон изменений уровня pH или чувствительность водоема к закислению зависит от буферной емкости воды. В пресных водах севера России карбонатно-бикарбонатная буферная система является основной. В этой буферной системе угольная кислота находится в обратимом равновесии с газовой и водной фазами. Поскольку парциальное давление углекислого газа в атмосфере относительно постоянно, эффективность бикарбонатной системы зависит от содержания бикарбонатов, концентрация которых в свою очередь

определяется количеством растворенных солей щелочноземельных (кальций и магний) и щелочных (натрий и калий) металлов. Поэтому наиболее сильные изменения уровней рН наблюдаются в слабо минерализованных водоемах, где атмосферные осадки на водосборах не претерпевают существенных изменений. Как правило, это озера, расположенные на скальных породах, верховых болотах, сильно выветренных геологических структурах осадочного происхождения, а процесс закисления принято рассматривать, как титрование раствора солей бикарбоната сильной кислотой. Последствия снижения уровня рН воды проявляются в изменении структуры сообществ гидробионтов, которое, в свою очередь, может иметь экономическое и социальное значение.

2. Причины природного закисления водоемов.

Закисление рек и озер (увеличение концентрации ионов водорода) может быть вызвано несколькими причинами, которые выделяются в две группы: природного и антропогенного характера.

Антропогенное закисление поверхностных вод во временном аспекте протекает довольно стремительно (годы и десятилетия) и носит более жесткий характер, по сравнению с большинством природных причин. Несмотря на одинаковый результат (снижение уровня рН воды) каждая причина находит конкретное отражение в особенностях химического состава поверхностных вод. Литературные данные позволяют выделить следующие причины закисления поверхностных вод. Закисление водоемов в результате природных процессов

1. Заболачивание дренируемого бассейна, сопровождающееся увеличением поступления в озера органических кислот, которые в этом случае доминируют над минеральными. Масштабы этого влияния особенно велики в России, где до 16% территории представляют собой болота и заболоченные леса. Для некоторых областей этот показатель еще выше. Вместе с тем, воздействие болотных вод носит умеренный характер, определяемый изменением рН воды рек и озер до уровней не ниже 5.0–5.5, о чем свидетельствуют результаты палеолимнологических исследований ацидных в настоящее время озер, которые испытывали влияние заболачивания в доиндустриальный период и не имели значения рН воды ниже, чем 5.2.

2. Занос морских солей и ионообменные процессы (Na^+/H^+) в почвах и геологических породах на водосборе, сопровождающиеся образованием повышенных концентраций ионов водорода и хлора, что характерно для регионов, близко расположенных к морскому побережью, как, например, на заболоченных территориях Флориды, США. При этом отмечаются высокие величины отношения Cl^-/Na^+ в воде. Закисление такого типа территориально ограничено, и не известно для приморских районов России.

3. Вулканическая активность регионального характера приводит к сильной, до $\text{pH} = 1$, ацидификации даже высоко минерализованных водоемов. Закисление поверхностных вод в зонах вулканической деятельности существенно менее масштабно по сравнению с другими путями природной ацидификации.

3. Антропогенная ацидификация водоемов.

1. Наиболее значимой причиной антропогенной ацидификации рек и озер в настоящее время является атмосферное выпадение кислотообразующих соединений серы и азота. Закисление поверхностных вод считается возможным при уровне выпадения

сульфатов, превышающем 1.5 г/м^2 в год. Превышение этого уровня характерно для большей части европейской территории России. В воде подверженных такому влиянию рек и озер сульфаты доминируют над другими анионами, повышается содержание растворенных форм тяжелых металлов и алюминия.

2. Вымывание соединений серы из пород и отвалов горных выработок (в основном пиритов) приводит к накоплению сульфатов в поверхностном стоке и в воде озер в количествах, превышающих атмосферное поступление. Количество сульфатов столь велико, что уровень pH воды снижается даже в высокоминерализованных водоемах. Закисление такого рода носит локальный характер. 3. Нерациональное отношение к окружающей среде. Нерациональное землепользование (интенсивные вырубки, уничтожение растительного покрова) стимулирует закисление почв и поверхностных вод. Высокое содержание нитратов служит показателем нарушений экосистем на водосборе. Мелиоративные работы на торфяниках существенно снижают уровень болотных вод, в результате чего создаются аэробные условия, благоприятные для окисления серы, находящейся в связанном состоянии в растительных остатках. Сульфаты, образовавшиеся в результате окисления, растворяются атмосферной влагой и в больших количествах поступают в открытые водоемы. В районах интенсивного животноводства с атмосферными осадками выпадает большое количество соединений аммония (одна корова в год выделяет около 700 кг аммиака). Соединения аммония, попадающие в водоем таким путем, характеризуются как физиологически кислые. Закисление такого происхождения ограничено по времени. Таким образом, снижение уровня pH воды рек и озер может быть результатом природных процессов, антропогенного воздействия или комплексного влияния.

1.16 Лекция №16 (2 часа).

Тема: «Основные подходы к оценке состояния водоемов»

1.16.1 Вопросы лекции:

1. Интерпретация термина «загрязнение».
2. Первичное и вторичное загрязнение.
3. Качественные и количественные параметры загрязнителей.

1.16.2 Краткое содержание вопросов:

1. Интерпретация термина «загрязнение»

Что следует понимать под загрязнением? Есть такое образное, вполне правильное определение: «Все, что находится в неподходящем месте, в неподходящее время и в неподходящем количестве, надо понимать как загрязнение». Говоря о загрязнении вообще и водоемов в частности, надо иметь в виду двойной лексический смысл слова «загрязнение». Во-первых, загрязнение может быть процессом или действием и, во-вторых, суммарным количеством загрязняющих веществ, поступающих или учтенных в водоеме.

В литературе широко используется термин «загрязнитель(и)», который также имеет двойной смысл. Загрязнителем может быть человек или группа людей, предприятие и т.п.

В этом случае следует употреблять термин (словосочетание) - «источник загрязнения», и загрязнителем может быть вещество, сточная жидкость и процесс (биологический: «цветение» воды, евтрофикация и технический - термофикация, и механический - разработка русла, дноуглубительные работы, и т.п.). Во втором случае слово «загрязнитель» целесообразно заменять словосочетанием «нагрузка загрязняющего вещества». В связи с этим, следует более определенно говорить или писать по поводу комплекса явлений, изменяющих состояние экосистемы водоема, качество его воды и грунтов под влиянием природных-стихийных (и) или антропогенных (техногенных) воздействий. Загрязнение водоема, реки, озера и моря может быть природным в результате, например, выделения водорослями токсических веществ и в случае стихийных явлений: извержение вулкана с попаданием в водоем выбросов в атмосферу и лавовых масс, землетрясение с разрушением берегов, наводнение, селевые потоки и пр. Но более правильным будет понимать загрязнение как поступление загрязняющих веществ и сточных вод от бытовой и промышленно-хозяйственной деятельности людей. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) предлагает следующую классификацию видов загрязнения воды: 1) загрязнение воды бактериями, вирусами и другими болезнетворными организмами; 2) загрязнение воды разлагающимися органическими веществами, которые, поглощая кислород воды, губительно действуют на рыбу, обусловливают появление неприятных запахов и ухудшают эстетические условия - накопление неполного распада органических веществ (фенолы и т.д.). Такие вещества, если их содержание не достигает слишком высокой концентрации, разрушаются сами по себе, и вода в реке вновь становится доброкачественной; 3) загрязнение воды неорганическими солями, которые не могут быть удалены обычными методами очистки. Они могут делать воду совершенно непригодной для питья, орошения и для многих процессов производства; 4) загрязнение питательными веществами для растений, такими, как поташ, фосфаты, нитраты и т.д. Они также являются неорганическими солями, но в отличие от вышеуказанных веществ обладают свойствами усиливать рост макрофитов и вызывать цветение водоемов. В процессе фотосинтеза они превращаются в органические вещества, способные осаждаться на дне озер; 5) загрязнение воды нефтепродуктами, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на рыб, ухудшать внешний вид водоема и препятствовать контакту воды с воздухом, тем самым снижая степень насыщения ее кислородом. При благоприятных условиях такие вещества накапливаются в воде в значительных концентрациях и обусловливают высокую потребность ее в кислороде; 6) загрязнение воды специфическими токсическими веществами, природа которых варьирует от солей металлов до сложных синтетических веществ (ксенобиотики). К загрязнениям ВОЗ относит сброс подогретых вод, осадков сточных вод и радиоактивные вещества. Виды загрязнения 1 - 4-й группируются в канализационных стоках; в поверхностном стоке с полей - виды 3-й, 4-й и, возможно, 6-й.

2. Первичное и вторичное загрязнение.

Поступление загрязнений в водоем может быть непосредственным через открытый (прямоточный) или рассеивающий выпуск сточных вод и прямое попадание в воду от источника загрязнения (человек, судно, мойка машины, стирка, полоскание белья в водоеме, вымачивание шерсти и пр.) - это первичное загрязнение. Оно может быть учтено, исследовано и спрогнозировано. Последствия его также может быть изучены, спрогнозированы, смоделированы и урегулированы средствами общественного или

административного воздействия. Другой тип загрязнения - вторичное загрязнение - более сложен и трудно поддается учету и исследованию. Оно возникает в результате внутриводоемных процессов, более всего на дне, как следствие или последствие первичного загрязнения, например, после «цветения» воды сине-зелеными или диатомовыми водорослями, вызванного избыточным внесением азота и фосфора в водоем со сточными водами или с поверхностным стоком. После отмирания водорослей и скопления их на дне начинается процесс интенсивной аэробной и анаэробной деструкции с поглощением кислорода и выделением углекислого газа, метана, сероводорода, водорода и др. В толще воды также могут накапливаться продукты жизнедеятельности и отмирания водорослей. Заболачивание отдельных участков водоема или всего озера также может быть источником вторичного загрязнения через увеличение подвижности тяжелых металлов и изменение их баланса в системе вода - донные отложения, т.е. увеличения их концентрации в воде.

3. Качественные и количественные параметры загрязнителей

Все, что может считаться загрязнением, имеет свои качественные и количественные параметры, определяющие вредность загрязнителей или загрязнения в целом. В.Д. Федоров (1980) рассматривает вредность загрязнителей как свойство вызывать нежелательные, опасные или губительные изменения в живом. Вредность определяется на основе ряда физически разнородных критериев, относящихся к загрязнителям. К их числу относятся, прежде всего: - потенциальная токсичность, устанавливаемая в токсикологических экспериментах; - стойкость сохранения в окружающей среде, связанная с их химическим строением, физическим обликом и биологической доступностью (атакуемость) при процессах самоочищения; - биоаккумулятивность, т.е. способность накапливаться в тканях, органах и т.д.; - повсеместность и распространенность в окружающей среде, связанная прежде всего с основными путями их распространения; - масштаб производства и характер использования их человеком в биосфере, а также доля их содержания в отходах промышленности и сельского хозяйства. Всякое загрязнение оказывает то или иное и в разной степени повреждающее действие на отдельные организмы (популяции), биоценозы или, в целом, экосистему водоема.

По Стrogанову (1964), все загрязнения делятся на две основные группы: загрязнения, имеющие аналоги в природе, и загрязняющие вещества, нормально в природе не встречающиеся (обычно токсические вещества - ксенобиотики). Загрязнение водоема веществами первой группы приводит к последовательной смене биоценозов, в зависимости от интенсивности загрязнения, так как в природе имеются виды орга годвух). Часто такая биомасса кормовых объектов приносит больше вреда, чем пользы, так как рыба, питающаяся этими организмами, при- обретают неприятный привкус и запах (передача нефтяного привкуса через мотыля рыбе). В зоопланктоне исчезает Cladocera, Calanoida, и остаются циклопы и коловратки. В бентосе в первую очередь исчезают личинки поденок, ручейников, ракообразные (Gammarus, Mysida). При большой степени загрязнения исчезают также многие хирономиды, личинки стрекоз и моллюски. Остается обедненная фауна из малоценных в кормовом отношении нематод и олигохет. Третья степень загрязнения - исчезают и наиболее выносливые организмы. Остаются некоторые водоросли, грибы и бактерии. Рыбоводственная ценность таких участков практически равна нулю. Более того, поскольку рыба избегает далеко не всегда и не все типы

загрязнения, такие участки могут играть роль «химических ловушек», в которые рыба заходит и погибает (Лесников, 1968); то же - эффект «черных дыр» (Моисеенко, 1997).

1.17 Лекция №17 (2 часа).

Тема: «Биологическая индикация»

1.17.1 Вопросы лекции:

1. Теоретические основы биоиндикации.
2. История биоиндикации вод.
3. Система сапробности.
4. Преимущества биоиндикации.

1.17.2 Краткое содержание вопросов:

Изучение последствий антропогенного воздействия на окружающую среду невозможно без применения методов биологической индикации, которая дает прямую информацию о реакции организмов на стрессовые факторы. Биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ, что в полной мере относится ко всем видам антропогенных загрязнений. Применение биологических методов для оценки качества среды подразумевает выделение видов животных или растений, чутко реагирующих на тот или иной тип воздействия. Существует два основных метода биоиндикации: пассивный и активный. Пассивная биоиндикация – исследование у свободноживущих организмов или их сообществ повреждений и отклонений от нормы, являющихся признаками неблагоприятного воздействия. Активная индикация, или биотестирование – исследование последствий неблагоприятных воздействий в стандартных условиях на наиболее чувствительных к данному фактору организмах - тест-организмах. Методы биоиндикации и биотестирования позволяют определить присутствие загрязняющего вещества (веществ) или другого стрессового фактора по наличию или состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки, и осуществить оценку их воздействия на окружающую среду.

1. Теоретические основы биоиндикации.

Объектом экологических исследований являются экосистемы различных уровней иерархии. Они могут быть природными, антропогенно нарушенными и искусственными. Экологическая оценка - определение параметров природной среды, обеспечивающих существование сообществ живых организмов, характерных для этих состояний в условиях естественного и антропогенного режимов их развития. Она неразрывно связана с качеством объекта - совокупностью характеристик, описывающих данный объект (Международный стандарт №8402-86(94)).

Качество окружающей среды определяется как состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью.

Оцениваемым свойством может быть как собственно качество среды, так и устойчивость экосистемы, биологическая продуктивность, ресурсный потенциал, ассимиляционная емкость и т. д.

В настоящее время при оценке состояния окружающей среды ведущая роль отводится физическим и химическим методам экологического контроля. Их сущность сводится к сравнению загрязнения отдельных компонентов природных комплексов с ПДК или ПДУ. Однако существующие системы нормативов не обеспечивают экологическую безопасность экосистем - состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий - и чаще носят антропоцентрический характер. Поэтому действующая сегодня в практике природопользования регламентация антропогенного воздействия на природную среду приводит к тому, что экосистема даже в идеальных случаях контроля часто подвергается чрезмерным нагрузкам. Хотя при выявлении загрязненных зон аналитическая концепция может рассматриваться как высокоинформационная, в практике более широкомасштабных исследований - оценки экологического состояния среды - она имеет ряд недостатков. Кроме указанного выше, а также высокой стоимости получения представительных данных к недостаткам относятся:

1. невозможность учета в практической деятельности синергического и антагонистического эффектов поллютантов;
2. неразрешимость проблемы оценки влияния на токсичность или иные лимитирующие свойства поллютантов разнообразных природных факторов;
3. невозможность получения информации о вторичных эффектах действия поллютантов, вызванных их накоплением и трансформацией в различных звеньях экосистем.

Изучение последствий антропогенного воздействия на окружающую среду невозможно без применения приемов биологической индикации, которая дает прямую информацию о реакции организмов на стрессорные факторы.

Теоретические основы биоиндикации экологического состояния среды разработаны достаточно подробно. Известно, что все живые организмы предъявляют к условиям местообитания определенные требования. Они были выработаны в процессе развития вида и определяют его существование в условиях соответствующей экологической ниши. На живой организм всегда действует совокупность экологических факторов.

Экологические особенности особей меняются с возрастом и в зависимости от жизненного состояния. При старении организма изменяются скорость метаболизма, физиологическое состояние тканей, органов, потребность в элементах питания и др. Необходимо также учитывать генетическую неоднородность популяции.

Наряду с этим большое значение в биоиндикационных исследованиях имеет учет «эффекта замещения» или «эффекта компенсации», когда избыток или недостаток одного фактора компенсируется другими факторами. При изучении комплексного воздействия факторов внешней среды на живые организмы нужно иметь в виду возможность их антагонизма или синергизма, явление последействия.

Все биологические системы - будь то организмы, популяции или биоценозы - в ходе своего развития приспособились к комплексу факторов местообитания. Они завладели определенной экологической нишей, в которой находят подходящие условия существования и могут нормально питаться и размножаться. Каждый организм обладает генетически закрепленным физиологическим порогом толерантности (выносливости), в пределах которого этот фактор является для него переносимым.

Реакция организма, его угнетение или процветание зависит от дозировки фактора, т.е. каждый вид приспособлен к определенной интенсивности каждого экологического фактора и к определенному диапазону его изменчивости.

Различают 2 вида индикаторов:

1. наиболее чувствительные
наиболее толерантные, испытываются для обнаружения границ антропогенного воздействия, выделения зон и их классификация.

Индикаторы – животные одного вида, находящиеся в различных географических зонах. Исследуются этиологические причины в следствии изменения гормональной системы, нервной системы (изменения рефлекторных дуг).

1. Зоологическое – изучение отдельных видов и сообществ животных, показывающих локализацию или накопление особо токсичных веществ в теле животных.
2. Клеточное биологическое и генетика: индикаторы – хромосомы и хромосомные комплексы, хлоропласти.
3. Сравнительная физиология и морфология животных:
4. Гидробиологическое – изучает зоны распространения и спектр видов, чувствительность к качеству воды. Гидробионты отражают состав воды. Трудно подобрать конкретно гидробионта или тест-систему для обнаружения таких видов загрязнения, как кислоты, пестициды, тяжелые металлы.

С развитием атомной энергетики назрела необходимость в выборе особых индикаторов и индикаторов теплового загрязнения (озоново-парниковый эффект и др.).

Преимущество живых индикаторов:

1. Способность суммировать все без исключения биологически важные данные об окружающей среде, т.е. способность интегрировано отразить динамику биоты в целом. Воздействие антропогенных изменений является толчком для изменения внутри системы.
 2. Способность делать необязательное применение дорогих методов мониторинга для анализа биологических параметров. Это связано с тем, что живые организмы постоянно присутствуют в окружающей среде и реагируют на кратковременное повреждение антропогенные воздействия, которые не могут быть зарегистрированы физическими и химическими средствами мониторинга.
 3. Они способны отражать скорость происхождения в природе изменений (динамику сукцессии). Пример: годовые кольца деревьев.
 4. Указывают на пути и места скопления разного рода изменений, а также вероятностные пути попадания токсических веществ в пищу человека, т.е. живые индикаторы встроены в трофические цепи биоты.
 5. Позволяют судить о степени вредности, мере токсичности технических или иных веществ для живой природы вообще или человека. Пример: экотоксикология, изучающая наиболее токсичные элементы антропогенного загрязнения.
 6. Дают возможность контроля над характером воздействия новых типов и видов антропогенного загрязнения, путем контроля за образованными человеком соединениями.
 7. Позволяют нормировать допустимые нагрузки на экосистемы, отличающиеся между собой по устойчивости, характеру ответа на воздействия.
2. История биоиндикации вод.

Основоположником гидробиологических методов оценки качества вод принято считать Фердинанда Кона, благодаря его соотечественнику Мецу (Mez, 1898), объявившему год появления известного сочинения Кона (Cohn, 1875) годом микроскопического анализа вод. Однако еще раньше, в 1850 году, в Лондоне была опубликована монография Хессела (Hassel, 1850, цит. по: Абакумов, 1981). В ней автор давал оценку качества воды по организмам фитопланктона и зоопланктона. Английский гигиенист прошлого века Паркс включил метод Хессела в руководство по практической гигиене. Коном была обнаружена зависимость видового состав гидробионтов от химического состава вод и, прежде всего, от растворенных в воде органических веществ.

Интерес к гидробиологическим методам во многом был возрожден исследованиями Мец, предложившим списки гидробионтов-антагонистов, встречающихся только в исключительно или в сильно загрязненных водах, а также списки «промежуточных» форм, характеризующих различные уровни загрязнения. К показателям абсолютно чистых вод Мец отнес типичных обитателей холодных вод горных ручьев и родников, не выносящих никакого загрязнения, например *Aphanocapsa fonticola*, *Aphanothece saxicola*, *Cladophora declinata*, *Desmonema vrangeli*, *Nostoc verrucosum*, *Oscillatoria rubescens*, *Pleurococcus mucosum* и др. К их антагонистам Мец отнес организмы, которые, по его мнению, в абсолютно чистых водах не встречаются вовсе, а в сточных водах могут достигать большой численности, например *Leptomitus lacteus*, *Sphaerotilus natans*, *Beggiatoa alba*, *Oscillatoria tenerrima*, *O. tenuis*, *Carchesium lachmanii*. Мец отмечал, что наличие некоторых из этих форм в небольшом количестве еще не указывает на то, что вода сточная, но нахождение даже их одиночных экземпляров не позволяет считать воду безусловно чистой. В список гидробионтов сточных вод вошли также организмы, исполняющие, согласно Мецу, менее выраженную индикационную роль по сравнению с ранее перечисленными, например *Amphimonas fusiformis*, *Bodo mutabilis*, *Euglena viridis*, *Chilodon uncinatus*, *Colpidium colpoda*, *Euplates charon*, *Lionotus fascidela*, *Oxytricha fallax*, *Paramaecium aurelia*, *P. caudatum*, *Styloynchia mytilus*, *Urotricha farcta* и др.. В группу гидробионтов, выносящих слабое загрязнение, Мец внес 40 видов, в том числе: *Anabaena macrospelta*, *Cladophora fracta*, *Cymbella ehrenbergi*, *Diatoma vulgare*, *Scenedesmus quadricauda*, *Ulothrix zonata*, *Zygnema stellatum* и др.. К промежуточной группе гидробионтов, выносящих довольно сильное загрязнение, Мец отнес 37 видов, в том числе: *Closterium acerosum*, *C. parvulum*, *Cocconeis pediculus*, *Cymbella cistula*, *Gomphonema acuminatum* и др.. Санитарно-экологическая характеристика многих гидробионтов, данная Мецем, вполне соответствует современной классификации гидробионтов-индикаторов сапробности.

В дальнейшем шло накопление данных и систематизация сапробных комплексов гидробионтов. Расширение списков сапробных организмов позволяло дать сравнительную оценку влияния различных сточных вод на качество воды водоемов и водотоков. Классическая система показательных организмов была создана ботаником Р. Кольквитцем и зоологом М. Марссоном. Эти авторы предложили дать установленным Мецем двум основным группам показательных организмов-антагонистов название сапробионты (от греч. *Sapros* - гнилой) для обитателей сточных вод и катаробионты (от греч. *katharos* - чистый) для организмов, населяющих исключительно чистые воды. Под сапробностью авторы системы понимали способность организмов развиваться при большем или меньшем содержании в воде органических загрязнений. Позднее экспериментально было

доказано, что сапробность организма обусловливается как его потребностью в органическом питании, так и резистентностью по отношению к вредным продуктам распада и дефициту кислорода в загрязненных водах. Кольквитц и Марссон разделили сапробионтов на три группы: 1) организмы собственно сточных вод - полисапробионты (р-сапробы); 2) организмы сильно загрязненных вод - мезосапробионты (две подгруппы: α -мезосапробы и β -мезосапробы); 3) организмы слабо загрязненных вод - олигосапробионты (о-сапробы). В 1908 году Кольквитц и Марссон опубликовали обширный список показательных растительных организмов, а в следующем году - обширный список видов-индикаторов животных организмов. Эти списки в дальнейшем пополнялись. Существующая ныне система индикаторных организмов не универсальна для всех материков и наиболее применима в европейской части Палеарктики.

3. Система сапробности.

Чешским специалистом Владимиром Сладечеком (1967) разработана полная система сапробности или биологическая схема качества воды (терминология и циклограмма), по его мнению, универсальная.

Все типы вод можно представить в виде круга, который мы делим на квадранты. Левая половина круга представляет несточные воды, правая - сточные воды. Верхняя половина - природные и сточные воды, нижняя половина - воды, для которых нельзя применить понятия сапробности, это воды асапробные. Квадранты представляют четыре главные группы качества воды.

1. Катаробность (К): наиболее чистые грунтовые воды, минеральные воды или вода, которая была искусственно подготовлена в качестве питьевой воды.

2. Лимносапробность (Л): более или менее загрязненные поверхностные или грунтовые воды. В настоящее время мы можем различать пять степеней сапробности: х - ксеносапробность, о - олигосапробность, $\beta\alpha$ - мезосапробность, $\beta\alpha$ - мезосапробность, - р - полисапробность.

3. Эвсапробность (Е): сточные воды, содержащие органические вещества, которые подвергаются биохимическим процессам разложения. Среди них можно различать четыре степени: i - изосапробность (развитие инфузорий), м - метасапробность (развитие бесцветных жгутиконосцев), п - гиперсапробность (развитие бактерий и грибков), и - ультрасапробность (абиотическая степень - наиболее концентрированные сточные жидкости).

4. Транссапробность (Т): сточные или поверхностные воды, которые не подчиняются понятию сапробности и не подвергаются биохимическому разложению. Здесь присутствуют принципиально три степени качества воды: а - антисапробность с токсическими веществами, г - радиосапробность с радиоактивными веществами и с - крипто-сапробность, где влияют физические факторы, например высокая или низкая температура, присутствие некоторых минеральных суспензий и т.д

В кругу находится стрелка, показывающаяся направление биологической очистки и самоочищения. Нельзя предполагать, что каждая сточная вода должна проходить последовательно по всем степеням. Очистительные сооружения значительно сокращают этот процесс, который заканчивается достижением - приблизительно - мезосапробной степени. Обратное направление стрелки указывает на повышение загрязнения и количества органических веществ (БПК, окисляемости). Отдельные степени сапробности характеризуются биологически - присутствием или отсутствием организмов, во многих

случая биоиндикаторов. Зная условия жизни биоценозов, мы можем судить об общих свойствах биотопа. Очень трудной работой является определение связи биологических, бактериологических и химических результатов анализов.

4. Преимущества биоиндикации

Биологические критерии оценки качества воды дают более обобщенные данные о состоянии водоема, чем химические показатели. Они характеризуют изменения состояния водоема, происходящие за большой отрезок времени воздействия на водоем. Биологический анализ используют для характеристики процессов антропогенного эвтрофирования и для оценки степени загрязнения (Синельников, 1980). Преимущество биологической индикации состоит в том, что: 1) биологические процессы интегрируют влияние среды и изменение в структуре сообщества; 2) биологические процессы вскрывают скорость и направление изменения отдельных параметров среды; 3) морская (также и пресноводная. - В.С.) биота, аккумулируя и трансформируя химические соединения, указывает на пути миграции и места накопления загрязняющих веществ в экологической системе (Цыбань и др., 1981). Особенности водных биоценозов отражают качество вод и могут служить для его индикации. Если в биоценозе наблюдается увеличение численности организмов, устойчивых к некоторому типу загрязнения, по сравнению с численностью других организмов, то это может указывать на появление данного типа загрязнения. Сдвиг в доминировании по численности от тубифицид, хирономид и личинок стрекоз к поденкам, веснянкам и некоторым видам ручейников явно указывает на улучшение качества вод, на уменьшение в воде биогенных элементов (Абакумов и др., 1981). Хозяйственно-фекальное загрязнение вод лучше оценивается по микробиологическим показателям (Драчев, 1964). Бактериологический и микологический анализ воды может показать начальное или кратковременное органическое загрязнение (Hynes, 1964). Массовое развитие бактерий или специфическое бактериальное загрязнение вызывают вспышку численности и разнообразия простейших, которых эффективно можно использовать в качестве индикаторов загрязнения (Hynes, 1960). Состав и численность бактерий и простейших являются хорошим показателем качества активного ила в аэротенках и эффективности биологической очистки сточных вод по населению прудов-отстойников в отсутствие токсических загрязнений. Другие беспозвоночные, многоклеточные (черви, моллюски, ракообразные, личинки насекомых) используются в сравнении зон, степени и качества комплексных загрязнений водоемов и водотоков. Биологические эффекты (последствия) загрязнения проявляются в изменении физиологических, биохимических и генетических свойств организма и связанных с ними проявлений морфологического, этологического, популяционно-биоценотического и экосистемного характера.

1.18 Лекция №18 (2 часа).

Тема: «Водные гидробиоценозы Оренбургской области»

1.18.1 Вопросы лекции:

1. Водные ресурсы Оренбургской области.
2. Ихтиофауна Оренбургской области.
3. Водная флора водоемов Оренбуржья.

1.18.2 Краткое содержание вопросов:

1. Водные ресурсы Оренбургской области.

Поверхностные воды.

Территория области характеризуется довольно значительной плотностью речной и балочной сети, достигающей 2-4 км/1 км² за исключением крайних восточных и южных районов, где она не превышает 0,5 км/1 км².

Наиболее крупная река Урал является транзитной, но основная часть ее стока формируется в области за счет главного притока - Сакмара. Две крупные реки Сакмара и Илек берут начало соответственно в Башкирии и в Казахстане и впадают в Урал уже в пределах области. Большинство других значительных рек (Самара, Чаган, Большой и Малый Кинель, Дема, Тобол) имеют в области истоки и значительную часть водосборной площади, но уходят своими нижними течениями за ее пределы. Сток остальных средних и малых рек полностью формируется на территории области.

Почти все реки относятся к бассейну Каспийского моря, распределяясь между бассейнами Урала и Волги. Река Тобол принадлежит бассейну Оби и Карского моря. На крайнем юго-востоке область имеет бессточный бассейн степных озер Жетыколь, Шалкарегакара и Айке.

Большую часть воды реки получают за счет атмосферных осадков (60-95%) и незначительную - за счет дренирования подземных вод.

Река Урал по своей длине (2428 км) уступает в Европе только Волге и Дунаю. Площадь его бассейна 231 тыс. км². На Оренбургскую область приходится 1164 км русла и около 78 тыс. км² площади бассейна. По водности Урал занимает место лишь в третьем десятке европейских рек. Главной особенностью Урала является чрезвычайная неравномерность стока.

По химическому составу воды Урала относятся к группе кальциевых гидрокарбонатного класса. Вода Урала содержит во время паводка 0,3 -0,5 г/л, а к концу теплового периода -0,8 г/л сухого остатка. Довольно высокая степень минерализации обусловлена водной эрозией меловых и известняковых обнажений, связью речных вод с засоленными водами и переносом растворенных солей притоками.

Крупнейший приток Урала - река Сакмара, ее протяженность 798 км, площадь бассейна 30,2 тыс. км², длина Сакмара в пределах области около 380 км.

Всего в пределах области насчитывается 623 водотока протяженностью более 10 км.

Значительную площадь (около 5 тыс. км²) на востоке области занимает бессточный бассейн озер Шалкар-Ега-Кара, Жетыколь, Айке. Наиболее крупная река этого бассейна Буруктал имеет сток в озеро Шалкар-Ега-Кара только в весенне время, а летом состоит из цепочки глубоководных озеровидных плесов.

Озеро Шалкар-Ега-Кара - крупнейший естественный водоем области площадью более 9600 га и длиной береговой линии 96 км. Оно имеет почти правильную круглую форму и занимает блюдцеобразное понижение в рельефе. Ввиду отсутствия постоянного стока в озеро, его уровень подвержен резким колебаниям в различные годы. Примерно раз в 10 лет озеро полностью высыхает, а каждые три года промерзает до дна. Преобладающая глубина на озере 0,5-1,5 м.

В поймах Урала, Сакмары, Самары, Илека и их притоков сосредоточено большое количество озер-стариц, режим которых тесно связан с основными водотоками. Наиболее крупные пойменные озера имеют площадь до 100 га и достигают длины 7 км.

В центральной и восточной частях области встречаются озера карстового происхождения. Наиболее крупные из них - озера Косколь в Беляевском районе (12 и 15 га), озеро Октябрьское в Октябрьском районе (30 га), озера Копа в Гайском и озеро Копа в Адамовском районах.

Неотъемлемой частью водных ресурсов области и ее современного ландшафта являются искусственные водоемы. Насчитывается более 312 прудов и водохранилищ общей площадью около 15600 га. В эту площадь не входит зеркало самого крупного искусственного водоема области Ириклинского (26,0 тыс. га), которое по своим параметрам несопоставимо с остальными водохранилищами.

Почти сразу после вступления р. Урала на территорию области, начинается плес Ириклинского водохранилища. Оно было образовано плотиной гидроузла в 1957-1958 годах с целью улучшения водоснабжения промышленных центров Восточного Оренбуржья. Создание водохранилища облегчило борьбу с наводнениями в городе Орске. На нем была построена гидроэлектростанция, а затем Ириклинская ГРЭС. Сооружение водоема позволило расширить возможности для развития рыбного хозяйства и ирrigации в верхней части бассейна Урала.

Водохранилище создано в бывшем Ириклином ущелье и представляет собой в средней и нижней частях глубоководное горное озеро со скалистыми берегами и многочисленными заливами. Длина водохранилища с севера на юг 73 км, протяженность береговой линии около 415 км.

Площадь водохранилища при горизонте 245 м над уровнем моря составляет 260 км², средняя глубина 12,5 м, максимальная в русловой и приплотинной зоне - 36 м.

Из других водохранилищ области наиболее крупными являются Кумакское, построенное в 1964 году в Ясенском районе (площадь 12,7 км², объем 48 млн. м³) и Черновское в Илекском районе (1983 год; 12,6 км², 52,7 млн. м³).

4. Подземные воды Оренбургской области.

Потенциальные ресурсы подземных вод области оцениваются в 6,3 млн. м³/сут., в т. ч. 5,2 млн. м³/сут. пресных вод. Максимальными модулями характеризуются аллювии долин крупных рек (1-5 л/с. на км²) и коренные выходы эрозионных врезов (0,5-1 л/с.км²). Из водоносных комплексов наиболее мощный - аллювиальный четвертичный с ресурсами 1,3 млн. м³/сут.

Широко распространены минеральные воды: сульфатные, сульфато-хлоридные, хлоридные натриевые, сероводородные, бромные, хлоридные натриевые рассолы. Разнообразие минеральных вод области по степени минерализации и химическому составу позволяет выделить среди них 5 бальнеологических групп 27 типов. Большинство из них имеют аналоги среди известных типов минеральных вод.

В водные объекты области за год сбрасывается 1,2 млн. м³ загрязненных стоков без очистки и около 170 млн. м³ недоочищенных сточных вод, 4,5 млн. м³ сбрасывается на рельеф местности, что является источником загрязнения подземных вод. Из 39 городов и районных центров области только 16 имеют очистные сооружения, 23 сбрасывают загрязненные стоки без очистки. Ни один населенный пункт не имеет ливневую канализацию.

Качество питьевой воды продолжает ухудшаться почти по всем нормируемым показателям. Экологическую напряженность усиливает трансграничный перенос вредных веществ со стороны Челябинской области и Республики Башкортостан. Воды реки Урал, являющейся основным источником водоснабжения области, поступают на ее территорию с повышенной концентрацией загрязняющих веществ.

Более 50% общеобластного объема сброса загрязненных сточных вод приходится на предприятие АО "Орскнефтеоргсинтез", еще 11,2% вносит "Гайский ГОК". Наиболее характерными загрязняющими веществами для области являются сульфаты, хлориды, соединения азота, общий фосфор, СПАВ, жиры, железо, соли меди, цинка.

На территории области обнаружено 15 устойчивых загрязнений подземных вод. Основные загрязняющие вещества - нефтепродукты, фенолы, соли тяжелых металлов, ионы железа, бром, селен, фтор.

2. Ихтиофауна Оренбургской области.

Самыми распространенными промысловыми видами рыб в среднем Урале являются лещ, судак, жерех, язь, а также белоглазка, плотва и подуст. В низовьях увеличивается доля полупроходных форм, в том числе чехони и воблы. Среди рыбной мелочи самые распространенные - голавль, елец, ерш, окунь.

Очень редким в Урале стал сазан, в прошлом занимавший первое место в уловах. Исчезновение сазана вызвано промышленным загрязнением реки Урала. Характерными видами для Урала являются налим и сом. Налим встречается от Уральска до верховьев, а сом повсеместно, в том числе и в малых реках в омутах с проточной водой. В Урале для сома идеальные условия: закоряженные глубокие плесы, заиленные затоны, богатая кормовая база. В среднем течении реки до настоящего времени рыболовы-любители вылавливают сомов весом в 100 - 120 кг и более. А исторические данные и сохранившиеся скелеты свидетельствуют о том, что в благоприятных условиях сомы в Урале вырастали до 3 - 5 м в длину и 300 кг веса.

Среди новых видов, попавших в Урал из Ириклинского водохранилища, можно назвать сига, рипуса. Интересно, что в Ириклинском водохранилище, а через него и в Урале, появилась каспийская игла-рыба, завезенная из низовьев Урала и Каспия вместе с кормовыми организмами и производителями промысловых видов рыб.

В среднее течение Урала из рыбоводных прудов проник пестрый толстолобик. В Урале он не нерестится, но подолгу живет и вырастает до больших размеров. Так, в устье Белогорской старицы в Ташлинском районе Оренбургской области нередко вылавливаются толстолобики весом до 30 кг.

Рыбы в наших водоемах много. Во время весеннего паводка (особенно в 1941 - 1948 г.г.) в реки Оренбургской области заходит рыба с низовьев Урала. Она заселяет и водоемы, расположенные в той части речных долин и пойм, которая затапливается.

В реках и озерах Оренбуржья рыбы находят для себя много корма: мелких раков, моллюсков, червей, различные растения; много насекомых приносит из степи ветер. В водоемах много удобных мест, поэтому рыбы здесь хорошо размножаются.

Из 51 вида, которые постоянно живут в низовьях реки Урала и заходят туда из моря, до Оренбургской области доходят 36; из них 11 встречаются редко, остальные более или менее часто.

Обычны в наших реках из семейств карповых: сорожка, елец, голавль, язь, красноперка, жерех, линь, подуст, пескарь, сига (уклейка), густерка, лещ, карась круглый,

карась продолговатый и сазан; из семейства выоновых - выон; из семейства сомовых - сом; из семейства щуковых - щука; из семейства окуневых - судак, берш, окунь, ерш; из семейства колбневых - бычок; из семейства колюшковых - колюшка и из семейства тресковых - налим.

Эти рыбы хорошо известны населению Оренбургской области. Очень редко встречаются минога каспийская, белуга, стерлядь и редко - шип, форель, белорыбица, хариус, белоглазка, синец и другие.

Миногу легко узнать по голому змеевидному телу, по семи парам жаберных отверстий и отсутствию парных грудных и брюшных плавников. Встречается она в Урале, в Сакмаре и ее притоках очень редко. Минога у нас известна мало, так как она не ловится на крючковую снасть, ведет скрытый образ жизни. Ход ее из Каспия по дну реки происходит в ночное время поздней осенью и зимой, а икрометание (в бассейне Сакмары) - в июне.

Белуга. Названия некоторых наших озер - "Белужье", "Белужья яма" - указывают на то, что эта ценная рыба бывает в наших водах, однако гостья она очень редкая. Известны лишь несколько случаев вылова белуги в Урале - ниже Оренбурга, в Сакмаре - до устья реки Большой Ик, в низовьях Илека.

Шип, поднимаясь из Каспия, доходит и до Оренбурга. Ход этой рыбы в иные годы бывает заметным (летом и в начале осени). В 1946 году одним из рыболовов-любителей за летне-осенний сезон было выловлено в окрестностях Оренбурга на переметы около 50 штук шипов. Стерлядь встречается очень редко. Известны отдельные случаи лова стерляди по Уралу, ниже Оренбурга, и на Сакмаре.

Форель и хариус обитают только в горных речушках с холодной ключевой водой. В пределах области, встречаются в мелких притоках Большого Ика и Сакмары на границе с Башкирией. Ловятся бреднем и на удочку (на червя и мушку).

Белорыбица ловится, хотя и очень редко, в Урале, между Оренбургом и Илеком. В 1948 году более десяти белорыбиц было выловлено в Урале в 8 километрах выше города Оренбурга. Большой интерес среди наших обычных рыб представляет сазан. Еще совсем недавно, лет десять тому назад, сазаны были под Оренбургом сравнительно редкой рыбой. Ловлей сазанов специально занимались рыбаки из поселков, расположенных по Уралу ниже Оренбурга (от Краснохолма до Илека). Ловились сазаны местами по Сакмаре. Но везде они встречались в небольшом количестве. В последние же годы в промысловой и спортивной рыбной ловле сазан занял первое место среди других наших рыб.

3 Водная флора водоемов Оренбуржья.

По литературным данным флора водных и прибрежно-водных сообществ водоемов Оренбургской области включает 206 видов, относящихся к 57 семействам и 99 родам. Отдел Bryophyta насчитывает 1 вид, Equisetophyta - 1, Polypodiophyta - 5, Magnoliophyta - 199. Среди последних к классу Magnoliopsida относятся 100 видов, принадлежащих к 50 семействам и 92 родам, к классу Liliopsida - 99 видов из 18 семейств и 36 родов. На долю 11 ведущих семейств приходится 121 вид, что составляет 58,74% всей флоры. Наибольшее число видов включают семейства Cyperaceae (35 видов), Potamogetonaceae (16 видов), Salicaceae (11 видов), Poaceae (10 видов), Asteraceae, Brassicaceae, Ranunculaceae (по 8 видов). Остальные семейства насчитывают от 1 до 7 видов. Соотношение биоморф в составе флоры таково: деревьев и кустарников 12, полукустарничек 1, травянистых - 193 вида (из них 160 многолетников, 3 - двулетника, 30 - однолетников).

Характерной особенностью флоры водоемов является, прежде всего, преобладание элементов евразиатской группы (96 видов или 46,6% от общего числа видов) при значительном участии голарктической (75 – 36,4%) и космополитной (22 – 10,68%) групп. Участие остальных групп весьма незначительно. По фитоценотическим группам растения распределяются следующим образом: водных видов 48, прибрежно-водных 86, болотных 11, лугово-болотных 34, болотно-лесных 6, лесных и лесостепных 3, луговых 10, лугово-лесных 4, галофитов 4. Среди растений, слагающих флору водоемов Оренбургской области, преобладают гигрофиты, насчитывающие 116 видов (56,31% всей флоры). К ним относятся такие виды, как *Alopecurus geniculatus*, *Beckmannia eruciformis* (L.) Host., *Carex acuta*, *C. acutiformis* Ehrh., *C. diandra* Schrank., *C. pseudocyperus* L., *Cardamine amara* L., *Cyperus glomeratus* L., *Glyceria arundinacea* Kunth., *Juncus articulatus*, *Juncus compressus*, *Lathyrus palustris* L., *Persicaria hydropiper*, и многие другие. Гидрофиты представлены 49 видами (23,79%). В экологическом отношении они не однородны, и их можно разделить на четыре группы: 1) гигрофиты погруженные, укореняющиеся – 23 вида (11,17%). Среди них *Myriophyllum spicatum* L., *M. verticillatum* L., *Najas major*, *N. marina* L., *Potamogeton crispus*, *P. lucens*, *P. perfolatus*, *Zannichellia palustris* L. 2) гидрофиты погруженные, неукореняющиеся – 4 вида (1,94%). Это *Riccia fluitans* L., *Lemna trisulca* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Ceratophyllum submersum* L. 3) гидрофиты укореняющиеся, имеющие плавающие на поверхности воды листья – 16 видов (7,77%). Это *Potamogeton natans*, *Nuphar lutea* (L.) Smith., *N. pumila* (Timm) DC., *Nymphaea alba* L., *N. candida* J. Presl., *Trapa natans* L. и другие. 4) гидрофиты не укореняющиеся, свободно плавающие на поверхности воды – 6 видов (2,91%). Это такие виды, как *Salvinia natans*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Hydrocharis morsus-ranae* L. и другие. Наконец, самой малочисленной группой являются гелофиты – 41 вид (19,9%). Среди них можно отметить *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, *Typha laxmannii*, *Sparganium erectum*, *Sparganium microcarpum*, *Sparganium minimum*, *Alisma gramineum*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Butomus umbellatus*, *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* и другие. Во флоре водоемов Оренбургской области зарегистрировано значительное количество редких и новых видов растений. К редким видам относятся *Carex acutiformis*, *Carex pseudocyperus*, *Carex vesicaria*, *Nymphoides peltata* и другие. Новыми для Оренбургской области являются: *Riccia fluitans*, *Najas major*, *Pycnosorus flavescent*, *Spirodela polyrhiza*, *Juncus effusus*. Третичными реликтами являются *Trapa natans* и *Salvinia natans*. Необходимо отметить, что *Trapa natans* внесен в Красные книги России и Оренбургской области.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Определение физических показателей качества воды»

2.1.1 Цель работы: сводится к освоению навыков определения физических показателей воды.

2.1.2 Задачи работы:

1. освоить методику и критерии определения запаха воды;
2. освоить методику и критерии определения вкуса и привкуса;
3. освоить методику и критерии определения температуры воды;
4. освоить методику и критерии определения прозрачности воды;
5. освоить методику и критерии определения цветности воды;
6. освоить методику и критерии определения механического осадка.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

термометр спиртовой, платиново-кобальтовая шкала цветности, мерные цилиндры, водяная баня, колбы и флаконы

2.1.4 Описание (ход) работы:

Задание 1: У представленных образцов воды изучить физические показатели качества воды.

1. Определение запаха

Запах и вкус воды зависит от ряда причин: от газов, насыщающих воду, от химического состава примесей, наличия в ней органических веществ.

По характеру запахи делятся на две группы:

- а) запахи естественного происхождения (от отмирающих и живущих в воде организмов, от влияния берегов, дна и т.д.);
- б) запахи искусственного происхождения (от промышленных сточных вод, обработки воды реагентами на станциях).

Запах воды естественного происхождения обычно связан с деятельностью бактерий, разлагающих органические вещества. Поэтому вода родников, ключей, артезианских скважин обычно не имеет запаха. Застойная вода прудов, колодцев с деревянным срубом часто обладает специфическим затхлым плесневым запахом, гуминовые соединения придают водам болотный, илистый, тинистый запах, а сероводород – запах тухлых яиц. Фекальные и сточные воды имеют гнилостный, а иногда и рыбный запах. Грунтовые воды и воды верховодки пахнут свежевспаханной землей (глинистый, землистый запах).

Запахи искусственного происхождения называют по соответствующим веществам: например, бензиновый, хлорный или неопределенный. Интенсивность запаха определяется при разной температуре, что требует использования водного термометра. Если запах ощущается при $+20^{\circ}$, то его интенсивность характеризуется как заметная, отчетливая или сильная, а при $+60^{\circ}$ – как слабая. Определение данной характеристики проводят в помещении, где воздух не имеет постороннего запаха. Для этого воду (около 200 мл) подогревают и анализируют при 20° , а затем при $40-60^{\circ}$. Ее сразу переливают в колбу или бутылку до половины объема, закрывают горлышко пробкой или рукой, сильно встряхивают 3-5 раз, а затем быстро производят однократное (для каждого из нескольких исследователей) определение характера и интенсивности запаха воды. Питьевая вода при температуре 20° не должна

иметь запаха, привлекающего внимание потребителя. Для характеристики видов запаха используется специальная шкала, разработанная для гидрологических исследований.

Интенсивность запаха характеризуют по пятибалльной системе, приведенной в таблице.

Шкала оценки запахов		
Символ	Характер запаха	Приблизительный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Бензиновый	Иланговый
Г	Гнилостный	Фекалийный, стоковый
Д	Древесный	Мокрой стружки, коры
Э	Землистый	Пряный, свежескошенной земли
П	Плесневый	Затхлый, застойный
Р	Рыбный	Рыбного жира, рыбный
С	Сероводородный	Тухлый яич.
Т	Травяной	Свежескошенной травы, сена
Н	Неопределенный	Природного происхождения, который не подходит под предыдущие определения

Запахи искусственного происхождения, обусловленные примесями некоторых промышленных сточных вод, веществами, вызывающими появление запаха фенолный, хлориногенный, нефтяной, бензиновый, хлорный, фенольный, сероводородный, спиртовой, склонистый.

2. *Определение вкуса и привкуса*

Воде придают растворенные в ней соединения, газы и примеси. Различают четыре основные виды вкуса: горький, сладкий, соленый и кислый. Горький вкус связан с наличием в воде сульфатов магния и натрия, сладкий и кислый – с большим количеством органических веществ, соленый – обусловлен растворением хлористого натрия. Привкусы – прочие вкусовые ощущения – более субъективны, поэтому они характеризуются менее четко. Например, вода может иметь металлический, рыбный, огуречный привкус.

Определение вкуса и привкуса, а также их интенсивности производят только для источников питьевого водоснабжения при температурах около 20°. В рот набирают небольшое количество воды (около 10 мл) и держат, не проглатывая, несколько минут. Воду сомнительных в санитарном отношении источников и открытых водоемов предварительно кипятят, остужают до указанной температуры и только после этого проводят определение вкуса и привкуса.

3. *Температура воды*

Зависит в первую очередь от происхождения вод. Воды подземных источников, в отличие от поверхностных, отличаются постоянством температуры. В пределах 7-11 градусов. Для поверхностных источников она обусловлена наличием сброса сточных теплых вод и подземным питанием (холодные воды) изменчивостью температуры атмосферного воздуха. Колеблется от 4 до 24 градусов. Измеряется с помощью водного термометра (спиртового термометра в пластмассовом или деревянном защитном кожухе). В отдельных случаях удобно измерять температуру обычным термометром, опустив его в ведро или другой сосуд объемом не менее 1 л; первый отсчет по термометру берут спустя 5-10 минут после его погружения в воду. Запись отсчетов ведут с максимально возможной точностью.

4. *Прозрачность воды*

Зависит от количества и степени дисперсности находящейся в воде взвешенных веществ (глины, ила и органических взвесей).

Прозрачность выражается в сантиметрах водяного столба, через который видны линии толщиной в 1 мм, образующие крест (определение по кресту или шрифт № 1 (по Снеллену). Определение прозрачности по «шрифту» проводят в специально градуированном стеклянном цилиндре (высота градуированной части больше 30 см) с припаянным внизу краном и плоским, хорошо прошлифованным дном. Воду наливают в цилиндр, подкладывают стандартный шрифт № 1 на расстоянии 4 см от дна и просматривают его сверху через слой воды, отливая или добавляя ее, и отмечая высоту столба, через который чтение шрифта еще невозможно. Высота воды в цилиндре, отсчитанная в сантиметрах, выражает степень прозрачности воды. Определение производят при хорошем освещении, но не на прямом солнечном свете.

При незначительном содержании взвешенных веществ в воде (менее 2 мг/л) определяется ее мутность (мг/л). При наличии в воде большого количества взвешенных веществ их определяют весовым путем. Перевод прозрачности в мутность (мг/л) приведен в таблице.

Для источников хозяйствственно-питьевого водоснабжения вода должна быть прозрачной в столбике воды высотой около 20 см, а для водоемов, используемых для купания и коммунальных целей – около 10 см.

Таблица перевода прозрачности в мутность

Прозрачность, см	Мутность, мг/л	Прозрачность, см	Мутность, мг/л
2	745	16	48
4	360	18	34
6	250	20	22
8	190	22	14
10	140	24	10
12	100	26	8
14	70	28	6
		30	3

5. Цветность воды ГОСТ 31868-2012 Вода. Методы определения цветности

Зависит от их химического состава, наличия микроорганизмов, частиц ила, глины и других примесей. Например, взвешенные минеральные частицы делают цвет воды сероватым, органические соединения придают воде желтый цвет, трудно окисляемые гуминовые кислоты – бурый или коричневый, закисные соли железа – зеленовато-голубой, а окисные – ржаво-бурый.

Определение цвета воды можно проводить как в полевых, так и в камеральных условиях. Для этого воду наливают в тонкостенный стакан и ставят его на лист белой бумаги. Цвет определяют, просматривая воду сверху вниз. При загрязнении вод стоками промышленных предприятий окраска может быть не типичной для естественной цветности вод.

Цветность измеряют в градусах платиново-кобальтовой шкалы цветности путем сравнения исследуемой воды с эталоном. В эталонную колбу наливают примерно 500 мл и рассматривают сбоку на белом фоне на расстоянии двух метров, подбирая к цвету пробы цвет более подходящей колбы шкалы цветности.

По степени окрашенности различают следующие градусы цветности воды: Почти лишенные окраски $< 20^\circ$

Слабоокрашенные $20—30^\circ$

Средне окрашенные $40—50^\circ$

Интенсивно окрашенные $60—80^\circ$

Темно-окрашенные $100—200^\circ$

Исключительно темно-окрашенные $>$

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства.

6. Механический осадок

характерен для подземных вод, высачивающихся из карстовых каналов и трещин, а также для речных и других вод. Визуально отмечают состав, цвет осадка и его количество (ничтожный, незначительный, заметный, большой), а также характер осадка: кристаллический, илистый, песчаный, аморфный и т.п. Осадок в воде наземных водоемов определяют в прозрачном тонкостенном стакане спустя 1 час после взбалтывания пробы, а в воде подземных источников - спустя сутки.

Задание 2: Сделайте выводы о качестве воды по физическим показателям.

2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

Тема: «Анализ химических свойств воды»

2.2.1 Цель работы: изучить химические свойства воды, освоить методику определения общей жесткости воды.

2.2.2 Задачи работы:

1. изучить основные химические показатели качества воды;
2. освоить методику определения активной реакции воды (pH);
3. проанализировать кислотность и щелочность воды;
3. определить общую жесткость воды комплексонометрическим методом.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Трилон Б, эриохром черный, Установка для объемного титрования, индикатор, буферный раствор, дистиллированная вода, набор индикаторных бумажек для определения pH; стандартные пробирки емкостью 8 мл, внутренний диаметр 12,8–13,0 мл., метиловый оранжевый; 0,1 н раствор едкого натра; раствор фенолфталеина или тимолфталеина, 0,1 н раствор соляной кислоты.

2.2.4 Описание (ход) работы:

1. Активная реакция воды (pH)

Небольшая часть молекул воды диссоциирована на водородные и гидроксильные ионы. В химически чистой воде молярные концентрации этих ионов равны и составляют при 25°C 10^{-7} моль/л. Таким образом, величина произведения обеих концентраций равна 10^{-14} . Это произведение сохраняет постоянную величину и в присутствии веществ, при диссоциации которых образуются водородные и гидроксильные ионы. Поэтому вполне

достаточно определить концентрацию одного из них. Практически определяют концентрацию водородных ионов.

Поскольку концентрация водородных ионов, или другими словами, активная реакция среды, может иметь самое различное значение и различаться на несколько порядков, принято выражать ее величиной pH, представляющий собой десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком

$$pH = -\lg [H^+]$$

Активную реакцию воды определяют, как правило, потенциометрическим методом (pH-метром) при помощи стеклянного электрода.

Если нельзя применить pH-метр (например, в полевых условиях), используют колориметрический метод. Колориметрический метод основан на свойстве индикаторов изменять окраску в зависимости от концентрации ионов водорода, причем, для каждого индикатора существуют определенные границы изменения его окраски. Колориметрическое определение pH можно применять для бесцветных сточных вод с использованием универсального индикатора или нитрофенольной шкалы. Приблизительную концентрацию ионов водорода можно установить по готовым индикаторным бумажкам.

Потенциометрический метод. В стаканчик наливают исследуемую воду и проводят измерение pH по шкале потенциометра. Перед каждым погружением в контролируемый раствор электроды необходимо тщательно промыть дистиллированной водой и удалить с них избыток воды фильтровальной бумагой. Электроды должны быть погружены в контролируемый раствор на глубину не менее 2 см.

При измерении pH растворов, температура которых отличается от комнатной ($\approx 200^{\circ}C$), необходимо применять автоматическую температурную компенсацию, либо при каждом измерении устанавливать указатель ручного корректора на температуру контролируемого раствора. Отсчет величины pH по шкале прибора следует производить после того, как показания примут установившееся значение.

Колориметрическое определение. В одну из стандартных пробирок (пробирки из бесцветного стекла емкостью 8 мл, с меткой на 5 мл, внутренний диаметр 12,8–13,0 мл) прибавляют из капельницы около 0,1 мл (2–3 капли) универсального индикатора (Приложение 3) затем наливают до отметки 5 мл испытуемой воды.

В другую стандартную пробирку наливают до отметки исследуемую воду без индикатора. Вставляют пробирки в компаратор и колориметрируют, рассматривая пробирки сверху. Окраска раствора в зависимости от pH меняется от ярко-розового до голубого цвета.

Если окраска испытуемого раствора окажется интенсивнее окрашена розовой краской, чем эталон, соответствующий pH - 4, то результат записывают pH < 4,0.

Если же окраска окажется совпадающей с эталоном 7,8 или синее этого эталона, определение повторяют, прибавляя к испытуемой воде вместо универсального индикатора индикатор тимоловый синий, производя сравнение окраски с эталонами планшета (планшет - индикатор тимоловый синий).

При анализе сильно загрязненных вод пользуются индикаторными бумажками.

Кислотность воды

Кислотностью называется содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными щелочами (едким калием, едким натрием), т.е. с гидроксид-ионами. Расход основания выражает общую кислотность воды (р).

Определяют общую и свободную кислотность воды.

Общей кислотностью воды (р) называется содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными щелочами (едким натром, едким кали). К этим веществам относятся:

- 1) сильные кислоты, создающие в водных растворах $\text{pH} < 3$ (соляная, азотная, серная и др.);
- 2) слабые кислоты, создающие в водных растворах $\text{pH} > 3$ (уксусная, сернистая, сероводородная, угольная, гуминовые кислоты и т.д.);

катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, алюминия, органические основания);

Объем 0,1 н раствора щелочи, израсходованный на титрование таких веществ (до $\text{pH} 8,3$) соответствует общей кислотности воды (р).

Кислотность природных вод в большинстве случаев зависит только от содержания свободного растворенного углекислого газа:



Часть общей кислотности, обусловленная наличием гуминовых и других слабых органических кислот, растворенных в воде, называется естественной кислотностью воды. Активная реакция (рН) природной воды, не загрязненной промышленными стоками, обычно не ниже 4,5.

Промышленные сточные воды (стоки травильного, гальванического производства, шахтные воды) могут содержать сильные кислоты или соли сильных кислот и слабых оснований (чаще всего соли железа и алюминия), подвергающиеся гидролизу, в результате которого кислотность воды увеличивается, а рН воды при этом обычно падает значительно ниже 4,5. При сбросе таких вод в водоемы кислая реакция должна быть нейтрализована, иначе неизбежна гибель рыбы и всего живого.

Часть общей кислотности, при которой рН воды падает до 4,5 и ниже называется свободной кислотностью воды (м).

Кислотность воды определяют титрованием раствором сильного основания. Количество 0,1 н раствора сильного основания, израсходованного на титрование до достижения $\text{pH}=4,5$, соответствует свободной кислотности воды (м), а $\text{pH}=8,3$ – общей кислотности воды (р). Если рН исследуемой воды превышает 8,3, то ее кислотность равна 0.

Предварительно определяют наличие в воде свободного углекислого газа по метиловому оранжевому (кислая реакция) или измеряют рН ($\text{pH} < 4,5$). Если установлено свободного CO_2 , то проводят количественное определение свободной и общей кислотности воды.

Для определения свободной кислотности воды (м) к 100 мл исследуемой воды добавляют 2 капли раствора метилового оранжевого и титруют 0,1 н раствором едкого натра до появления желтой окраски (при потенциометрическом титровании – до $\text{pH} 4,5$).

Для определения общей кислотности воды (р) к 100 мл исследуемой воды добавляют 3 капли раствора фенолфталеина ($\text{pH}=8,3$) или тимолфталеина ($\text{pH}=9,4$) и

титруют 0,1 н раствором щелочного натра до появления розовой окраски (при потенциометрическом титровании – до pH 8,3).

Свободную (m) и общую (p) кислотность воды вычисляют по формуле:

$$x = \frac{Vx \cdot N \cdot 1000}{V}, \quad (6)$$

где $x = m$ или $x = p$, соответственно; Vx – объем NaOH, пошедший на титрование при определении свободной и общей кислотности, соответственно; N – нормальность раствора NaOH; V – объем исследуемой воды, взятой на титрование, мл.

2. Щелочность воды

Определяют общую щелочность, щелочность по фенолфталеину и по метилоранжу.

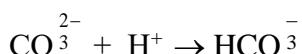
Под щелочностью понимают способность некоторых компонентов, содержащихся в воде, связывать эквивалентное количество сильной кислоты. Щелочность воды выражается в мг-экв/л, необходимой для ее нейтрализации, что соответствует количеству миллилитров 1 н соляной кислоты на 1 л воды.

Общая щелочность природных вод обусловливается анионами слабых кислот: HCO_3^- , CO_3^{2-} , H_2SiO_4^- , H_2BO_4^- и другими анионами, гидролизующимися с образованием гидроксид-ионов. В сероводородных водах заметное значение в щелочности воды приобретает гидросульфитный ион (HS^-), а в нефтяных водах – ионы органических кислот. В сточных водах щелочность может быть обусловлена гидроксил-ионами сильных оснований (NaOH, KOH).

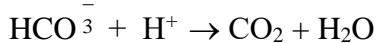
Щелочность, обусловленная присутствием сильных оснований (гидратов), называется гидратной. Щелочность, обусловленная присутствием ионов HCO_3^- и CO_3^{2-} называется бикарбонатной, или карбонатной. Таким образом, для природных вод характерна бикарбонатная щелочность.

Раздельное определение ионов HCO_3^- , CO_3^{2-} и OH^- легко достигается титрованием кислотой (например, HCl) с различными индикаторами:

фенолфталеином (точка эквивалентности при pH~8,3...8,4) – при определении CO_3^{2-} и OH^-



и метиловым оранжевым (точка эквивалентности при pH~4) – при определении HCO_3^-



Ионы HCO_3^- , CO_3^{2-} и OH^- при их совместном присутствии определяются сначала титрованием вначале в присутствии фенолфталеина, затем – с метиловым оранжевым. Если щелочность по фенолфталеину равна 0, то общая щелочность обусловлена только ионами HCO_3^- . Поскольку щелочность природных вод практически соответствует

концентрации гидрокарбонатных ионов HCO_3^- (если в воде отсутствуют карбонаты CO_3^{2-}) то щелочность природных вод равна карбонатной жесткости, так как в природных водах ионы HCO_3^- связаны только с ионами кальция и магния.

Определению щелочности мешает интенсивная окраска пробы. Ее устраниют разбавлением, прибавлением активированного угля или фильтрованием пробы перед анализом. Мутность воды устраниют фильтрованием. Мешающее влияние свободного хлора (обесцвечивает индикатор) удаляют прибавлением эквивалентного количества тиосульфата натрия. Высокие концентрации CO_2 мешают правильному определению перехода окраски, поэтому углекислоту предварительно вытесняют продуванием воздуха через пробу.

Предварительно определяют наличие в воде карбонатов или гидроксид-ионов (карбонатная и гидратная щелочность) по фенолфталеину (щелочная реакция) или измеряют pH ($\text{pH} > 8$). Если раствор окрасился в розовый цвет, к 100 мл исследуемой воды добавляют 3 капли раствора фенолфталеина ($\text{pH} = 8,4$) и титруют 0,1 н раствором HCl до обесцвечивания (щелочность по фенолфталеину). Затем в ту же колбу добавляют 2...3 капли раствора метилового оранжевого и титруют 0,1 н раствором HCl до перехода желтой окраски в розовую (щелочность по метиловому оранжевому).

Записывают объем, раствора соляной кислоты, израсходованного на титрование с фенолфталеином и общий объем кислоты, израсходованный на титрование. Общую щелочность $Ш_{об}$ вычисляют по формуле:

$$Ш_{об} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_{\text{воды}}}, \quad (10)$$

где V_{HCl} – общий объем соляной кислоты, израсходованный на титрование, мл; N_{HCl} – нормальность раствора соляной кислоты; $V_{\text{воды}}$ – объем исследуемой воды, взятой на титрование, мл.

Щелочность по фенолфталеину $Ш_{\phi}$ определяют аналогично по формуле, но V_{HCl} в этом случае равен объему раствора соляной кислоты, израсходованному на титрование с фенолфталеином.

3. Постоянная жесткость воды

Под термином «жесткость воды» понимают суммарную концентрацию катионов двухвалентных щелочноземельных металлов, прежде всего кальция и магния, содержащихся в питьевой и природной водах. Понятие жесткости отражает содержание разных элементов в растворе, поэтому ее принято выражать в ммоль-экв/л. При жесткости до 4 ммоль-экв/л вода считается мягкой, от 4 до 8 ммоль-экв/л – средней жесткости, от 8 до 12 ммоль-экв/л – жесткой, более 12 – очень жесткой. Общая жесткость варьирует в широких пределах в зависимости от типа породы и почв, слагающих бассейн водосбора, а также от сезона года. От содержания в воде кальция и магния зависят ее вкусовые качества. Продолжительное употребление воды с жесткостью более 7 - 10 ммоль-экв/л может привести к серьезным заболеваниям желудка, нарушению солевого обмена, развитию мочекаменной болезни и остеохондроза. Жесткость воды влияет на расход несинтетических моющих средств, например, хозяйственного мыла. Это происходит из-за того, что жирные кислоты вступают в реакцию с ионами кальция и магния и не участвуют в пенообразовании. Поэтому при стирке белья в жесткой воде

приходится добавлять больше моющего средства. При большом значении жесткости в воде легко образуется мутный осадок. Подаваемая в водопроводные трубы, такая вода быстро изнашивает водопроводные краны и трубопроводы. Вместе с тем существует ряд заболеваний, для лечения которых могут быть прописаны лечебные минеральные воды, содержащие много кальция и магния. Различают общую, временную и постоянную жесткость воды. Общая жесткость обусловлена присутствием в воде растворимых солей кальция и магния. Временная – обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция и магния. Она называется временной, так как устраняется при кипячении. Постоянная (некарбонатная) жесткость вызвана присутствием других растворимых солей кальция и магния. Внимание! Определению жесткости описанными ниже способами мешают ионы меди, цинка, марганца. При анализе проб, содержащих эти ионы, следует пользоваться специальными методиками.

Принцип метода. Трилон Б (комплексон III) – двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты образует с катионами металлов растворимые в воде внутрекомплексные соединения хелатного типа. Эти комплексы обладают различной прочностью и образуются при определенных значениях pH. Катионы кальция и магния относятся к числу катионов, с которыми трилон Б образует эти комплексы в щелочной среде (pH = 9-10). Если в раствор, содержащий катионы кальция и магния, ввести индикатор, то сначала образуется непрочное соединение индикатора с этими ионами.

При добавлении трилона Б к такому окрашенному раствору все ионы кальция и магния, прежде связанные с индикатором, связуются с трилоном Б. В эквивалентной точке произойдет изменение окраски, при определенном значении pH, свидетельствующее о вытеснении индикатора в свободном виде. В качестве индикаторов для определения кальция и магния могут быть взяты эриохром черный Т и хромовый темно-синий.

Оборудование, реактивы и их приготовление. 1. Установка для объемного титрования 2. Индикатор рекомендуется использовать в сухом виде. Для этого 0,5 г эриохрома черного Т растирают со 100 г хлорида натрия. Индикаторная смесь при хранении не портится. 3. Трилон Б рекомендуется готовить из фиксанала. При его отсутствии для приготовления раствора трилона Б эквивалентной концентрации Сэ = 0,05 моль/л навеску сухого вещества трилон Б (комплексон III) 9,3 г растворяют в дистилированной воде и доводят объем раствора до 1 литра. 4. Для приготовления аммиачного буферного раствора 20 г хлорида аммония растворяют в дистилированной воде, добавляют 100 мл 25% раствора аммиака и доводят до 1 литра дистилированной водой.

Ход определения. 1. В три конические колбы отобрать по 100 мл анализируемой пробы. 2. Добавить в каждую колбу по 10 мл аммиачного буферного раствора и сухой индикаторной смеси размером с 1,5 спичечных головки. Хорошо перемешать. Проба окрашивается в интенсивный вишневый цвет. 3. Титровать раствором Трилона Б эквивалентной концентрации Сэ = 0,05 моль/л медленно по каплям до перехода вишневой окраски в темно-синюю. Подождать 2 минуты и убедиться, что вишневая окраска не возобновляется. Иначе – добавить еще каплю титранта. 5. Расчеты общей жесткости проводят по формуле

$$\text{Ж, ммоль-экв/л} = V_{\text{тр.}} \cdot C_{\text{э}} (\text{тр.}) \cdot 1000 / V_{\text{пр}}$$

Задание1: Определить активную реакцию, кислотность, щелочность и постоянную жесткость образцов воды. Результаты занести в таблицу.

2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: «Методы сбора, хранения и изучения фитопланктона»

2.3.1 Цель работы: изучить методы сбора, хранения планктона. Познакомится с методом «висячей капли» и методами количественного учета планктонных организмов.

2.3.2 Задачи работы:

1. изучить оборудование и принципы методов сбора планктона (фильтрование, траление, процеживание);
2. познакомиться с особенностями хранения проб планктонных организмов;
3. освоить метод «висячей капли» и методы количественного учета планктонных организмов.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. батометр, сита, стекло с лункой, покровные стекла, вазелин, микроскоп, счетные камеры, иммерсионное масло.

2.3.4 Описание (ход) работы:

Задание 1: познакомиться с особенностями сбора, хранения проб планктонных организмов.

Слово «планктон» происходит от греческого «парить». Термин планктон впервые предложил немецкий океанолог Виктор Гензен в конце 1880 года. Зоопланктон – это мелкие животные, парящие в толще воды. Особенно обилен планктон в стоячих и малопроточных водоемах: озерах, прудах, водохранилищах. В реках его значительно меньше.

Планктонные организмы образуют *зоо* и *фито* планктонное сообщество, характеризующееся:

- определенным видовым составом
- соотношением численности разных видов
- представителей разных экологических групп.

По изменению этих характеристик в ряде случаев можно судить об изменении условий в водоеме: о чрезмерном увеличении численности рыб, изменении химического состава воды (например, ее закислении) и т.д.

!Однако это возможно только в том случае, если есть материал для сравнения.

Необходимо помнить, что условия в водоеме и структура сообщества закономерно меняются в течение года. Например, если приехать в пустыню Сахара весной, то можно сделать вывод, что природные условия этого региона крайне благоприятны для выращивания фруктов: там тепло и достаточно влаги. Однако через месяц пустыня станет безжизненной...

Поэтому разовое исследование планктона не представляет особого интереса, оно дает лишь информацию о текущем состоянии сообщества. Наблюдения в одном водоеме

должны проводиться регулярно в течение года, а наибольший интерес представляют многолетние данные.

! Кроме того, необходимо соблюдать «принцип утилитарности» всегда использовать одну и ту же методику учетов, даже если со временем она покажется не очень удачной, – данные, полученные разными методами, сравнивать между собой недопустимо.

1. Методы сбора планктона

Конечно, идеально было бы собрать и учесть всех животных планктона. Однако это сложно из-за огромной разницы в их размерах: от сотых мкм до нескольких миллиметров. выделяют:

- фемтопланктон (<0,2 мкм) — океанические вирусы
- пикопланктон (0,2—2 мкм) — бактерии, наиболее мелкие одноклеточные водоросли;
- нанопланктон (2—20 мкм) — мелкие одноклеточные водоросли, некоторые крупные бактерии;
- микропланктон (20—200 мкм) — большинство водорослей, простейшие, коловратки, многие личинки;
- мезопланктон (0,0002—0,02 м) — веслоногие и ветвистоусые раки и др. животные менее 2 см;
- макропланктон (0,02—0,20 м) — многие мизиды, креветки, медузы и др. относительно крупные животные;
- мегапланктон (0,2—2 м) — наиболее крупные планктонные животные (например, гребневик венерин пояс длиной до 1,5 м, медуза цианея диаметром до 2 м со щупальцами до 30 м, колонии пирором длиной до 30 м и более 1 м в поперечнике и др.).

Наибольшую продукцию в океанических водах обеспечивает пикопланктон. Недавно открытые в его составе эукариотические водоросли (например, рода *Osteosoccus*) — мельчайшие из эукариот.

Методы, описанные в данной работе, позволяют проводить учеты организмов микропланктона – с размерами от 50 мкм до 1 мм, и мезопланктона – более 1 мм.

Метод отбора проб зависит от типа водоема, его глубины и размера.

Одним из таких методов является фильтрование воды через планктонные сети различной конструкции

Устройство планктонной сети

Планктонная сеть (в простейшем виде – сеть Апштейна) представляет собой сачок, изготовленный из специальной ткани (плактонного газа), пропускающей воду и задерживающей планктон, с резервуаром для сбора планктона (рис. 1, а).

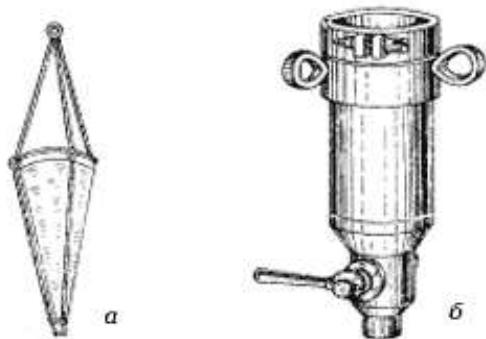


Рис. 1: а – планктонная сеть Апштейна, б – планктонный стакан

В гидробиологическом мониторинге приняты два стандартных размера планктонной сети – с диаметром входного отверстия 25 или 40 см и длиной конуса 55 или 100 см соответственно.

Основные формы использования планктонной сети – трапление и процеживание.

Трапление. На крупных водоемах планктонные пробы отбирают с лодки.

При проведении гидробиологического исследования методом трапления следует брать 3 пробы планктонной сетью с лодки, облавливая слой глубин от 10 м до поверхности. Если глубина водоема менее 10 м, то трапление следует проводить по всей его глубине, стараясь, однако, не опускать сеть на самое дно, так как при этом в нее попадет много муты и донных животных, не относящихся к планктону.

Для определения глубины, на которую была опущена сеть, на веревке нужно сделать отметки – например через каждый метр навязать узелки или нашить цветные ленточки или тесьму.

При этом рекомендуют тянуть планктонную сеть на тонкой веревке за движущейся лодкой в течение 5-10 мин.

Процеживание

При сборе планктона поверхностных слоев воды планктонную сеть опускают в воду так, чтобы верхнее отверстие сети находилось на 5-10 см над ее поверхностью. Зачерпывание воды с целью ее процеживания производят сосудом определенного, заранее известного, объема – например ведром. Литровой кружкой черпают воду из поверхностного слоя (до 15-20 см глубины) и выливают ее в сеть, отфильтровывая таким образом 50-100 л воды.

Пробы воды «сгущают», выливая их в планктонную сеть. При этом вода выливается через стенки сети, а планктон оседает в планктонном стакане.

Метод процеживания чаще всего используется для изучения прибрежного планктона, видовой состав которого отличается от такового в центре водоема.

Послойный отбор проб с помощью батометра

Батометры – приборы различной конструкции для взятия проб воды с разных глубин. В классическом виде это цилиндры, которые можно опустить на определенную глубину, там закрыть и извлечь.

Самостоятельно изготовить классический батометр непросто. Но вместо него можно использовать простую стеклянную или пластиковую бутылку с узким горлышком, утяжеленную каким-либо грузом и заткнутую пробкой, идеально – корковой. К горлышку бутылки и к пробке привязываются веревки (рис. 2).



Рис. 2. Самодельный батометр

Пробы, поднятые на поверхность с помощью батометра, также следует «сгущать», используя планктонную сеть (как это описано выше), а затем рассчитывать объем процеженной воды.

Поскольку этот объем должен быть, по возможности, большим, батометр следует делать как можно большего размера, например использовать 2-литровую стеклянную или пластиковую бутылку или какой-либо еще сосуд большого размера с узким горлом.

На веревке, к которой привязана бутылка, также следует сделать отметки через каждый метр – для определения глубины отбора проб.

2. Методы обработки результатов

Собранный материал предварительно просматривают под микроскопом в живом состоянии в день сбора, чтобы отметить качественное состояние водорослей до наступления изменений, вызванных хранением живого материала или фиксацией проб (образование репродуктивных клеток, переход в пальмеллевидное состояние, разрушение клеток, колоний, потеря жгутиков и подвижности и т. д.).

В дальнейшем собранный материал продолжают изучать параллельно в живом и фиксированном состоянии.

При необходимости длительных наблюдений над одним и тем же объектом хороший результат дает метод висячей капли. На чистое покровное стекло наносят маленькую каплю исследуемой жидкости, после чего покровное стекло, края которого покрыты парафином, парафиновым маслом или вазелином, накладывают каплей вниз на специальное предметное стекло с лункой посередине так, чтобы капля не касалась дна лунки. Такой препарат можно изучать в течение нескольких месяцев, сохраняя его в перерывах между работой во влажной камере (Топачевский, Масюк, 1984).

При изучении видового состава водорослей измеряют их размеры, являющиеся важными диагностическими признаками. Для измерения микроскопических объектов применяют окуляр-микрометр с измерительной линейкой. Цену делений окуляр-микрометра определяют с помощью объект-микрометра (предметное стекло с нанесенной на ней линейкой, цена каждого деления которой 10 мкм), индивидуально для каждого микроскопа и объектива.

При качественной обработке проб желательно определить частоту встречаемости отдельных видов, пользуясь для этого условными обозначениями.

Существуют различные шкалы для оценки частоты встречаемости водорослей. В качестве примера ниже приводится шкала Стармаха:

- очень редко (вид присутствует не в каждом препарате);
- единично (1-6 экземпляров в препарате);
- мало (7-16 экземпляров в препарате);
- порядочно (17-30 экземпляров в препарате);
- много (31- 50 экземпляров в препарате);
- очень много, абсолютное преобладание (более 50 экземпляров в препарате).

При *обработке проб*, собранных как тралением, так и процеживанием, результаты приводят к стандартному объему, например к 1 л. Объем столба воды, обловленного при тралении, определяют, зная глубину, на которую была опущена и с которой поднималась сеть (по отметкам на веревке), и площадь горловины сети (определяется, исходя из диаметра обруча). Объем процеженной воды определяют, умножая объем одного ведра на число зачерпнутых ведер.

Необходимый для получения достоверных данных объем, в котором собирается проба, зависит от численности зоопланктона и колеблется в пределах от 10 (в богатых водоемах летом) до 200 (зимой) литров.

Опустив бутылку на нужную глубину (главное, чтобы она тонула, для этого и нужен груз), необходимо выдернуть пробку – поэтому затыкать ее туто не следует. Дав бутылке время наполниться на нужной глубине (1–2 мин), ее вытаскивают на поверхность. Делать это следует как можно более энергично – при большой скорости подъема и узком горлышке вода из вышележащих слоев практически не попадет внутрь.

Задание 2: Используя метод «висячей капли» и методы количественного учета планктона организмов, изучить представителей планктона в пробах воды. Результаты зарисовать и записать.

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: «Высшая водная растительность. Методы ее изучения»

2.4.1 Цель работы: изучить значение высшей водной растительности в гидробиоценозе и методы ее изучения.

2.4.2 Задачи работы:

1. изучить геоботанические методы исследования высшей водной растительности.
2. ознакомиться с особенностями исследования высшей водной растительности.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

гербарий высших водных растений

2.4.4 Описание (ход) работы:

Гидроботанические методы полевого исследования находят широкое применение для решения ряда экологических проблем. Общий план этих исследований включает: а) изучение размещения растительности в водоеме; б) геоботаническое описание фитоценоза; в) определение фитомассы и продуктивности; г) изучение биологии и экологии высших водных растений; д) изучение динамики растительности в ходе сукцессии.

Необходимо ознакомиться с водоемом или его частью и условиями зарастания водоема; это дает картину основных закономерностей распределения водных растений и качественного состава по массовым видам.

Прежде чем приступить к изучению ассоциаций водной растительности и проводить описание зонального распределения растений, необходимо:

а) установить площадь зарастания путем промера по береговой линии и характер растительных группировок;

б) дать описание растительных группировок по профилю, причем нужно обратить внимание на приуроченность их (и отдельных растений) к глубинам, характеру дна, прозрачности и температуре воды в зарослях и вне их;

в) определить биомассу растений на разных глубинах (в чистых зарослях и в ассоциациях) с 1 м², затем высушить ее до воздушно-сухого состояния и сделать пересчет на площадь зарастания. Так можно определить зависимость биомассы от глубины.

1. Описание фитоценозов. Обследование и картирование высшей водной растительности осуществляется методом профилирования. Количество профилей в каждом конкретном водоеме определяется его площадью и очертаниями, составом донных отложений, характером и степенью зарастания.

Выбор ПП. Профиль прокладывается от уреза воды до максимальной глубины распространения растительности. Ширина растительных полос замеряется с помощью мерного шнуря, рулетки и т.п. Глубина - лотом Воронкова. В наиболее характерных местах профиля с однородными экологическими условиями закладываются ПП, на которых в дальнейшем проводится геоботаническое описание выделенного растительного сообщества (фитоценоза). Границы ПП устанавливают визуально, намечая их по каким-либо выделяющимся растениям или торчащим из воды предметам. Более точно они определяются путем измерения сторон квадрата рулеткой и установкой по углам буйков или вех. При этом для ПП обязательно выбирается однородный участок фитоценоза, т.е. сообщество, состоящее из видов одной или сходной биоморфы. Поэтому при описании ценозов рдестов ПП следует разместить так, чтобы в ее пределы не попали виды гелофитов из контактирующего пояса. Описание фитоценозов ряск лучше проводить в стороне от зарослей нимфейных или воздушно-водных растений. Но в речных экосистемах, на перекатах и стремнинах, погруженные формы гелофитов (*Sparganium emersum* f. *fluitans*, *Sagittaria sagittifolia* f. *Vallisneriifolia*, *Schoenoplectus lacustris* f. *Fluitans*, *Butomus umbellatus* f. *Vallisneriifolius* и др.) входят в состав сообществ шелковников и рдестов, поэтому их необходимо включать в описания.

На озерах и водохранилищах, где для растительности характерно поясное строение, когда от берега с увеличением глубины происходит смена одних фитоценозов другими, площадки следует размещать в центральных, наиболее однородных частях поясов и фитоценозов, а не в краевых переходных зонах. В малых озерах и копанных прудах пояса водной растительности часто очень узкие или разорванные, поэтому в качестве ПП описывается весь пояс или его фрагменты. Выбор подходящих для описания площадок на водотоках (реках и ручьях) или их участках с различным типом зарастания обусловлен спецификой зарастания рек. З.В. Синкевичене (1992) на примере водотоков Литвы выделяет пять типов зарастания.

1. Зарастане единичными растениями, или сильнофрагментарное зарастание. Такой характер зарастания свойствен очень чистым и быстрым водотокам или, наоборот, сильнозагрязненным участкам ниже зон сброса стоков, а также рекам с подвижными песчаными грунтами. Почти не застают реки с твердым, покрытым валунами дном и значительными колебаниями уровня воды во время вегетационного периода. В таких водотоках можно описать лишь фитоценозы водных макроводорослей и мохообразных, которые обычно имеют небольшие размеры, и площадки закладываются в их естественных границах. Сообщества эпилитных мхов, развивающихся на крупных валунах, описываются на пробной площадке в пределах поверхности одного или нескольких таких камней.

2. Фрагментарное зарастание. Сообщества гидрофитов и погруженных форм гелофитов расположены на подводных отмелях. Гелофиты создают узкие полосы или небольшие фрагменты вдоль берегов, нередко и в русле. Такой тип зарастания встречается в затененных руслах верховий малых и средних рек, на участках с подвижными песчаными грунтами и небольшими глубинами. На таких водотоках фитоценозы описываются в своих естественных границах.

3. Прибрежное зарастание. Сообщества расположены поясами в прибрежной зоне, что более характерно для стоячих водоемов. Зарастане свойственно среднему и нижнему течениям средних рек, низовьям или широким плесам малых рек. Площадки для описания здесь располагаются в пределах поясов растительности.

4. Прибрежно-фрагментарное зарастание. Сообщества гелофитов создают в прибрежной части сплошную полосу, а сообщества погруженных растений разбросаны в русле. Выражено в среднем и нижнем течении рек. Описания производятся на площадках, размещенных в прибрежной полосе гелофитов, внутри или в границах русловых сообществ. Как и в предыдущем случае, иногда следует объединять несколько сходных фрагментов для одного описания.

5. Сплошное зарастание. Сообщества занимают все сечение русла реки. Подразделяются на сплошное подводное зарастание, когда в русле преобладают сообщества погруженных гидрофитов, а воздушно-водные растения формируют прибрежные полосы или пятна, и на сплошное многоярусное зарастание, где уже все русло в подводном, плавающем и надводном ярусах занимают сообщества гидрофитов и гелофитов.

Время проведения описаний. Важное значение в подготовке и проведении геоботанических исследований водной растительности имеет выбор подходящих для работы сроков, поскольку в течение сезона в одном и том же фитоценозе может происходить заметная флюктуация обилия и процентного покрытия видов, а иногда в одном местообитании происходит смена целых сообществ. Так, редкие сообщества - рдеста Фриса (*Potamogeton friesii*) - формируются лишь на сравнительно короткий промежуток времени (10-15 дней) в середине июля, когда растения достигают поверхности воды, цветут и плодоносят. Затем рдест формирует турионы, вегетативные побеги отмирают, а зимующие почки опускаются на дно, сообщество исчезает до следующего года. Поэтому исследовать водную и прибрежно-водную растительность лучше всего во время цветения и плодоношения. В Беларуси наилучшим временем для проведения работ по изучению водных фитоценозов является июль и первая половина августа. Однако для описания речной растительности наиболее подходящим является

июль, так как некоторые виды к началу августа начинают отмирать и, как следствие, исчезают сообщества. Это же касается и малых озер, и копанных прудов. А вот растительность крупных озер и водохранилищ лучше исследовать в августе, так как ее развитие здесь протекает несколько медленнее.

При геоботаническом описании фитоценоза помимо составления списка видов растений с указанием их высоты (длины), обилия, покрытия, фенофазы, жизненности, размещения по площади (равномерно, пятнами, группами и т.п.), общего состояния фитоценоза, его физиономичности крайне важно отметить ряд дополнительных характеристик. Необходимо указывать точный адрес описания, т.е. его географическое местоположение (область, район, ближайший населенный пункт и т.п.), дату проведения работы и ее исполнителей. Для характеристики экологии и состояния фитоценоза следует зафиксировать особенности местообитания: глубину водоема, тип грунта (песчаный, глинистый, торфянистый, каменистый), свойства донных отложений по глазомерной оценке, скорость течения, температуру воды у дна и у поверхности, видимые антропогенные и другие нарушения (мусор, химическое загрязнение и др.). Важно также определить химический состав воды.

2. Сбор макроскопических водорослей не представляет больших трудностей. Так, морские литоральные формы можно отбирать во время отлива, не пользуясь какими-либо специальными орудиями лова. Достаточно ножа, чтобы аккуратно отделить водоросли от камней или от другого субстрата, а более мелкие растения можно взять вместе с небольшим камнем или ракушкой, на которых они поселились. После штормов легко найти в выбросах на побережье большое количество глубоководных форм.

Плавающие на поверхности воды или в ее толще сферические колонии или пленки водорослей вылавливают сачком. Для сбора тины обычно используют длинную, сучковатую на конце палку. Растения с глубоких мест достают с помощью небольшого груза с крючьями. В теплых морях интересно собирать водоросли на месте роста, погружаясь в воду с аквалангом.

Посуда, в которую собирают водоросли, может быть разной: стеклянные банки из толстого стекла, бутылки с широким горлом, ведра (для сбора морских макрофитов). Перед тем как поместить выловленный материал в сосуд, его рекомендуется ополоснуть водой того водоема, из которого берут растения. Водорослей не следует брать слишком много, а воду лучше наливать почти доверху, чтобы при переносе растения меньше страдали от тряски. Морские макрофиты следует по возможности сортировать на месте сбора по разным сосудам в зависимости от размера и систематической принадлежности.

Все пробы необходимо снабжать этикетками с обозначением времени и места сбора. Для этикеток употребляют непромокаемую пергаментную бумагу и пишут на ней простым твердым карандашом.

Собранные водоросли можно сохранить во влажном или в сухом виде. В первом случае для длительного сохранения материала к воде добавляют формалин (40-процентной концентрации) в количестве одной десятой части объема всей жидкости и плотно закрывают сосуд крышкой. При отсутствии формалина можно фиксировать водоросли спиртом (крепость его в банках должна быть 70-80%). Многие водоросли, особенно слизистые сине-зеленые, рекомендуется высушивать. При последующем увлажнении они обычно принимают вид свежесобранных.

Морские бентосные водоросли, харовые и некоторые другие пресноводные (водяная сеточка, кладофора) водоросли сохраняют как во влажном фиксированном состоянии, так и в виде гербария. Выбранные для засушивания растения помещают в таз с водой, выделяют хороший экземпляр и подводят под него лист плотной белой бумаги. С помощью препаровальных игл тщательно расправляют слоевище и осторожно вынимают лист бумаги с расправленным на нем растением из воды. На водоросль аккуратно накладывают сухую марлевую салфетку, затем несколько листов фильтровальной бумаги или газеты. Листы с водорослями накладывают друг на друга и сушат в гербарных сетках. Увлажненные листы фильтровальной бумаги один-два раза в сутки заменяют сухими.

Для гербаризации фукусов и различных представителей ламинариевых выбирают небольшие экземпляры и сушат их описанным образом. После сушки растения вынимают из сеток и монтируют на листах белой бумаги. Последние целесообразно затем помещать в конверты для предохранения образцов от пыли и обесцвечивания.

Задание 1: Изучив гербарии высших водных растений, определить с помощью определителя их вид, а также адаптации к водной среде обитания. Результаты записать в тетрадь.

2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема: «Итоговое занятие за 1 модуль»

2.5.1 Цель работы: Проверить знания и практические навыки по общей гидробиологии.

2.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

Тема: «Методы исследования бентосных и перифитонных организмов»

2.6.1 Цель работы: Познакомить студентов с методами исследования бентосных и перифитонных организмов.

2.6.2 Задачи работы: познакомить студентов с методами исследования бентосных и перифитонных организмов.

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
дночертатель.

2.6.4 Описание (ход) работы:

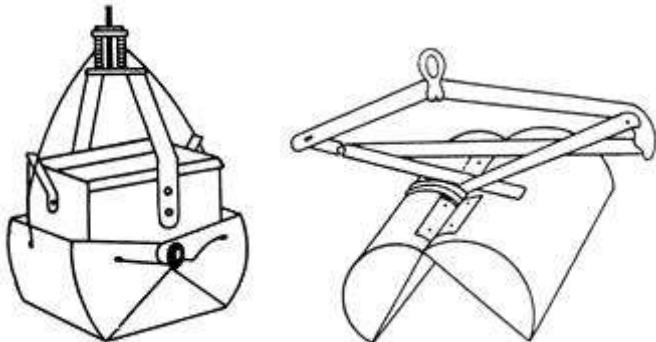
Задание 1: познакомиться с методами исследования бентосных и перифитонных организмов

1. Сбор бентосных организмов

Основными орудиями сбора на количественный анализ донных беспозвоночных - обитателей поверхностного слоя и толщи грунта - являются дночертатели различных систем. Универсального дночертателя, пригодного для работы на всех типах грунта, нет.

Поэтому рекомендуем несколько конструкций дночерпателей, каждая из которых применяется для отбора проб при определенном характере донных осадков.

На мягких илистых грунтах применяется коробочный дночерпатель Экмана-Берджа на тросе или облегченная модель ковшевого дночерпателя Петерсена.



Перечисленные виды дночерпателей применяют для отбора проб с лодки или катера. Спуск и подъем облегченных моделей дночерпателей с площадью захвата $1/40$ м лучше выполнять с помощью механической лебедки с лодки, но можно отбирать пробы, удерживая дночерпатель руками. Утяжеленными и большими моделями дночерпателей (площадь захвата $1/25$ м) работают только при помощи электрической лебедки с судна.

В прибрежной зоне водных объектов на глубинах до 2,5 м для отбора бентосных проб применяют дночерпатели, опускаемые на штанге. Это коробочный дночерпатель Заболоцкого с площадью захвата $1/40$ м, работающий на относительно мягких грунтах, и трубчатый дночерпатель Мордухай-Болтовского ($1/250$), которым отбирают пробы на плотных задернованных почвах.

Для сбора крупных организмов, таких, как двустворчатые моллюски, на мелководье можно применять рамку, ограничивающую участок дна, площадью 1 м. Стенки рамки изготавливают из листового металла высотой 3 см. По углам впаяны металлические шипы или гвозди длиной 3-5 см. Рамка накладывается на грунт, и ее положение фиксируется при помощи вдавленных в грунт шипов. В пределах ограниченного рамкой пространства крупных животных выбирают вручную, полученный материал просчитывают на месте, несколько экземпляров фиксируют формалином для уточнения видового состава, а остальных моллюсков возвращают в водоем.

На глубинах, недоступных для сбора вручную, крупных макробес позвоночных отлавливают дночерпателями большой площади сечения ($0,1$ м) или берут большее число проб, а промывку грунта проводят через сита с крупной ячейей (не менее 5 мм).

Количество отобранных проб на станции может быть различным в зависимости от структуры группировок зообентоса и площади захвата грунта дночерпателями, но должно быть достаточным для получения статистически достоверного материала. При отборе проб дночерпателями с площадью захвата $1/25$ м следует брать не менее двух выемок, а при меньшей площади - не менее четырех-пяти выемок.

Отбор проб дночерпателем проводят с занятымой лодки или судна. Сначала измеряют глубину: на мелководье размеченным шестом, в более глубоких местах ручным лотом (размеченным в мокром состоянии тросом с грузом). В случае применения лебедки для спуска и подъема дночерпателя обычно используется блок-счетчик, показывающий длину держащего дночерпатель троса.

При отборе проб лодка или судно должны быть ориентированы таким образом, чтобы во время дрейфа трос дночертателя не заносило под корпус судна, что может привести к преждевременному закрытию прибора.

Дночертатель опускается плавно в открытом состоянии. Достижение им дна обнаруживается по ослаблению натяжения троса. В зависимости от конструкции.

Затем начинают подъем прибора. Дночертатель с отобранным грунтом помещают в таз, кювету, ящик или на промывательный станок (на крышку), открывают его, и грунт либо смывают струей воды в отверстие крышки на сито промывательного станка, либо слегка приподнимают над приемной емкостью, освобождая дночертатель от грунта. Остатки грунта на стенках прибора смывают в основную пробу.

Если отобранный грунт заполняет дночертатель не полностью, то пробу не учитывают и отбор повторяют.

Отбор проб для качественного анализа можно производить тоже дночертателями, а также скребками, драгами и тралями различной конструкции, причем скребком облавливаются только мелководные участки водоема, а драгами как мелководные, так и



глубокие участки.

Отбор бентосных проб драгами и тралями следует ограничивать, особенно на некоторых водных объектах, с целью сохранения биоценозов донных беспозвоночных. Лучше по возможности применять дночертатели и скребки.

Следующий этап промывка.

Взмучивание

Для разделения грунта с примесью значительного количества растительного субстрата и организмов можно применять метод флотации. При этом небольшие порции грунта из пробы помещают в насыщенный раствор поваренной соли, всплывающие организмы быстро, пока они не осели вновь, собирают небольшим сачком или ложкой. Затем грунт тщательно просматривают для сбора моллюсков и других не всплывших организмов. Пробы с организмами мезобентоса фиксируют целиком в 4-10% растворе формалина,

В практике гидробиологических работ все более широкое применение находит полуэкспериментальный метод установки в водоемах искусственных субстратов. Применяются деревянные пластинки, предметные стекла, полиэтиленовые плавающие плитки, хворостяные ящики, заполненные камнями, сучьями и другими предметами, куски известняка в металлических сетках и т.д. Фауна, развивающаяся на плотных субстратах, состоит из форм, живущих на поверхности субстратов и неспособных зарываться в грунт. Они образуют особый комплекс, отличающийся прикрепленными формами, строящими на субстрате неподвижные домики или обладающими другими средствами прикрепления. Среди них находят убежище и пищу ползающие и бегающие формы беспозвоночных. По имеющимся данным, результаты, полученные с искусственных субстратов, довольно полно отражают фауну макробес позвоночных конкретного участка водоема.

2. Обработка проб

Дночертательные пробы обычно содержат некоторое количество постороннего материала. В ряде случаев целесообразно сначала выбрать животных из грунта, а затем производить их разборку по систематическим группам. Зафиксированный материал промывают водой для уменьшения неприятного запаха формалина. Для этого пробу выливают в небольшой сачок, изготовленный из газа N 23 или марли, и после промывки водой остаток из сачка помещают в кювету или плоскую тарелку с водой. Выборку крупных животных производят визуально прямо из кюветы, затем материал порциями переносят в чашку Петри (Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений 80-100 мм) и просматривают под бинокуляром для выборки мелких организмов. Животных помещают в банки с 4%-ным раствором формалина.

При большом объеме пробы донной фауны допускается частичная разборка для количественного учета массовых форм с пересчетом полученных данных на весь объем пробы.

В лаборатории выбранные животные из дночертательных проб, фауна камней, фитофильная фауна из сборов на створном участке подвергаются разборке по систематическим группам до уровней типа, класса или отряда с последующим более детальным определением систематического положения животных до уровня рода и вида, за исключением трудноопределяемых групп организмов.

При разборке количественных проб представители каждой группы просчитываются, а затем в зависимости от их количества помещаются в банки или маленькие пробирки, снабженные этикетками, кратко повторяющими этикетки, которые были вложены в банки на месте сбора материала. Пробирки с животными в растворе формалина затыкаются комочком намоченной в формалине ваты и помещаются в большие широкогорлые банки, тоже наполненные формалином, предназначенные для проб каждой отдельной станции. Наличие воздушных пузырьков в пробирках не допускается.

Разборка и просчет количественных проб производится в чашках Петри с разграфленным на квадраты дном.

При пересчете животных за единицу принимается целое животное или только часть его тела с головой в том случае, если экземпляр будет не целый. У двустворчатых моллюсков за целый экземпляр следует считать обломки обеих половин раковины с кусочками тканей на них у замкового края раковины.

Определение постоянного веса зафиксированного в формалине материала обычно производят через четыре месяца после момента фиксации. Однако для получения значений относительных биомасс водных беспозвоночных при оценке качества воды допустимо проводить взвешивание материала из количественных дночертательных проб в любое время после фиксации при условии одновременного взвешивания в одной пробе представителей различных групп для получения сравнимых данных. При этом в примечании к форме отчетности указывается, какие пробы взвешены менее чем через четыре месяца после фиксации.

Взвешивание следует проводить после однominутной обсушки маленьких навесок материала на фильтровальной бумаге. Большие навески обсушивают на фильтровальной бумаге, перемещая их с места на место, до исчезновения мокрых пятен под материалом. Животных после обсушки помещают в предварительно взвешенный

бюкс, и определяют вес на аналитических весах. При небольшом объеме материала удобно и быстро производить взвешивание без бюкса на торзионных весах с точностью до 1 мг.

Задание 2: Изучив методы сбора, хранения и обработки проб бентоса составить план исследования бентосных организмов р. Урал. Составить таблицу индикаторных видов бентосных организмов. Заполнить сравнительную таблицу «Методы исследования бентоса».

2.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).

Тема: «Методы биологического анализа популяций»

2.7.1 Цель работы: познакомится с понятием популяция, изучить основные показатели: численность и плотность, рождаемость и смертность, дать определение биотический потенциал и сопротивление среды; обозначить факторы, влияющие на смертность и рождаемость; научится строить графики выживания и кривые роста.

2.7.2 Задачи работы:

1 познакомится с понятием популяция, изучить основные показатели: численность и плотность, рождаемость и смертность, дать определение биотический потенциал и сопротивление среды;

2. обозначить факторы, влияющие на смертность и рождаемость;

3. научится строить графики выживания и кривые роста.

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

линейка, калькулятор, карандаш.

2.7.4 Описание (ход) работы:

Популяция – это минимальная самовоспроизводящаяся группа особей одного вида, на протяжении эволюционно длительного времени населяющие определенное пространство, образующие генетическую систему и формирующая собственную экологическую нишу. Основными характеристиками популяции считаются: величина по занимаемому пространству и по численности особей; структура возрастная, половая, пространственная, экологическая и др.; динамика. Выделяют две группы количественных показателей популяций – статические и динамические. Статические показатели популяций Статические показатели характеризуют состояние популяции на данный момент времени. К статическим показателям популяции относятся их численность, плотность и показатели структуры. Численность – это поголовье животных или количество растений, в пределах некоторой пространственной единицы – ареала, бассейна реки, акватории моря, области, района. Показатель такого неограниченного роста отражает биотический потенциал - теоретический максимум потомков от одной пары (или одной особи) за единицу времени (за год или за весь жизненный цикл) при реализации способности организмов увеличивать численность в геометрической прогрессии. Сохранение или рост численности зависит не только от скорости размножения (число новорожденных, отложенных яиц, произведённых семян или спор в единицу времени). Не менее важно и пополнение взрослого состава популяции за счёт потомства. Высокая

скорость размножения при низких темпах пополнения не может существенно увеличить её численность. Другим важным фактором, ведущим к росту популяции, относится способность животных мигрировать, а семян рассеиваться на новых территориях, приспосабливаться к новым местам обитания и заселять их, наличие защищённых механизмов и устойчивость к неблагоприятным условиям среды и болезням. Биотический потенциал - это совокупность факторов, способствующих увеличению численности вида. У разных видов составляющие биотического потенциала неодинаковы, но они имеют одно общее свойство - стремительное увеличение численности при благоприятных условиях среды. В естественных условиях такое наблюдается редко. Вероятность того, что все условия окажутся благоприятными очень низка. Обычно один или несколько факторов (t , влажность, солёность, хищники, паразиты, нехватка пищи) становятся лимитирующими. Сочетание всех таких «ограничителей» называют сопротивлением среды. Сильнее всего они действуют на молодых особей, а это снижает темпы пополнения. При более суровых условиях гибнет часть взрослых особей. Следовательно: рост, снижение и постоянство популяции зависит от соотношения между биотическим потенциалом и сопротивлением среды

Плотность – число особей, приходящихся на единицу площади, например, плотность населения – количество человек приходящихся на один квадратный километр, или для гидробионтов – это количество особей на единицу объема, на литр или кубометр. сопротивление среды: -нехватка питания - нехватка воды - нехватка подходящих мест обитания -неблагоприятные погодные условия -хищники -болезни -паразиты -конкуренты биотический потенциал: -рождаемость -способность к расселению -способность к захвату новых мест обитания -защитные механизмы -способность выдерживать неблагоприятные условия Уменьшение численности Увеличение численности Показатели структуры: половой – соотношение полов, размерный – соотношение количества особей различных размеров, возрастной – соотношение количества особей различного возраста в популяции. Изменение в численности, структуре и распределении популяций как реакция на условия окружающей среды называется динамикой популяции. Динамические характеристики популяций отражают временные процессы, протекающие в них с определенной скоростью. Динамика популяций в упрощенном варианте может быть описана такими показателями, как рождаемость и смертность. Рождаемость - одна из основных характеристик популяции. Она определяется как число особей, рожденных в популяции за некоторый промежуток времени (час, день, месяц, год). Смертность - величина, обратная рождаемости. Это число погибших в популяции особей за единицу времени. Подобно рождаемости, смертность можно выразить числом особей, погибших за данный период (число смертей в единицу времени) или же в виде удельной смертности для всей популяции или ее части. При определении смертности популяции учитываются все погибшие особи независимо от причины смерти (умерли ли они от старости или погибли в когтях хищника, отравились ли ядохимикатами или замерзли от холода и т.д.). Плодовитость - способность к размножению. Плодовитость определяется наследственностью и средой и является основной мерой приспособленности особи. Плодовитость меняется с возрастом, закономерно колеблется по сезонам (у видов с повторным размножением) и в разные годы в зависимости от степени обеспеченности пищей, плотности популяций, климатических и других факторов. Плодовитость это только возможность произвести потомство, зависящая от продукции гамет,

оплодотворения и вынашивания до рождения, и поэтому отличается от фертильности, мерой которой является реальное количество потомков, например скорость рождения в популяции выражаемая числом новорожденных на 1000 особей в год. Распределение особей в популяции может быть: 1) случайным, 2) равномерным (более регулярным, чем при случайному распределении) и 3) групповым (нерегулярным и неслучайным). Случайное распределение наблюдается тогда, когда среда очень однородна, а организмы не стремятся объединиться в группы. Равномерное распределение встречается там, где между особями очень сильна конкуренция или существует антагонизм, способствующий равномерному распределению в пространстве. Чаще всего наблюдается образование различного рода скоплений. Однако если особи в популяции обладают тенденцией образовывать группы определенной величины, то распределение самих групп может оказаться более близким к случайному или даже равномерному. У животных есть территории, которую они контролируют, оберегают от особей того самого или другого вида, метят. Особи могут вести одиночный образ жизни, образовывать (в зависимости от соотношения количества особей мужского и женского полов) - семьи (1:1), прайди (1 : несколько), стада (несколько : много), колонии, стаи (много : много).

Задание 1: Перечислите факторы, которые могут оказывать влияние на и в популяциях рыб. Заполните таблицу, указывая в графах (+) причины, ускоряющие, а в графах (-) замедляющие соответствующие процессы.

Характеристика популяции	Факторы, которые могут оказывать влияние на популяцию			
рождаемость (+)				
смертность (+)				
величина популяции (+)				
рождаемость (-)				
смертность (-)				
величина популяции (-)				

Задание 2. Решите гидробиологическую задачу: В начале сезона было помечено 1000 рыб. В ходе последующего лова в общем вылове из 5 тысяч рыб обнаружилось 350 меченых. Какова была численность популяции рыб перед началом отлова?

Задание 3. Постройте кривую выживания, характеризующую изменения численности группы особей, родившихся одновременно. Ее начальная численность составляет 2000 особей, а смертность характеризуется следующими величинами: за 1-й год жизни – 40%; за 2-й год – 20%; за 3-й год – 15%. Начиная с 4-го года жизни смертность становится постоянной, ее годовая оценка составляет 20%. До какого возраста доживут особи этой группы?

2.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).

Тема: «Морские экосистемы»

2.8.1 Цель работы: рассмотреть биоразнообразие морских водоемов.

2.8.2 Задачи работы:

1. Описать биотоп обитания гидробионтов (особенности водоема).
2. Определить основных представителей среди населения данного водоема.

3. Описать характерные только для данного водоема виды организмов.

2.8.3 Описание (ход) работы:

Выбор формы изучения данной темы в виде доклада продиктован, во-первых, огромным объемом материала для изучения, во-вторых, его информационной доступностью, и в – третьих, возможностью раскрытия творческих способностей студентов.

Индивидуальный подход реализуется в возможности студента выбора темы задания и методах реализации поставленных вопросов.

Примерная тематика докладов:

1. Биологическое разнообразие Индийского океана.
2. Биологическое разнообразие Атлантического океана.
3. Биологическое разнообразие Тихого океана.
4. Биологическое разнообразие Северного ледовитого океана.
5. Биологическое разнообразие Средиземного моря.
6. Биологическое разнообразие Мертвого моря.
7. Биологическое разнообразие Охотского моря.

План раскрытия темы:

1. Географическое описание водоема.
2. Описание абиотических условий жизни в данном водоеме (в том числе и по сезонам года)
3. Количественные показатели биоразнообразия гидробионтов.
4. Виды водных организмов распространенных в данном водоеме.
5. Эндемичные виды данного водоема.
6. Виды, занесенные в Красную книгу.

Задание 1: Изучив материалы по определенной тематике, составить доклад-представление морского гидробиоценоза по плану.

Контрольные вопросы: 1. Какие абиотические факторы среды являются лимитирующими для данного гидробиоценоза?

2. Как Вы думаете, почему биота морей отличается от биоты океанов, с которыми эти моря сопряжены?

3. Что такое эндемичные виды?

4. Каково хозяйственное использование животных и растительных ресурсов моря и океанов?

5. Антропогенные факторы загрязнения океанов и морей.

2.9 Лабораторная работа №9 (2 часа).

Тема: «Итоговое занятие за 2 модуль»

2.9.1 Цель работы: Проверить знания и практические навыки по частной гидробиологии.

2.10 Лабораторная работа №10 (2 часа).

Тема: «Пресноводные экосистемы»

2.10.1 Цель работы: рассмотреть биоразнообразие пресноводных водоемов.

2.8.2 Задачи работы:

1. Описать биотоп обитания гидробионтов (особенности водоема).
2. Определить основных представителей среди населения данного водоема.
3. Описать характерные только для данного водоема виды организмов.

2.8.3 Описание (ход) работы:

Выбор формы изучения данной темы в виде доклада продиктован, во-первых, огромным объемом материала для изучения, во-вторых, его информационной доступностью, и в – третьих, возможностью раскрытия творческих способностей студентов.

Индивидуальный подход реализуется в возможности студента выбора темы задания и методах реализации поставленных вопросов.

Примерная тематика докладов:

- Биологическое разнообразие реки Урал.
- Биологическое разнообразие оз. Байкал.
- Биологическое разнообразие Ириклинского водохранилища.
- Биологическое разнообразие Светлинских озер.
- Биологическое разнообразие р. Волга.
- Биологическое разнообразие р. Амазонка.

План раскрытия темы:

- Географическое описание водоема.
- Описание абиотических условий жизни в данном водоеме (в том числе и по сезонам года)
- Количественные показатели биоразнообразия гидробионтов.
- Виды водных организмов распространенных в данном водоеме.
- Эндемичные виды данного водоема.
- Виды, занесенные в Красную книгу.

Задание 1: Изучив материалы по определенной тематике, составить доклад-представление пресноводного гидробиоценоза по плану.

Контрольные вопросы: 1. Какие абиотические факторы среды являются лимитирующими для данного гидробиоценоза?

2. Что такое эндемичные виды?
3. Каково хозяйственное использование животных и растительных ресурсов рек, озер и водохранилищ?
4. Антропогенные факторы загрязнения пресных водоемов.

2.11 Лабораторная работа №11 (2 часа).

Тема: «Оценка качества экосистемы по соотношению показателей обилия, по индексам видового разнообразия»

2.11.1 Цель работы: Определить степень загрязнения водоема по видовому разнообразию макрофитов и зообентоса.

2.11.2 Задачи работы:

1. Изучить преимущества и недостатки различных групп водной растительности, используемых в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов

2. Ознакомиться с классификацией водоемов по степени загрязненности и применяемыми для этого водными растениями-биоиндикаторами.

3. Ознакомиться с ключом к определению степени загрязненности поверхностных вод по индикаторным видам растений.

4. Освоить способ расчета общей суммарной степени загрязнения водоема

2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

гербарий растений; каталоги-определители высших растений, музейные экспонаты зообентоса; определители-каталоги макрозообентоса.

2.11.4 Описание (ход) работы:

Задание 1. Получить у преподавателя задание на карточке. Дать название каждому растению, указанному в задании номером, используя каталоги-определители. Выделить растения-индикаторы разной степени загрязнения водоемов. Рассчитать общую суммарную степень загрязнения водоема. Привести в отчете названия всех растений, указать индикаторные виды водоемов разной степени загрязненности, привести расчет общей суммарной степени загрязнения.

Задание 2. Определить представителей зообентоса, указанных цифрами, по «музейным» экспонатам до класса, семейства или вида. Определить общее число присутствующих групп и биотический индекс водоема. Сделать вывод о качестве воды в водоеме по таблице.

Классификация качества воды по биологическим показателям

Класс качества воды	Степень загрязнения	Биотический индекс
1	Очень чистая	10
2	Чистая	8 — 9
3	Умеренно грязная	6 — 7
4	Загрязненная	5
5	Грязная	3 — 4
6	Очень грязная	0 — 2

Контрольные вопросы:

1. Токсические вещества, их накопление и распределение в различных средах. 2. Группы организмов водной растительности, используемые в качестве биоиндикаторов загрязнения водоемов. Их преимущества и недостатки. 3. Характеристики состояния поверхностных вод по их загрязненности. 4. Что такое ключ к определению степени загрязнения поверхностных вод по индикаторным видам растений? Его применение.

2.12 Лабораторная работа №12 (2 часа).

Тема: «Классификация водоемов и биоценозов по сапробности. Методы определения сапробности водоемов»

2.12.1 Цель работы: определение сапробности водоема

2.12.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с понятиями сапробность, сапробные индикаторы, планктон, бентос, перифитон.

2. Ознакомиться с методами оценки сапробности в полевых условиях.

3. Изучить основные характеристики зон сапробности. Ознакомиться с методами оценки качества воды по системе сапробности.

4. Изучить и применить на практике метод Пантле и Бука.

2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

микроскоп, аквариумы, предметные и покровные стекла, пинцет.

2.12.4 Описание (ход) работы:

Для характеристики загрязнения водоемов по бентосу используются также индексы сапробности. Сапробиотические характеристики берутся обычно из различных публикаций, среди которых видное место занимает основополагающие работы Сладечека. Применение данного метода затрудняется тем, что для многих бентосных организмов величина индикаторной значимости и сапробной валентности неизвестна. Кроме того, иногда один и тот же вид животных разными авторами характеризуется в диапазоне от олиго - до полисапробного.

Антропогенное воздействие оказывается на функциональных, в том числе продукционных показателях донных гидробионтов. Для оценки этого влияния могут использоваться такие индексы, как P/B , P/R , R/B , где P - продукция, R - траты на обмен, B - биомасса. Так, в реке Ижора, величина P/R изменяется от 0,151 (на чистом участке) до 0,532 (на самом загрязненном). В Красноярском водохранилище этот показатель меняется от 0,11 до 0,46.

Продукционные характеристики, в конечном счете, самые важные для оценки сообщества водных организмов, их колебания отражают интегральное влияние всех факторов среды, поэтому использование их чрезвычайно привлекательно. Но следует отметить, что продукция, как правило, расчетная характеристика, точность оценки которой может быть невелика, получение же соответствующих эмпирических данных весьма трудоемко и требует специальных продукционных исследований.

В отличие от *биоценотических индексов, индексы сапробности* характеризуют качество воды или ее сапробиологическую оценку по набору и количественным показателям популяций видов-индикаторов в пробах планктона и бентоса. Индексы сапробности могут характеризовать как точечные или локальные состояния воды водоема, так и позволяют дать оценку процессов самоочищения, например, в реке при отборе проб по заданной сетке станций относительно места сброса сточных вод. Пробы обычно отбираются до (выше) сброса, в районе сброса (на небольшом удалении) и далее по факелу распространения сточных вод.

Метод Пантле-Букк. Индекс сапробности Пантле и Букк (Pantle und Buck, 1955).

, где

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h}$$

S - индекс сапробности, s - индикаторная значимость вида (s : = 1 - олигосапробы, = 2 - альфа-мезосапробы, = 3 - бета-мезосапробы, = 4 - полисапробы); h - относительное количество особей вида (h : = 1 - случайные находки, = 3 - частая встречаемость, = 5 - массовое развитие). При $S = 4.0-3.5$ - полисапробная зона, = 3.5-2.5 - мезосапробная зона, = 2.5-1.5 - мезосапробная зона, = 1.5-1.0 - олигосапробная зона, = 0.5-0 - ксеносапробные

воды. Метод Пантле-Букк широко применяется гидробиологами в оценке загрязнения природных вод (оценке сапробности) по фито - и зоопланктону и зообентосу.

Н.А. Дзюбан и С.П. Кузнецова (1981) предложили модификацию индекса Пантле-Букк:

$$S = \frac{\sum (ns)}{\sum n}$$

, где

где n - фактическая численность индикаторного вида в пробе, S - средний индекс сапробности, s - сапробность отдельных видов.

Определение сапробности по этому модифицированному индексу Пантле-Букк проводится по следующим значениям:

Шкала сапробности	Значения сапробности S
Ксеносапробная	<1
Олигосапробная	1<2
- мезосапробная	>2<3
- мезосапробная	3<4
Полисапробная	4

Рассчитанные значения по этой формуле некоторые исследователи считают более объективными, и они позволяют регистрировать даже небольшие изменения качества воды.

В.Ю. Захаров в "Методическом руководстве" (1997) приводит расчет сапробности по модифицированной формуле Пантле-Букк для нескольких рядов наблюдений (например, индексов сапробности для нескольких групп организмов из одного места сбора материала):

$$Sm = \frac{S_1 \sum n_1 + S_2 \sum n_2 + \dots + S_k \sum n_k}{\sum n_1 + \sum n_2 + \dots + \sum n_k}$$

где Sm - средний индекс сапробности для анализируемых групп организмов; S_1, S_2, \dots, S_k - индексы сапробности для групп организмов 1, 2, k (например, для фитопланктона, зоопланктона и зообентоса); $n_1 + n_2 + \dots + n_k$ - суммы численностей видов в анализируемых группах организмов. Наиболее достоверные результаты получаются при наличии в расчетах более 7 видов.

Сейчас широко используются методы, основанные на характеристиках структуры зообентоса. Они позволяют оценить среднее состояние экосистемы за более длительный период времени. Сообщества донных животных, аккумулируя информацию об окружающих их условиях обитания (химических характеристиках воды и дна), реагируют

на изменения ее качества соответствующими перестройками структуры и изменениями количественного развития.

В настоящее время разработано много методов оценки качества воды по составу донной фауны, среди которой чаще всего используются ее доминирующие виды. Некоторые исследователи создали индексы загрязнения воды на основе видового состава и численности малошетинковых червей и считающих наиболее универсальным индекс Гуднайта и Уитлея.

Индекс Гуднайта и Уитлея. Гуднайт и Уитлей о санитарном состоянии рек судят по соотношению олигохет и других обитателей дна: река в хорошем состоянии - олигохет менее 60% от общего числа всех донных организмов, в сомнительном состоянии - 60-80%, тяжелое загрязнение - более 80%.

Цанер (1964) качество вод оценивает по величинам абсолютной численности *Tubifex tubifex* и видов р. *Limnodrilus*:

Класс чистоты воды *T. tubifex L. Hoffmeisteri* (тыс. экз. /м²) (тыс. экз. /м²)

1 - 2 0,1-1,0 0,1-0,2

2 - 3 1,0-2,0 2,0-10,0

3 2,0-10,0 10,0-50,0

3 - 4 10,0-50,0 50,0-100,0

4 50,0-100,0 более 100,0

Э.А. Пареле, изучавшая загрязнения малых рек Латвии, предложила 4 олигохетных индекса, каждый из которых был более или менее эффективен для определенных рек и условий загрязнения:

$$\mathcal{D}_1 = \frac{O}{B}; \mathcal{D}_2 = \frac{T}{O}; \mathcal{D}_3 = \frac{S}{O}; \mathcal{D}_4 = \frac{S}{T}$$

где:

T - тубифициды, *B* - все организмы бентоса + олигохеты без некоторых тубифицид, *O* - все олигохеты + тубифициды, *S* - отдельный вид тубифицид (*Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*).

В условиях Латвии хорошо зарекомендовал себя метод, основанный на оценке отношения численности тубифицид к численности олигохет:

$$\mathcal{D}_2 = N_{Tubificidae} / N_{Oligochaeta},$$

где индекс 0,3 - относительно чистая река, 0,3-0,54 - слабо загрязненная, 0,55-0,79 - загрязненная, 0,8-1,0 - сильно загрязненная река.

Для рек, где немалое значение имеют, и другие организмы бентоса имеет смысл применять и другой индекс, основанный на оценке доли олигохет в составе зообентоса:

$$\mathcal{D}_1 = N_{Oligochaeta} / N_{zoobentosa}.$$

На основании показателей \mathcal{D}_1 участки исследованных водотоков подразделяются на 6 групп: 0,01-0,16 - очень чистая, 0,17-0,33 - чистая, 0,34-0,5 - умеренно (слабо) загрязненная, 0,51-0,67 - загрязненная, 0,68-0,84 - грязная, 0,85-1,0 - очень грязная.

С учетом экологического и зоогеографического облика малошетинковых червей для оценки состояния чистоты внутренних вод Европейского Севера был предложен индекс, характеризующий отношение массовых видов (обладающих разным потенциалом устойчивости к загрязнению) к общему составу фауны малошетинковых червей:

$$I_s = N_t + N_h + N_f / N_o,$$

где I_s - индекс сапробности по олигохетам, N_t - средняя численность *Tubifex tubifex*, N_h - средняя численность *Limnodrilus hoffmeisteri*, N_f - средняя численность *Spiroperma ferox*, N_o - средняя численность всех олигохет в биотопе.

По значениям показателя I_s для разных условий водных экосистем Европейского Севера целесообразны четыре группы количественных показателей в пределах: $I_s = 0,9-1,0$ - сильно загрязненные, $I_s = 0,5-0,89$ - загрязненные, $I_s = 0,3-0,49$ - слабо загрязненные, $I_s = < 0,3$ - чистые и относительно чистые воды.

Райт (Wright, 1955), *Карр и Хилтонен* (Carr and Hiltonen, 1965) для оценки уровня загрязнения использовали данные по плотности олигохет-тубифицид:

слабое загрязнение - 100-999 экз. /м²; среднее загрязнение - 1000-5000 экз. /м²; тяжелое загрязнение - более 5000 экз. /м².

Олигохеты - повсеместно встречающихся и часто доминирующих в бентосе и в зарослевой фауне группа животных большинства водоемов. Они наиболее часто привлекаются различными авторами для целей биоиндикации, так как в местах сильного органического загрязнения наблюдается массовое развитие некоторых из них.

Многие виды олигохет могут служить индикаторами качества вод, однако, только немногие виды характеризуют степень загрязнения воды. Это виды: *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri* и *L. udekemianus*. Практически только эти виды следует использовать в формулах индексов сапробности, где указываются олигохеты, причем, *Tubifex tubifex* наиболее определенно характеризует органические, легкоокисляемые загрязнения, например, хозфекальные, молочные или бродильного производства, в то время как *Limnodrilus hoffmeisteri* и *L. udekemianus* - в массе развиваются в зоне промышленных загрязнений, особенно стоками ЦБК. Есть два вида наидид (нematоды) - *Nais elinguis* и *Aulophorus furcatus*, которые наряду с предыдущими могут использоваться как индикаторы альфа-мезо и полисапробных вод, но ввиду их редкой встречаемости и малочисленности в пробах они малопригодны в расчетах. В связи с этим, важно заметить, что если в формуле указываются олигохеты (*O* или *T*-тубифициды), то надо оговаривать, какие виды имеются ввиду.

Известно так же, что олигохеты не могут служить индикатором разового или прерывистого загрязнения (за исключением случаев катастрофической гибели при чрезмерной нагрузке), так как продолжительность их жизненного цикла достаточно велика. Они дают информацию о состоянии водоема за довольно длительный период, предшествующий времени наблюдения, что иногда бывает очень важно.

Е.В. Балушкина (1976, 1987) предложила хирономидный индекс

$$K = \frac{\sigma t + 0.5 \sigma ch}{\sigma o}$$

где: $\sigma = N+10$ - вспомогательная величина: N - относительная численность особей всех видов подсемейств (t - Tanypodinae, ch - Chironominae, o - Orthocladiinae и Diamesinae); слагаемое 10 подобрано эмпирически.

При $K = 0,136-1,08$ - чистая вода; $1,08-6,5$ - умеренно загрязненная; $6,5-9,0$ - загрязненная; $9,0-11,5$ - грязная вода.

Представители п/сем Chironominae и Tanypodinae встречаются в массе в загрязненных водах. Род Chironomus - полиморфный и эврибионтный, виды которого трудно и часто неправильно идентифицируются, поэтому один и тот же вид разными авторами указывается в качестве индикатора для разной степени загрязнения вод. *Chironomus*

plumosus может быть в массе в сильно эвтрофированных водоемах и отсутствовать в водоемах, в которые поступают стоки с полей фильтрации и скотного двора. Здесь встречаются *Ch. annularius* и *Glyptotendipes barbipes*. При сильном загрязнении легко окисляемой органикой *Ch. plumosus* может быть в массе. При промышленном загрязнении (стоки ЦБК) в массе развивается *Ch. tummi*, менее требователен к кислороду.

П/сем. Tanypodinae: *Prodiamesa olivacea* - с - б - мезосапроб; *Procladius choreus* и *P. ferrugineus* - эврисапробы. Род *Psectrotanypus* - в слабо загрязненной зоне. *Macropelopia nebula* - эврисапроб (в - мезо - олигосапроб). *Ablabesmia monilis* - б - мезосапроб.

П/сем. Orthocladiinae - в большинстве стеноксибионты, оксифильны.

Оценку загрязненности проводят по показателям развития бактериопланктона. Содержание споровых микроорганизмов указывает на характер органического вещества: при наличии трудноразлагаемых соединений число таких микроорганизмов может превышать 1000 клеток/мл.

Появление в пробах воды сульфатредуцирующих бактерий (в количестве нескольких десятков в 1 мл) свидетельствует об опасности сероводородного заражения.

Наличие фенол-и углеводородокисляющих бактерий в количествах, превышающих 10²-10³ клеток/мл, указывает на ту или иную степень загрязнения этими веществами.

Задание 1. Получить у преподавателя «стекла орастания» с разным временем экспозиции в аквариуме. Рассмотреть под микроскопом препараты с объективом х40. Используя ключ для определения главных групп водных беспозвоночных животных и определители водорослей, составить таблицу видового многообразия и оценить сапробность обнаруженных организмов. Произвести учет организмов по частоте встречаемости по таблице. Определить сапробность водоема по методу Пантле и Бука. Определить класс качества воды с помощью справочной таблицы.

Индекс сапробности определяется по формуле: $Ind\ S = X(Sh)/Xh$

S - цифровое значение зон сапробности (0 - 4 - в порядке возрастания загрязнения); h - частота встречаемости организмов в сообществе.

Таблица. Шкала для пересчета организмов-сапробионтов в 100 полях зрения микроскопа на частоту встречаемости

Частота встречаемости в баллах	Сапробионты
1-я категория крупности (организмы размером до 50 мкм)	
1 (очень редко)	Не более 1 в каждом 2-м поле зрения
2 (редко)	Не более 2 в поле зрения
3(нередко)	Не более 10 в поле зрения
5(часто)	Не более 30 в поле зрения
7 (очень часто)	Не более 60 в поле зрения
9 (масса)	Более 60 в поле зрения
2-я категория крупности (организмы размером 50 - 200 мкм)	
1 (очень редко)	Не более 1 в каждом 20-м поле зрения
2 (редко)	Не более 1 в каждом 5-м поле зрения
3(нередко)	Не более 1 в поле зрения
5(часто)	Не более 3 в поле зрения
7 (очень часто)	Не более 6 в поле зрения
9 (масса)	Более 6 в поле зрения
3-я категория крупности (организмы размером 200 - 1000 мкм)	
1 (очень редко)	1 в 100 полях зрения
2 (редко)	1 в 50 полях зрения
3(нередко)	Не более 1 в 10 полях зрения
5(часто)	Не более 1 в 4 полях зрения
7 (очень часто)	Не более 1 в 2 полях зрения
9 (масса)	Приблизительно 1 в поле зрения

Шкала оценки качества воды по системе сапробности

Класс качества воды	Характеристика воды	Индекс сапробности по Пингле и Буку
1	Очень чистая	< 1,00
2	Чистая	1,00 - 1,50
3	Умеренно (слабо) загрязненная	1,51 - 2,50
4	Загрязненная	2,51 - 3,50
5	Грязная	3,51 - 4,00
6	Очень грязная	> 4,00

2.13 Лабораторная работа №13 (2 часа).

Тема: «Итоговое занятие за 3 модуль»

2.13.1 Цель работы: Проверить знания и практические навыки по санитарной гидробиологии.

2.14 Лабораторная работа №14 (2 часа).

Тема: «Биотестирование вод по уровню двигательной активности и выживаемости инфузорий и показателям роста культуры одноклеточных зеленых водорослей»

2.14.1 Цель работы: Познакомиться с некоторыми тест-объектами биотестирования и изучить методики биотестирования вод по уровню двигательной активности и выживаемости инфузорий и показателям роста культуры одноклеточных зеленых водорослей.

2.14.2 Задачи работы:

изучить методики биотестирования вод по уровню двигательной активности и выживаемости инфузорий и показателям роста культуры одноклеточных зеленых водорослей

2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

лупа бинокулярная МБС-10; камера для просчета спонтанной двигательной активности (пластиковая пластина толщиной 5 мм с 1 — 2-миллиметровыми углублениями диаметром 5 мм; капилляр; секундомер или песочные часы; культура спиростомы, выдержанная в течение часа в растворах загрязняющего вещества — FeCl_3 , в концентрации Fe : 0,5 мг/л, 50 мг/л и 5 мг/л

2.14.4 Описание (ход) работы:

Водные представители простейших (Protozoa) привлекают в последнее время внимание исследователей, занимающихся поиском критериев оценки качества водной среды. Инфузория спиростома (*Spirostomum ambiguum* Ehrbg.) имеет достаточно большие размеры и видна невооруженным глазом.

В ответ на неблагоприятные воздействия окружающей среды инфузория изменяет свою двигательную активность и ряд других физиологических показателей. К ним относятся изменения: сроков выживаемости после воздействия; двигательной активности в ответ на стрессовое воздействие; формы тела под влиянием неблагоприятных факторов; возбудимости в ответ на раздражение. Использование большего числа параметров функционального состояния инфузории позволяет адекватно характеризовать величину нарушений под влиянием антропогенных воздействий.

Спиростома, инфузория длиной 1 — 3 мм, имеет в норме характерную червеобразную форму. Тело покрыто ресничками, более длинными у ротового отверстия, они служат для захвата пищевых частиц. Электронно-микроскопическое исследование спиростомы свидетельствует о сложной морфологической организации клетки простейшего, отражающей ее полифункциональность.

Поведение рассматривается как один из факторов, регулирующих состояние биоценоза и косвенно характеризующих его свойства. Среди различных «ответных» реакций животных на внешние воздействия поведение относится к наиболее чувствительным феноменам. Известно, что поведение донервных организмов характеризуется достаточной сложностью и в значительной степени модифицируется под влиянием различных факторов внешней среды. Примером такого поведения служит спонтанная двигательная активность (СДА), свойственная животным всех уровней филогенеза, включая простейших. Вероятно, наличие поведенческих реакций, отражающих реакции гидробионтов на изменения в биоценозе, может явиться критерием «гомеостатического» состояния последнего.

Спиростомы содержатся в водопроводной воде, отстоянной не менее трех суток и отфильтрованной дважды через обездоленный фильтр. Пересадка спиростом осуществляется раз в неделю. Из маточной культуры, которая может храниться в холодильнике до 2—3 мес, переливают половину содержимого в чистую пробирку и доливают водой, оставляя от верхнего края 2—2,5 см.

Добавляют 5 мг сухих пивных дрожжей (на шпателе). Содержимое пробирки не перемешивают и пробирку закрывают неплотно ваткой.

В ответ на различные раздражители (химические, электрические, тактильные) инфузории изменяют скорость движения. Величина изменения скорости движения служит интегрированным критерием функционального состояния инфузорий, меняющегося в зависимости от глубины влияния воздействия на клетку факторов окружающей среды. Оценку изменения функционального состояния инфузорий спиростом проводят с помощью индекса двигательной активности (СДА) — количества пересечений инфузорией визира окуляра бинокулярной лупы за 1 мин.

Для просчета СДА культуру инфузорий наливают на часовое стекло, помещают под бинокулярную лупу и капилляром переносят по одной спиростоме в специальную ячейку (камеру) для просчета. Камера представляет собой пластиковую пластинку толщиной 5 мм с углублениями 1 — 2 мм диаметром 5 мм (рис. 28.2). Спиростому оставляют в камере на 5 мин для привыкания, затем считают количество пересечений визира окуляра в течение 5 мин.

Принцип метода заключается в изменении спонтанной двигательной активности (СДА) спиростомы в среде с токсикантом, которое оценивается по количеству пересечений животным визира окуляра бинокулярной лупы по сравнению с СДА в чистой воде (контроль).

Оборудование, материалы и реактивы:

Порядок выполнения работы

Получить у преподавателя культуру спиростомы в пробирках с водой для культивирования. Перелить на часовое стекло в объеме 5 — 10 мл (для контроля). На другое часовое стекло налить раствор $FeCl_3$ (4 мл) с одной из исследуемых концентраций ионов Fe^{3+} 0,5 мг/л (50 мг/л, 5 мг/л) и добавить на это же часовое стекло культуру спиростомы из пробирки в объеме 4 мл так, чтобы концентрация исследуемого вещества соответствовала 1 ПДК, оставить на 1 ч. В это время капилляром под бинокулярной лупой из контрольной среды перенести по одной спиростоме в ячейки для просчета спонтанной двигательной активности (СДА). Выдержать 5 мин для привыкания спиростомы. Просчитать количество пересечений спиростомой визира окуляра в течение 5 мин. Для статистики просчитать СДА 20 — 30 спиростом. Через час инкубации в тестируемом растворе на часовом стекле перенести по одной спиростоме в ячейки для просчета спонтанной двигательной активности (СДА); перенос осуществляют капилляром под бинокулярной лупой. Повторить пп. 5—7. Рассчитать среднее количество пересечений и отклонение от среднего в опытном и контрольном образцах. Сделать выводы о влиянии ионов железа на СДА спиростомы.

2.15 Лабораторная работа №15 (2 часа).

Тема: «Стандартные методики оценки качества воды по биологическим показателям. Микробиологические методы исследования водоемов»

2.15.1 Цель работы: Познакомить студентов со стандартными методиками оценки качества воды по микробиологическим показателям.

2.15.2 Задачи работы:

1. Изучить методику и определить общее количество бактерий в воде
2. Изучить методику и определить количество бактерий группы кишечной палочки в воде

2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Чашки Петри стерильные; три пипетки на 1 мл; пипетка на 10 мл; стерильные пипетки на 0,1 мл; стерильные пробирки; навески питательной среды (питательный огар) или пробирки с питательным МПА; электроплитка; термометр; спиртовка; спички; шпатель Дригальского; спирт; маркер; проба воды из водоема. мембранные фильтры; водоструйный насос; проба исследуемой воды объемом не менее 500 мл; среда Эндо; стерильные чашки Петри; стерильные пинцеты; спиртовка; пробирки с дистиллированной водой; микробиологическая петля; микроскоп; красители для окраски по Граму; предметное и покровное стекло.

2.15.4 Описание (ход) работы:

При стандартном санитарно-бактериологическом анализе воды санитарное состояние характеризуют двумя основными показателями:

общим количеством бактерий в воде;
количеством бактерий группы кишечной палочки (БГКП).

Определение общего количества бактерий в воде

Метод состоит в определении количества бактерий в 1 мл воды, которые способны расти на питательной среде, определенного состава при температуре 37 °C в течение 24 ч, образуя колонии, видимые при увеличении в 2...5 раз. Проведенным таким образом бактериологическим анализом можно определить количество только тех бактерий, которые развиваются в условиях анализа. Поэтому такое определение дает не абсолютную, а относительную бактериологическую характеристику воды. Бактериологический анализ позволяет сравнивать бактериальную зараженность воды, отобранный из разных мест водоисточника, а также из одного его места в разные времена года.

Общее количество бактерий в 1 мл средней пробы неразбавленной хозяйствственно-питьевой воды допускается не более 100.

Проведение анализа

В чашку Петри пипеткой вносят 1 мл исследуемой питьевой воды а затем заливают пробу 10...12 мл питательного мясо-пептонного агара, имеющего температуру ~45 °C. Содержимое быстро перемешивают, осторожно наклоняя и вращая чашку по поверхности стола. Необходимо избегать образования пузырьков воздуха, не залитых участков дна чашки, попадания питательной среды на ее края и крышку. После этого чашку ставят на горизонтальную поверхность до застывания среды, а затем помещают в термостат и выдерживают при температуре 37,5 °C в течение 24 ч. За это время в чашках Петри вырастает от 30 до 300 колоний бактерий, которые видны при увеличении в 2...5 раз. По полученным и приведенным в таблице данным определяют степень загрязнения воды.

Таблица

Зависимость степени загрязнения воды от общего количества бактерий

Характеристика воды	Количество бактерий в 1 мл воды
Очень чистая	$a \cdot 1,0$
Чистая	$a \cdot 10^2$
Умеренно загрязненная	$a \cdot 10^3$
Загрязненная	$a \cdot 10^4$
Грязная	$a \cdot 10^5$
Очень грязная	$a \cdot 10^6$

Примечание: a имеет значение от 1 до 9.

Определение количества бактерий группы кишечной палочки

При бактериологическом исследовании воды, прежде всего, ставится цель установить, содержатся ли в воде болезнетворные бактерии, возбудители тифа, холеры, дизентерии. Поскольку определить наличие этих бактерий очень трудно, то обычно бактериологический анализ воды сводится к выявлению бактерий группы кишечной палочки, которые для человека не опасны, но присутствие их свидетельствует о загрязнении воды фекалиями и вызывает подозрение о наличии в воде болезнетворных микроорганизмов.

Сущность метода

Обнаружение бактерий группы кишечной палочки основано на их способности, в отличие от других бактерий, размножаясь, сбраживать сахар. Если питательная среда содержит молочный сахар, то он сбраживается до молочной кислоты, которая разрушает соединение фуксина сульфитом. В местах роста колоний БГКП образуются окрашенные фуксином красные блестящие бугорки, по числу которых судят о количестве бактерий.

Содержание в воде бактерий группы кишечной палочки характеризуют коли-титром, который численно равен объему воды в миллилитрах, содержащему одну кишечную палочку. Титр кишечной палочки является решающим показателем санитарного состояния воды. Если одна кишечная палочка содержится в 100 мл воды, то такая вода считается чистой, если в 10 мл – достаточно чистой, в 1 мл – сомнительно чистой. При наличии одной кишечной палочки в 0,1 мл воду считают сильно загрязненной и непригодной для питья.

Для обеззараженной и осветленной воды, используемой для хозяйствственно-питьевых целей, коли-титр в отдельном определении должен быть не ниже 300–330 мл. Загрязнение воды кишечными палочками характеризуют также *coli-индексом* – количеством кишечных палочек в 1 л воды. Согласно ГОСТ 2874-82, коли-индекс питьевой воды не должен превышать 3.

Для определения количества бактерий группы кишечной палочки существует два метода: бродильный и мембранных фильтров. Сущность последнего метода состоит в концентрировании бактерий из определенного объема исследуемой воды на мембранным фильтре и выращивании их при температуре $37 \pm 0,5$ °С в среде Эндо. При этой температуре создаются оптимальные условия для выращивания бактерий.

Проведение анализа

В фильтровальный аппарат помещают стерильный мембранный ультрафильтр, взяв его обожженным пинцетом из сосуда, в котором проводилась стерилизация. Под мембранный ультрафильтр подкладывают простерилизованный кружок фильтровальной бумаги, смоченный стерильной водой.

Для фильтрования берут 300...500 мл воды. Если вода сточная, то ее предварительно разбавляют стерильной водой в 100...1000 раз.

После окончания фильтрования мембранный ультрафильтр снимают обожженным пинцетом с прибора и рас полагают на поверхности среды Эндо, помещенного в чашку Петри. Затем чашку помещают вверх дном в термостат при температуре 37 °С на 24 ч. Через 24 ч подсчитывают колонии бактерий, окрашенные в красный цвет с металлическим блеском.

Затем рассчитывают коли-титр, мл

$$\text{Коли-титр} = \frac{V}{n} ,$$

или коли-индекс:

$$\text{Коли-индекс} = \frac{n \cdot 1000}{V} .$$

Здесь n – количество бактерий группы кишечной палочки (n), выращенных из исследуемого объема воды (V). На основании результатов определения общего микробного числа и коли-индекса делают вывод о бактериологической безопасности воды.

Задание: Провести микробиологический анализ воды для определения ОМЧ и количества БГКП. На основании результатов определения общего микробного числа и коли-индекса сделать вывод о бактериологической безопасности воды.

2.16 Лабораторная работа №16 (2 часа).

Тема: «Расчет ущерба, причиняемого загрязнением водоемов, изменением условий обитания гидробионтов в результате гидростроительства»

2.16.1 Цель работы: ознакомить студентов с примером математического расчета загрязнения, используя пример – гидростроительство.

2.16.2 Задачи работы:

1. познакомиться с изменениями условий обитания гидробионтов в результате гидростроительства
2. изучить методику математического расчета, причиняемого загрязнением водоемов, в результате гидростроительства.
3. решить задачу, используя полученные знания.

2.16.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

тетрадь, калькулятор

2.16.4 Описание (ход) работы:

Строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений, как показывает многолетний опыт их эксплуатации, кардинально влияют на формирование биоресурсов водных экосистем, нарушаются гидрологические и температурные режимы естественных водоемов, резко меняются условия обитания, воспроизводства и нагула рыб. Снижение рыбных запасов имеет место в результате: гибели икры, личинок и молоди рыб из-за резких колебаний уровня воды, когда происходит осушение нерестилищ с отложенной икрой или при задержке воды в береговых углублениях вместе с личинками и молодью рыб и дальнейшем их осушении при испарении оставшейся воды; резорбции икры из-за невозможности нереста (незалитие или осушение нерестилищ; невозможность использования нерестилищ из-за изменения температурного режима - несоответствие температуры воды нерестовым температурам; нарушение процесса созревания икры при парадоксальном распределении температур в году); снижения эффективности воспроизводства рыб, характеризующееся изменением качественных и количественных параметров ската икры, личинок и молоди рыб; сокращения использования площадей существующих нерестилищ (резкие колебания уровня воды, смещение во времени наступления нерестовых температур, зарастание высшей водной растительностью и нитчатыми водорослями, заиление и др.); изменения качественных и количественных параметров вегетации кормовых гидробионтов. В итоге происходит изменение биопродуктивности водоема, сукцессии биоценозов, сокращение или деградация видового состава, изменение потенциальной рыбопродуктивности, изменение сырьевых запасов и уловов рыб.

Стоимостный наносимый ущерб рассчитывается по формуле

$$X = C * (X_0 + X_1 + X_2 + X_3 + \dots),$$

где: X – общий стоимостный наносимый ущерб в денежных единицах, лей/кг;

C – рыночная стоимость рыбной продукции в денежных единицах, лей/кг, или в свободно конвертируемой валюте;

$X_0, X_1, X_2, X_3, \dots$ – натуральный наносимый ущерб, кг.

Прямой натуральный ущерб рассчитывается как сумма ущербов от разрушения

нерестилищ, гибели отложенной икры и молоди рыб

$$XSZB = Wd * \Sigma [(B_0 - B_1) * P/B * K_3 * K_2^{-1} * n^{-1}]_{Szb}$$

где; Wd – объем воды, подвергшейся влиянию взмучивания, m^3 ;

n – число видов рыб – потребителей продукции кормовых организмов, шт.

K_{2SZ} - кормовые коэффициенты для перевода биомасс соответственно фитопланктона и зоопланктона в прирост ихтиомассы промысловых видов рыб

и от снижения воспроизводительной способности популяций рыб (резорбции половых продуктов, изменение температурного и гидрологического режимов нижерасположенных водоемов) и в целом снижения рыбопродуктивности и рассчитывается по формуле

$$X_5 = S * (P - P_1) * t$$

где: X_5 - общий натуальный ущерб от установившегося поступления загрязняющих веществ, в том числе и термического, кг;

S – площадь воздействия загрязнения, га;

P – рыбопродуктивность водоема до начала воздействия неблагоприятного фактора, кг/га;

P_1 - рыбопродуктивность водоема после истечения n-ого периода воздействия, кг/га;

t – период воздействия неблагоприятного фактора, год.

Задание 1: Получить у преподавателя задание на карточке. Расчитать ущерб, причиняемый загрязнением водоемов, изменением условий обитания гидробионтов в результате гидростроительства.

2.17 Лабораторная работа №17 (2 часа).

Тема: «Итоговое занятие за 4 модуль»

2.17.1 Цель работы: Проверить знания и практические навыки, полученные при изучении курса «Гидробиология».